

**В ЭТОМ НОМЕРЕ:****ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАСЫЩЕНИЯ СВОБОДНОГО ОБЪЕМА АППАРАТОВ С ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИМИСЯ ЖИДКОСТЯМИ, МОДИФИЦИРОВАННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ</b> <i>Пономарев А. Н., Лоран Н. М., Гуменюк В. И.</i> .....	<b>3</b>
<b>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ</b> <i>Умаров А. С., Сатюков Р. С., Зыков П. И.</i> .....	<b>11</b>
<b>УЧЕТ ОШИБКИ ПРОШЛОГО ПЕРИОДА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТИВНОГО РЕАГИРОВАНИЯ ФПС МЧС РОССИИ</b> <i>Кайбичев И. А., Кайбичева Е. И.</i> .....	<b>19</b>
<b>ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТОРГОВЛИ И ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ</b> <i>Удавцова Е. Ю., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Харин В. В., Шавырина Т. А.</i> .....	<b>34</b>
<b>ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ С НАСЕЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РИСКОВ</b> <i>Чистякова А. А., Прус Ю. В., Чистяков А. А.</i> .....	<b>42</b>
<b>ТРЕБОВАНИЯ К ПРОФИЛАКТИЧЕСКИМ МЕРОПРИЯТИЯМ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫМ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПО ГРУППАМ РИСКА</b> <i>Чистякова А. А., Прус Ю. В., Володченкова В. В.</i> .....	<b>51</b>
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ</b> <i>Мансуров Т. Х., Беззапонная О. В., Головина Е. В., Контобойцева М. Г.</i> .....	<b>62</b>
<b>НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В РОССИИ</b> <i>Калач А. В., Лоран Н. М., Шаранов С. В.</i> .....	<b>71</b>
<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРЕДРЕМОНТНОЙ ПОДГОТОВКИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДАХ</b> <i>Назаров В. П., Артемов А. С., Куличенко О. А., Салихов А. М., Кокорин В. В., Шахманов Ф. Ф.</i> .....	<b>77</b>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМООКСИЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ  
ТАБАКА МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА***Беззапонная О. В., Глухих П. А.*..... 82**ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ****ПОДБОР ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ  
АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В МАГИСТРАЛЬНЫХ  
ТРУБОПРОВОДАХ***Муфтахова Э. Д., Васильева Т. В.,  
Хафизов Ф. Ш., Хафизов И. Ф., Озден И. В.*..... 89

УДК 614.841.48

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАСЫЩЕНИЯ СВОБОДНОГО ОБЪЕМА АППАРАТОВ С ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИМИСЯ ЖИДКОСТЯМИ, МОДИФИЦИРОВАННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ****INVESTIGATION OF THE PROCESS OF SATURATION OF THE FREE VOLUME OF DEVICES WITH FLAMMABLE LIQUIDS MODIFIED WITH CARBON NANOSTRUCTURES**

*Пономарев А. Н., кандидат технических наук, профессор,  
Российский университет дружбы народов, Москва,  
Лоран Н. М., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,  
Гуменюк В. И., доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург*

*Ponomarev A. N., RUDN University, Moscow,  
Loran N. M., Saint-Petersburg University  
of state fire service of EMERCOM of Russia,  
Gumenyuk V. I., Peter the Great St. Petersburg  
Polytechnic University, Saint-Petersburg*

Представлены результаты исследования процесса насыщения свободного объема аппарата этанолом с углеродными наноструктурами – астраленами. Давление насыщенного пара этанола, модифицированного астраленами, снижается на 40 % в сравнении с немодифицированной жидкостью. Значения времени сохранения горючей среды в аппарате снижается в среднем на 90 % для концентрации астраленов 0,25 об.%, однако при увеличении концентрации наночастиц (0,50 об.% и более) возникает необходимость в применении дополнительных способов стабилизации наножидкостей в условиях агрегирования наночастиц.

*Ключевые слова:* этанол, астралены, давление насыщенного пара, температура жидкости, горючая среда.

The results of studying the process of saturation of the free volume of an apparatus with ethanol modified by carbon nanostructures are presented. The saturated vapor pressure of ethanol modified with astralenes is reduced by 40 % compared to an unmodified liquid. The calculated data show a decrease in liquid temperature in the apparatus by an average of 60–70 %. The values of the storage time of the combustible medium in the apparatus are reduced by an average of 90 % for a concentration of 0,25 vol.% Astralenes in ethanol. However, with an increase in the concentration of nanoparticles (0,50 vol.% Or more), it becomes necessary to use additional methods for stabilizing nanofluids.

*Keywords:* ethanol, astralenes, saturated vapor pressure, liquid temperature, combustible medium.

### Введение

Пожарная опасность аппаратов со свободным объемом, предназначенных для хранения, перекачки и транспортировки легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей, заключается в образовании взрывоопасных концентраций парогазовоздушных смесей в процессе наполнения и опорожнения, изменения температуры окружающей среды и давления внутри аппаратов.

В соответствии с ГОСТ Р 12.3.047-2012 [1] при оценке пожарной опасности технологических процессов необходимо учитывать концентрационные пределы распространения пламени для горючих смесей в технологических аппаратах и оборудовании. Пожары и взрывы, возникающие вследствие образования взрывопожароопасных концентраций паров ЛВЖ и ГЖ в закрытых аппаратах, могут привести к каскадному развитию аварийной ситуации, что влечет за собой разрушение зданий, сооружений, технологических установок, самих аппаратов и оборудования.

В настоящее время активно развиваются инновационные методы снижения пожарной опасности технологических процессов с обращением нефтепродуктов за счет применения углеродных наноструктур (УНС). В работах [2, 3] приведены сведения об увеличении поверхностного натяжения модифицированных астраленами и многослойными углеродными нанострубками (MWCNT) нефтепродуктов, снижении их интенсивности испарения и электризации.

Целью настоящей работы было эмпирическое исследование и моделирование процесса насыщения свободного объема аппарата парами жидкости, а также оценка возможности использования одного из видов углеродных наноструктур – астраленов, с характеризующими параметрами: диаметр 10...150 нм, расстоянием между слоями графена 0,336 нм, средний размер пор 20...60 нм, в качестве агента для снижения пожарной

опасности процессов хранения ЛВЖ и ГЖ.

### Материалы и методы исследования

В экспериментальном исследовании процесса насыщения свободного объема аппарата в качестве ЛВЖ выступает этанол [4], модифицированный углеродными наночастицами – астраленами, полученными методом испарения графитовых анодов в электродуговом разряде [5], в концентрациях 0,25 об.% и 0,50 об.%. Модификация этанола астраленами проводилось путем диспергирования наночастиц в жидкости источником ультразвука мощностью 1 кВт источника ультразвука в течение 30 мин.

Сущность методов исследования заключалась в сравнении давлений насыщенных паров, модифицированных и контрольного образцов этанола внутри аппарата на первой стадии насыщения его свободного объема, а также времени, когда минимальная концентрация паров меньше верхнего концентрационного предела распространения пламени, что соответствует времени сохранения взрывоопасной среды внутри аппарата при одновременной оценке размера наночастиц и расстояний между ними.

Концентрация насыщенного пара определялась из соотношения:

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p}, \quad (1)$$

где  $P_s$  – наблюдаемое значение насыщенного пара, кПа;  $P_p$  – рабочее давление внутри аппарата, 101,3 кПа.

Время, в течение которого парогазовоздушная среда остается взрывоопасной внутри аппарата, определяется по формуле:

$$\tau_{\text{оп}} = -\frac{V \cdot H}{n \cdot D_t \cdot T} \cdot \ln \left\{ \frac{(\frac{\varphi_B}{\varphi_s} - 1)}{\left[ \left( \frac{Z}{H} \right)^n - 1 \right]} \right\} \quad (2)$$

где  $V$  – объем свободного объема аппарата,  $\text{м}^3$ ;  $H$  – высота парогазовоздушного пространства аппарата,  $\text{м}$ ;  $n$  – относительный градиент концентрации,  $\approx 2$ ;  $T$  – рабочая температура жидкости,  $\text{К}$ ;  $\varphi_B$  – верхний концентрационный предел распространения пламени,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $Z$  – расстояние от крышки аппарата до любой точки свободного объема по высоте,  $\text{м}$ ;  $D_t$  – коэффициент диффузии парогазовоздушной среды в зависимости от рабочей температуры и давления, который определяется по формуле:

$$D_t = D_0 \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^n \cdot \left(\frac{P_p}{P_0}\right), \quad (3)$$

где  $D_0$  – коэффициент диффузии парогазовоздушной среды для паров ЛВЖ в

воздухе при давлении  $P_0 = 101,3$  кПа и при температуре  $T=273$  К.

Исследование топологии агрегаций астраленов для оценки средних размеров наноструктур и расстояний между их агрегациями проводилось методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) на установке на установке Ntegra Spectra [6].

Экспериментальное исследование динамики насыщения свободного объема аппарата проводилось на лабораторной установке (рис. 1), которая состоит из рабочего аппарата – «бомбы Рейда», жидкостного термостата, предназначенного для поддержания рабочей температуры в аппарате, манометра «МТИ» для фиксации текущего значения давления

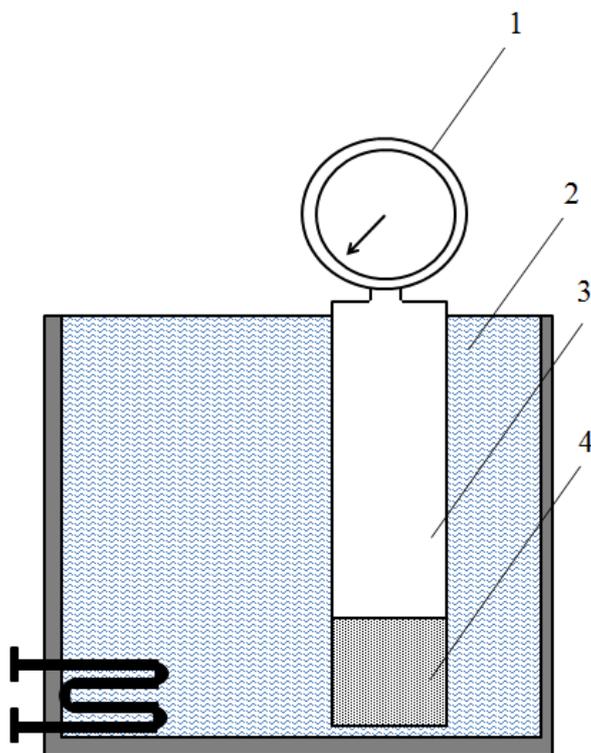


Рисунок 1. Схема лабораторной установки: 1 – манометр МТИ; 2 – водяная баня; 3 – воздушная камера, где образуется паровоздушный объем; 4 – жидкостная камера с ЛВЖ

Жидкостную камеру аппарата наполняли охлажденным образцом и присоединяли к воздушной камере, нагретой до температуры  $46,8^\circ\text{C}$ . Со-

бранный аппарат погружали в водяную баню при температуре  $46,8^\circ\text{C}$ , до момента достижения постоянного давления в установке. Показания манометра фикси-

ровались как давление насыщенных паров по Рейду  $P_S$ .

**Результаты и их обсуждение**

Результаты исследования топологии агрегаций астраленов в этаноле представлены на рисунке 2.

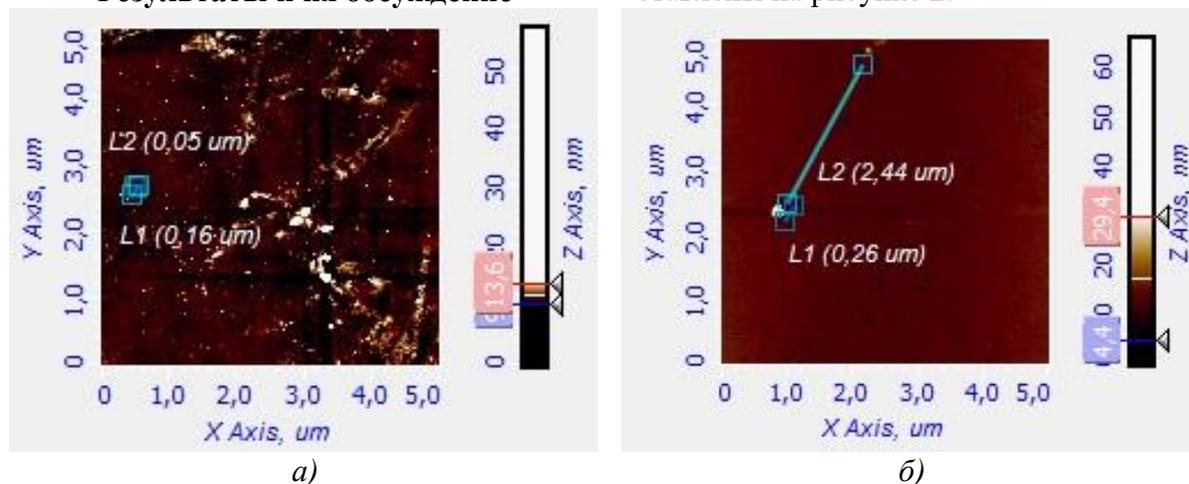


Рисунок 2. АСМ-сканы агрегаций астраленов при диспергировании в этаноле: а) 0,25 об.%; б) 0,50 об.%

По результатам АСМ можно сделать вывод, что при концентрации наночастиц в этаноле 0,25 об.% средний размер агрегаций астраленов составляет 40–50 нм, расстояние между агрегациями порядка 150 нм. Для образцов, модифицированных астраленами, в концентрации 0,50 об.% размер агрегаций наночастиц составляет в среднем 300 нм, а расстояние между агрегациями около 2 мкм. Из этого можно сделать вывод, что при

увеличении концентрации наночастиц, за счет электростатических сил взаимодействия между наночастицами [7] процесс образования агрегаций происходит более интенсивно с одновременным увеличением расстояний между наночастицами.

Значения давления насыщенного пара для модифицированного астраленами этанола снижаются в среднем на 40 %, также замедляется время насыщения свободного объема аппарата (табл. 1).

Таблица 1  
Результаты эксперимента

Время, сек		20	40	60	100	120	140	200	220	240	300
Давление насыщенного пара, кПа	Этанол	4	6	10,5	15	16	16,5	19,5	20	20,5	24,5
	Этанол+astr.0,25 % об.	3,1	4,9	5,5	10	12	13,5	14,5	15	16,7	19,5
	Этанол+astr.0,5 % об.	7,6	8,5	9,5	12	14	16	18,4	19,3	19,9	22,3

Графические данные исследования давления насыщенного пара этанола в закрытом аппарате представлены на рисунке 3.

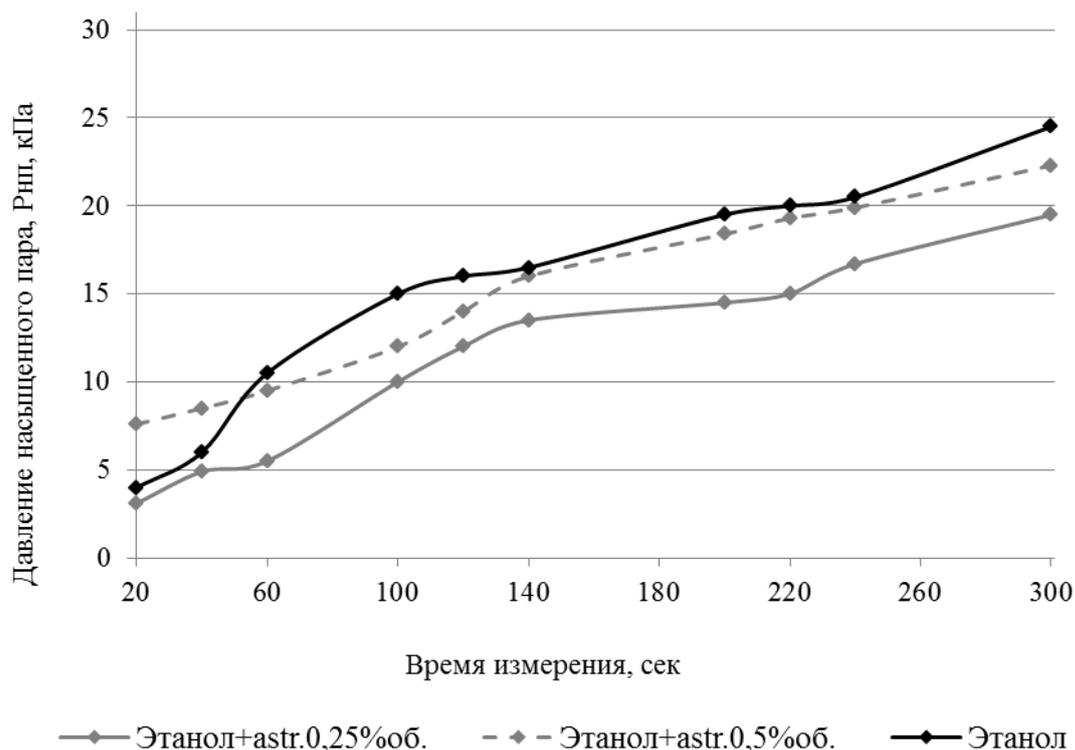


Рисунок 3. Изменение давления насыщенного пара этанола во времени

Наблюдаемый эффект обусловлен снижением скорости испарения этанола, модифицированного астраленами, что, в свою очередь, приводит к снижению времени сохранения горючей среды внутри аппарата.

Из уравнения Антуанна возможно определить эквивалентную температуру модифицированной жидкости в аппарате, соответствующей температуре немодифицированной жидкости:

$$t_{\text{набл}} = -C_A - \frac{B}{\log(P_{\text{Снаб}}) - A}, \quad (4)$$

где  $C_A$ ,  $B$ ,  $A$  – константы уравнения Антуанна.

Эквивалентная температура модифицированной жидкости, в сравнении с контрольным образцом в аппарате на момент насыщения (300 сек) представлена на рисунке 4.

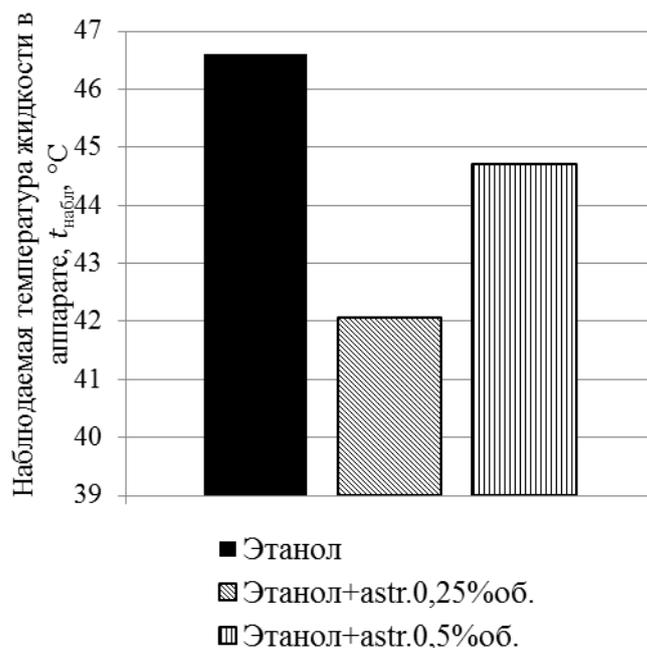


Рисунок 4. Эквивалентная температура жидкости внутри аппарата

По результатам расчетных данных эквивалентная температура в аппарате с модифицированной жидкостью снижается в среднем на 2–5 °C в сравнении с контрольным образцом. Такой эффект обусловлен снижением интенсивности испарения наножидкости, что, в свою очередь,

приводит к снижению образования парогазовоздушной смеси способной к воспламенению.

Результаты расчета времени, в течение которого паровоздушная среда в аппарате остается горючей, представлены на рисунке 5.

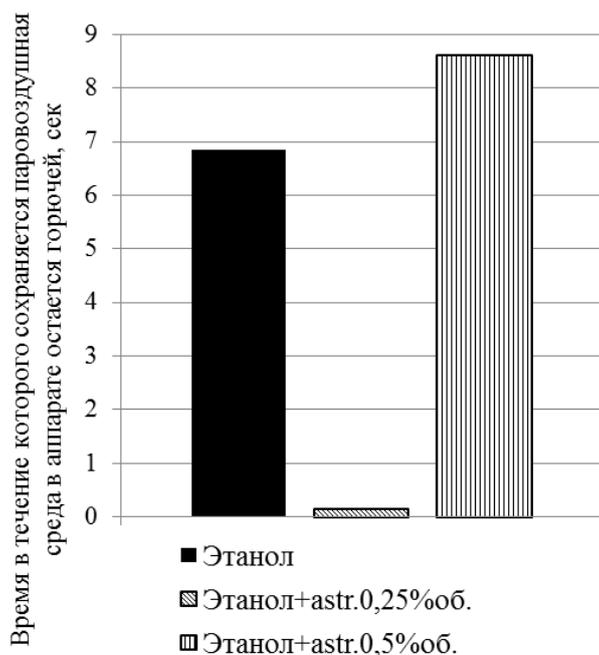


Рисунок 5. Время, в течение которого паровоздушная среда в аппарате остается взрывоопасной

Данные, полученные в ходе расчета  $\tau_{оп}$ , показывают, что при концентрации астраленов 0,25 об.%, время образования взрывоопасной среды снижается в среднем на 90%, а для концентрации 0,50 об.%, наоборот увеличивается на 20–30 %. Увеличение времени сохранения парогазовоздушной среды во взрывоопасном состоянии для концентрации 0,50 об.% может быть объяснено агрегацией наночастиц астраленов и уменьшением значения эффективной теплопроводности модифицированного этанола [8].

### Выводы

По результатам проведенных исследований сформулированы следующие выводы:

1. Диспергирование астраленов в этаноле снижает давление насыщенных паров в закрытом аппарате, что вызвано увеличением значений поверхностного натяжения наножидкости на основе этанола с углеродными наноструктурами, а

также снижением интенсивности испарения, что позволяет снизить пожарную опасность процессов хранения, перекачки и транспортировки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

2. Увеличение концентрации наночастиц до 0,5 об.% приводит к снижению интенсивности испарения жидкости. Вместе с тем увеличение размеров агрегаций наночастиц может привести к снижению стабильности наножидкости с одновременным увеличением пожарной опасности в технологическом аппарате.

3. Дальнейшие исследования по созданию технологий снижения пожарной опасности при обращении с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями должны включать не только определение условий создания наножидкости, но и определение условий ее стабилизации на время, сопоставимое с периодом ликвидации потенциальной аварийной ситуации на выбранном технологическом аппарате.

### Литература

1. ГОСТ Р 12.3.047–2012 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. М., 2014. 86 с.
2. Иванов А. В. и др. Управление электростатическими свойствами жидких углеводородов, модифицированных углеродными наноструктурами // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26, № 7. – С. 16–27.
3. Иванов А. В., Ивахнюк Г. К., Медведева Л. В. Методы управления свойствами углеводородных жидкостей в задачах обеспечения пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 9. – С. 30–37.
4. ГОСТ 18300–87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия. М., 2008. 26 с.
5. Shames A. I. et al. Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles // *Diamond and Related Materials*. – 2009. – Vol. 8, № 2–3. – P. 505–510.
6. Парфенов В. А., Юдин И. А. Атомно-силовая микроскопия и ее применения в науке, технике и реставрации // *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*. – 2015. – № 9. – С. 61.
7. Yu W., Xie H. A review on nanofluids: preparation, stability mechanisms, and applications // *Journal of Nanomaterials*. – 2012. – 17 p.
8. Иванов А. В. и др. Физический механизм и способ пожаротушения жидких углеводородов модифицированными суспензиями воды с углеродными наноструктурами // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2019. – Т. 28, № 1. – С. 22–34.

### References

1. GOST R 12.3.047–2012 SSBT. Pozharnaya bezopasnost' tekhnologicheskikh protsessov. Obshchiye trebovaniya. Metody kontrolya. M., 2014. 86 s.
2. Ivanov A. V. et al. Upravleniye elektrostatcheskimi svoystvami zhidkikh uglevodorodov, modifitsirovannykh uglerodnymi nanostrukturami // *Pozharovzryvobezopasnost'*. – 2017. – T. 26, № 7. – S. 16–27.
3. Ivanov A. V., Ivakhnyuk G. K., Medvedeva L. V. Metody upravleniya svoystvami uglevodorodnykh zhidkostey v zadachakh obespecheniya pozharnoy bezopasnosti // *Pozharovzryvobezopasnost'*. – 2016. – T. 25, № 9. – S. 30–37.

4. GOST 18300–87 Spirit etilovyy rektifikovannyi tekhnicheskii. Tekhnicheskiye usloviya. M., 2008. 26 s.
5. Shames A. I. et al. Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles // *Diamond and Related Materials*. – 2009. – Vol. 8, No. 2–3. – P. 505–510.
6. Parfenov V. A., Yudin I. A. Atomno-silovaya mikroskopiya i yeye primeneniya v nauke, tekhnike I restavratsii // *Izvestiya SPbGETU «LETI»*. – 2015. – № 9. – S. 61.
7. Yu W., Xie H. A review on nanofluids: preparation, stability mechanisms, and applications // *Journal of Nanomaterials*. – 2012. – 17 p.
8. Ivanov A. V. et al. Fizicheskiy mekhanizm i sposob pozharotusheniya zhidkikh uglevodorodov modifitsirovannymi suspenziyami vody s uglerodnymi nanostrukturami // *Pozharovzryvobezopasnost'*. – 2019. – T. 28, № 1. – S. 22–34.

УДК 614.842.864

satyukovr@yandex.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ  
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**APPLICATION OF FIRE RISK ASSESSMENT METHODS IN DETERMINING  
THE NUMBER AND TECHNICAL EQUIPMENT OF  
FIRE DEPARTMENTS OF THE ENTERPRISE**

*Умаров А. С.,  
Главное управление МЧС России по Тюменской области, Тюмень,  
Сатюков Р. С., кандидат технических наук, доцент,  
Зыков П. И., кандидат технических наук,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Umarov A. S.,  
The main Department of Ministry of  
Russian Federation for Civil Defense in the Tyumen region, Tyumen  
Satiukov R. S., Zykov P. I.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service  
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Рассмотрена целесообразность применения риск-ориентированного подхода при построении эффективной системы противопожарной защиты объекта, в части определения необходимой численности и технической оснащённости подразделений пожарной охраны предприятия, на примере резервуарного парка хранения нефти и нефтепродуктов.

*Ключевые слова:* пожарная охрана предприятия, численность и техническая оснащённость подразделения пожарной охраны, сценарий пожара, «эффект домино», пожарный риск, резервуарный парк хранения нефтепродуктов.

The expediency of the risk-oriented approach in the construction of an effective system of fire protection of the object, in terms of determining the necessary number and technical equipment of fire departments of the enterprise, on the example of the tank farm storage of oil and petroleum products.

*Keywords:* fire safety of the enterprise, the number and technical equipment of the fire department, fire scenario, “domino effect”, fire risk, oil products storage tank farm.

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и ограничение последствий их воздействия обеспечивается различными способами, одним из которых, в соответствии со статьей 52 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1], является организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Одним из ключевых моментов в обеспечении эффективного тушения пожаров на взрывопожароопасных производственных объектах является определение требуемой численности и технического оснащения подразделений пожарной охраны, а также мест их размещения.

В соответствии со статьей 97 Федерального закона № 123-ФЗ [1] подразделения пожарной охраны и

пожарные депо размещаются на производственных объектах, среди которых имеются объекты с наличием зданий и помещений, отнесенных к взрывопожароопасным категориям А и Б общим объемом более 100000 м<sup>3</sup>, а также на наружных технологических установках с одновременно обращающимися пожароопасными, пожаровзрывоопасными и взрывоопасными технологическими средами массой более 100000 тонн.

Методика определения численности и технической оснащенности пожарной охраны предприятия для организации и осуществления тушения пожаров изложена в СП 232.1311500.2015 «Пожарная охрана предприятий. Общие требования» [2], при этом тип и количество пожарных автомобилей подразделений пожарной охраны на производственных объектах определяются с учетом привлекаемых для тушения пожара сил и средств пожарно-спасательного гарнизона поселения или городского округа исходя из установленного частью 1 статьи 76 Федерального закона № 123-ФЗ [1] условия прибытия к месту пожара.

В свою очередь, в соответствии с требованиями СП 11.13130.2009 «Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения» [3], условия прибытия к месту пожара определяются исходя из необходимости достижения одной или одновременно нескольких целей выезда подразделений пожарной охраны на пожар, среди которых:

- цель № 1: ликвидация пожара прежде, чем его площадь превысит площадь, которую может потушить один дежурный караул;
- цель № 2: ликвидация пожара прежде, чем наступит предел огнестойкости строительных конструкций в помещении пожара;
- цель № 3: ликвидация пожара

прежде, чем опасные факторы пожара, достигнут критических для жизни людей значений.

Учитывая многообразие как самих производственных объектов, так и возможных сценариев возникновения и развития пожаров на них, эффективность организации деятельности пожарной охраны предприятия и пожарно-спасательного гарнизона в целом, в том числе зависит от правильного выбора расчетной схемы и параметров развития пожара на объекте.

В свою очередь п. 6.1 СП 232.1311500.2015 [2] содержит достаточно обобщенные требования к выбору расчетного сценария пожара, в соответствии с которыми «выбирают наиболее пожароопасный объект на территории предприятия, характеризующийся наибольшей возможной площадью пожара и наиболее высокой скоростью распространения пламени, и схему развития пожара в соответствии с пожарной нагрузкой, характерной для выбранного объекта».

Например, в соответствии с методикой СП 232.1311500.2015 [2], для объектов с наличием легковоспламеняющихся жидкостей (далее – ЛВЖ) и горючих жидкостей (далее – ГЖ) рассматриваются следующие варианты развития пожара:

- а) горение свободно растекающихся ЛВЖ и ГЖ;
- б) горение растекающихся ЛВЖ и ГЖ из магистральной линии насоса на неограниченную поверхность;
- в) горение на фиксированной площади (на поверхности резервуара или в обваловании).

По-другому рассматривается пожар с линейно увеличивающейся площадью и пожар с постоянной площадью, не выходящий за пределы обвалования или ограждающей стены.

На основании рассмотрения статистических данных и результатов

исследований [4, 5, 6] развития пожаров на аналогичных объектах, увеличение площади пожара может происходить не линейно, а «ступенчато», что связано с возможностью разрушения аппаратов, емкостей и трубопроводов в результате взрыва, гидродинамического воздействия волны прорыва, длительного теплового воздействия, приводящего к каскадному развитию пожара или «эффекту домино» по зарубежной терминологии.

Под «эффектом домино» понимается такой неблагоприятный сценарий развития аварийной ситуации, при котором (вследствие несовершенства систем защиты и (или) неверных

действий персонала) возможен выход поражающих факторов аварии за пределы аварийного блока, оборудования или объекта и вовлечение опасного вещества, находящегося в расположенном рядом неаварийном оборудовании, в последующую стадию развития аварии.

Результаты исследований частоты реализации «эффекта домино» и её зависимости от вида обращающегося вещества и типа технологического оборудования [7], представленные на рисунке 1, свидетельствуют, что более 2/3 аварий на оборудовании с пожаровзрывоопасными и взрывоопасными технологическими средами развиваются каскадно.

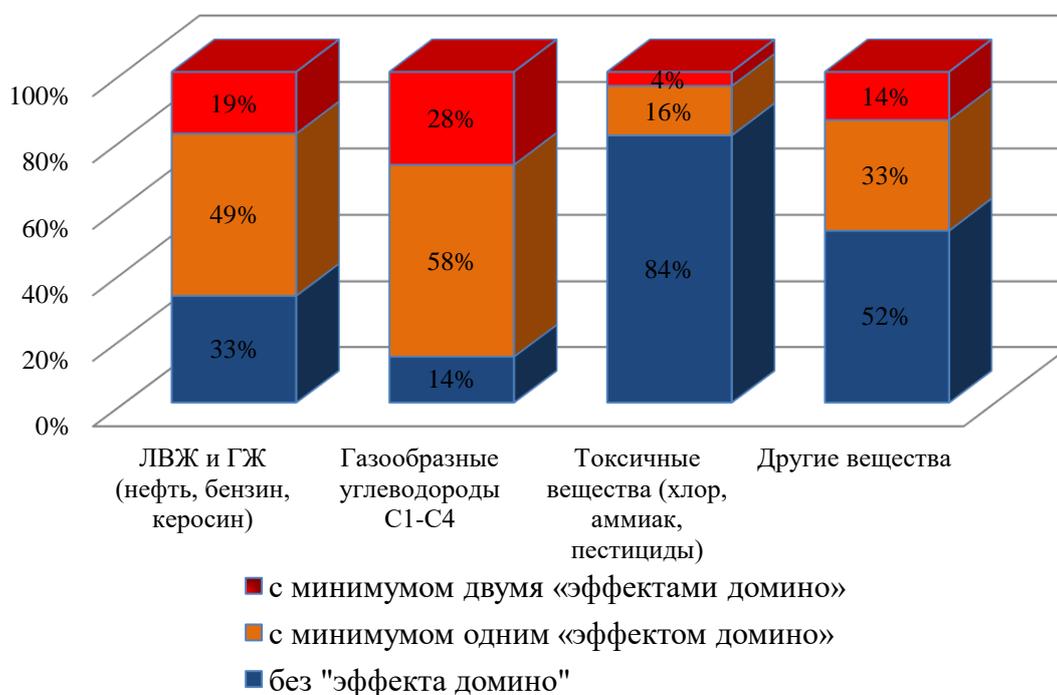


Рисунок 1. Результаты статистической обработки данных об авариях, получивших развитие с «эффектом домино» [7]

Наиболее показательным, в этой связи, является процесс развития пожаров в резервуарных парках хранения нефти и нефтепродуктов [8, 9].

Пожары указанной категории объектов, по степени развития, можно разделить на три уровня:

I уровень – «А»: характеризуется

возникновением и развитием аварийной ситуации с переходом в пожар на одном резервуаре или пожар разлива нефтепродуктов в пределах обвалования, в котором расположен один или несколько резервуаров, без влияния на смежные группы резервуаров;

II уровень – «Б»: характеризуется

развитием пожара за пределы обвалования и возможным его продолжением в пределах резервуарного парка;

III уровень – «В»: характеризуется развитием пожара с возможным переходом на смежные технологические объекты, здания и сооружения на территории предприятия и за его пределами, с возможным поражением опасными факторами пожара персонала предприятия и населения, расположенного на территории примыкающей к предприятию.

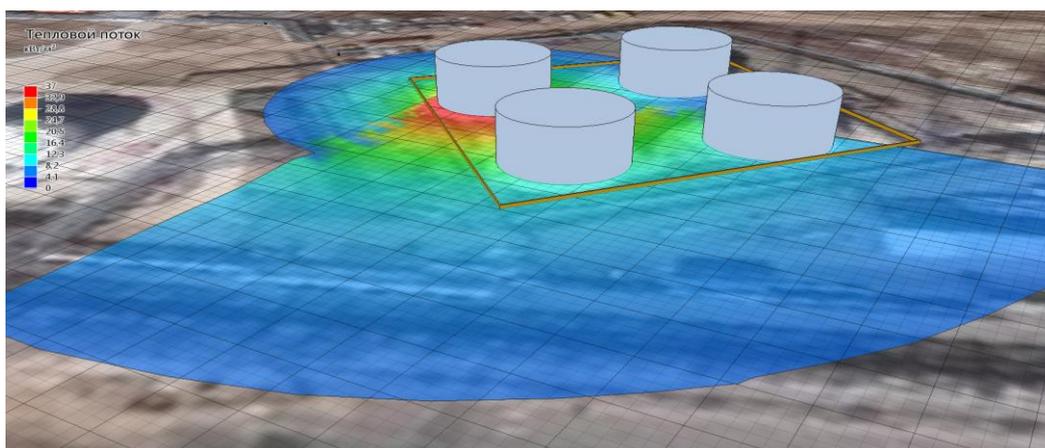
На основании требуемого количества сил и средств, обеспечивающих локализацию пожара до его перехода на следующий уровень и дальнейшую его ликвидацию, каждому уровню (стадии) пожара может быть

отнесен соответствующий номер вызова подразделений пожарной охраны.

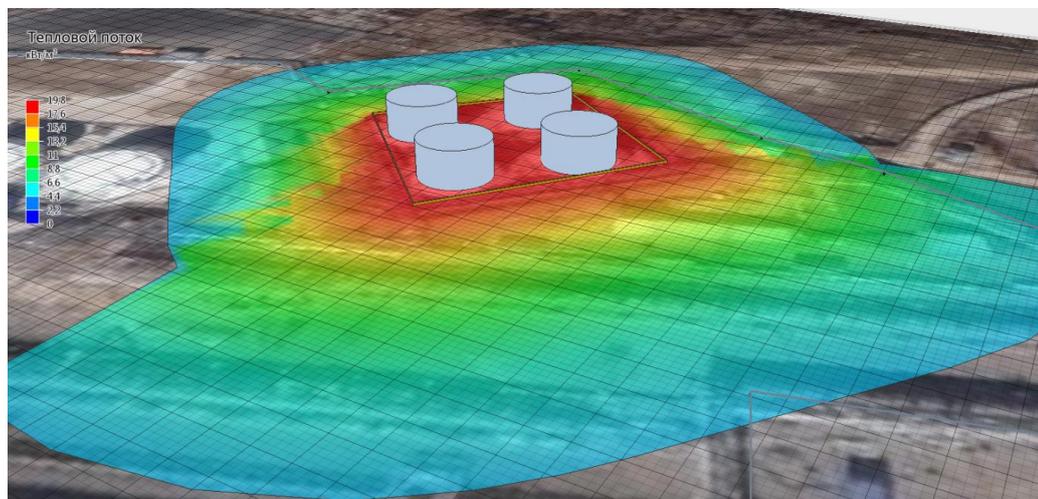
Эффективное тушение пожара силами и средствами, прибывающими по различным номерам вызова, обеспечивается только в пределах интервалов времени, ограниченных наступлением условий перехода пожара на следующий уровень.

В качестве примера, на рисунке 2 представлены проекции зон теплового воздействия пожара в резервуарном парке хранения нефтепродуктов, развивающегося по различным сценариям. Представленные результаты получены посредством математического моделирования с использованием программы PromRisk, входящей в состав программного комплекса FireCat.

а)



б)



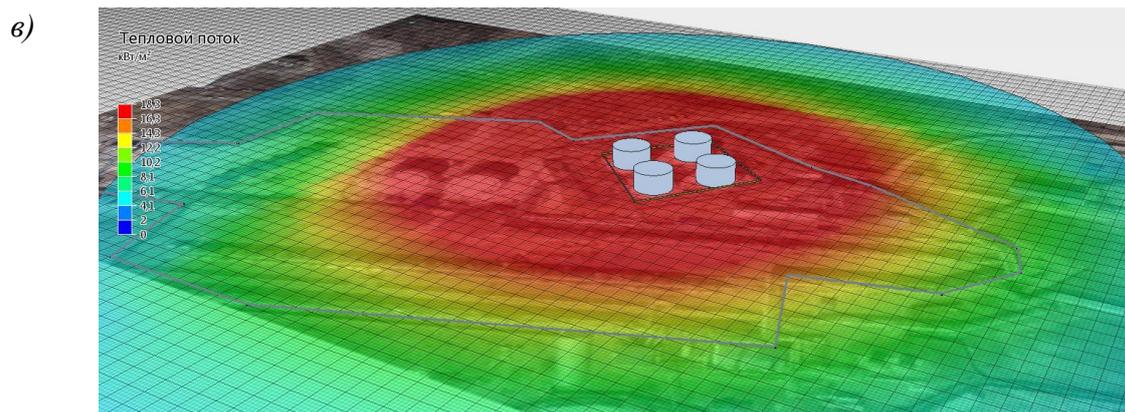


Рисунок 2. Проекция зон теплового воздействия пожара в резервуарном парке хранения нефтепродуктов, для различных сценариев его развития: а) пожар по всей поверхности резервуара; б) пожар пролива в пределах обвалования; в) пожар пролива за пределами обвалования в результате квазимгновенного разрушения резервуара

Из представленных на рисунке 2 сведений и указанных в таблице 1 численных значений расчетных параметров различных сценариев пожара

видно, что рассматриваемые сценарии существенно различаются не только площадью пожара, но и размерами зон опасного теплового воздействия.

Таблица 1  
Расчетные параметры развития сценариев пожара

Наименование параметра	Для сценария пожара по всей поверхности резервуара	Для сценария пожара пролива в пределах обвалования	Для сценария пожара пролива за пределами обвалования в результате квазимгновенного разрушения резервуара
Площадь, пожара, м <sup>2</sup>	408,3	5656	61322,7
Площадь зоны опасного теплового воздействия на соседние резервуары, м <sup>2</sup>	1437	8970	88307
Максимальное расстояние от центра пожара, на котором величина теплового потока превышает критическое значение 12,1 кВт/м <sup>2</sup> , м	58,8	134,4	341,4

Например, третий сценарий (см. рисунок 2в) может быть отнесен к уровню пожара «Б», или даже «В», поскольку характеризуется развитием пожара за пределами обвалования и возможным переходом на смежные технологические объекты. Такой

сценарий, в соответствии с методиками [2, 3] в качестве расчетного, при определении требуемой численности пожарной охраны не рассматривается, и как показывает проведенный анализ документов предварительного планирования действий по тушению

пожара, разрабатываемых в подразделениях противопожарной службы, в подавляющем большинстве случаев не учитывается.

Между тем, статистика возникновения и развития аварий в резервуарных парках, переходящих в пожар, позволяет утверждать, что третий сценарий (см. рисунок 2в) может быть рассмотрен в качестве первичного, поскольку он может являться следствием квазимгновенного разрушения резервуара [10].

Очевидным является тот факт, что в настоящее время построение эффективной системы противопожарной защиты объекта, одной из важнейших составляющих которой являются подразделения пожарной охраны предполагает учитывать помимо масштабов возможного развития пожара и вероятность их возникновения.

Указанный подход может быть реализован при использовании методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [11], регламентирующей порядок определения частоты возникновения различных сценариев пожара и содержащей необходимые для этого сведения.

При этом, на наш взгляд, необходимо исходить из условия, что количество сил и средств подразделения пожарной охраны объекта, должно быть достаточным для самостоятельной

ликвидации пожаров, развивающихся по сценарию, частота реализации которого превышает  $10^{-5}$  год<sup>-1</sup>. Кроме этого, ликвидация таких пожаров должна наступить до их перехода на следующий, вышестоящий уровень развития.

Важно, чтобы количество сил и средств подразделения пожарной охраны объекта было достаточным для ограничения развития сценария, связанного с каскадным развитием пожара, входящих в группу с частотой возникновения, превышающей  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup> в течение времени, необходимого для прибытия привлекаемых для тушения пожара дополнительных сил и средств пожарно-спасательного гарнизона поселения или городского округа.

Представленные в таблице 2 результаты определения частоты возникновения различных сценариев пожара в резервуарном парке, в зависимости от количества резервуаров в группе, проранжированные от наиболее вероятного к наименее вероятному сценарию, наглядно демонстрируют, что предлагаемый подход не только позволяет обосновать выбор единичного сценария пожара в качестве расчетного, но и учитывает количество оборудования на объекте, содержащего пожаро- и взрывопожароопасные среды, что косвенно характеризует масштабы возможного каскадного развития пожара.

Таблица 2  
Сведения о расчетной частоте возникновения различных сценариев пожара в резервуарном парке хранения нефти и нефтепродуктов

№	Описание сценария пожара	Количество резервуаров в группе			
		1	2	3	4
1	Пожар на дыхательной арматуре	$9,00 \times 10^{-5}$	$1,80 \times 10^{-4}$	$2,70 \times 10^{-4}$	$3,60 \times 10^{-4}$
2	Пожар по всей поверхности резервуара	$9,00 \times 10^{-5}$	$1,80 \times 10^{-4}$	$2,70 \times 10^{-4}$	$3,60 \times 10^{-4}$
3	Пожар пролива в пределах обвалования на площади 379,6 м <sup>2</sup>	$1,32 \times 10^{-6}$	$2,64 \times 10^{-6}$	$3,96 \times 10^{-6}$	$5,28 \times 10^{-6}$

4	Пожар пролива по всей площади обвалования 5656 м <sup>2</sup>	4,80×10 <sup>-7</sup>	9,60×10 <sup>-7</sup>	1,44×10 <sup>-6</sup>	1,92×10 <sup>-6</sup>
5	Пожар пролива внутри и за пределами обвалования на площади 61322,7 м <sup>2</sup>	2,50×10 <sup>-7</sup>	5,00×10 <sup>-7</sup>	7,50×10 <sup>-7</sup>	1,00×10 <sup>-6</sup>

В заключение необходимо отметить, что для определения количества сил и средств, требуемых для ликвидации на объектах с наличием наружных технологических установок с пожароопасными, пожаровзрывоопасными и взрывоопасными технологическими средами пожаров на различных стадиях его развития требуется разработка иной методики, учитывающей:

- вероятность реализации различных сценариев возникновения и каскадного развития пожара;
- возможную продолжительность каждой стадии пожара при различных

условиях;

– влияние боевых действий пожарных подразделений на скорость развития пожара и продолжительность каждой стадии.

Внедрение в практику такой методики позволит не только повысить эффективность организации деятельности пожарной охраны предприятий, но и что немаловажно, позволит разграничить сферы ответственности и объемы затрат на защиту объекта от пожаров между различными видами пожарной охраны, входящей в состав пожарно-спасательного гарнизона.

#### Литература

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. СП 232.1311500.2015 Пожарная охрана предприятий. Общие требования.
3. СП 11.13130.2009 Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения.
4. Азаров Н. И. и др. Анализ возможности каскадного развития аварии на взрывопожароопасных объектах // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 5. – С. 42–47.
5. Швырков С. А. и др. Особенности разработки сценариев возникновения и развития пожара (аварии) при разрушении резервуара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2012. – № 3. – С. 54–57.
6. Delvosalle, C. 1996: Development of a methodology for the identification of potential domino effects based on a analysis of past accidents. Dr. ir. Christian DEL VOSALLE, Paper presented at the First Eur. Symp. on Domino Effect, Leuven, Sept. 1996.
7. Kourniotis S. P., Kiranoudis C. T., Markatos N. C. Statistical Analysis of Domino Chemical Accidents // Journal of Hazardous Materials. – 2000.
8. Швырков С. А., Воробьев В. В., Ибатулин Р. К. Опасность каскадного развития пожара в резервуарном парке при ветровом воздействии // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 4 (74). – С. 41–48.
9. Сатюков Р. С., Хафизов И. Ф., Контбойцев Е. А. Дифференцированный подход к определению расстояний между резервуарами на складах нефти и нефтепродуктов // Нефтегазовое дело. – 2013. – № 1. – С. 459–468.
10. Швырков С. А. и др. Статистика квазимгновенных разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – Т. 16, № 6. – С. 48–52.
11. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

#### References

1. Federal Law of July 22, 2008 № 123-ФЗ "Technical Regulations on Fire Safety Requirements".
2. SP 232.1311500.2015 Fire protection of enterprises. General requirements.
3. SP 11.13130.2009 Location of fire departments. The procedure and methodology for determining.
4. Azarov N. I. et al. Analysis of the possibility of cascading development of an accident at explosive and fire hazardous objects // Labor safety in industry. 2007. № 5. P. 42–47.

5. Shvyrkov S. A. et al. Features of developing scenarios for the occurrence and development of a fire (accident) during the destruction of the tank // Fires and emergencies: prevention, elimination. – 2012. – № 3. – P. 54–57.

6. Delvosalle C. 1996: Development of a methodology for the identification of potential domino effects based on a analysis of past accidents. Dr. ir. Christian DEL VOSALLE, Paper presented at the First Eur. Symp. on Domino Effect, Leuven, Sept. 1996.

7. Kourniotis S. P., Kiranoudis C. T., Markatos N. C.: Statistical Analysis of Domino Chemical Accidents // Journal of Hazardous Materials. – 2000.

8. Shvyrkov S. A., Vorobiev V. V., Ibatulin R. K. The danger of cascading fire development in the tank farm during wind exposure // Technosphere Security Technologies. – 2017. – № 4 (74). – P. 41–48.

9. Satyukov R. S., Hafizov I. F., Kontoboytsev E. A. A differentiated approach to determining the distances between reservoirs in oil and oil products warehouses // Oil and Gas Business. – 2013. – № 1. – P. 459–468.

10. Shvyrkov S. A. et al. Statistics on quasi-instantaneous destruction of reservoirs for storing oil and oil products // Fire and explosion safety. – 2007. – Vol. 16, № 6. – P. 48–52.

11. Order of the Ministry of Emergencies of the Russian Federation of July 10, 2009 № 404 "On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities".

УДК 614.84:519

kaibitchev@mail.ru

**УЧЕТ ОШИБКИ ПРОШЛОГО ПЕРИОДА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ  
ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТИВНОГО РЕАГИРОВАНИЯ  
ФПС МЧС РОССИИ****ACCOUNTING ERRORS OF PREVIOUS PERIOD IN PREDICTING  
THE MAIN PARAMETERS OF THE OPERATIONAL RESPONSE  
OF EMERCOM OF RUSSIA**

*Кайбичев И. А., доктор физико-математических наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,  
Кайбичева Е. И., кандидат экономических наук,  
Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург*

*Kaibichev I. A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg  
Kaibicheva E. I., Ural State University of Economics, Yekaterinburg*

Объектом исследования является учет ошибки прошлого периода между прогнозным и фактическим значениями при математическом прогнозе основных показателей оперативного реагирования ФПС МЧС России. Цель исследования – показать полезность учета ошибки прошлого периода при прогнозе показателей оперативного реагирования ФПС МЧС России. В исследовании использован метод экспоненциального сглаживания. Автором предложена модернизация этого метода с учетом ошибки прошлого периода. В результате исследования установлено, что учет ошибки прошлого периода приводил к улучшению качества прогноза на 18,11–88,37 %.

*Ключевые слова:* показатели оперативного реагирования, федеральная противопожарная служба, метод экспоненциального сглаживания, учет ошибки прошлого периода между прогнозным и фактическим значениями, Российская Федерация

The object of the study is to take into account the error of the previous period between the forecast and actual values in the mathematical forecast of the main indicators of rapid response of the Federal emergency service of Russia. The purpose of the study is to show the usefulness of taking into account the error of the previous period in the forecast of operational response indicators of the Federal emergency service of Russia. The study used the exponential smoothing method. The author proposes a modernization of this method taking into account the error of the previous period. The study found that taking into account the errors of the previous period led to an improvement in the quality of the forecast by 18.11-88.37 %.

*Keywords:* rapid response indicators, Federal fire service, exponential smoothing method, accounting for the error of the previous period between the forecast and actual values, Russian Federation

Теория временных рядов [1–3] находит применение во многих отраслях человеческой деятельности, в том числе в пожарной статистике [4–11].

Практика показывает, что между прогнозным и фактическими значениями есть различие. Эту разницу называют ошибкой. Цель исследования – устано-

вить, влияет ли учет ошибки на результаты и качество прогноза.

В качестве примера выполним прогноз основных оперативных показателей оперативного реагирования ФПС МЧС России на 2019 год.

#### Методика расчета

Первая попытка учета ошибки прогноза на результаты, полученные в методе экспоненциального сглаживания, предпринята на примере прогноза среднего времени прибытия первого пожарного подразделения на пожар [12].

Модернизация метода экспоненциального сглаживания, предложенная в работе [12], состоит в добавлении в широко известную формулу дополнительного члена

$$Y_{i+1} = \alpha X_i + (1-\alpha) X_{i-1} + \beta \varepsilon_i. \quad (1)$$

Здесь  $Y_{i+1}$  – прогнозное значение.  $X_i$  – известные данные на  $i$  период,  $\alpha$  – константа ( $0 < \alpha < 1$ ), ошибка прогноза прошлого периода  $\varepsilon_i = Y_i - X_i$ ,  $\beta$  – кон-

станта ( $-1 \leq \beta \leq 1$ ). В базу прогноза вводят два предшествующих периода. Поэтому прогнозные значения можно получить по формуле (1) только начиная с третьего временного периода.

В качестве показателя качества прогноза принимали среднее значение квадрата ошибки. Чем меньше это значение, тем лучше прогноз. Минимизация осуществлялась с помощью средства Поиск решения программы Microsoft Excel. Прогноз основан на статистических данных [13–26].

#### Среднее время сообщения о пожаре

Первоначально используем классический метод экспоненциального сглаживания. Параметр  $\alpha$  меняли в диапазоне  $[0,0001; 0,9999]$ . Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,9999$  (табл. 1). При этом прогнозное значение показателя в основном определяется фактическим значением прошлого периода.

Таблица 1

Прогноз среднего времени сообщения о пожаре

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	8,88	8,88	0,00	0,00
2002	8,77	8,77	0,00	0,00
2003	7,74	8,77	1,03	1,06
2004	7,33	7,74	0,41	0,17
2005	7,02	7,33	0,31	0,10
2006	6,77	7,02	0,25	0,06
2007	6,04	6,77	0,73	0,53
2008	5,47	6,04	0,57	0,32
2009	4,13	5,47	1,34	1,80
2010	3,61	4,13	0,52	0,27
2011	3,25	3,61	0,36	0,13
2012	2,84	3,25	0,41	0,17
2013	2,49	2,84	0,35	0,12
2014	2,27	2,49	0,22	0,05
2015	1,98	2,27	0,29	0,08
2016	1,82	1,98	0,16	0,03
2017	1,7	1,82	0,12	0,01
2018	1,61	1,70	0,09	0,01
2019		1,70	0,40	0,27

Среднее значение ошибки равно 0,40, а среднее значение квадрата ошибки – 0,27.

Прогнозное значение для среднего времени сообщения о пожаре на 2019 год составило 1,70 мин.

Учет ошибки прошлого периода (табл. 2) привел к уменьшению среднего

значения квадрата ошибки на 27,70 % (до 0,20). Параметр  $\alpha = 0,9999$ , то есть не изменился. Параметр  $\beta = -0,42374$ .

Прогнозное значение для среднего времени сообщения о пожаре с учетом ошибки на 2019 год составило 1,59 мин.

Таблица 2

Прогноз среднего времени сообщения о пожаре с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	8,88	8,88	0,00	0,00
2002	8,77	8,77	0,00	0,00
2003	7,74	8,77	1,03	1,06
2004	7,33	7,30	-0,03	0,00
2005	7,02	7,34	0,32	0,10
2006	6,77	6,88	0,11	0,01
2007	6,04	6,72	0,68	0,46
2008	5,47	5,75	0,28	0,08
2009	4,13	5,35	1,22	1,49
2010	3,61	3,61	0,00	0,00
2011	3,25	3,61	0,36	0,13
2012	2,84	3,10	0,26	0,07
2013	2,49	2,73	0,24	0,06
2014	2,27	2,39	0,12	0,01
2015	1,98	2,22	0,24	0,06
2016	1,82	1,88	0,06	0,00
2017	1,7	1,80	0,10	0,01
2018	1,61	1,66	0,05	0,00
2019		1,59	0,28	0,20

В целом можно сделать вывод, что при прогнозе среднего времени сообщения о пожаре учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 27,70 %.

#### Среднее время прибытия первого пожарного подразделения

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,9999$  (табл. 3). При этом прогнозное значение

показателя в основном определяется фактическим значением прошлого периода.

Среднее значение ошибки равно 0,19, а среднее значение квадрата ошибки – 0,21.

Прогнозное значение среднего времени прибытия первого пожарного подразделения на 2019 год составило 8,41 мин.

Таблица 3

Прогноз среднего времени прибытия первого пожарного подразделения

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	11,31	11,31	0,00	0,00
2002	11,80	11,80	0,00	0,00
2003	11,82	11,80	-0,02	0,00
2004	12,02	11,82	-0,20	0,04

2005	12,18	12,02	-0,16	0,03
2006	12,42	12,18	-0,24	0,06
2007	12,06	12,42	0,36	0,13
2008	11,71	12,06	0,35	0,12
2009	10,12	11,71	1,59	2,53
2010	9,57	10,12	0,55	0,30
2011	9,08	9,57	0,49	0,24
2012	8,76	9,08	-0,32	0,10
2013	8,40	8,76	0,36	0,13
2014	8,36	8,40	0,04	0,00
2015	8,21	8,36	0,15	0,02
2016	8,19	8,21	0,02	0,00
2017	8,16	8,19	0,03	0,00
2018	8,41	8,16	-0,25	0,06
2019		8,41	0,19	0,21

Учет ошибки прошлого периода (табл. 4) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 18,11 % (до

0,17). Параметр  $\alpha = 0,9999$ , то есть не изменился. Параметр  $\beta = -0,32784$ .

*Таблица 5*  
*Прогноз среднего времени прибытия первого пожарного подразделения с учетом ошибки*

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	11,31	11,31	0,00	0,00
2002	11,80	11,80	0,00	0,00
2003	11,82	11,80	-0,02	0,00
2004	12,02	11,83	-0,19	0,04
2005	12,18	12,08	-0,10	0,01
2006	12,42	12,21	-0,21	0,04
2007	12,06	12,49	0,43	0,18
2008	11,71	11,92	0,21	0,04
2009	10,12	11,64	1,52	2,31
2010	9,57	9,62	0,05	0,00
2011	9,08	9,55	0,47	0,22
2012	8,76	8,92	0,16	0,03
2013	8,40	8,71	0,31	0,09
2014	8,36	8,30	-0,06	0,00
2015	8,21	8,38	0,17	0,03
2016	8,19	8,15	-0,04	0,00
2017	8,16	8,20	0,04	0,00
2018	8,41	8,15	-0,26	0,07
2019		8,50	0,14	0,17

Прогнозное значение для среднего времени прибытия первого пожарного подразделения с учетом ошибки на 2019 год составило 8,50 мин.

При прогнозе среднего времени прибытия первого пожарного подразделения учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 18,11 %.

**Среднее время подачи первого ствола**

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,9999$  (табл. 5). При этом прогнозное значение показателя в основном определяется фактическим значением прошлого периода.

Среднее значение ошибки равно 0,15, а среднее значение квадрата ошибки – 0,07.

Прогнозное значение среднего времени подачи первого ствола на 2019 год составило 1,44 мин.

Таблица 5

Прогноз среднего времени подачи первого ствола

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	1,58	1,58	0,00	0,00
2010	1,44	1,44	0,00	0,00
2011	1,33	1,44	0,11	0,01
2012	1,84	1,44	-0,40	0,16
2013	1,20	1,44	0,24	0,06
2014	1,17	1,44	0,27	0,07
2015	1,13	1,44	0,31	0,10
2016	1,14	1,44	0,30	0,09
2017	1,12	1,44	0,32	0,10
2018	1,12	1,44	0,32	0,10
2019		1,44	0,15	0,07

Учет ошибки прошлого периода (табл. 6) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 32,08 % (до

0,05). Параметр  $\alpha = 0,9999$ , то есть не изменился. Параметр  $\beta = -0,39784$

Таблица 6

Прогноз среднего времени подачи первого ствола с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	1,58	1,58	0,00	0,00
2010	1,44	1,44	0,00	0,00
2011	1,33	1,44	0,11	0,01
2012	1,84	1,40	-0,44	0,20
2013	1,20	1,57	0,37	0,14
2014	1,17	1,42	0,25	0,06
2015	1,13	1,32	0,19	0,04
2016	1,14	1,25	0,11	0,01
2017	1,12	1,20	0,08	0,01
2018	1,12	1,17	0,05	0,00
2019		1,15	0,07	0,05

Прогнозное значение для среднего времени подачи первого ствола с учетом ошибки на 2019 год составило 1,15 мин.

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 32,08 %.

**Среднее время свободного горения**

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,037133$  (табл. 7). Среднее значение ошибки равно -4,19, а среднее значение квадрата ошибки – 28,32.

Прогнозное значение среднего времени свободного горения на 2019 год составило 19,47 мин.

Таблица 7

*Прогноз среднего времени свободного горения*

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	19,43	19,43	0,00	0,00
2002	19,59	19,59	0,00	0,00
2003	19,01	19,44	0,43	0,18
2004	19,35	19,58	0,23	0,05
2005	18,65	19,44	0,79	0,63
2006	18,63	19,58	0,95	0,90
2007	17,61	19,45	1,84	3,37
2008	16,90	19,57	2,67	7,15
2009	16,05	19,45	3,40	11,57
2010	14,80	19,57	4,77	22,75
2011	13,80	19,46	5,66	31,99
2012	12,96	19,57	6,61	43,63
2013	12,20	19,46	7,26	52,70
2014	11,90	19,56	7,66	58,70
2015	11,40	19,46	8,06	65,02
2016	11,16	19,56	8,40	70,52
2017	11,05	19,47	8,42	70,85
2018	11,20	19,55	8,35	69,80
2019		19,47	4,19	28,32

Учет ошибки прошлого периода (табл. 8) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 83,37 % (до

4,71). Параметр  $\alpha = 0,037133$ , то есть не изменился. Параметр  $\beta = -0,45882$ .

Таблица 8

*Прогноз среднего времени свободного горения с учетом ошибки*

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	19,43	19,43	0,00	0,00
2002	19,59	19,59	0,00	0,00
2003	19,01	19,44	0,43	0,18
2004	19,35	19,39	0,04	0,00
2005	18,65	19,42	0,77	0,59
2006	18,63	19,04	0,41	0,17
2007	17,61	19,22	1,61	2,58
2008	16,90	18,31	1,41	1,98
2009	16,05	18,54	2,49	6,18
2010	14,80	17,18	2,38	5,65
2011	13,80	17,39	3,59	12,92
2012	12,96	15,54	2,58	6,63
2013	12,20	16,14	3,94	15,55
2014	11,90	13,75	1,85	3,42
2015	11,40	15,21	3,81	14,49
2016	11,16	12,06	0,90	0,80
2017	11,05	14,68	3,63	13,16
2018	11,20	10,49	-0,71	0,51
2019		14,85	1,62	4,71

Прогнозное значение для среднего времени свободного горения с учетом ошибки на 2019 год составило 14,85 мин.

В целом учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 83,37 %.

**Среднее время локализации пожара**

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,017660$  (табл. 9). Среднее значение ошибки равно 5,59, а среднее значение квадрата ошибки – 49,77.

Прогнозное значение среднего времени локализации пожара на 2019 год составило 17,76 мин.

Таблица 9

*Прогноз среднего времени локализации пожара*

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	17,74	17,74	0,00	0,00
2002	17,85	17,85	0,00	0,00
2003	16,99	17,74	0,75	0,57
2004	17,14	17,85	0,71	0,50
2005	17,10	17,74	0,64	0,41
2006	16,96	17,85	0,89	0,79
2007	15,32	17,75	2,43	5,88
2008	14,31	17,84	3,53	12,49
2009	11,34	17,75	6,41	41,05
2010	11,53	17,84	6,31	39,85
2011	10,49	17,75	7,26	52,69
2012	9,57	17,84	8,27	68,41
2013	8,35	17,75	9,40	88,37
2014	8,19	17,84	9,65	93,11
2015	7,08	17,75	10,67	113,90
2016	6,56	17,84	11,28	127,19
2017	6,33	17,75	11,42	130,50
2018	6,88	17,84	10,96	120,04
2019		17,76	5,59	49,77

Учет ошибки прошлого периода (табл. 10) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 78,35 % (до

10,78). Параметр  $\alpha = 0,01766$ , то есть не изменился. Параметр  $\beta = -0,3945$ .

Таблица 10

*Прогноз среднего времени локализации пожара с учетом ошибки*

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	17,74	17,74	0,00	0,00
2002	17,85	17,85	0,00	0,00
2003	16,99	17,74	0,75	0,57
2004	17,14	17,55	0,41	0,17
2005	17,10	17,58	0,48	0,23
2006	16,96	17,36	0,40	0,16
2007	15,32	17,41	2,09	4,38
2008	14,31	16,54	2,23	4,97
2009	11,34	16,52	5,18	26,81
2010	11,53	14,50	2,97	8,80

2011	10,49	15,31	4,82	23,26
2012	9,57	12,61	3,04	9,23
2013	8,35	14,07	5,72	32,68
2014	8,19	10,38	2,19	4,79
2015	7,08	13,14	6,06	36,70
2016	6,56	8,04	1,48	2,18
2017	6,33	12,46	6,13	37,64
2018	6,88	5,70	-1,18	1,40
2019		12,81	2,38	10,78

Прогнозное значение для среднего времени локализации пожара с учетом ошибки на 2019 год составило 12,81 мин.

В целом учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 78,35 %.

**Среднее время ликвидации открытого горения**

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,025635$  (табл. 11). Среднее значение ошибки равно 3,12, а среднее значение квадрата ошибки – 13,76.

Прогнозное значение среднего времени ликвидации открытого горения на 2019 год составило 13,83 мин.

Таблица 11  
Прогноз среднего времени ликвидации открытого горения

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	13,82	13,82	0,00	0,00
2010	13,94	13,94	0,00	0,00
2011	12,59	13,82	1,23	1,52
2012	11,60	13,94	2,34	5,46
2013	10,29	13,83	3,54	12,50
2014	10,38	13,93	3,55	12,63
2015	9,29	13,83	4,54	20,60
2016	8,59	13,93	5,34	28,53
2017	8,36	13,83	5,47	29,94
2018	8,79	13,93	5,14	26,41
2019		13,83	3,12	13,76

Учет ошибки прошлого периода (табл. 12) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 78,52 % (до

2,96). Параметр  $\alpha = 0,025635$ , то есть не изменился. Параметр  $\beta = -0,63489$ .

Таблица 12  
Прогноз среднего времени ликвидации открытого горения с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	13,82	13,82	0,00	0,00
2010	13,94	13,94	0,00	0,00
2011	12,59	13,82	1,23	1,52
2012	11,60	13,15	1,55	2,42
2013	10,29	12,82	2,53	6,40
2014	10,38	11,54	1,16	1,35
2015	9,29	12,05	2,76	7,62

2016	8,59	9,80	1,21	1,47
2017	8,36	11,22	2,86	8,20
2018	8,79	8,02	-0,77	0,59
2019		11,63	1,25	2,96

Прогнозное значение для среднего времени ликвидации открытого горения с учетом ошибки на 2019 год составило 11,63 мин.

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 78,52 %.

#### Среднее время тушения пожара

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,01469$  (табл. 13). Среднее значение ошибки равно 14,76, а среднее значение квадрата ошибки – 362,21.

Прогнозное значение среднего времени тушения пожара на 2019 год составило 44,39 мин.

Таблица 13

#### Прогноз среднего времени тушения пожара

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	44,35	44,35	0,00	0,00
2002	44,70	44,70	0,00	0,00
2003	42,73	44,36	1,63	2,64
2004	47,98	44,69	-3,29	10,79
2005	42,67	44,36	1,69	2,86
2006	41,89	44,69	2,80	7,84
2007	39,24	44,36	5,12	26,27
2008	36,91	44,69	7,78	60,45
2009	25,37	44,37	19,00	360,99
2010	25,70	44,68	18,98	360,26
2011	23,32	44,37	21,05	443,28
2012	21,39	44,68	23,29	542,24
2013	18,78	44,38	25,60	655,29
2014	18,65	44,67	26,02	677,13
2015	16,36	44,38	28,02	785,29
2016	15,14	44,67	29,53	871,87
2017	14,79	44,39	29,60	875,99
2018	15,74	44,66	28,92	836,56
2019		44,39	14,76	362,21

Учет ошибки прошлого периода (табл. 14) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 69,38 % (до

110,91). Параметр  $\alpha = 0,01469$ , то есть не изменился. Параметр  $\beta = -0,30913$ .

Таблица 14

#### Прогноз среднего времени тушения пожара с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	44,35	44,35	0,00	0,00
2002	44,70	44,70	0,00	0,00
2003	42,73	44,36	1,63	2,64
2004	47,98	44,19	-3,79	14,34

2005	42,67	45,52	2,85	8,14
2006	41,89	43,33	1,44	2,07
2007	39,24	45,05	5,81	33,71
2008	36,91	41,56	4,65	21,63
2009	25,37	43,56	18,19	330,78
2010	25,70	35,97	10,27	105,42
2011	23,32	40,27	16,95	287,37
2012	21,39	30,79	9,40	88,36
2013	18,78	37,23	18,45	340,28
2014	18,65	25,18	6,53	42,67
2015	16,36	35,03	18,67	348,59
2016	15,14	19,56	4,42	19,50
2017	14,79	33,44	18,65	347,76
2018	15,74	13,99	-1,75	3,05
2019		33,69	7,35	110,91

Прогнозное значение для среднего времени тушения пожара с учетом ошибки на 2019 год составило 33,69 мин.

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 69,38 %.

**Среднее время ликвидации последствий пожара**

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,9999$  (табл. 15). Среднее значение ошибки равно 2,95, а среднее значение квадрата ошибки – 16,91.

Прогнозное значение среднего времени ликвидации последствий пожара на 2019 год составило 34,44 мин.

Таблица 15

*Прогноз среднего времени ликвидации последствий пожара*

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	34,56	34,56	0,00	0,00
2002	34,44	34,44	0,00	0,00
2003	31,25	34,44	3,19	10,18
2004	30,84	34,44	3,60	12,96
2005	31,11	34,44	3,33	11,09
2006	30,23	34,44	4,21	17,72
2007	28,05	34,44	6,39	40,83
2008	26,24	34,44	8,20	67,24
2009	28,27	34,44	6,17	38,07
2010	31,28	34,44	3,16	9,99
2011	29,90	34,44	4,54	20,61
2012	29,92	34,44	4,52	20,43
2013	29,38	34,44	5,06	25,60
2014	32,55	34,44	1,89	3,57
2015	31,89	34,44	2,55	6,50
2016	33,12	34,44	1,32	1,74
2017	35,28	34,44	-0,84	0,71
2018	38,59	34,44	-4,15	17,22
2019		34,44	2,95	16,91

Учет ошибки прошлого периода (табл. 16) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 79,57 % (до

3,46). Параметр  $\alpha = 0,9999$ , то есть не изменился. Параметр  $\beta = -1$

Таблица 16

*Прогноз среднего времени ликвидации последствий пожара с учетом ошибки*

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	34,56	34,56	0,00	0,00
2002	34,44	34,44	0,00	0,00
2003	31,25	34,44	3,19	10,18
2004	30,84	31,25	0,41	0,17
2005	31,11	30,84	-0,27	0,07
2006	30,23	31,11	0,88	0,77
2007	28,05	30,23	2,18	4,75
2008	26,24	28,05	1,81	3,28
2009	28,27	26,24	-2,03	4,12
2010	31,28	28,27	-3,01	9,06
2011	29,90	31,28	1,38	1,90
2012	29,92	29,90	-0,02	0,00
2013	29,38	29,92	0,54	0,29
2014	32,55	29,38	-3,17	10,05
2015	31,89	32,55	0,66	0,44
2016	33,12	31,89	-1,23	1,51
2017	35,28	33,12	-2,16	4,67
2018	38,59	35,28	-3,31	10,96
2019		38,59	-0,23	3,46

Прогнозное значение для среднего времени ликвидации последствий пожара с учетом ошибки на 2019 год составило 38,59 мин.

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 79,57 %.

**Среднее время занятости на пожаре**

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,0001$  (табл. 17). Среднее значение ошибки равно 3,34, а среднее значение квадрата ошибки – 11,18.

Прогнозное значение среднего времени занятости на пожаре на 2019 год составило 54,58 мин.

Таблица 17

*Прогноз среднего времени занятости на пожаре*

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	54,58	54,58	0,00	0,00
2010	57,86	57,86	0,00	0,00
2011	54,28	54,58	0,30	0,09
2012	53,33	57,86	4,53	20,52
2013	49,14	54,58	5,44	29,60
2014	52,56	57,86	5,30	28,09
2015	49,51	54,58	5,07	25,71
2016	50,08	57,86	7,78	60,53
2017	51,61	54,58	2,97	8,82

2018	55,81	57,86	2,05	4,20
2019		54,58	3,34	11,18

Учет ошибки прошлого периода (табл. 18) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 67,14 % (до 3,67). Параметр  $\alpha = 0,28176$ . Параметр  $\beta = -1$ .

Прогнозное значение среднего времени занятости на пожаре с учетом ошибки на 2019 год составило 51,00 мин.

Таблица 18

Прогноз среднего времени занятости на пожаре

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	54,58	54,58	0,00	0,00
2010	57,86	57,86	0,00	0,00
2011	54,28	55,50	1,22	1,50
2012	53,33	56,64	3,31	10,93
2013	49,14	52,20	3,06	9,35
2014	52,56	53,58	1,02	1,04
2015	49,51	51,18	1,67	2,79
2016	50,08	51,91	1,83	3,34
2017	51,61	49,35	-2,26	5,09
2018	55,81	54,16	-1,65	2,71
2019		51,00	0,82	3,67

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 67,14 %.

#### Среднее время обслуживания вызова

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при  $\alpha = 0,0001$

(табл. 19). Среднее значение ошибки равно 4,49, а среднее значение квадрата ошибки – 20,19.

Прогнозное значение среднего времени обслуживания вызова на 2019 год составило 64,65 мин.

Таблица 19

Прогноз среднего времени обслуживания вызова

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	64,65	64,65	0,00	0,00
2010	67,28	67,28	0,00	0,00
2011	63,26	64,65	1,39	1,93
2012	61,11	67,28	6,17	38,07
2013	57,54	64,65	7,11	50,56
2014	60,95	67,28	6,33	40,06
2015	57,71	64,65	6,94	48,17
2016	58,23	67,28	9,05	81,89
2017	59,78	64,65	4,87	23,73
2018	64,21	67,28	3,07	9,42
2019		64,65	4,49	20,19

Учет ошибки прошлого периода (табл. 20) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 87,88 % (до

2,45). Параметр  $\alpha = 0,0001$ . Параметр  $\beta = -0,86794$ .

Прогнозное значение среднего времени обслуживания вызова с учетом ошибки на 2019 год составило 49,56 мин.

Таблица 20

*Прогноз среднего времени обслуживания вызова с учетом ошибки*

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	64,65	64,65	0,00	0,00
2010	67,28	67,28	0,00	0,00
2011	63,26	64,65	1,39	1,93
2012	61,11	66,07	4,96	24,63
2013	57,54	60,34	2,80	7,86
2014	60,95	63,64	2,69	7,24
2015	57,71	58,01	0,30	0,09
2016	58,23	63,38	5,15	26,53
2017	59,78	53,54	-6,24	38,95
2018	64,21	68,80	4,59	21,03
2019		49,56	1,56	2,45

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 87,88 %.

#### **Выводы**

В итоге установлена полезность учета ошибки прошлого периода в методе экспоненциального сглаживания при прогнозе основных показателей оперативного реагирования ФПС МЧС России. Выполнен прогноз основных показателей оперативного реагирования ФПС МЧС России на 2019 год по методу экспонен-

циального сглаживания. Учет ошибки прошлого периода приводил к улучшению качества прогноза на 18,11–88,37 %. Результативность учета ошибки прошлого периода зависит от набора фактических значений [39–43].

Полученные результаты могут быть использованы при обосновании принимаемых решений в области пожарной безопасности органов власти, ведомств и организаций Российской Федерации.

#### **Литература**

1. Box G. E. P. et al. Time Series Analysis: Forecasting and Control. N.Y., 2015. 712 p.
2. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М., 2003. 416 с.
3. Shumway R., Stoffer D. Time Series Analysis and Its Applications with R Examples. Springer Texts in Statistics. 2017. 564 p.
4. Пранов Б. М. О некоторых подходах к моделированию и прогнозированию временных рядов пожарной статистики // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – Вып. 5(57). – С. 5. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
5. Пранов Б. М. Адекватные междисциплинарные модели в прогнозировании рядов статистических данных // Программные продукты и системы. – 2018. – № 3(31). – С. 444–447.
6. Меньших А. В., Тростянский С. Н. Моделирование структуры временных рядов пожарной статистики // Вестник Воронежского института МВД России. – 2012. – № 4. – С. 97–103.
7. Ширяев Е. В. и др. Статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – Вып. 3(55). – С. 8. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
8. Асанина Д. А., Шишов В. Ф. Прогнозирование количества городских пожаров в регионе // Концепт. – 2014. – Т. 20. – С. 3256–3260. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/54915.htm>.
9. Салихова А. Х. и др. Опыт прогнозирования обстановки с пожарами на территории субъекта Российской Федерации на примере Ивановской области // Техносферная безопасность. – 2018. – № 1(18). – С. 9–16.
10. Матеров Е. Н. Использование языка программирования R в вопросах пожарной безопасности: анализ статистики количества пожаров на основе теории временных рядов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2019. – № 1 (12). – С. 52–57.

11. Батуро А. Н. Прогнозирование количества пожаров в регионе на основе теории временных рядов // Технологии гражданской безопасности. – 2013. – Т. 10. – № 3(37). – С. 84–88.
12. Кайбичева Е. И., Кайбичев И. А. Учет ошибки в методе экспоненциального сглаживания // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сб. статей по материалам IX Всерос. науч.-практ. конф. курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых с международным уч. 27 сент. 2018 г. / Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. – Воронеж, 2018. – С. 310–313.
13. Пожары и пожарная безопасность в 2005 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2006. 139 с.
14. Пожары и пожарная безопасность в 2006 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2007. 137 с.
15. Пожары и пожарная безопасность в 2007 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2008. 137 с.
16. Пожары и пожарная безопасность в 2008 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2009. 137 с.
17. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2010. 135 с.
18. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: стат. сб. / под общ. ред. В. И. Климкина. М., 2011. 140 с.
19. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: стат. сб. / под общ. ред. В. И. Климкина. М., 2012. 137 с.
20. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: стат. сб. / под общ. ред. В. И. Климкина. М., 2013. 137 с.
21. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: стат. сб. / под общ. ред. В. И. Климкина. М., 2014. 137 с.
22. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: стат. сб. / под общ. ред. А. В. Матюшина. М., 2015. 124 с.
23. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: стат. сб. / под общ. ред. А. В. Матюшина. М., 2016. 124 с.
24. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: стат. сб. / под общ. ред. Д. М. Гордиенко. М., 2017. 124 с.
25. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: стат. сб. / под общ. ред. Д. М. Гордиенко. М., 2018. 125 с.
26. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: стат. сб. / под общ. ред. Д. М. Гордиенко. М., 2019. 125 с.

#### Referenses

1. Box G. E. P. et al. Time Series Analysis: Forecasting and Control. N.Y., 2015. 712 p.
2. Lukashin YU. P. Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennyh ryadov. M., 2003. 416 s.
3. Shumway R., Stoffer D. Time Series Analysis and Its Applications with R Examples. Springer Texts in Statistics. 2017. 564 p.
4. Pranov B. M. O nekotoryh podhodah k modelirovaniyu i prognozirovaniyu vremennyh ryadov pozharnej statistiki // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. – 2014. – vyp. 5(57). – 5 s. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
5. Pranov B. M. Adekvatnye mezhdisciplinarnye modeli v prognozirovanii ryadov statisticheskikh dannyh // Programmnye produkty i sistemy. – 2018. – № 3(31). – S. 444–447.
6. Men'shikh A. V., Trostyanskiy S. N. Modelirovanie struktury vremennyh ryadov pozharnej statistiki // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. – 2012. – № 4. – С. 97–103.
7. Shiryaev E. V. et al. Statisticheskij analiz pozharov na ob"ektah s obrashcheniem nefteproduktov // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. – 2014. – vyp. 3(55). – 8 s. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
8. Asanina D. A., SHishov VF. Prognozirovaniye kolichestvo gorodskih pozharov v regione // Koncept. – 2014. – Т. 20. – S. 3256–3260. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/54915.htm>.
9. Salihova A. H. et al. Opyt prognozirovaniya obstanovki s pozharami na territorii sub"ekta Rossijskoj Federacii na primere Ivanovskoj oblasti // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2018. – № 1 (18). – S. 9–16.
10. Materov E. N. Ispol'zovanie yazyka programmirovaniya R v voprosah pozharnej bezopasnosti: analiz statistiki kolichestva pozharov na osnove teorii vremennyh ryadov // Sibirskij pozharно-spasatel'nyj vestnik. – 2019. – № 1 (12). – S. 52–57.

11. Baturo A. N. Prognozirovanie kolichestva pozharov v regione na osnove teorii vremennyh ryadov // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. – 2013. – T. 10. – № 3(37). – S. 84–88.
12. Kaybicheva E. I., Kaybichev I. A. Uchet oshibki v metode eksponentsialnogo sglazhivaniya // Pozharnaya bezopasnost: problemy i perspektivy: sb. statey po materialam IX Vseros. nauch.-prakt. konf. kursantov. slushateley. studentov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uch. 27 sent. 2018 g. / Voronezhskiy institut – filial FGBOU VO Ivanovskoy pozharno-spasatelnoy akademii GPS MChS Rossii. – Voronezh. 2018. – S. 310–313.
13. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2005 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2006. 139 s.
14. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2006 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2007. 137 s.
15. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2007 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2008. 137 s.
16. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2008 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2009. 137 s.
17. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2009 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2010. 135 s.
18. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2010 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej V. I. Klimkina. M., 2011. 140 s.
19. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2011 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej V. I. Klimkina. M., 2012. 137 s.
20. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2012 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej V. I. Klimkina. M., 2013. 137 s.
21. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2013 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej V. I. Klimkina. M., 2014. 137 s.
22. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2014 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej A. V. Matyushina. M., 2015. 124 s.
23. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2015 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej A. V. Matyushina. M., 2016. 124 s.
24. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2016 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej D. M. Gordienko. M., 2017. 124 s.
25. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2017 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej D. M. Gordienko. M., 2018. 125 s.
26. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2018 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej D. M. Gordienko. M., 2019. 125 s.

УДК 614.84

otdel\_1\_3@mail.ru

**ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ  
ОБЪЕКТОВ ТОРГОВЛИ И ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ****ASSESSMENT OF FIRE HAZARD LEVEL  
OF TRADE AND PUBLIC CATERING FACILITIES**

*Удавцова Е. Ю., кандидат технических наук,  
Бобринев Е. В., кандидат биологических наук,  
Кондашов А. А., кандидат физико-математических наук,  
Харин В. В., Шавырина Т. А., кандидат технических наук,  
Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский  
институт противопожарной обороны МЧС России, Балашиха*

*Udavtsova E. YU., Bobrinev E. V., Kondashov A. A.,  
Kharin V. V., SHavyrina T. A.,  
All-Russian Research Institute for Fire Protection  
of EMERCOM of Russia, Balashikha*

Рассмотрены проблемы оценки уровня пожарной опасности объектов торговли и общественного питания. Проведена оценка уровня пожарной опасности по группам однотипных объектов с использованием статистических данных. Показано, что чаще всего пожары происходят на объектах рыночной торговли, однако под воздействием опасных факторов на таких пожарах попадает меньшее количество людей, чем при пожарах на объектах розничной торговли и общественного питания. Реже всего пожары происходят на объектах общественного питания в сельской местности. Отмечено, что среднее количество пострадавших при пожарах людей на объектах торговли и общественного питания в городах больше в 2,9 раза, чем в населенных пунктах сельской местности. Обращено внимание на системы обеспечения пожарной безопасности на объектах розничной торговли в сельской местности из-за низкой величины соотношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим.

*Ключевые слова:* пожаробезопасность, статистические данные, объекты торговли и общественного питания, гибель, травматизм.

The problems of assessing the level of fire hazard of trade and public catering facilities are considered. The assessment of the level of fire danger in groups of similar objects using statistical data was carried out. It is shown that most often fires occur at the objects of market trade, but under the influence of dangerous factors in such fires gets fewer people than in fires at retail and catering facilities. Less often fires occur at public catering facilities in rural areas. It is noted that the average number of people injured in fires at trade and public catering facilities in cities is 2.9 times higher than in rural settlements. Attention is drawn to the fire safety systems at retail facilities in rural areas due to the low ratio of the number of people injured in fires to the dead.

*Keywords:* fire safety, statistical data, objects of trade and public catering, death, injuries.

### Постановка проблемы

Наиболее опасными с точки зрения разрушений и человеческих потерь являются места массового скопления людей. Известны случаи пожаров в досуговых и торговых центрах с групповой гибелью [1]:

- 11 июля 2005 года произошел пожар в торговом центре «Пассаж» в г. Ухта (Республика Коми), в результате которого погибли 25 человек, десять получили травмы;

- 5 декабря 2009 года произошел пожар в ночном клубе «Хромая лошадь», в г. Пермь, в результате которого погибли 156 человек, более 100 пострадали, площадь пожара составила 400 кв. м (общая площадь заведения – 500 кв. м);

- 11 марта 2015 года произошел пожар в торговом центре «Адмирал» в г. Казань, погибли 19 человек и около 60 человек получили ранения. Общая площадь возгорания составила 4 тыс. кв. м;

- 25 марта 2018 года произошел пожар в торговом центре «Зимняя вишня» в г. Кемерово: в результате возгорания погибло 64 человека, 41 из погибших – дети. Площадь возгорания составила 1,5 тысячи кв. м.

Проблема пожарной безопасности объектов торговли изучалась многими исследователями [2–6]. Особое внимание подразделениям пожарной охраны на объектах торговли, на объектах с массовым пребыванием людей следует уделять подготовке подразделений к действиям по спасению людей в условиях возникновения пожара, а профилактическим подразделениям – проведению мероприятий по снижению риска возникновения пожара на объекте.

Для разработки мероприятий по снижению пожарного риска необходимо проведение оценки уровня пожарной опасности.

Один из подходов к оценке уровня пожарной опасности на основе статистических данных приведен в работе [7], для

этого предлагается использовать формулу:

$$Q_E = \frac{N_T}{T \cdot N_{об}}, \quad (1)$$

где  $Q_E$  – уровень пожарной опасности на группе  $E$  однотипных зданий;

$N_T$  – число пожаров с гибелью людей в рассматриваемой группе однотипных зданий за период времени  $T$ , лет;

$N_{об}$  – количество наблюдаемых объектов в группе.

Похожий подход к оценке уровня пожарной опасности на основе статистических данных анализируется в работе [8], в которой авторы предлагают использовать для оценки уровня пожарной опасности показатель «среднее число погибших людей» либо «среднее число жертв (погибших и травмированных)» в расчете на человека в единицу времени для любых типов зданий и сооружений различного функционального назначения:

$$Q_E = \frac{M_{ж}}{T \cdot N_о}, \quad (2)$$

где  $M_{ж}$  – число пострадавших при пожаре людей в рассматриваемой группе зданий (сооружений) за период  $T$ ;

$N_о$  – общее число людей, находящихся в зданиях (сооружениях).

Подобный подход используется в [9].

### Материал и методы

В работе предпринята попытка оценить уровень пожарной опасности по статистическим данным различными способами. Для этого использованы данные по количеству пожаров и количеству погибших людей на пожарах за период с 2012 по 2018 гг. на объектах торговли и общественного питания в Российской Федерации на основе статистической информации [10] и данные по количеству объектов торговли и общественного питания, количества мест обслуживания и площади торговых помещений [11, 12]. Для оценки среднего количества находя-

щихся на объектах торговли людей одновременно исходили из положений [13], допускающих принимать для расчета числа покупателей, одновременно находящихся в торговом зале, из расчета на одного человека:

- для магазинов – 3 м<sup>2</sup> площади торгового зала, включая площадь, занятую оборудованием;

- для рынков – 1,6 м<sup>2</sup> торгового зала рыночной торговли.

#### Результаты и их обсуждение

Статистические данные, используемые для оценки уровня пожарной опасности, представлены в таблице 1 и таблице 2 отдельно для городов и сельской местности.

*Таблица 1*

*Обстановка с пожарами за 2012–2018 гг. на объектах торговли и общественного питания в городах Российской Федерации*

Наименование	Объекты розничной торговли (торговые центры, магазины, павильоны, аптеки и т. д.)	Объекты рыночной торговли	Объекты общественного питания (столовые, закусочные, рестораны, кафе, бары и т. д.)
Количество организаций	575887	883	133371
Площадь торгового зала, тыс. м <sup>2</sup>	101213	-	20253,7
Количество мест обслуживания посетителей, тыс. ед.	-	240	8381
Количество пожаров, ед. (Т=7)	12530	4704	2980
Частота возникновения пожара в течение года в расчете на одну организацию	0,0031	0,761	0,0032
Количество погибших при пожарах, чел.	117	35	9
Количество травмированных при пожарах, чел.	297	125	149
Количество пожаров с гибелью 1 и более человек, ед.	49	16	7
Оценка уровня пожарной опасности *10 <sup>-6</sup> по среднему количеству пожаров с гибелью людей в расчете на 1 объект за год	12,2	2589	7,5
Оценка уровня пожарной опасности	0,5	3,3	0,15

Наименование	Объекты розничной торговли (торговые центры, магазины, павильоны, аптеки и т. д.)	Объекты рыночной торговли	Объекты общественного питания (столовые, закусочные, рестораны, кафе, бары и т. д.)
* $10^{-6}$ по среднему количеству погибших людей в расчете на 1 находящегося в здании за год			
Оценка уровня пожарной опасности * $10^{-6}$ по среднему количеству пострадавших людей в расчете на 1 находящегося в здании за год	1,75	15,2	2,69
Оценка уровня пожарной опасности по среднему количеству погибших людей в расчете на 1 пожар	0,0093	0,0074	0,0030
Оценка уровня пожарной опасности по среднему количеству пострадавших людей в расчете на 1 пожар	0,033	0,034	0,053

Таблица 2

Обстановка с пожарами за 2012–2018 гг. на объектах торговли и общественного питания сельских территорий Российской Федерации

Наименование	Объекты розничной торговли (магазины, павильоны, аптеки и т. д.)	Объекты рыночной торговли	Объекты общественного питания (столовые, закусочные, рестораны, кафе, бары и т. д.)
Количество организаций	195217	275	45149
Площадь торгового зала, тыс. м <sup>2</sup>	12200,9	-	3710,9
Количество мест обслуживания посетителей, тыс. ед.	-	71,2	2337,9
Количество пожаров, ед. (Т=7)	5250	838	547
Частота возникновения пожара в течение года в расчете на одну	0,0038	0,435	0,0017

Наименование	Объекты розничной торговли (магазины, павильоны, аптеки и т. д.)	Объекты рыночной торговли	Объекты общественного питания (столовые, закусочные, рестораны, кафе, бары и т. д.)
организацию			
Количество погибших при пожарах, чел.	24	3	4
Количество травмированных при пожарах, чел.	37	6	8
Количество пожаров с гибелью 1 и более человек, ед.	24	3	3
Оценка уровня пожарной опасности $\cdot 10^{-6}$ по среднему количеству пожаров с гибелью людей в расчете на 1 объект за год	17,6	1558	9,5
Оценка уровня пожарной опасности $\cdot 10^{-6}$ по среднему количеству погибших людей в расчете на 1 находящегося в здании за год	0,84	0,97	0,24
Оценка уровня пожарной опасности $\cdot 10^{-6}$ по среднему количеству пострадавших людей в расчете на 1 находящегося в здании за год	2,14	2,90	0,73
Оценка уровня пожарной опасности по среднему количеству погибших людей в расчете на 1 пожар	0,0046	0,0036	0,073
Оценка уровня пожарной опасности по среднему количеству пострадавших людей в расчете на 1 пожар	0,012	0,011	0,022

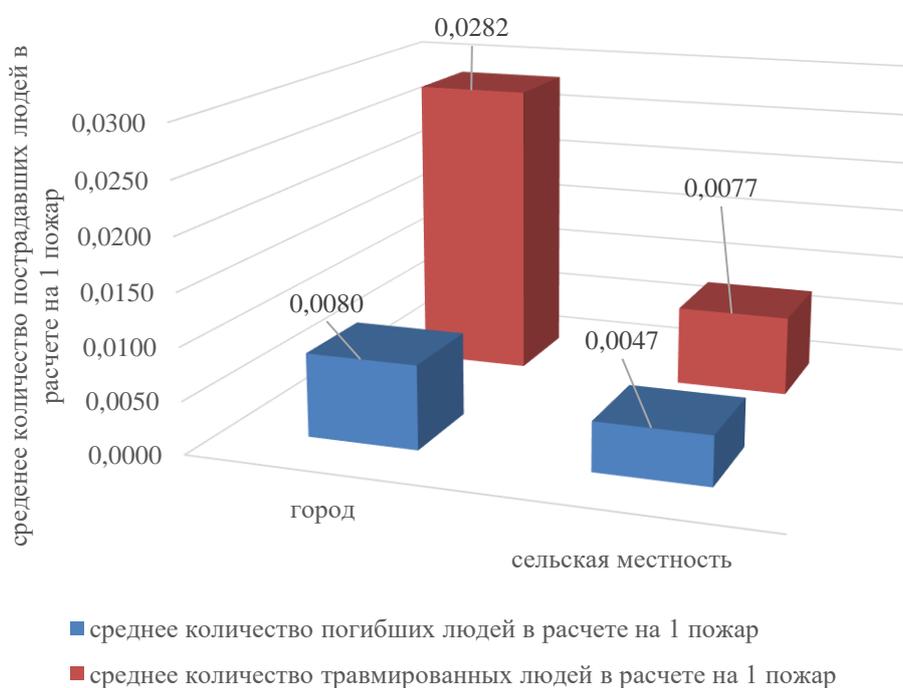
Из проанализированных данных следует, что чаще всего пожары происходят на объектах рыночной торговли (в

среднем 0,76 пожара на 1 объект в год в городах и 0,43 пожара на 1 объект в год в сельской местности), реже всего – на

объектах общественного питания в сельской местности (в среднем 0,0017 пожаров на 1 объект в год). Аналогичная тенденция наблюдается и по оценкам уровня пожарной опасности по погибшим и пострадавшим (погибшим плюс травмированным) при пожарах людей. Следует отметить, что сравнительная оценка уровня пожарной опасности по пострадавшим при пожарах людей в расчете на 1 пожар иная – наибольшее количество погибших при пожарах людей в расчете на 1 пожар зафиксировано в городах на объектах розничной торговли (0,0093), а в

сельской местности на объектах общественного питания (0,0073); наибольшее количество пострадавших при пожарах людей в расчете на 1 пожар зафиксировано в городах и в сельской местности на объектах общественного питания (0,0053 и 0,0022 соответственно).

На рисунке 1 приведено сравнение среднего количества пострадавших при пожарах людей в расчете на 1 пожар на объектах торговли и общественного питания городов и населенных пунктов сельской местности.



*Рисунок 1. Сравнительная оценка среднего количества пострадавших при пожарах людей в расчете на 1 пожар на объектах торговли и общественного питания городов и населенных пунктов сельской местности*

Как видно из данных рисунка 1, среднее количество пострадавших при пожарах людей на объектах торговли и общественного питания в городах больше в 2,9 раза, чем в населенных пунктах сельской местности. При этом соотношение погибших людей в городах и в населенных пунктах сельской местности составляет 1,7, а травмированных – 3,7.

Следует обратить внимание на соотношение травмированных и погибших

людей. Этот показатель характеризует степень относительной пожарной опасности объектов защиты. Международная организация труда рассматривает этот показатель как один из важнейших при анализе гибели и травматизма людей. Чем меньше значение этого показателя, тем опасней считается поражающий фактор или менее безопасной система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты [14, 15].

На рисунке 2 приведены значения отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим на объ-

ектах торговли и общественного питания городов и населенных пунктов сельской местности.

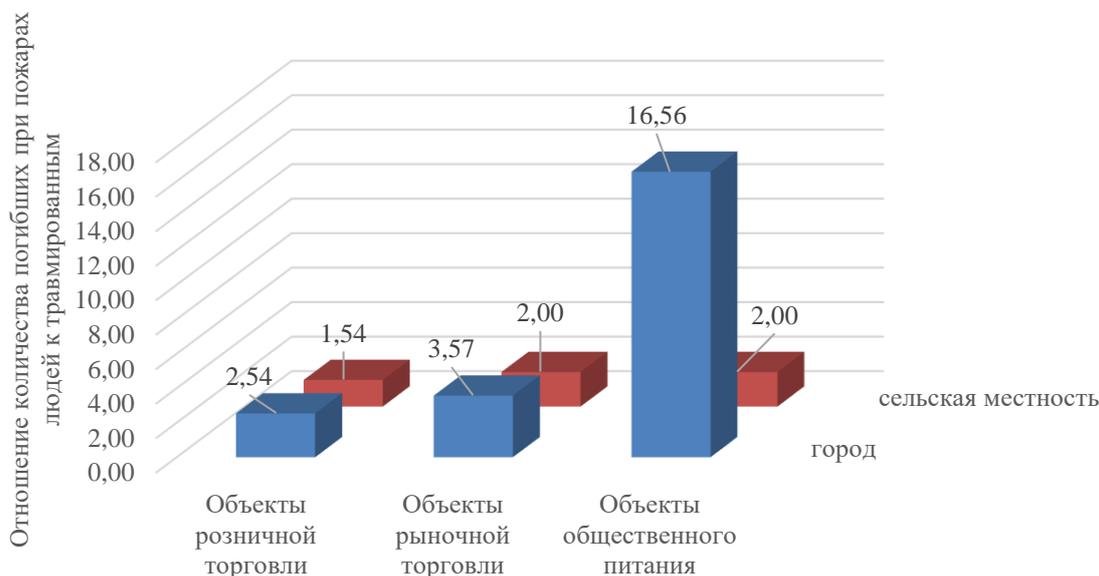


Рисунок 2. Отношение количества травмированных при пожарах людей к погибшим на объектах торговли и общественного питания городов и населенных пунктов сельской местности

Как видно из данных рисунка 2, наименьшее значение отношение количества погибших при пожарах людей к травмированным принимает на объектах розничной торговли – 1,54 в сельской местности и 2,54 в городах. Следует отметить, что на всех объектах торговли и общественного питания в сельской местности отношение количества погибших при пожарах людей к травмированным меньше, чем на аналогичных объектах городов.

Таким образом, чаще всего пожары происходят на объектах рыночной

торговли, однако под воздействие опасных факторов на таких пожарах попадает меньшее количество людей, чем на объектах розничной торговли и общественного питания – об этом свидетельствует показатель среднего количества пострадавших людей в расчете на 1 пожар.

Следует особо обратить внимание на системы обеспечения пожарной безопасности на объектах розничной торговли в сельской местности из-за низкой величины соотношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим.

#### Литература

1. Бахарев В. Е., Зальцман В. С., Фомин Д. С. Пожары, произошедшие на объектах с массовым пребыванием людей в Российской Федерации за период с 2009 года по 2018 год // Сб. ст. XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. «WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS». – Пенза, 2019. – С. 85–88.
2. Ахмеров К. А., Нигматуллина Н. М. Анализ пожаров в местах массового скопления людей на примере торговых центров в России // Сб. ст. XV Межд. науч.-практ. конф. «Экология и безопасность жизнедеятельности». – Пенза, 2015. – С. 7–11.
3. Никитин А. В., Кузовлев А. В. Условия возникновения пожаров в торговых центрах // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – Т. 1, № 9. – С. 665–666.

4. Касторных А. В., Григорьев И. А., Наумов Д. А. О причинах возникновения пожаров в торговых центрах // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2017. – Т. 1. – С. 364–365.
5. Костин А. Г., Михайлова С. М. Пожары на объектах торговли с массовым пребыванием людей // Сборник трудов XXIX Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы пожарно-технической экспертизы и надзора в области пожарной безопасности». – Химки, 2019. – Секция № 11. – С. 36–40.
6. Шалагин Р. П., Кривенко Н. Н. Проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов торговли // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – Т. 1, № 9. – С. 971–973.
7. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда «Пожарная безопасность. Общие требования».
8. Пожаровзрывозащита / сост. А. И. Сечин, О. С. Кырмакова. Томск, 2015. С. 126, 128.
9. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Индивидуальный пожарный риск: понятие и вычисление // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2013. – № 5. – С. 30–41.
10. Статистика пожаров за 2012–2018 гг. URL: <https://sites.google.com/site/statistikapozaro/home/rezultaty-rascetov/operativnye-dannye-po-pozaram>.
11. Россия в цифрах. 2018: крат. стат. сб. / Росстат. М., 2018. 522 с.
12. Торговля в России. 2017: стат. сб. / Росстат. М., 2017. 233 с.
13. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с Изменением № 1). Утвержден и введен в действие Приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. № 171.
14. Порошин А. А. и др. Риски гибели и травмирования людей на пожарах // Вестник НЦБЖД. – 2019. – № 2. – С. 127–132.
15. Харин В. В. и др. Статистический подход оценки степени пожарной опасности по соотношению травмированных и погибших при пожарах людей // Вестник НЦБЖД. – 2019. – № 4. – С. 127–135.

#### References

1. Bakharev V. E., Zal'tsman V. S., Fomin D. S. Pozhary, proizoshedshie na ob'ektakh s massovym prebyvaniem liudei v Rossiiskoi Federatsii za period s 2009 goda po 2018 god // Sbornik statei XXVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS». – Penza, 2019. – S. 85–88.
2. Akhmerov K. A., Nigmatullina N. M. Analiz pozharov v mestakh massovogo skopleniya liudei na primere torgovykh tcentrov v Rossii // Sbornik statei XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti». – Penza, 2015. – S. 7–11.
3. Nikitin A. V., Kuzovlev A. V. Usloviya vozniknoveniya pozharov v torgovykh tcentrah // Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy. – 2018. – Т. 1, № 9. – S. 665–666.
4. Kastornykh A. V., Grigor'ev I. A., Naumov D. A. O prichinakh vozniknoveniya pozharov v torgovykh tcentrah // Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychainykh situatsii. – 2017. – Т. 1. – S. 364–365.
5. Kostin A. G., Mikhailova S. M. Pozhary na ob'ektakh trgovli s massovym prebyvaniem liudei // Sbornik trudov XXIX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy i perspektivy pozharno-tekhnicheskoi ehkspertizy i nadzora v oblasti pozharnoi bezopasnosti». – Khimki, 2019. – Sektsiya № 11. – S. 36–40.
6. Shalagin R. P., Krivenko N. N. Problemy obespecheniya pozharnoi bezopasnosti ob'ektov trgovli // Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy. – 2018. – Т. 1, № 9. – S. 971–973.
7. GOST 12.1.004-91 Sistema standartov bezopasnosti truda «Pozharnaya bezopasnost'. Obshhie trebovaniya».
8. Pozharovzryvozashchita / sost. A. I. Sechin, O. S. Kyrmakova. Tomsk, 2015. S. 126, 128.
9. Brushlinskii N. N., Sokolov S. V. Individual'nyi pozharnyi risk: ponyatie i vychislenie // Problemy bezopasnosti i chrezvychainykh situatsii. – 2013. – № 5. – S. 30–41.
10. Statistika pozharov za 2012–2018 god. URL: <https://sites.google.com/site/statistikapozaro/home/rezultaty-rascetov/operativnye-dannye-po-pozaram>.
11. Rossiya v teifrakh. 2018: Krat.stat.sb. / Rosstat. M., 2018. 522 s.
12. Torgovlya v Rossii. 2017: Stat. sb. / Rosstat. M., 2017. 233 s.
13. SP 1.13130.2009 Sistemy protivopozharnoi zashchity. Evakuatsionnye puti i vykhody (s Izmeneniem № 1). Uverzhden i vveden v deistvie Prikazom MCHS Rossii ot 25 marta 2009 g. № 171.
14. Poroshin A. A. et al. Riski gibeli i travmirovaniya liudei na pozharakh // Vestnik NTCBZHD. – 2019. – № 2. – S. 127–132.
15. Kharin V. V. et al. Statisticheskii podkhod otcenki stepeni pozharnoi opasnosti po sootnosheniyu travmirovannykh i pogibshikh pri pozharakh liudei // Vestnik NTCBZHD. – 2019. – № 4. – S. 127–135.

УДК 614.8.01:51-7

chistanal@rambler.ru

**ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ  
С НАСЕЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РИСКОВ****WAYS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF WORK  
OF THE INSPECTOR OF THE STATE FIRE SUPERVISION (GPN)  
IN THE IMPLEMENTATION OF PREVENTIVE WORK  
WITH THE POPULATION**

*Чистякова А. А.,  
Всероссийский ордена «Знак Почета»  
научно-исследовательский институт  
противопожарной обороны МЧС России, Балашиха,  
Прус Ю. В., доктор физико-математических наук, профессор,  
Российский государственный университет нефти и газа  
(Научно-исследовательский университет) им. И. М. Губкина, Москва,  
Чистяков А. А., кандидат технических наук,  
Академия Государственной  
противопожарной службы МЧС России, Москва*

*Chistyakova A. A., All-Russian Research Institute  
for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Balashikha,  
PrusYu. V., National University of Oil and Gas (NRU) I.M. Gubkin, Moscow,  
Chistyakov A. A., Academy of the State Fire Service  
EMERCOM of Russia, Moscow*

Предложена модель реализации риск-ориентированного подхода при интеллектуальной поддержке управленческих решений в области пожарной безопасности, с использованием инструментария оценки пожарных рисков в социотехнических системах. Введены новые показатели эффективности планирования профилактической деятельности, построенные с учетом модифицированного авторами векторно-матричного представления пожарных рисков в жилом секторе. Описываются новые подходы к планированию профилактической работы с населением, направленной на пожарную профилактику и противопожарную пропаганду.

*Ключевые слова:* пожарный риск, социотехническая система, система обеспечения безопасности, профилактические мероприятия, риск-ориентированный подход, управление пожарной безопасностью.

A model for implementing a risk-based approach with intelligent support for management decisions in the field of fire safety, using tools for assessing fire risks in social engineering systems, is proposed. New indicators of the effectiveness of planning preventive activities were introduced, based on the modified vector-matrix representation of fire risks in the residential sector. New approaches to planning preventive work with the population aimed at fire prevention and fire promotion are described.

*Keywords:* fire risk, sociotechnical system, security system, preventive measures, risk-based approach, fire safety management.

Обеспечение безопасности людей от пожаров в жилом секторе является одной из важнейших проблем обеспечения Национальной безопасности, требующей целенаправленного объединения и координации усилий всех относящихся к системе обеспечения пожарной безопасности субъектов. Основная роль в обеспечении необходимого уровня пожарной безопасности населения в жилом секторе принадлежит органам местного самоуправления (ОМСУ) и надзорным органам МЧС России.

Однако проводимая работа по обеспечению пожарной безопасности в жилом секторе, согласно статистическим данным [1] не является достаточно эффективной и требует совершенствования (рисунок 1). При этом важно выделить элементы практической деятельности, направленные на пожарную профилактику, противопожарную защиту и противопожарную пропаганду.

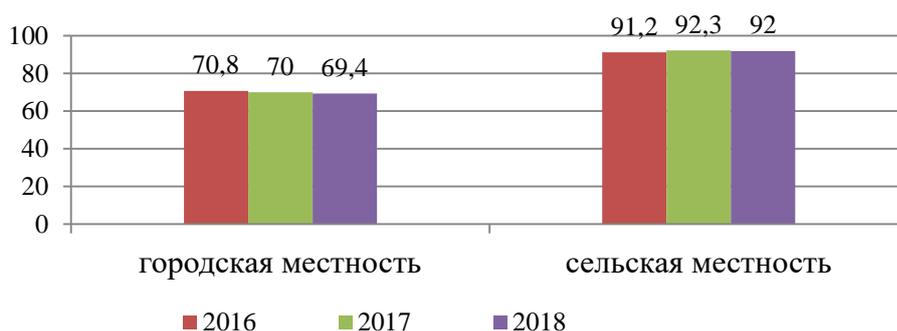


Рисунок 1. Обстановка с пожарами в жилом секторе

Требуют анализа процессы координации и взаимодействия по вопросам обеспечения пожарной безопасности в жилом секторе между представителями федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций, общественных объединений.

При организации профилактических мероприятий с населением отсутствуют единые подходы и требования к их планированию, научно-обоснованные методики, учитывающие показатели эффективности использования различных ресурсов. В частности, отсутствуют показатели экономической эффективности проведения профилактических мероприятий в области пожарной безопасности.

В статье предлагается ввести показатели эффективности использования трудовых ресурсов при проведении про-

филактических мероприятий с населением, аналогичные существующим в различных отраслях экономики показателям эффективности использования труда персонала [2]. Для определения совокупности показателей экономической эффективности использования труда при проведении профилактических мероприятий введены показатели предотвращенного ущерба, выраженные в виде «вектора ожидаемых потерь» [3], компоненты которого соответствуют определенным видам последствий для совокупности объектов защиты.

Для описания пожарных рисков в жилом секторе предлагается следующая интерпретация векторно-матричной модели [3]. В качестве совокупности объектов защиты рассматривается население, проживающее в жилом секторе на определенной территории. Это множество необходимо дифференцировать на кластеры по группам риска, компоненты  $c_i$  вектора распределения объектов за-

щиты определяются численностью соответствующих групп населения:

$$\vec{C} = (c_1, \dots, c_i, \dots, c_n). \quad (1)$$

При разбиении множества на кластеры выразим совокупность кластеров в виде многомерной булевой функции от аргументов, представляющих собой различные социальные, психофизиологические и иные характеристики, влияющие на уровень пожарного риска.

В области экономики труда рассматривается [2] следующее разбиение населения по возрасту: к 1 группе относятся дети и подростки (до 16 лет), ко 2 группе – трудоспособное население (мужчины 16–59 лет, женщины 16–54 года), к 3 группе – лица старше трудоспособного возраста (мужчины 65 лет и старше, женщины 60 лет и старше). В то же время в этой классификации не рас-

сматриваются инвалиды и лица с ограниченными возможностями.

В настоящее время при анализе статистических данных по пожарам разбиение населения по группам риска не проводится и не определена необходимая совокупность соответствующих показателей.

Такая дифференциация, на наш взгляд, должна отражать распределение групп населения по степени уязвимости при пожарах в жилом секторе. В качестве показателей для дифференциации предлагается использовать статистические характеристики, включающие: пол, возраст, социальное положение, место проживания, объект домовладения, наличие ограниченных физических возможностей (инвалидности), ожидаемые потери (табл. 1). При отсутствии детализированных по этим характеристикам статистических данных разбиение на кластеры возможно реализовать на основе метода экспертных оценок.

*Таблица 1*  
*Задание булевых функций, определяющих совокупность управленческого решения при определении группы риска*

№	пол		кластеры				место проживания		социальное положение				объекты домовладения				ожидаемые потери		группы риска				
	муж.	жен.	1-й	2-й	3-й	4-й	город	село	работает	не работает	пенсионер	бомж	дом	квартира	бытовка	баня	гибель	травма	1-я	2-я	3-я	4-я	
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
4	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0

При качественном рассмотрении будем использовать разбиение населения по возрасту с добавлением кластера, в который входят лица с ограниченными возможностями (инвалиды). В результате получаем разбиение (1) на 4 кластера, со-

ответствующих определенным группам риска  $i = \{1,2,3,4\}$ .

Компоненты «вектора ожидаемых потерь» [3] в нашем случае должны отражать негативные последствия жизни и здоровью человека. В соответствии с [4] под вредом, причиненным здоровью

человека, понимается нарушение анатомической целостности и физиологической функции органов и тканей человека в результате воздействия физических, химических, биологических и психических факторов внешней среды. Квалифицирующими признаками тяжести вреда, причиненного здоровью человека [5], являются:

а) в отношении тяжкого вреда:  
вред, опасный для жизни человека;  
потеря зрения, речи, слуха, какого-либо органа или утрата органом его функций;

прерывание беременности;  
психическое расстройство;  
заболевание наркоманией либо токсикоманией;

неизгладимое обезображивание лица;

значительная стойкая утрата общей трудоспособности не менее чем на одну треть;

полная утрата профессиональной трудоспособности;

б) в отношении средней тяжести вреда:

длительное расстройство здоровья;  
значительная стойкая утрата общей трудоспособности менее чем на одну треть;

в) в отношении легкого вреда:  
кратковременное расстройство здоровья;

незначительная стойкая утрата общей трудоспособности.

Приведенная классификация позволяет разделить подвергнувшееся опасным факторам пожара население по видам последствий на следующие группы:

- погибшие;
- получившие тяжелые травмы;
- получившие травмы средней тяжести;
- получившие легкие травмы.

В соответствии с вышесказанным, компоненты  $d_j$  вектора ожидаемых потерь [3]

$$\vec{D} = (d_1, d_2, d_3, d_4), \quad (2)$$

разделяются по  $j$ -м видам последствий для населения:

$d_1$  – гибель;

$d_2$  – тяжелые травмы;

$d_3$  – травмы средней тяжести;

$d_4$  – легкие травмы.

При проведении профилактической работы с различными группами населения необходимо применять соответствующие методики, учитывающие психофизиологические и социальные особенности, пол и возраст. Детализация объектов защиты, в частности, распределение населения по группам риска (кластерам), позволяет определить комплекс профилактических мероприятий по повышению культуры безопасности, а также сделать профилактические мероприятия адресными, учитывающими специфику групп населения.

Для совершенствования планирования профилактической деятельности требуется обосновать и ввести показатели эффективности проводимых профилактических мероприятий, отражающие связь показателей риска с трудозатратами. С целью минимизации потерь при ограниченных трудовых ресурсах, необходимо определение требующей первоочередного воздействия группы риска. В качестве критерия эффективности выбирается отношение трудозатрат к снижению совокупных потерь.

Планирование профилактической работы с определенной группой риска необходимо осуществлять на основе определения эффективности трудозатрат, с учетом удаленности объектов жилого сектора, численности задействованных специалистов, а также затраченного на профилактические мероприятия времени и возможности охвата населения.

Профилактическая работа может проводиться с отдельными группами

риска непосредственно инспектором государственного пожарного надзора либо представителями ОМСУ, МВД России, других общественных объединений, организаций и заинтересованными лицами. Для получения наибольшего эффекта каждая группа риска требует временных затрат, определяемых суммарной продолжительностью занятий согласно принятой методике и программ подготовки.

При введении показателей эффективности используется модель [3], позволяющая детализировать влияние профилактической деятельности на составляющие риска, связанные с уязвимостью объектов защиты и их подверженности опасному воздействию.

Вероятностные характеристики рассматриваемых групп населения подвергнутся опасным факторам пожара определяются компонентами  $v_i$  матрицы  $\mathbf{V}$ , связанными с отдельным кластером  $c_i$  в соответствии с [3]:

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} v_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & v_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & v_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & v_4 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Характеристики уязвимости представляют условные вероятности наступления различного рода последствий для рассматриваемых групп населения и определяются в соответствии с [3] компонентами матрицы оператора:

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & s_{14} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & s_{24} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & s_{34} \\ s_{41} & s_{42} & s_{43} & s_{44} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где компоненты  $s_{ij}$  представляют условную вероятность для  $i$ -го кластера получения  $j$ -го вреда здоровью или гибели (ожидаемых потерь  $d_j$ ).

Каждая компонента вектора ожидаемых потерь (2) согласно [3] представ-

ляет собой сумму ожидаемых потерь вида  $j$  по всем кластерам:

$$d_j = \sum_{i=1}^4 d_j^i = \sum_{i=1}^4 c_i v_i s_{ij}, \quad (5)$$

где  $d_j^i$  – вклад  $i$ -го кластера в последствия вида  $j$ .

В результате осуществления полного комплекса планируемых профилактических мероприятий со всеми представителями  $i$ -го кластера можно уменьшить его вклад в последствия вида  $j$  до значения:

$$d_j^{i*} = c_i v_i^* s_{ij}^*, \quad (6)$$

где  $v_i^*$  и  $s_{ij}^*$  – измененные в результате проведенных мероприятий значения вероятностей подверженности опасному воздействию и условные вероятности наступления  $j$ -ых последствий для  $i$ -го кластера.

Ожидаемое предельно достижимое снижение вклада  $i$ -го кластера в последствия вида  $j$  после проведенных мероприятий выражается как

$$\Delta d_j^{i*} = d_j^i - d_j^{i*}. \quad (7)$$

При неполном охвате представителей  $i$ -го кластера профилактическими мероприятиями вклад  $i$ -го кластера в последствия вида  $j$  выражается как

$$d_j^{i\#} = (1 - \alpha_i) c_i v_i s_{ij} + \alpha_i c_i v_i^* s_{ij}^*, \quad (8)$$

где  $\alpha_i$  – доля охвата представителями  $i$ -го кластера,  $0 \leq \alpha_i \leq 1$ .

Ожидаемое снижение вклада  $i$ -го кластера в последствия вида  $j$  после проведенных мероприятий при неполном охвате, с учетом (6–8), выражается как

$$\begin{aligned} \Delta d_j^i &= d_j^i - d_j^{i\#} = \\ &= \alpha_i c_i (v_i s_{ij} - v_i^* s_{ij}^*). \end{aligned} \quad (9)$$

Эффективность профилактической работы зависит от методики проведения занятий с каждой группой населения и продолжительности общего планируемого объема занятий. В основе показателей эффективности профилактической работы предлагается использовать характеристики снижения

условной вероятности получения вреда здоровью или гибели  $s$  и снижения условной вероятности подвергнуться опасным факторам пожара  $v$ . Общий вид зависимостей указанных показателей от трудозатрат представлен на графике (рис. 2, 3).

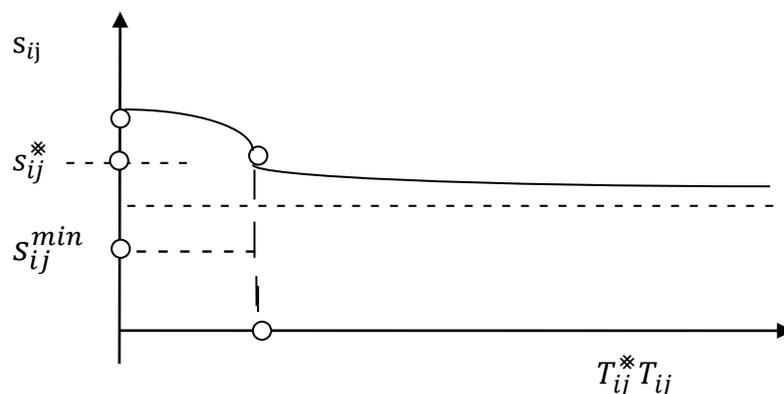


Рисунок 2. Зависимость условных вероятностей  $s_{ij}$  от трудозатрат

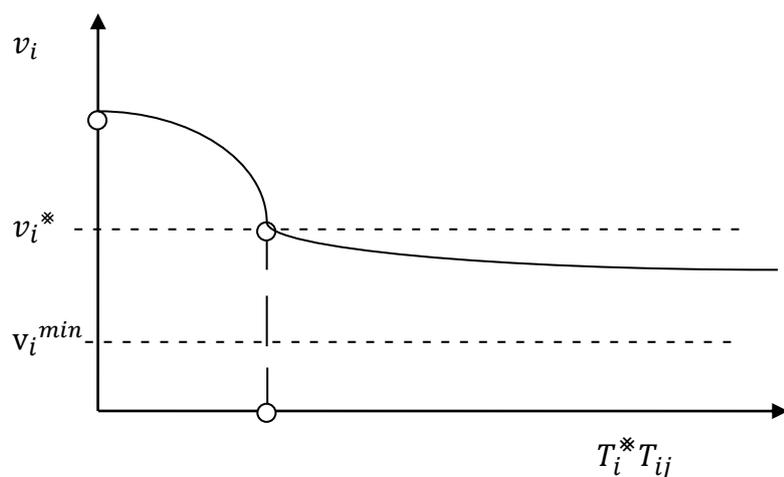


Рисунок 3. – Зависимость условных вероятностей  $v_i$  от трудозатрат

Для нахождения оптимальной продолжительности планируемого комплекса профилактических мероприятий необходимо определить на графиках (рис. 2, 3) точки  $T_{ij}^*$  и  $T_i^*$ , соответствующие достижению необходимой степени эффекта от профилактических занятий. Как видно из графиков  $s_{ij}$  и  $v_i$  (рис. 2, 3),  $T_{ij}^*$  и  $T_i^*$

соответствуют точкам перегибов кривых  $s_{ij}^*$  и  $v_i^*$ , в которых меняется знак второй производной по времени.

В качестве рекомендуемой продолжительности планируемого комплекса профилактических мероприятий можно предложить точку, характеризующую достижение всеми показателями точек перегиба  $s_{ij}^*$  и  $v_i^*$ :

$$T_i^* = \max \{T_{ij}^*, T_i^*\}. \quad (10)$$

$T_{ij}^*$   $T_i^*$  – временные интервалы проведения профилактических мероприятий для представителей  $i$ -го кластера, необходимые для снижения ожидаемых потерь до значения  $d_j^{i*}$ .

Трудозатраты  $T$  на проведение профилактических занятий определяются количеством чел/ч, учитывающих временные интервалы, затрачиваемые: на подготовку к занятиям, проведение обучения, инструктирование, пропаганду, проверку знаний и дорогу к объекту.

Количество проводимых с одной учебной подгруппой из  $i$ -ой группы риска занятий определяется как:

$$N_i = \frac{T_i^*}{\langle T_i \rangle}, \quad (11)$$

где  $T_i^*$  и  $\langle T_i \rangle$  – суммарное время и временные интервалы, соответственно затрачиваемые на полный цикл обучения и на проведение одного занятия с представителями  $i$ -ой группы риска.

Временные трудозатраты на подготовку одной учебной подгруппой из  $i$ -ой группы риска представим как:

$$T_i^\# = T_i^* + n_i(T_D + T_P), \quad (12)$$

где  $T_D$  – время, затраченное на дорогу,  $T_P$  – время, затраченное на подготовку к занятию.

Количество учебных подгрупп для представителей  $i$ -ой группы риска, проживающих на определенной территории:

$$M_i = \frac{c_i}{\langle c_i \rangle}, \quad (13)$$

$c_i$  – количество человек в  $i$ -ой группе риска;

$\langle c_i \rangle$  – средняя численность учебной подгруппы людей, которых можно обучить за один раз.

Определим введенный ранее показатель охвата профилактической работой представителей  $i$ -ой группы риска за определенный период как:

$$\alpha_i = \frac{\Delta M_i}{M_i}, \quad (14)$$

где  $\Delta M_i$  – количество подготовленных учебных подгрупп из  $i$ -ой группы риска.

С другой стороны, количество подготовленных учебных подгрупп из  $i$ -ой группы риска за определенный период выражается как

$$\Delta M_i = \frac{\Delta T_i}{\langle T_i \rangle}, \quad (15)$$

где  $\Delta T_i$  – временные трудозатраты на профилактическую работу с представителями  $i$ -ой группы риска.

Таким образом, с учетом (13) и (15) показатель охвата профилактической работой представителей  $i$ -ой группы риска за определенный период выразим:

$$\alpha_i = \frac{\Delta T_i \langle c_i \rangle}{\langle T_i \rangle c_i}. \quad (16)$$

В процессе разработки методик по обучению населения в области пожарной безопасности для отдельных групп риска необходимо определить характеризующие относительное изменение показателей виктимности и уязвимости соответствующие коэффициенты эффективности обучения:

$$\beta_i = \frac{v_i^*}{v_i}, \quad (17)$$

$$\gamma_{ij} = \frac{s_{ij}^*}{s_{ij}}. \quad (18)$$

Таким образом, с учетом (16), (17) и (18) ожидаемое снижение вклада  $i$ -го кластера в последствия вида  $j$  после проведенных мероприятий выражается как:

$$\Delta d_j^i = \frac{\Delta T_{i < c_i}}{\langle T_i \rangle_{c_i}} v_i s_{ij} (1 - \beta_i \gamma_{ij}). \quad (19)$$

На основании (19) введем показатель эффективности трудозатрат при работе с  $i$ -ой группой риска по снижению последствий вида  $j$ :

$$A_j^i = \frac{\Delta d_j^i}{\Delta T_i} = \frac{\langle c_i \rangle}{\langle T_i \rangle_{c_i}} v_i s_{ij} (1 - \beta_i \gamma_{ij}). \quad (20)$$

Общие затраты времени при планировании деятельности со всеми группами риска по снижению последствий вида  $j$  выражается как

$$\Delta T = \sum_{i=1}^4 \Delta T_i. \quad (21)$$

Определим общий Показатель эффективности трудозатрат при работе со всеми группами риска по снижению последствий вида  $j$  в соответствии с планом (21) профилактических мероприятий

$$A_j = \frac{\Delta d_j}{\Delta T}. \quad (22)$$

Выразим ожидаемое снижение последствий вида  $j$  после проведенных занятий:

$$\Delta d_j = \sum_{i=1}^4 \Delta d_j^i. \quad (23)$$

С учетом (23) общий показатель эффективности трудозатрат при работе со всеми группами риска по снижению последствий вида  $j$  выражается как:

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^4 \Delta d_j^i}{\Delta T} = \frac{1}{\Delta T} \sum_{i=1}^4 \frac{\Delta T_{i < c_i}}{\langle T_i \rangle_{c_i}} v_i s_{ij} (1 - \beta_i \gamma_{ij}). \quad (24)$$

Определение комплексного показателя эффективности трудозатрат по всем видам последствий можно представить следующим образом.

Для каждого вида последствий могут быть введены весовые коэффициенты  $\omega_j$ , характеризующие относительную значимость отдельных видов последствий. Эти показатели могут быть определены на основе экспертных оценок.

Комплексный показатель эффективности трудозатрат в условных единицах при работе со всеми группами риска по снижению последствий всех видов в соответствии с планом (21) профилактических мероприятий выражается как

$$G = \frac{\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^4 \omega_j \Delta d_j^i}{\Delta T}. \quad (25)$$

Если определен экономический эквивалент жизни человека в соответствии с подходом предложенным авторами [6] показатели стоимости жизни и степени тяжести травмирования  $e_j$ :

$$G = \frac{\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^4 e_j \Delta d_j^i}{\Delta T}. \quad (26)$$

Такие подходы позволяют произвести расчет времени на обучение совокупности всех групп риска при выполнении полного цикла профилактических занятий по пожарной безопасности в целях снижения уязвимости и подверженности опасности населения, для достижения максимального эффекта при необходимых и достаточных трудозатратах.

#### Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2018 г.: статистический сборник. М., 2019. 125 с.
2. Экономика труда / под ред. проф. П. Э. Шлендера и проф. Ю. П. Кокина. М., 2002. 203 с.
3. Прус Ю. В., Чистякова А. А., Россинская К. Г. Управление профилактической деятельностью на основе матричного представления рисков // Техносферная безопасность. – 2019. – № 4(25). – С. 42.
4. Уголовный Кодекс Российской Федерации. Ч. 1. Ст. 112.
5. Постановление Правительства РФ от 17 августа 2007 г. № 522 «Об утверждении Правил определения степени тяжести вреда, причиненного здоровью человека».

6. Харисов Г. Х., Фирсов А. В. X 20 Обоснование нормативного значения и расчетной величины индивидуального пожарного риска в зданиях и сооружениях. М., 2014. 225 с.

7. Прус Ю. В., Присяжнюк Н. Л., Чистякова А. А. Управление техногенными, природными и пожарными рисками на основе динамической стохастической модели угроз в социотехнической системе // XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. М., 2017. С. 193–196.

#### References

1. Fire and fire safety in 2018. Statistical collection. М., 2019. 125 с.
2. Labor Economics: Textbook / ed. prof. P. E. Shlender and prof. Yu. P. Kokina. М., 2002. 203 p.
3. Prus Yu. V., Chistyakova A. A., Rossinskaya K. G. management of preventive activities based on the matrix representation of risks // Technosphere security. – 2019. – № 4 (25). – P. 42.
4. Criminal Code of the Russian Federation. Part 1 of Art. 112.
5. Decree of the Government of the Russian Federation of August 17, 2007 № 522 «On approval of the Rules for determining the severity of harm caused to human health».
6. Kharisov G. Kh., Firsov A. V. X 20 Justification of the standard value and the calculated value of the individual fire risk in buildings and structures. М., 2014. 225 p.
7. Prus Yu. V., Prisyazhnyuk N. L., Chistyakova A. A. Managing technological, natural and fire risks based on a dynamic stochastic threat model in a sociotechnical system // XXIX International Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of the FSBI VNIPO EMERCOM of Russia. М., 2017. P. 193–196.

УДК 614.8.084:614.841.46

chistanal@rambler.ru

**ТРЕБОВАНИЯ К ПРОФИЛАКТИЧЕСКИМ МЕРОПРИЯТИЯМ,  
ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫМ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ С УЧЕТОМ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПО ГРУППАМ РИСКА**

**REQUIREMENTS FOR PREVENTIVE MEASURES CARRIED OUT  
IN THE RESIDENTIAL SECTOR TAKING INTO ACCOUNT  
THE DISTRIBUTION OF THE POPULATION BY RISK GROUPS**

*Чистякова А. А., Всероссийский ордена «Знак Почета»  
научно-исследовательский институт  
противопожарной обороны МЧС России, Балашиха,  
Прус Ю. В., доктор физико-математических наук, профессор,  
Российский государственный университет нефти и газа  
(НИУ) им. И. М. Губкина, Москва,  
Володченкова В. В., Всероссийский ордена «Знак Почета»  
научно-исследовательский институт  
противопожарной обороны МЧС России, Балашиха*

*Chistyakova A. A., All-Russian Research Institute  
for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Balashikha,  
Prus Yu. V., RSU of Oil and Gas (NRU) I. M. Gubkin, Moscow,  
Volodchenkova V. V., All-Russian Research Institute  
for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Balashikha*

Описываются группы профилактических мероприятий, осуществляемых в жилом секторе инспектором государственного пожарного надзора с определенными требованиями к планированию. Обосновывается целесообразность работы по пожарной безопасности с населением с учетом адресной направленности. Предлагается распределение объектов воздействия наиболее уязвимых по психофизиологическим, социальным и возрастным признакам по группам риска. Рассматриваются основные направления профилактической работы в жилом секторе. Выявлена необходимость проведения оценки эффективности и результативности профилактических мероприятий.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, профилактические мероприятия, организационные мероприятия, контрольно-надзорные мероприятия, пропаганда и обучение, объект воздействия, воздействующий субъект, пожарный риск, группы риска, население.

The groups of preventive measures carried out in the residential sector by the inspector of the state fire supervision with certain planning requirements are described. Expediency of work on fire safety with the population taking into account the address orientation is proved. Distribution of objects of influence of the most vulnerable on psychophysiological, social and age signs on risk groups is offered. The authors consider the main directions of preventive work in the residential sector. The necessity of carrying out an assessment of efficiency and effectiveness of preventive measures is revealed.

*Keywords:* fire safety, preventive measures, organizational measures, control and Supervisory measures, propaganda and training, the object of influence, the affected subject, fire risk, risk groups, population.

В нашей стране проводится достаточно серьезная и большая работа по профилактике пожаров, однако эта работа требует поиска новых подходов к ее совершенствованию.

Вызывают опасения пожары, происходящие в жилом секторе (рис. 1). По

статистике, в нем происходит больше половины общего количества пожаров. Анализ обстановки с пожарами по видам объектов за 2019 год устанавливает 70,8 % пожаров в зданиях жилого сектора [1].



Рисунок 1. Обстановка с пожарами по видам объектов пожаров

С целью поддержания и обеспечения необходимого уровня пожарной безопасности в жилом секторе требуется осуществление комплекса мероприятий, направленных на профилактику пожаров с учетом адресного воздействия на группы риска.

К группам риска в данном случае относятся объекты воздействия (население), наиболее уязвимые по психофизиологическим, социальным и возрастным признакам.

Организации, учреждения, лица, ответственные за организацию и реализацию профилактических мероприятий являются воздействующим субъектом, включающим [2]:

- федеральные органы исполнительной власти, уполномоченные на решение вопросов в области пожарной безопасности;

- органы государственной власти субъекта Российской Федерации;

- органы местного самоуправления муниципальных образований по субъекту;

- органы государственного пожарного надзора;

- предприятия и учреждения, предоставляющие социальные услуги;

- правление садоводческих некоммерческих товариществ (далее – СНТ);

- руководство и персонал предприятий жилищно-коммунального хозяйства, представители товариществ жильцов, ответственных за пожарную безопасность;

- общественные объединения;

- другие организации.

Осуществление профилактических мероприятий по пожарной безопасности

проводится на основе следующих принципов:

1) принцип понятности – представление информации в простой и доступной форме;

2) принцип информационной открытости – доступность необходимых сведений при осуществлении профилактических мероприятий по пожарной безопасности;

3) принцип вовлеченности – взаимодействие всех воздействующих субъектов и объектов воздействия по осуществлению профилактических мероприятий в области пожарной безопасности, их качества и результативности;

4) принцип полноты охвата – максимальное число объектов воздействия, включенных в программу профилактических мероприятий;

5) принцип обязательности – обязательность выполнения профилактических мероприятий;

6) принцип актуальности – анализ и систематическое обновление выполняемых профилактических мероприятий по пожарной безопасности с применением инновационных технологий;

7) принцип релевантности – разнообразные виды и формы выполнения профилактических мероприятий по пожарной безопасности с учетом особенности целевой аудитории;

8) принцип периодичности – регулярное проведение профилактических мероприятий по пожарной безопасности;

9) принцип взаимодействия – максимальное число воздействующих субъектов, оказывающих помощь в осуществлении профилактических мероприятий.

Профилактические мероприятия по пожарной безопасности в жилом секторе, проводимые государственным инспектором органов федерального государственного пожарного надзора (далее – ГПН), осуществляется на основании следующих требований:

1. Снижение количества пожаров и их последствий.

2. Повышение результативности показателей профилактических мероприятий по снижению смертности и травматизма при возникновении пожаров в жилом секторе.

3. Оказание всесторонней организационно-методической и консультационной помощи по вопросам пожарной безопасности воздействующим субъектам и объектам воздействия.

4. Взаимодействие различных субъектов при осуществлении профилактической работы.

5. Накопление и обработка информации для осуществления планирования и контроля профилактической работы.

6. Изучение основных требований правил пожарной безопасности в жилом секторе.

7. Определение перечня видов, сбор статистических данных, установление критериев риска для организации профилактической работы в жилом секторе.

8. Формирование перечня планируемых профилактических мероприятий в жилом секторе.

9. Составление плана-графика профилактических мероприятий, определяемых периодами: 1 год – краткосрочный, 3 года – долгосрочный периоды.

При подготовке плана-графика профилактических мероприятий определяется интенсивность профилактических мероприятий применительно к объектам воздействия с учетом групп риска. Обновление плана-графика профилактических мероприятий проводится ежегодно на основании планов конкретных профилактических мероприятий на следующий год, утверждаемых руководителем контрольно-надзорного органа.

10. Анализ, оценка и прогнозирование уровня знаний и умений объектов воздействия после проведения профилактических мероприятий.

11. Выбор необходимых и достаточных видов и форм проведения профи-

лактических мероприятий и их интенсивности с учетом групп риска населения.

12. Осуществление порядка планирования, организации и проведения профилактической работы.

13. Прогнозирование изменений уровня знаний объектов воздействия в процессе реализации профилактики нарушений обязательных требований:

- предложения по корректировке ситуации;

- разработка программ обучения;

- усовершенствование технологий для достижения необходимого уровня проводимой профилактики несоблюдения обязательных требований.

14. Мониторинг профилактической деятельности.

15. Подготовка отчетов о проделанной работе в установленные сроки.

16. Учет бюджетных возможностей и кадрового потенциала при определении сроков выполнения мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

17. Зависимость от уровня риска и причинения вреда частоты проверок жилого сектора и используемых ресурсов.

18. Избирательность, включающая опору на частный сектор и гражданское общество.

19. Адресность проводимой работы с учетом распределения населения по группам риска в соответствии с [3].

Основные направления профилактической работы в жилом секторе включают [4]:

- контроль за соблюдением требований пожарной безопасности в жилом секторе органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, организациями и гражданами;

- применение административных мер к нарушителям требований пожарной

безопасности и должностным лицам, ответственным за выполнение этих требований;

- взаимодействие органов государственного пожарного надзора с органами исполнительной власти, органами местного самоуправления, надзорными, правоохранительными органами и органами соцзащиты, общественными, религиозными и молодежными организациями, жилищно-коммунальными службами, ведомственной пожарной охраной и добровольными противопожарными формированиями, службой лесного хозяйства, предприятиями и организациями-владельцами жилья, организациями, осуществляющими деятельность в области пожарной безопасности, средствами массовой информации и интернет-кампаниями по вопросам обеспечения пожарной безопасности в жилом секторе;

- информирование органов государственной власти и местного самоуправления, организаций и населения о состоянии пожарной безопасности объектов защиты, о причинах и последствиях пожаров, результатах надзорно-профилактической деятельности;

- противопожарная пропаганда и обучение населения с учетом групп риска;

- противопожарная пропаганда и обучение руководства, персонала предприятий жилищно-коммунального хозяйства, представителей товариществ собственников жилья, председателей садовых и огородных некоммерческих товариществ в области пожарной безопасности.

В соответствии с перечисленными направлениями определены три группы профилактических мероприятий, имеющие свои требования к планированию (рис. 2).

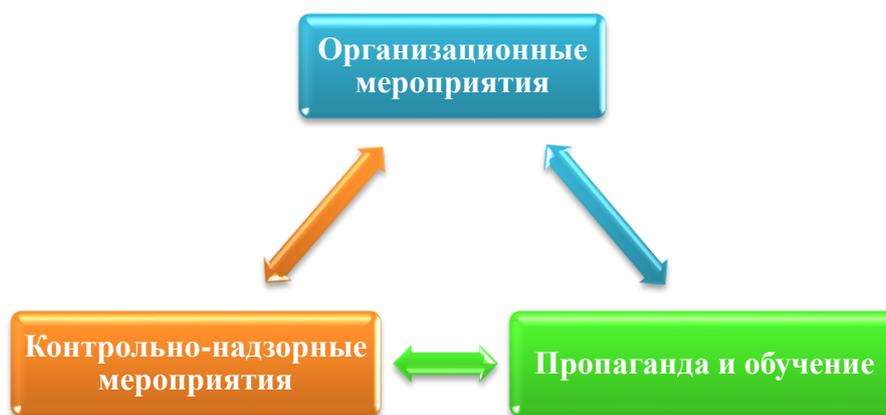


Рисунок 2. Группы профилактических мероприятий в жилом секторе

**1. Организационные мероприятия** (рис. 3) включают подготовку информации инспектором ГПН о состоянии закрепленного за ним объектов жилого сектора и находящихся в его ведении объектов воздействия.

При этом учитываются следующие данные:

- оперативная пожарная обстановка;
- распределение населения по группам риска;
- количество проживающих на территории жилого сектора;

- характер и состояние объектов застройки;
- состояние жилых подъездов и мест для установки пожарной техники;
- наличие и состояние следующих видов систем: систем оповещения, пожаротушения, водоснабжения;
- близость лесных массивов и промышленных предприятий;
- демографические, социально-экономические факторы, влияющие на обстановку с пожарами;
- Паспорт населенного пункта.

Организационные мероприятия в жилом секторе		
Мониторинг оперативной обстановки	Анализ характера застройки	Анализ количественного, социального, психофизиологического, возрастного состава граждан
1. Анализ статистических данных, обращений, заявлений и жалоб граждан. 2. Определение основных направлений профилактической работы на закрепленной территории	Подготовка и актуализирование информации: 1. По количеству индивидуальных и многоквартирных жилых домов на закрепленной территории. 2. По степени их изношенности и аварийности	Организация взаимодействия с ФОИВ, органами местного самоуправления, органами жилищно-коммунального хозяйства, предприятиями и учреждениями, предоставляющими социальные услуги, по вопросу предоставления данной информации

**Формирование необходимой и достаточной информации о жилом секторе на закрепленной территории.**

**Выявление проблемного жилого фонда на закрепленной территории.**

**Выявление объектов воздействия на основе распределения населения по группам риска.**

**Составление плана профилактических мероприятий, графиков посещения жилого сектора и объектов воздействия**

Рисунок 3. Организационные мероприятия в жилом секторе

### **Требования к организационным мероприятиям**

1. Повышение эффективности взаимодействия воздействующих субъектов с объектами воздействия в сфере обеспечения пожарной безопасности.

2. Проведение анализа состояния пожарной безопасности объектов жилого сектора, информирование органов местного самоуправления о выявленных нарушениях и принятых мерах.

3. Соблюдение требований противопожарного режима на соответствующих территориях, по обеспечению органами местного самоуправления первичных мер пожарной безопасности.

4. Участие в совещаниях проводимых органами местного самоуправления по вопросам обеспечения пожарной безопасности, внесение предложений по усилению противопожарной защиты объектов жилого сектора.

5. Участие в управлении территориальной подсистемой единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и комиссии КЧС и ПБ.

6. Взаимодействие с участковыми уполномоченными полиции, службой жилищно-коммунального хозяйства, жилищно-строительными кооперативами, товариществами собственников жилья, другими надзорными органами и муниципальными службами.

7. Организация на территории муниципалитетов групп по профилактической работе, состоящих из работников администрации муниципального образования, социальной защиты населения, сотрудников полиции, сотрудников ГПН, работников муниципальной и добровольной пожарной охраны, инструкторов пожарной профилактики, граждан для проведения системной работы.

8. Организация проведения и личное участие в сходах граждан по вопросам обеспечения пожарной безопасности.

9. Организация профилактической работы по предупреждению детской ша-

лости с огнем совместно с представителями органов образования в образовательных, дошкольных учреждениях с детьми, работниками и педагогическим составом и на родительских собраниях в школе.

10. Подготовка информации руководителям муниципальных служб и объектов о противопожарном состоянии подведомственных им объектов в письменном виде.

11. Взаимодействие с организациями и предприятиями по обучению населения муниципальных образований мерам пожарной безопасности.

12. Проведение сезонных пожарно-профилактических операций согласно установленному перечню.

13. Проведение профилактических мероприятий с представителями жилищных организаций в жилом секторе (места общего пользования, инженерные системы и системы противопожарной защиты, эвакуационные пути и выходы, содержание подвалов и чердаков, наличие и исправность пожарных лестниц, ограждений по периметрам кровель, подъездов к зданиям и другое).

14. Взаимодействие с территориальными органами исполнительной власти по вопросам реализации профилактических мероприятий.

15. Особое внимание неблагополучным семьям, одиноким и престарелым людям, гражданам, ведущим асоциальный образ жизни, состоянию общежитий и жилых домов с низкой степенью огнестойкости.

16. Учет объектов жилого сектора в муниципальных образованиях, мест проживания виновников пожаров и объектов, подверженных наибольшему риску гибели на пожаре (одиноких престарелых граждан, многодетных семей, лиц, злоупотребляющих спиртными напитками и ведущих асоциальный образ жизни).

17. Определение ответственных за соблюдение и обеспечение пожарной безопасности, за приобретение, ремонт,

сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения из числа должностных лиц органов местного самоуправления муниципальных образований.

18. Проведение профилактических мероприятий на объектах жилого сектора с низкой степенью огнестойкости, печным отоплением, ветхой электропроводкой, неисправными системами противопожарной защиты при согласии собственников жилья.

19. Проведение профилактических мероприятий с населением, распределенным по группам риска (обследование противопожарного состояния помещений, разъяснение причин пожаров и мер пожарной безопасности, направленных на предотвращение пожаров).

20. Проведение сходов с населением для обучения мерам пожарной безопасности, решения вопросов по обеспечению пожарной безопасности.

21. Участие в рейдах, собраниях, сельских сходах по вопросам обеспечения пожарной безопасности.

22. Участие в специальных рейдах по объектам жилого сектора, садовым и дачным домам, гаражам на основании действующего законодательством.

23. Осуществление проведения публичных мероприятий, индивидуальное и общее консультирование.

24. Рассмотрение возможности оказания финансовой помощи малоимущим гражданам на ремонт печей и электропроводки в соответствии с действующим законодательством.

**2. Контрольно-надзорные мероприятия** за соблюдением требований пожарной безопасности в жилом секторе (рис. 4). Осуществляются в отношении лиц, ответственных за безопасное состояние жилого сектора: собственников жилья, представителей товариществ собственников жилья (ТСЖ), руководителей органов местного самоуправления, жилищно-коммунального хозяйства, председателей садоводческих, огороднических некоммерческих товариществ (СНТ).



Рисунок 4. Контрольно-надзорные мероприятия за соблюдением требований пожарной безопасности в жилом секторе

При проведении контрольно-надзорных мероприятий в жилом секторе контролируется состояние придомовых территорий, зданий, сооружений и поме-

щений, инженерных коммуникаций, эвакуационных путей и выходов; наличие и исправность средств пожаротушения; наличие, правильность монтажа и работоспособность систем противопожарной защиты; техническое состояние противопожарного водоснабжения, исправность стационарных и автоматических установок пожаротушения; исправность средств связи, сигнализации и оповещения о пожаре, отсутствие препятствий для проезда пожарных автомобилей; отсутствие препятствий на путях эвакуации людей, наличие организационно-распорядительных документов.

### ***Требования к контрольно-надзорным мероприятиям***

1. Проверка противопожарного состояния объектов жилого сектора, закрепленных территорий, муниципальных объектов, фиксирование, обобщение и анализ причин нарушений требований пожарной безопасности. Нарушения, выявленные в ходе проверки, регистрируются в журнале учета предложений с оформлением предложения по их устранению.

2. Подготовка сообщений о нарушениях требований пожарной безопасности и подготовка материалов для возбуждения административной ответственности.

3. Выявление домов и помещений, находящихся в неудовлетворительном противопожарном состоянии.

4. Проверка соблюдения требований пожарной безопасности при организации пожарно-профилактической работы в жилом секторе:

- организационные мероприятия по соблюдению требований пожарной безопасности;

- содержание территории объектов, расположенных на указанной территории;

- уровень состояния эвакуационных путей и выходов;

- совместные рейды с представителями органов надзорной деятельности и

органов внутренних дел по проверке противопожарного состояния мест проживания лиц, ведущих асоциальный образ жизни, многодетных и неблагополучных семей.

5. Контроль за своевременным выполнением профилактических мероприятий (в соответствии с действующим законодательством).

6. Выявление причин, факторов и условий, влияющих на нарушение обязательных требований, возможные пути устранения или снижения рисков их возникновения.

7. Размещение материалов проведенных мероприятий по информированию объектов воздействия о соблюдении обязательных требований на сайте контрольно-надзорного органа.

9. Проведение, с разрешения владельцев, противопожарного обследования объектов жилого сектора на закрепленных территориях и подготовка рекомендаций для устранения выявленных нарушений правил противопожарного режима.

10. Разработка графиков проведения профилактических мероприятий на муниципальных объектах защиты с учетом распределения населения по группам риска, анализ состояния мест проживания граждан.

11. Контроль состояния пожарной безопасности на закрепленных территориях.

12. Устранение причин, оказывающих влияние на нарушение обязательных требований.

13. Помощь в оборудовании жилых помещений автономными пожарными извещателями, убеждение в необходимости их приобретения и установки, взаимодействие с организациями торговли подающих средства защиты, помощь в выделении финансовых средств гражданам, относящимся к группам риска, по их приобретению и установке.

***3. Пропагандистские и обучающие мероприятия*** (рис. 5). Особенно-

стью организации и проведения мероприятий этой группы заключается в особом подходе по обучению групп риска, вклю-

чающем в себя рациональные способы подачи информации с учетом ее адресности.

## Противопожарная пропаганда, агитация, информирование и обучение



Рисунок 5. Пропагандистские и обучающие мероприятия

### Требования к пропагандистским и обучающим мероприятиям

1. Повышение грамотности населения в области пожарной безопасности.
2. Формирование знаний, умений и навыков населения по организации и проведению мероприятий, способствующих предотвращению пожаров, действиям при пожаре, применению первичных средств пожаротушения.
3. Развитие новых подходов в противопожарной пропаганде.
4. Оперативное информирование населения при возникновении чрезвычайных ситуаций и пожара.

5. Поддержание необходимого уровня знаний у населения в области пожарной безопасности.

6. Организация работы по формированию культуры безопасности (безопасного поведения) на постоянной основе, в течение всей жизни граждан.

7. Создание условий для привлечения граждан на добровольной основе к деятельности по предупреждению и тушению пожаров, а также участия населения в борьбе с пожарами.

8. Распространение обучающих материалов, памяток по пожарной безопасности и других информационных документов среди населения. Организация оформления и обновления информацион-

ных стендов и витрин по пожарной безопасности на закрепленных территориях.

9. Содействие органам исполнительной власти в информировании населения по вопросам пожарной безопасности.

10. Разработка и изготовление средств наглядной агитации (баннеры, памятки, листовки, информационные стенды и т. п.), к пожароопасным периодам, профилактическим мероприятиям с учетом обстановки с пожарами; пропаганда профилактических мероприятий в средствах массовой информации, (интернет-порталах), публикация информации, памяток и пропагандистских мероприятий по пожарной безопасности.

11. Использование различных сочетаний форм, методов и средств противопожарной пропаганды.

12. Проведение противопожарной пропаганды с населением требует выбора форм и методов и учета особенности объекта воздействия, распределения по группам риска.

13. Информирование населения, размещение информационных материалов по пожарной тематике в учебно-консультационных пунктах, организациях, на досках объявлений в местах массового пребывания людей.

14. Информирование населения по соблюдению обязательных требований проводится с помощью бесплатных общедоступных специальных обучающих программ. Обучение проводится в дистанционной и интерактивной формах. Обучающие программы для дистанционного обучения размещаются на специальном разделе сайта контрольно-надзорного органа в виде учебных материалов для самостоятельного изучения (в виде презентаций, текстовые документы, таблицы, видео- и аудиолекций, интерактивных занятий) [5].

15. Распространение листовок, памяток, плакатов и других средств наглядной агитации по пожарной безопасности.

16. Регулирование порядка опубликования информации, определяющей планирование и осуществление профилактической работы.

17. Формирование перечня видов информации, сбора, накопления и обработку в целях планирования и организации профилактической работы.

18. Проведение бесед и инструктажей на противопожарную тематику среди населения, распределенного по группам риска.

19. Обучение применению первичных средств пожаротушения населения.

Таким образом, необходимо провести оценку эффективности и результативности профилактических мероприятий по следующим показателям: количество проведенных профилактических мероприятий; численность населения, в отношении которого проведены профилактические мероприятия; распределение групп риска и работа с ними, время, затраченное на проведение профилактических мероприятий с населением; работа, проводимая по совершенствованию нормативной правовой базы, улучшению информационного обеспечения по предупреждению пожаров в жилом секторе, повышению уровня информированности населения по вопросам пожарной безопасности, а также своевременное принятие мер по соблюдению обязательных требований в области обеспечения пожарной безопасности.

Длительность и интенсивность проведения профилактических мероприятий зависят от оперативной обстановки в конкретном населённом пункте (объекте).

#### Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: стат. сб. / под общ. ред. Д. М. Гордиенко. М., 2018. 125 с.

2. Постановление № 257 от 13.06.2017 «Об организации пожарно-профилактической работы в жилом секторе и на объектах с массовым пребыванием людей на территории муниципального образования Elizavetinskoye сельское поселение Гатчинского муниципального района Ленинградской области».

3. Прус Ю. В., Чистякова А. А., Россинская К. Г. Управление профилактической деятельностью на основе матричного представления рисков // Техносферная безопасность. – 2019. – № 4. – С. 43–50.

4. Артёмов А. С., Семикин Р. С., Мирзаянов Р. А. Управление пожарными рисками в городском округе Уфы // Технологии техносферной безопасности. – 2013. – № 1 (47). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-1/12-01-13.ttb.pdf>.

5. Стандарт комплексной профилактики нарушений обязательных тренировок: утв. протоколом заседания проектного комитета от 12 сентября 2017 г. № 61 (11).

#### References

1. Fires and fire safety in 2017: a Statistical compendium / under the General editorship of D. M. Gordienko. Moscow, 2018. 125 p.

2. Resolution № 257 of 13.06.2017 «On the organization of fire prevention work in the residential sector and on objects with mass stay of people in the territory of the municipality Elizavetinskoye rural settlement of Gatchina municipal district of the Leningrad region».

3. Prus Yu. V., Chistyakova A. A., Rossinskaya K. G. Management of preventive activity on the basis of matrix representation of risks // Technosphere safety. – 2019. – № 4. – P. 43–50.

4. Artemov A. S., Semikin R. S., Mirzayanov R. A. The management of fire risk in the urban district of Ufa // Technologies of technospheric safety. – 2013. – № 1 (47). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-1/12-01-13.ttb.pdf>.

5. Standard of comprehensive prevention of violations of mandatory requirements: UTV. minutes of the meeting of the project Committee dated September 12, 2017 No. 61 (11).

УДК 614.84

mansurovtx@rambler.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ  
МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ****RESEARCH OF FIRE PROTECTIVE CABLE COATINGS  
BY THERMAL ANALYSIS AND FIRE TEST METHODS**

*Мансуров Т. Х.,  
Беззапонная О. В., кандидат технических наук, доцент,  
Головина Е. В., кандидат технических наук,  
Контобойцева М. Г., кандидат педагогических наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Mansurov T. H., Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V., Kontobojceva M. G.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе рассматриваются вопросы, связанные с исследованием эффективности работы огнезащитных кабельных покрытий при проведении огневых испытаний, а также определение термоаналитических характеристик огнезащитных составов для разработки критериев оценки термостойкости огнезащитных кабельных покрытий методами термического анализа.

В результате экспериментальных исследований установлено, что основные термоаналитические характеристики огнезащитных кабельных покрытий: потеря массы, зольный остаток на момент окончания эксперимента и изменение теплоемкости – обладают достаточной информативностью и могут использоваться для выработки критериев оценки термостойкости огнезащитных кабельных покрытий методами термического анализа. В последующем данные критерии возможно использовать в разработке методики оценки термостойкости огнезащитных кабельных покрытий методами термического анализа.

*Ключевые слова:* огнезащитные кабельные покрытия, кабельные изделия, пенококс, термическая стойкость, огнезащитная эффективность, натурные огневые испытания, синхронный термический анализ.

The paper discusses issues related to the study of the performance of fire-retardant cable coatings during fire tests, as well as the determination of the thermoanalytic characteristics of flame retardants to develop criteria for assessing the heat resistance of fire-retardant cable coatings by thermal analysis.

As a result of experimental studies, it was found that the main thermoanalytic characteristics of fire-retardant cable coatings: mass loss, ash residue at the end of the experiment and change in heat capacity, are sufficiently informative and can be used to develop criteria for assessing the heat resistance of fire-retardant cable coatings by thermal analysis methods. Subsequently, these criteria can be used in the development of methods for assessing the heat resistance of fire-retardant cable coatings by thermal analysis methods.

*Keywords:* fire retardant cable coatings, cable products, foam, thermal resistance, fire retardant efficiency, full-scale fire tests, synchronous thermal analysis.

### Введение

Огнезащитные кабельные покрытия, применяемые для повышения пожарной безопасности кабельных изделий, уменьшают тепловое воздействие при пожаре, снижают распространение пламени по кабельным изделиям при любой ориентации в пространстве и увеличивают время работоспособности электрической цепи кабельного изделия покрытого огнезащитным кабельных покрытием.

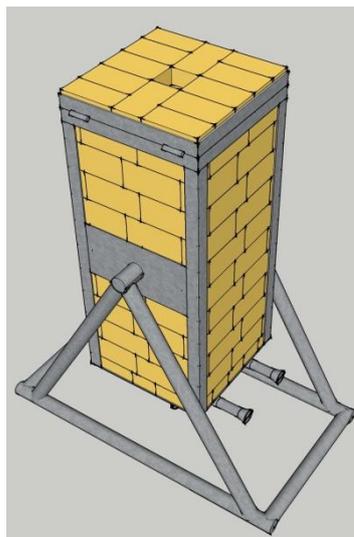
Анализ пожарной опасности кабельных изделий (КИ), рассмотренный в работе [1], позволяет утверждать, что полимерные материалы, используемые в роли отдельных конструктивных элементов, могут способствовать распространению пламени при пожаре по поверхности КИ. Для снижения распространения пламени и защиты от теплового воздействия используются огнезащитные кабельные покрытия (ОКП), полученные вследствие нанесения огнезащитного интумесцентного состава на поверхность КИ и обладающие огнезащитной эффективностью [2]. Огнезащитные кабельные покрытия при термическом воздействии пламени или нагретых газовых потоков вспучиваются, увеличиваясь в объеме в десятки раз и образуют пористый термостойкий слой – пенококсы, обладающий теплоемкостью и уменьшающий теплопередачу на КИ до 100 раз [3, 4, 5].

Оценка огнезащитной эффективности ОКП в Российской Федерации производится по ГОСТ Р 53311, методы которого трудоёмки и недостаточно информативны, а также не прослеживается возможность приведения условий испытаний к температурно-временной кривой стандартного режима пожара.

По результатам методов исследования, предложенным в ГОСТ Р

53311, затруднительно осуществить оценку термической стойкости ОКП, как это представлено, например, в работе [6], также остается открытым вопрос определения групп огнезащитной эффективности по аналогии с ГОСТ Р 53292 или ГОСТ Р 53295. Имеющаяся оценка огнезащитной эффективности ОКП не предусматривает проведения корреляции с другими видами анализов, например, методом синхронного термического анализа (СТА), который имеет возможность количественного определения параметров исследуемого вещества: потери массы, скорости потери массы, экзо- и эндотермических пиков, возникающих в результате фазовых превращений и изменения теплоемкости пенококсы. Вместе с этим, термоаналитические характеристики ОКП позволят, в перспективе, выработать критерии оценки термостойкости ОКП методами термического анализа. Однако выработка критериев оценки термостойкости ОКП методами термического анализа затрудняется отсутствием характеристик оценки термостойкости ОКП методами натуральных огневых испытаний, которые бы успешно коррелировали между собой. Впоследствии, характеристики термостойкости ОКП, полученные методом синхронного термического анализа с использованием корреляционно-регрессионного анализа позволят выработать критерии оценки термостойкости и разработать методику оценки термостойкости ОКП.

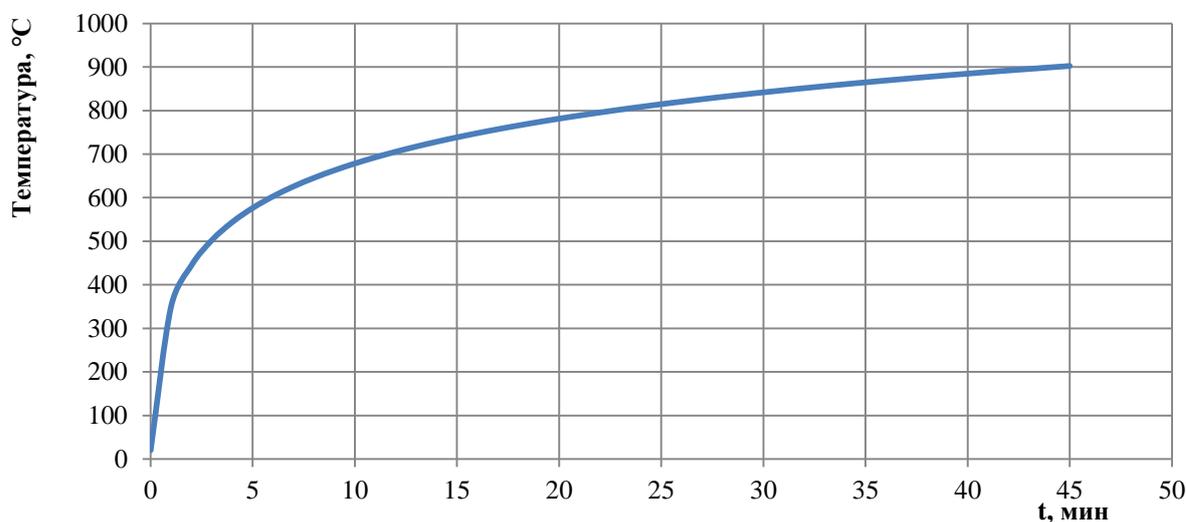
С целью получения характеристик ОКП натурными огневыми испытаниями разрабатывается испытательная установка, которая имеет возможность создавать условия, приближенные к условиям, возникающим при реальных пожарах (рис. 1).



*Рисунок 1. Общий вид разрабатываемой испытательной установки для проведения натуральных огневых испытаний кабельных изделий с нанесенным ОКП*

Рабочий температурный режим испытательной установки согласуется с условиями стандартного режима пожара по ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75) [7] и находится в пределах от 25 °С до 900 °С. Расчётное время работы установки до достижения верхнего предела темпе-

ратурного диапазона составляет 45 минут. Вывод испытательной установки на режим будет осуществляться с использованием температурно-временной кривой стандартного режима пожара по ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75), представленного на рисунке 2.



*Рисунок 2. Температурно-временная кривая стандартного режима пожара по ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75)*

В качестве топлива будут использоваться топливные сжиженные углеводородные газы марки пропан-бутан автомобильный (ПБА) по ГОСТ Р 52087–2018 [8]. Инжекционные газовые горелки, которые обеспечат работоспособ-

ность испытательной установки, имеют функцию регулировки под другие виды топливных газов. Максимальная расчетная мощность горелок составляет 400 кВт при максимальном расходе газозвоздушной смеси и включении всех 4

горелок. Ограждающие конструкции испытательной установки выполнены из шамотного кирпича марки ШБ-5 и герметизированы при помощи термостойкой мастики, предназначенной для конструкционного склеивания теплоизолирующих материалов, марки МТ-Р. Ограждающие конструкции помещены в металлический каркас, выполненный

из стального уголка с полкой 50\*50 мм, и размещены на упорной станине, позволяющей изменять пространственное положение испытательной установки на угол до 90° от вертикали для расширения спектра экспериментов.

Для расчета параметров установки составлено уравнение теплового баланса:

$$q_{\text{гор}}^{\Gamma} + q_{\text{гор}}^{\text{окп}} = q_{\text{констр}}^{\text{погл}} + q_{\text{констр}}^{\text{теплоотвод}} + q_{\text{пг}} + q_{\text{каб}},$$

где  $q_{\text{гор}}^{\Gamma}$  – интенсивность тепловыделения за счёт реакции горения газовой смеси, кВт;

$q_{\text{гор}}^{\text{окп}}$  – интенсивность тепловыделения за счёт реакции горения огнезащитных кабельных покрытий, кВт;

$q_{\text{констр}}^{\text{погл}}$  – интенсивность поглощения тепла строительными конструкциями (шамотным кирпичом), кВт;

$q_{\text{констр}}^{\text{теплоотвод}}$  – интенсивность теплоотвода строительными конструкциями (шамотным кирпичом), кВт;

$q_{\text{пг}}$  – интенсивность удаления тепла с нагретыми продуктами реакции, кВт;

$q_{\text{каб}}$  – интенсивность потерь тепла на нагрев кабельного изделия, кВт.

Результаты расчетов интенсивности поглощения тепла и интенсивности теплоотвода строительными конструкциями (шамотным кирпичом) испытательной установки представлены на рисунке 3.

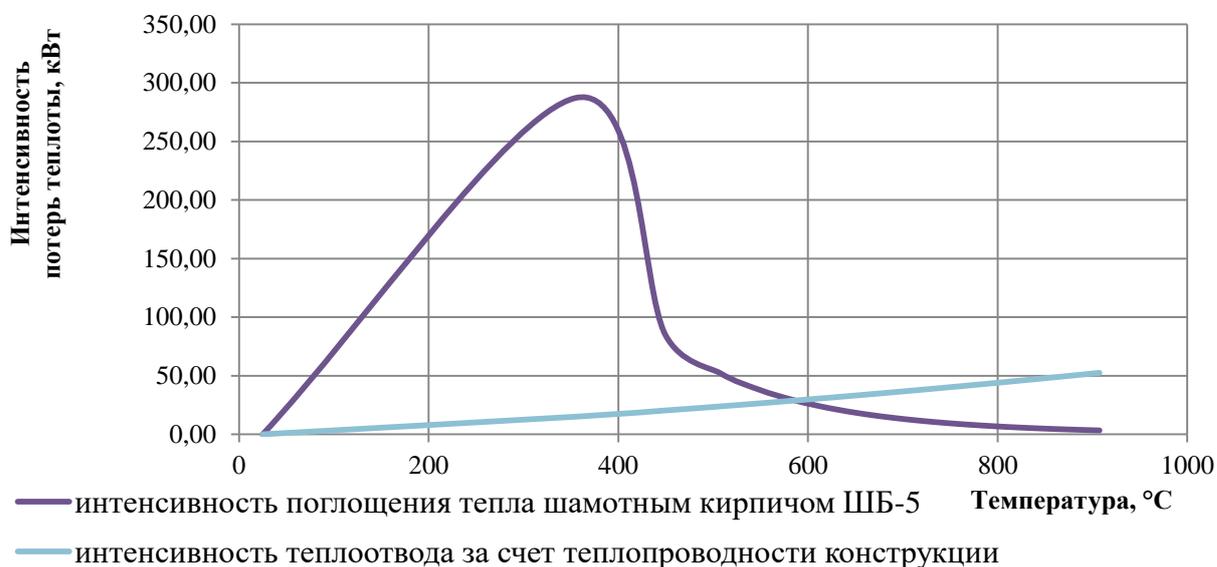


Рисунок 3. Интенсивность потери теплоты в зависимости от изменения температуры

Разрабатываемый вариант испытательной установки отличается от подобных, представленных авторами работ [9, 10, 11], значительно большим

объемом камеры (0,176 м<sup>3</sup>) и наличием пламенного горения у источника нагрева, что позволяет максимально приблизить условия испытаний фрагмента КИ

с нанесенным ОКП к условиям реально-го пожара и повысить достоверность полученных результатов, характеризующих огнезащитную эффективность ОКП методом натуральных огневых испытаний.

Термоаналитические характеристики, используемые для выбора критериев оценки термостойкости ОКП на связующем различной химической природы, полученные методом СТА, представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Термоаналитические характеристики ОКП на связующих различной химической природы

Огнезащитные кабельные покрытия	$\Delta m_{100}$ , %	$\Delta m_{200}$ , %	$\Delta m_{400}$ , %	$\Delta m_{600}$ , %	Зольный остаток ( $ZO_{900}$ ), %	$\Delta C_{p600-900}$ , Дж/(г*К)
ОКП № 1 (дисперсия на основе органического растворителя)	2,54	5,36	35,21	43,84	34,19	12,93 ↓
ОКП № 2 (дисперсия на водной основе)	0,80	2,23	47,16	62,56	26,24	26,82 ↓
ОКП № 3 (водно-дисперсионная краска)	0,22	0,94	57,52	79,28	8,45	12,34 ↓
ОКП № 4 (на основе водной полимерной дисперсии)	0,76	2,40	47,01	70,33	16,32	58,36 ↓
ОКП № 5 (на основе силиконового эластомера)	0,00	0,00	40,59	45,33	52,08	14,44 ↑

Примечание:  $\Delta m_{100}$  – потеря массы образца при температуре 100 °С;  $\Delta m_{200}$  – потеря массы образца при температуре 200 °С;  $\Delta m_{400}$  – потеря массы образца при температуре 400 °С;  $\Delta m_{600}$  – потеря массы образца при температуре 600 °С;  $ZO_{900}$  – зольный остаток (остаточная масса) образца на момент окончания эксперимента при температуре 900 °С;  $\Delta C_{p600-900}$  – изменение теплоемкости пенококса в интервале температур 600–900 °С.

Одной из основных термоаналитических характеристик ОКП является потеря массы  $\Delta m$  ОКП при заданной температуре. При температурах 150–200 °С у ОКП начинается процесс интумесценции (вспучивания), а в интервале температур 200–450 °С идет активная фаза формирования пенококсового слоя. По потере массы  $\Delta m$  можно судить об интенсивности процесса интумесценции [6]: чем больше потеря массы, тем интенсивнее протекает процесс интумесценции.

При температурах 450–600 °С наступает следующая фаза – выгорание связующего и в данном случае, чем ниже показатель потери массы  $\Delta m$ , тем более стойким к температурным колебаниям является связующее ОКП и выше термостойкость пенококса. Наибольшая потеря массы в интервале температур 150–600 °С наблюдается у ОКП на водной основе (рис. 4), тогда как у силиконовой и органической основ этот показатель значительно меньше.

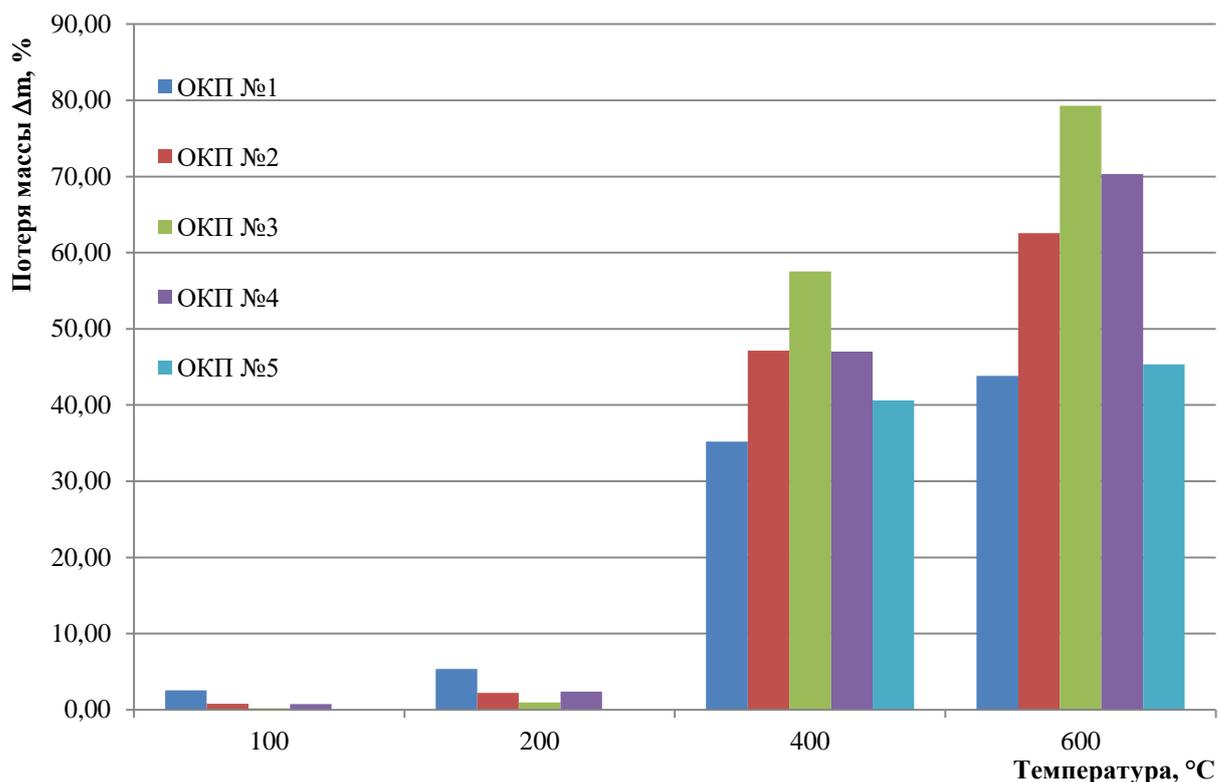


Рисунок 4. Потеря массы огнезащитных кабельных покрытий на связующем различной химической природы при различных температурах (OKP № 1 – дисперсия с добавлением интеркалированного графита на основе органического растворителя; OKP № 2 – дисперсия на водной основе; OKP № 3 – водно-дисперсионная краска; OKP № 4 – на основе водной полимерной дисперсии; OKP № 5 – на основе силиконового эластомера)

Немаловажной характеристикой, которая будет использоваться для выработки критериев оценки термостойкости ОКП, является зольный остаток (ЗО) на момент окончания эксперимента в соответствии с ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75), то есть при температуре 900 °С. ЗО при максимальной температуре стандартного режима пожара и моменте окончания эксперимента, дает развернутую информацию о способности образовавшегося пенококсового

слоя сопротивляться выгоранию. Диаграмма, представленная на рис. 5, наглядно демонстрирует остаточную массу пенококсового слоя на момент окончания эксперимента в соответствии с условиями стандартного режима пожара, а полученные данные позволяют сделать вывод, что ОКП на основе силиконового и органического связующих имеют большую стойкость к выгоранию, в отличие от ОКП на водной основе.

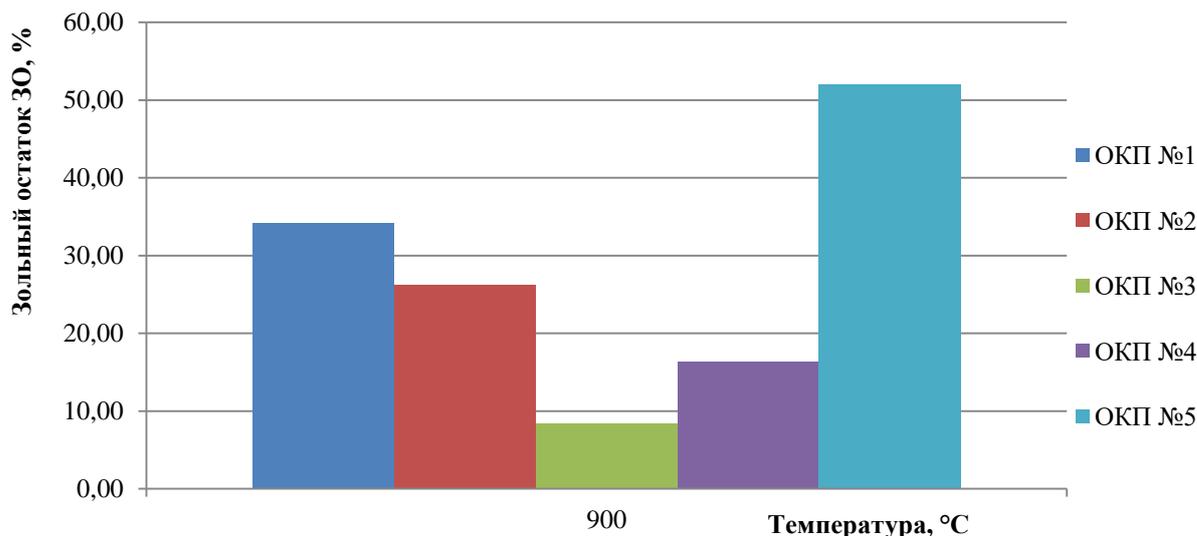


Рисунок 5. Зольный остаток огнезащитных кабельных покрытий при температуре 900 °C

Следующей весьма информативной характеристикой является изменение теплоемкости  $\Delta C_p$  ОКП в диапазоне температур от 600 °C до 900 °C (рис. 6). Этот показатель наглядно демонстрирует состояние пенококсового слоя на момент окончания формирования пористой структуры и изменение его теплофизических свойств в указанном диапа-

зоне температур. Снижение этого показателя дает количественное представление о снижении теплоизоляционных свойств пенококсового слоя конкретного ОКП. На рисунке 6 показано изменение теплоемкости ОКП на связующем различной химической природы в диапазоне температур от 600 °C до 900 °C.

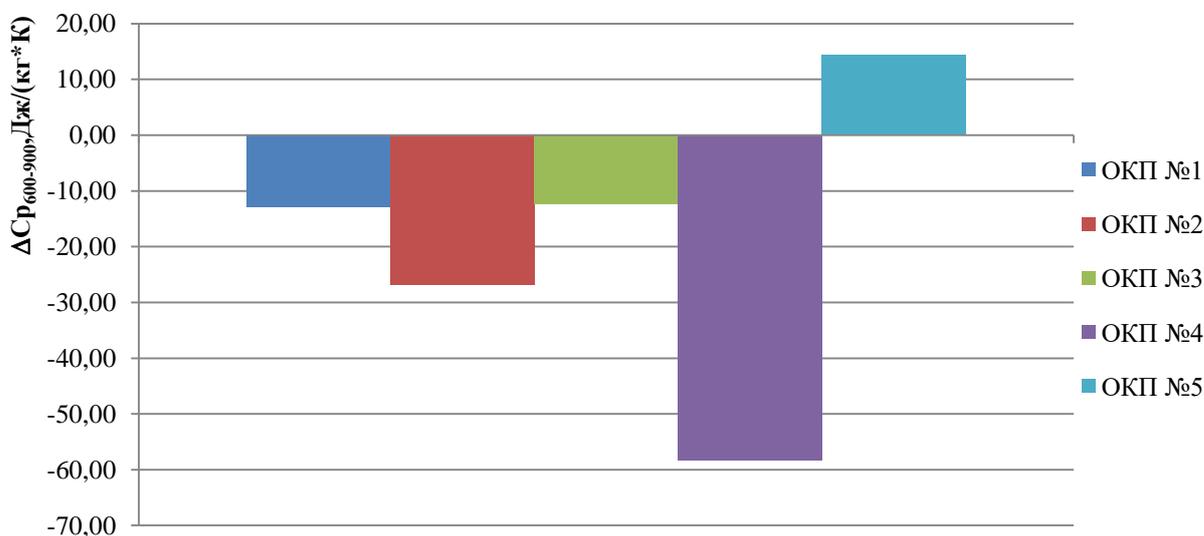


Рисунок 6. Изменение теплоемкости ОКП на связующем различной химической природы в диапазоне температур от 600 °C до 900 °C

Снижение теплоизолирующих свойств ОКП в диапазоне 600–900 °C наблюдается у составов на органической и водной основе, тогда как у состава

на силиконовой основе этот показатель увеличивается, что можно интерпретировать как низкий показатель деградиационных процессов в пенококсо-

вом слое и сохранность теплофизических свойств пенококса.

### Выводы

По результатам экспериментов установлено, что термоаналитические характеристики, полученные методами термического анализа, такие как потеря массы, зольный остаток на момент окончания эксперимента и изменение теплоемкости ОКП, обладают достаточной информативностью, чтобы использовать их для выработки критериев оценки термостойкости ОКП методами

термического анализа и применять при разработке методики оценки термостойкости огнезащитных кабельных покрытий методами термического анализа.

Авторы выражают благодарность ООО «НеоКрил», а также инженеру по охране труда АО УПП «ВЕКТОР» Кривошееву Алексею Анатольевичу за помощь в подготовке к экспериментам и предоставленные огнезащитные кабельные покрытия.

### Литература

1. Мансуров Т. Х. и др. Применение огнезащитных интумесцентных составов для повышения пожарной безопасности кабельных изделий при одиночной и групповой прокладке // Техносферная безопасность. – 2019. – № 2 (23). – С. 65–73.
2. ГОСТ Р 53311-2009 Покрытия кабельные огнезащитные. Методы определения огнезащитной эффективности // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс».
3. Vandersall H. L. Intumescent Coating Systems. Their Development and Chemistry // J. Fire and Flamm. – 1971. – № 2. – С. 97–140.
4. Машляковский Л. Н., Лыков А. Д., Репкин В. Ю. Органические покрытия пониженной горючести. Л., 1989. 280 с.
5. Зыбина О. А. Теоретические принципы и технология огнезащитных вспучивающихся материалов: дисс. ... на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, 2015. 260 с.
6. Головина Е. В., Беззапонная О. В., Мансуров Т. Х. Критерии оценки термостойкости огнезащитных составов интумесцентного типа для объектов нефтегазового комплекса // Техносферная безопасность. – 2018. – № 3(20). – С. 133–138.
7. ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.
8. ГОСТ Р 52087–2018 Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия.
9. Li J.-m. et al. Insulation Failure Prediction Model of Power Cable in Fire // E3S Web of Conferences 72, 01002 (2018). URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187201002>, CEEGE 2018.
10. Gonzalez F. et al. Fire-retardant cable coatings – a fresh look into their role in risk-informed performance-based applications // 24th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 24), 15th International Post-Conference Seminar on «FIRE SAFETY IN NUCLEAR POWER PLANTS AND INSTALLATIONS», 2017.
11. Нагревательная печь для испытания кабелей на огнестойкость: а.с. №662852 СССР. МПК G01N25/52. Г. И. Смелков, И. Ф. Поединцев, Б. И. Кашолкин № 662852; заявл. 30.11.1976; опубл. 25.05.1979.
12. Головина Е. В., Беззапонная О. В., Мансуров Т. Х. Методика оценки термостойкости огнезащитных материалов интумесцентного типа для условий углеводородного горения методом синхронного термического анализа // Техносферная безопасность. – 2018. – № 1(18). – С. 32–36.

### References

1. Mansurov T. H. et al. Primenenie ognezashchitnyh intumescentnyh sostavov dlya povysheniya pozharnoj bezopasnosti kabel'nyh izdelij pri odinochnoj i gruppovoj prokladke // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2019. – № 2 (23). – S. 65–73.
2. GOST R 53311-2009 Pokrytiya kabel'nye ognezashchitnye. Metody opredeleniya ognezashchitnoj effektivnosti // Sprav.-pravovaya sistema «Konsul'tantPlyus».
3. Vandersall H. L. Intumescent Coating Systems. Their Development and Chemistry // J. Fire and Flamm. – 1971. – № 2. – С. 97–140.
4. Mashlyakovskij L. N., Lykov A. D., Repkin V. YU. Organicheskie pokrytiya ponizhennoj goryuchesti L., 1989. 280 s.
5. Zybina O. A. Teoreticheskie principy i tekhnologiya ognezashchitnyh vspuchivayushchihsy materialov: diss. ... na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Sankt-Peterburg, 2015. 260 s.

6. Golovina E. V., Bezzaponnaya O. V., Mansurov T. H. Kriterii ocenki termostojkosti ogneza-shchitnyh sostavov intumescentnogo tipa dlya ob"ektov neftegazovogo kompleksa // Tekhnosfernaya bez-opasnost'. – 2018. – № 3(20). – S. 133–138.
7. GOST 30247.0–94 (ISO 834–75) Konstrukcii stroitel'nye. Metody ispytaniy na ognestoj-kost'. Obshchie trebovaniya.
8. GOST R 52087–2018 Gazy uglevodorodnye szhizhennye toplivnye. Tekhnicheskie usloviya.
9. Li J.-m. et al. Insulation Failure Prediction Model of Power Cable in Fire // E3S Web of Conferences 72, 01002 (2018). URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187201002>, CEEGE 2018.
10. Gonzalez F. et al. Fire-retardant cable coatings – a fresh look into their role in risk-informed performance-based applications // 24th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 24), 15th International Post-Conference Seminar on «FIRE SAFETY IN NUCLEAR POWER PLANTS AND INSTALLATIONS», 2017.
11. Nagrevatel'naya pech' dlya ispytaniya kabelej na ognestojkost': a.s. №662852 SSSR. MPK G01N25/52. G. I. Smelkov, I. F. Poedincev, B. I. Kasholkin № 662852; zayavl. 30.11.1976; opubl. 25.05.1979.
12. Golovina E. V., Bezzaponnaya O. V., Mansurov T. H. Metodika ocenki termostojkosti ogneza-shchitnyh materialov intumescentnogo tipa dlya uslovij uglevodorodnogo goreniya metodom sinhronnogo termicheskogo analiza // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2018. – № 1(18). – S. 32–36.

**НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В РОССИИ****SOME PROBLEMS OF ENSURING SAFETY  
OF OIL AND GAS COMPLEX FACILITIES IN RUSSIA**

*Калач А. В.<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор,  
Лоран Н. М.<sup>2</sup>, Шарпов С. В.<sup>2</sup>, доктор технических наук, профессор,  
<sup>1</sup>Воронежский государственный технический университет, Воронеж,  
<sup>2</sup>Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург*

*Kalach A. V.<sup>1</sup>, Loran N. M.<sup>2</sup>, Sharapov S. V.<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Voronezh State Technical University, Voronezh,  
<sup>2</sup>Saint-Petersburg University of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg*

В статье представлены данные о некоторых проблемах при обеспечении пожарной и промышленной безопасности объектов нефтегазового комплекса в России. Приведены данные статистики типовых аварий на объектах нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения. Предложен перечень профилактических мероприятий, направленных на повышение уровня пожарной безопасности рассматриваемых объектов защиты.

*Ключевые слова:* авария, пожарная безопасность, нефтегазовый комплекс, профилактика.

The article presents data on some problems in ensuring fire and industrial safety of oil and gas complex facilities in Russia. Data of statistics of typical accidents at petrochemical, oil and gas processing and oil product supply facilities are given. A list of preventive measures aimed at increasing the level of fire safety of the considered protection objects is proposed.

*Keywords:* accident, fire safety, oil and gas complex, prevention.

**Введение**

Нефтегазовый комплекс доминантно определяет состояние отечественной экономики. Российский нефтегазовый комплекс является одним из крупнейших в мире и продолжает успешно развиваться.

В настоящее время добычу нефти и газового конденсата (нефтяного сырья) на территории Российской Федерации осуществляют 290 организаций, имеющих лицензии на право пользования недрами. Масштабы национальной добычи нефти приведены на рис. 1 [1].

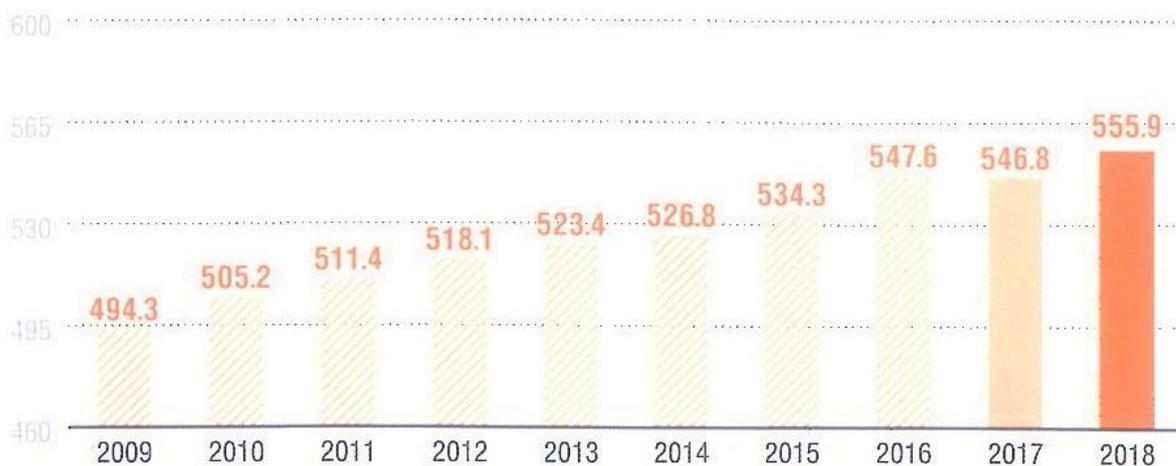


Рисунок 1. Добыча нефти (включая газовый конденсат), млн т

При этом Российская Федерация уверенно чувствует себя на мировом рынке – создаются новые мощности, увеличивается протяженность нефтегазопроводов, осваивают новые месторождения в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Однако следует учитывать следующие проблемы обеспечения промышленной безопасности объектов российского нефтегазового комплекса. Для обеспечения непрерывного контроля над функционированием нефтегазотранспортной системы внедряются новые методы диагностики, проводятся плановые ремонты. Тем не менее не удастся избежать технических отказов.

Все это обуславливает необходимость непрерывного совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности [2–8].

Технологические изменения, глобализация экономики, реализация мер по переходу к малоуглеродной энергетике, развертывание четвертой промышленной революции и другие трансформационные вызовы принципиально меняют многие сложившиеся структуры и тенденции [3].

В качестве примера структуры потребления нефти и жидких углеводородов в дальнейшем на рис. 2 приведен прогноз [1].

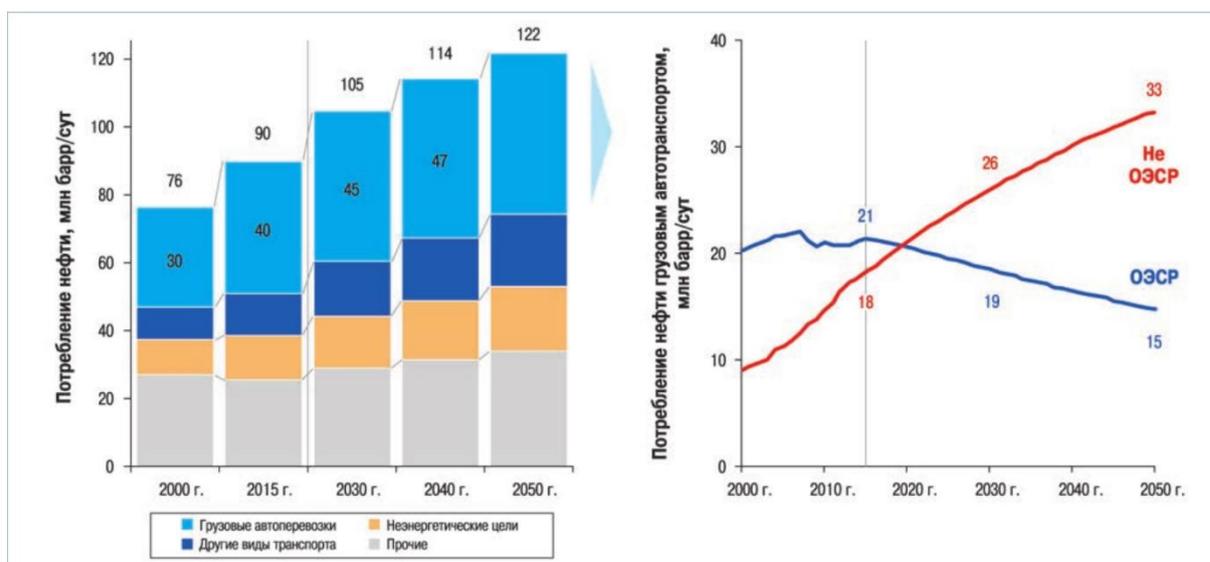


Рисунок 2. Структура потребления нефти [3, 4]

По оценкам специалистов Секретариата ОПЕК до 2040 г. на транспортный сектор будет приходиться 2/3 всего мирового прироста потребления нефти (за 2016–2040 гг. рост на 19 %). Основной прирост спроса здесь обеспечат грузовой автотранспорт (12,5 %) и авиация (48 %). Специалисты Секретариата ОПЕК предполагают, что среднегодовые темпы роста спроса в авиации в 2016–2040 гг. достигнут 1,4 %. Такими же темпами будет увеличиваться спрос на нефть и в морском транспорте (бункеровки судов). Почти на 31 % вырастет спрос на нефть со стороны нефтехимии и на 10 % – со стороны других отраслей промышленности, прежде всего металлургии, стекольной, цементной и горно-рудной отраслей. Однако из-за ожидаемого снижения темпов роста глобального промышленного производства в целом ожидается, что в последнее десятилетие прогнозируемого периода прироста потребления нефти здесь практически не будет. Как и в прогнозах других организаций, в прогнозе ОПЕК ожидается сокращение потребления нефте-

продуктов, идущих на выработку электроэнергии, что объясняется повышением конкуренции со стороны угля и газа, а также возобновляемых источников энергии.

Увеличение ПБ объектов нефтегазового комплекса – важнейшая составляющая обеспечения защиты населения от угроз техногенного характера [5–9].

Анализ и обобщение данных о технических расследованиях аварий позволяет сделать вывод о том, что основными причинами их возникновения явились: внутренние опасные факторы, связанные с разгерметизацией и разрушением технических устройств; отсутствие предпусковой внутритрубной диагностики нефте- и газопровода; ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства газоопасных, огневых и ремонтных работ, а также организации работ по обслуживанию оборудования [1, 2].

На рис. 3 приведены сведения о фоновом риске аварий на объектах нефтегазового комплекса [10].

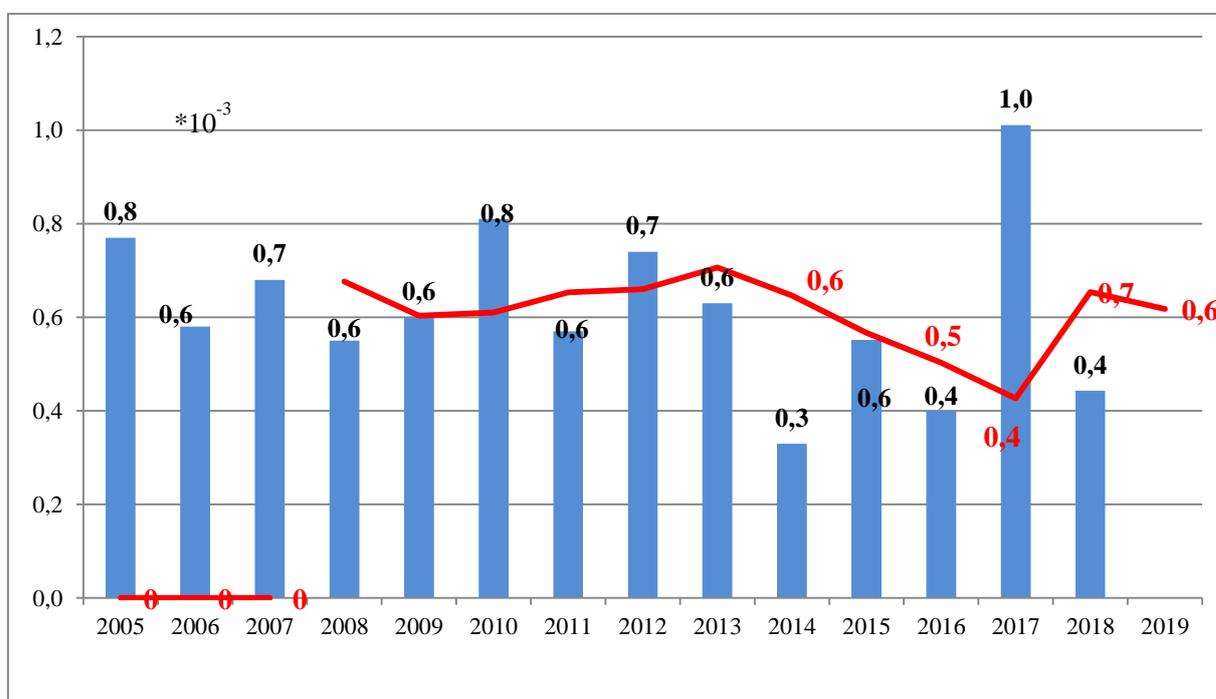


Рисунок 3. Фоновый риск аварий на объектах нефтегазового комплекса

Из рис. 3 видно, что средняя фоновая частота аварий на объектах нефтегазового комплекса в 2018 году составил  $2,2 \cdot 10^{-3}$ , в 2019 году  $2,0 \cdot 10^{-3}$ .

Отдельную проблему составляют нарушения требований безопасности на объектах нефтегазового комплекса, среди которых следует отметить следующие [10]:

отсутствие документов, подтверждающих право собственности на недвижимость, входящую в состав производственных объектов предприятий;

отсутствие автоматических систем управления технологическими процессами и противоаварийной автоматической защиты;

отсутствие аттестации в области промышленной безопасности руководителей и специалистов, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности;

отсутствие контракта с аварийно-спасательными службами или с профессиональными аварийно-спасательными формированиями;

проведение реконструкции производственных объектов с нарушениями законодательства Российской Федерации в градостроительной деятельности;

несоблюдение требований при выполнении демонтажа и (или) ликвидации промысловых нефте- и газопроводов, выведенных из эксплуатации;

отсутствие учета инцидентов, несвоевременная передача оперативных сообщений об авариях;

неудовлетворительное ведение и оформление эксплуатационной доку-

ментации (после проведения ремонтов и испытаний оборудования);

разработка технологических регламентов на опасных производственных объектах без учета проектной документации, а также перечня параметров, определяющих опасность процессов и подлежащих дистанционному контролю;

отсутствие разрешения на строительство и реконструкцию опасного производственного объекта;

отсутствие документации на ликвидацию скважин опасного производственного объекта.

Среди типовых нарушений в сфере организации и осуществления производственного контроля следует отметить следующие:

несоблюдение временного режима проведения проверок;

отсутствие контроля за своевременным устранением выявленных нарушений;

отсутствие контроля за своевременным проведением экспертизы промышленной безопасности технических устройств, зданий, сооружений.

На производственных объектах нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения отмечается уменьшение общего числа аварий.

Однако, при этом, порядка 75 % от общего числа аварий составляют пожары (табл. 1). Травмирующим фактором всех несчастных случаев со смертельным исходом на данных объектах стало термическое воздействие.

Таблица 1

Основные аварии на объектах нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения

Авария	Количество				
	2017 год		2018 год		+/-
		%		%	
Взрыв	6	30	2	16,7	- 4
Пожар	10	50	9	75	-1
Выброс опасных веществ	4	20	1	8,3	-3
Итого:	20	100	12	100	-8

В рамках профилактики рассмотренных нарушений обязательных требований необходимо применение риск-ориентированного подхода в надзорной деятельности; информирование юридических лиц, индивидуальных предпринимателей по вопросам соблюдения обязательных требований, в том числе посредством проведения семинаров и конференций, разъяснительной работы в средствах массовой информации, уроков, извлеченных из аварий, произошедших на объектах магистрального трубопроводного транспорта; публикация информации о новых нормативных

правовых актах, устанавливающих обязательные требования в области промышленной безопасности в отношении объектов магистрального трубопроводного транспорта, внесенных изменений в действующие нормативные правовые акты, сроках и порядке вступления их в действие; формулирование предложений для актуализации перечней нормативных правовых актов или их отдельных частей, содержащих обязательные требования, оценка соблюдения которых является предметом государственного контроля (надзора).

#### Литература

1. URL: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/).
2. Top 10 Emerging Technologies 2019. Insight Report. World Economic Forum, June 2019. URL: <http://www3.weforum.org/>.
3. Шафраник Ю. К., Крюков В. А. Нефть в пространстве и «пространство нефти» // Энергетическая политика. – 2018. – № 3. – С. 69–73.
4. Мастепанов А. М. О некоторых итогах 2018 г. и перспективах развития НГК России // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2019. – № 1 (169). – С. 5–7.
5. Мастепанов А. М. Энергетический переход: к чему готовиться мировому нефтегазу // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2019. – № 10 (178). – С. 5–14.
6. Мастепанов А. М. Международное энергетическое агентство: новые взгляды на перспективы развития мировой энергетики // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2019. – № 3 (171). – С. 48–57.
7. Мастепанов А. М. Прогнозы развития мирового нефтегазового комплекса как отражение глобальных проблем и тенденций энергопотребления // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 5. – С. 6–11.
8. Дмитриевский А. Н., Мастепанов А. М., Бушуев В. В. Ресурсно-инновационная стратегия развития экономики России // Энергетическая политика. – 2019. – № 1. – С. 3–10.
9. Калач А. В., Калач Е. В., Черепяхин А. М. Образование опасных факторов пожара на объектах нефтегазового комплекса при использовании горючей среды на основе тетрахлорметана // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2019. – № 2 (13). – С. 13–17.
10. URL: <http://www.gosnadzor.ru/>.

#### References

1. URL: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/).
2. Top 10 Emerging Technologies 2019. Insight Report. World Economic Forum, June 2019. URL: <http://www3.weforum.org/>.

3. Shafranik YU. K., Kryukov VA. Neft' v prostranstve i «prostranstvo nefti» // Energeticheskaia politika. – 2018. – № 3. – S. 69–73.
4. Mastepanov A. M. O nekotorykh itogakh 2018 g. i perspektivakh razvitiya NGK Rossii // Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom. – 2019. – № 1 (169). – S. 5–7.
5. Mastepanov A. M. Energeticheskij perekhod: k chemu gotovit'sya mirovomu neftegazovomu kompleksu // Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom. – 2019. – № 10 (178). – S. 5–14.
6. Mastepanov A. M. Mezhdunarodnoe energeticheskoe agentstvo: novye vzglyady na perspektivy razvitiya mirovoj energetiki // Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom. – 2019. – № 3 (171). – S. 48–57.
7. Mastepanov A. M. Prognozy razvitiya mirovogo neftegazovogo kompleksa kak otrazhenie global'nykh problem i tendencij energopotrebleniya // Neftyanoe khozyajstvo. – 2018. – № 5. – S. 6–11.
8. Dmitrievskij A. N., Mastepanov A. M., Bushuev V. V. Resursno-innovacionnaya strategiya razvitiya ekonomiki Rossii // Energeticheskaya politika. – 2019. – № 1. – S. 3–10.
9. Kalach A. V., Kalach E. V., Cherepakhin A. M. Obrazovanie opasnykh faktorov pozhara na ob'ektakh neftegazovogo kompleksa pri ispol'zovanii goryuchej sredy na osnove tetrahlormetana // Sibirskij pozharnospasatel'nyj vestnik. – 2019. – № 2 (13). – S. 13–17.
10. URL: <http://www.gosnadzor.ru/>.

УДК 614.84

v.k.ekb@yandex.ru

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО  
РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРЕДРЕМОНТНОЙ ПОДГОТОВКИ  
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДАХ**

**EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE ENGINEERING AND TECHNICAL  
SOLUTION TO ENSURE FIRE AND EXPLOSION SAFETY DURING PRE-REPAIR  
PREPARATION ON TECHNOLOGICAL OIL PRODUCT WIRES**

*Назаров В. П., доктор технических наук, профессор,  
Артемов А. С., Куличенко О. А., Салихов А. М.,  
Академия ГПС МЧС России, Москва,  
Кокорин В. В., кандидат технических наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,  
Шахманов Ф. Ф., кандидат технических наук,  
Главное управление МЧС России по Республике Башкортостан, Уфа*

*Nazarov V. P., Artemov A. S., Kulichenko O. A., Salikhov A. M.  
Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Moscow,  
Kokorin V. V.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service  
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,  
Shakhmanov F.F., The main Department of the EMERCOM  
of Russia in the Republic of Bashkortostan, Ufa.*

Приведены результаты эксперимента, обосновывающего предлагаемое инженерно-техническое решение по обеспечению пожаровзрывобезопасности при проведении предремонтной подготовки на технологических нефтепродуктопроводах за счет продувки аварийного участка трубопровода воздухом, азотом и углекислым газом различными способами.

*Ключевые слова:* технологический нефтепродуктопровод, продувка оборудования, предремонтная подготовка, пожаровзрывобезопасность, ремонтные работы.

The results of an experiment are presented that substantiates the proposed engineering solution for ensuring fire and explosion safety during pre-repair preparation on technological oil product pipelines by purging the emergency section of the pipeline with air, nitrogen and carbon dioxide in various ways.

*Keywords:* technological oil product pipeline, purging equipment, pre-ore preparation, fire and explosion safety, repair work.

Обеспечение пожаровзрывобезопасности объектов нефтегазовой промышленности до сих пор остается актуальной темой. Об этом свидетельствуют данные официальной статистики ВНИИПО о пожарах, в частности на технологических нефтепродуктопроводах [1]. Так, в 2019 году одним из основных факторов аварийности оборудования

является его износ. До 80 % от общего количества пожаров приходится на пожары, произошедшие в период подготовки или проведения ремонтных работ [2]. Нередко такие пожары приводят к человеческим жертвам.

В качестве одного из мероприятий по снижению пожарной опасности ремонтируемых участков линейной ча-

сти технологических нефтепродуктопроводов предлагается опорожнение технологического нефтепродуктопровода путем введения через патрубок в изолированный аварийный участок воздуха, азота или углекислого газа различными способами [3]. В целях обоснования предлагаемого инженерно-технического решения был проведен ряд экспериментов, направленных на определение наиболее оптимального вещества для подачи его в аварийный трубопровод.

Эксперименты проводились 29 октября 2019 года на территории учебно-тренировочного полигона одной из пожарно-спасательных частей г. Уфы Республики Башкортостан и состояли из трех основных блоков:

1) подача воздуха при помощи компрессорной установки,

2) подача азота из камеры автомобильного колеса,

3) подача углекислого газа через патрубок углекислотного огнетушителя.

Эксперименты проводились следующим образом:

1. Подготовительная часть (рисунок 1).

На концах трубопровода длиной 10 м и диаметром 0,1 м были выполнены герметичные заглушки с каждой стороны [4]. На расстоянии 0,5 м от заглушек просверливались отверстия (патрубки). Трубопровод закреплялся на земле в горизонтальном положении. Приборы фото- и видео-фиксации устанавливались на расстоянии 5 м.



Рисунок 1. Подготовка оборудования:  
а) участок трубопровода; б) патрубок с заглушкой

2. Основная часть (рисунок 2).

В трубопровод поочередно наливались по 2 л светлых нефтепродуктов – или бензина АИ-92 или дизельное топливо (ДТ) (летнее) [5]. При помощи газоанализатора производились замеры концентрации паров исследуемых веществ в оборудовании. Продувка тру-

бопровода осуществлялась следующими способами:

- компрессорной установкой подача воздуха;
- камерой автомобильного колеса подача азота;
- углекислотным огнетушителем подача углекислого газа.



а)



б)

Рисунок 2. Проведение исследований:

а) процесс налива светлых нефтепродуктов;

б) замеры концентрации газоанализатором

Через 60 мин после начала продувки производились повторные замеры концентрации паров исследуемых веществ (рисунок 3). Полученные значе-

ния до продувки и после нее сравнивались с показателями предельно допустимым содержанием вредных веществ в воздухе (ПДК) [6].



а)



б)

Рисунок 3. Получение результатов:

а) значение концентрации паров в воздухе;

б) продувка углекислым газом

В момент проведения экспериментов температура окружающего воздуха была плюс 8 °С, атмосферное давление 774 мм рт. ст., ветер 2 м/с, отно-

сительная влажность воздуха 59 %.

Основные результаты измерений представлены в таблице.

Таблица  
Результаты измерений

№ блока исследования	Исследуемая жидкость	Концентрация паров в воздухе, мг/м <sup>3</sup>		ПДК, мг/м <sup>3</sup>
		до продувки	после продувки	
№ 1	Бензин АИ-92	154	0	100
	ДТ	140	94	
№ 2	Бензин АИ-92	123	0	
	ДТ	130	0	
№ 3	Бензин АИ-92	160	93	
	ДТ	162	0	

На основании ряда проведенных исследований установлено:

1. Концентрация паров всех исследуемых веществ до продувки трубопровода превышала ПДК.

2. Процесс продувки оборудования воздухом, азотом и углекислым газом способствует резкому снижению взрывоопасных концентраций паров в воздухе.

3. Качество продувки оборудования в большей степени зависит не от способа подачи в оборудование, а от

времени продувки и применяемых веществ.

4. Время продувки трубопровода воздухом и углекислым газом превышает время продувки азотом.

Таким образом, можно сделать вывод, что азот является универсальным газом, способным испарять светлые нефтепродукты, а именно бензин и дизельное топливо, без остатка, затрачивая при этом наименьшее количество времени.

#### Литература

1. Статистика пожаров ВНИИПО МЧС России.
2. РД 09-364-00 Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных и взрывопожароопасных объектах.
3. Повышение эффективности системы автоматизированной продувки трубопроводов котлоагрегата перед пуском / А. А. Феоктистов, Д. Н. Дуньшин, В. И. Смирнов // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – № 3. – С. 34–35.
4. ГОСТ 32569-2013 Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах. М., 2015.
5. ГОСТ 1510-84 Межгосударственный стандарт. Нефть и нефтепродукт. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
6. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

#### References

1. Statistika požarov VNIIPo MCHS Rossii.
2. RD 09-364-00 Tipovaya instrukciya po organizacii bezopasnogo provedeniya ognevyyh rabot na vzryvopasnyh i vzryvopozharoopasnyh ob'ektah.
3. Povyshenie effektivnosti sistemy avtomatizirovannoj produvki truboprovodov kotloagregata pered puskom / A. A. Feoktistov, D. N. Dun'shin, V. I. Smirnov // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2011. – № 3. – S. 34–35.
4. GOST 32569-2013 Truboprovody tekhnologicheskie stal'nye. Trebovaniya k ustrojstvu i ekspluatácii na vzryvopozharoopasnyh i himicheski opasnyh proizvodstvah. M., 2015.

5. GOST 1510–84 Mezhdosudarstvennyj standart. Neft' i nefteprodukt. Markirovka, upakovka, transportirovanie i hranenie.

6. GOST 12.1.005–88 Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Obshchie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozduhu rabochej zony.

УДК 614.84

bezzaponnay@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМООКСИЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ  
ТАБАКА МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА****RESEARCH OF THE PROCESSES OF THERMAL OXIDATIVE TESTING  
OF TOBACCO BY THE METHOD OF THERMAL ANALYSIS**

*Беззапонная О. В., кандидат технических наук, доцент,  
Глухих П. А., Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Bezzaponnaya O. V., Gluhih P. A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Рассмотрены физико-химические закономерности процессов термоокислительной деструкции табака различных марок сигарет методом термического анализа для анализа процесса тления и оценки их пожарной опасности. Установлено, что термолиз табака протекает в три стадии: потеря влаги, тление, горение. Наибольшая скорость потери массы наблюдается на второй стадии. Тепловой экзотермический эффект стадии горения превышает тепловой эффект стадии тления. Определение суммарного теплового эффекта термолиза табака различных марок сигарет и интенсивности выделения тепла на различных стадиях их термолиза позволило оценить пожарную опасность анализируемых табачных изделий.

*Ключевые слова:* термоокислительная деструкция табака, термический метод анализа, тление, тепловой эффект, интенсивность выделения тепла.

The physicochemical regularities of the processes of thermal oxidative degradation of tobacco of various brands of cigarettes by thermal analysis to analyze the smoldering process and assess their fire hazard are considered. It has been established that tobacco thermolysis proceeds in three stages: moisture loss, decay, burning. The highest rate of weight loss is observed in the second stage. The thermal exothermic effect of the combustion stage exceeds the thermal effect of the smoldering stage. Determination of the total thermal effect of thermolysis of tobacco of various brands of cigarettes and the intensity of heat generation at various stages of their thermolysis allowed us to assess the fire hazard of the analyzed tobacco products.

*Keywords:* thermo-oxidative destruction of tobacco, thermal analysis method, decay, thermal effect, heat emission rate.

**Введение**

Анализ статистических данных о пожарах [1] свидетельствует о том, что одним из самых распространённых тепловых источников возникновения пожаров являются тлеющие табачные изделия. Известно, что процесс тления веществ и материалов растительного происхождения различного химического состава сопровождается образованием продуктов неполного их

окисления, способных к дальнейшему пламенному горению [1].

Табачные изделия представляют собой пористые, мелкодисперсные вещества, образующие при сгорании твёрдый углистый остаток и склонные к самоподдерживающемуся тлению. Склонность к тлеющему горению является важной характеристикой горючих веществ и материалов, которую следует рассматривать при

определении очага возгорания и отработке ряда версий о причине пожара.

В ряде работ [1–5] представлены результаты анализа причин возникновения и условий протекания процессов зарождения и образования очагов тления в материалах растительного происхождения, в частности табака, однако исследования физико-химических закономерностей протекания процесса тления табака и дальнейшего пламенного горения выделяющихся горючих газов практически не проводились. В связи с этим подобные исследования актуальны для анализа протекающих процессов и оценки пожарной опасности исследуемых материалов.

Метод термического анализа позволяет выявить склонность к тлению реактопластов, к которым относится табак, а также определить экзотермический эффект процесса

тления и дальнейшего пламенного горения образующихся газов, что позволяет судить о пожарной опасности исследуемых материалов.

### Результаты исследований и их обсуждение

Исследования образцов табака марок Winston различной упаковки и «Пётр I» проводили методами термического анализа на приборе Netzsch STA 449 F5 Jupiter в среде воздуха в интервале температур  $20 \div 700$  °С при скорости нагрева 20 °С/мин, в корундовых тиглях. При проведении испытаний фиксировались следующие термоаналитические зависимости: термогравиметрическая (ТГ) кривая; кривая дифференциальной термогравиметрии (ДТГ); кривая дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Условия проведения испытаний образцов табака приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Условия проведения испытаний

Условия испытаний	Используемый метод (модуль)	
	ТГ	ДСК
Термопара (материал)	S типа (Pt/PtRh)	
Тигель (материал, объем)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (85 мкл)	
Масса образца, мг	6÷7 мг	
Атмосфера	воздух	
Расход газа, мл/мин	70	
Скорость нагрева, °С/мин	20	
Конечная температура нагрева, °С	700	

По ТГ, ДТГ и ДСК кривым с помощью программного обеспечения Proteus Thermal Analysis были определены термоаналитические характеристики: потеря массы материалом ( $\Delta m$ , %); зольный остаток при температуре 700 °С; значения

температуры при максимумах скорости потери массы (ДТГ-максимумов); температура максимумов тепловых эффектов (ДСК пиков) и суммарный экзотермический тепловой эффект. Термограмма табака сигарет марки Winston представлена на рис. 1.

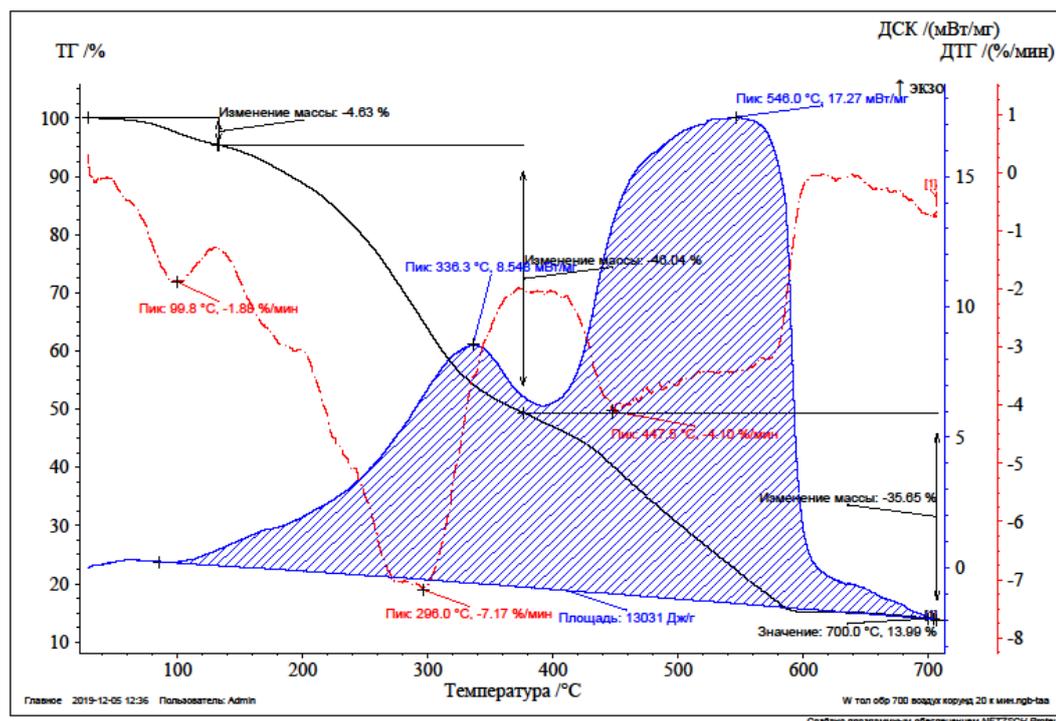


Рисунок 1. Термограмма табака сигареты Winston стандартной упаковки

Термолиз табака сигарет марки Winston протекает в 3 стадии:

- на первой стадии происходит потеря влаги табаком (потеря массы 4–5 %;

- на второй стадии – стадии тления – потеря массы составляет 40–50 %;

- на третьей стадии – стадии выгорания – потеря массы составляет 35–40 %. Общая потеря массы в ходе термолиза табака марки Winston составила 86 %.

Необходимо отметить, что процесс тления табака начинается при температуре чуть выше 100 °С. При этом интенсивность потери массы при тлении табака (7,17 %/мин) превышает интенсивность потери массы при его горении (4,10 %/мин).

На кривой дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК кри-

вой) ярко выражены два экзотермических пика с максимумами при температурах 336,3 °С и 546,0 °С. Тление в области низких температур проявляет себя как относительно слабый экзоэффект, сопровождаемый потерей массы. После процесса тления (первый экзотермический пик) начинается термоокислительная деструкция со значительной потерей массы и экзо-эффектом от сгорания продуктов деструкции. Экзотермический эффект процесса тления, несмотря на высокую интенсивность потери массы, меньше экзотермического эффекта выгорания табака марки Winston. При этом суммарный экзотермический эффект составил 13031 Дж/г, что свидетельствует о достаточно высокой теплотворной способности и горючести исследуемого материала.

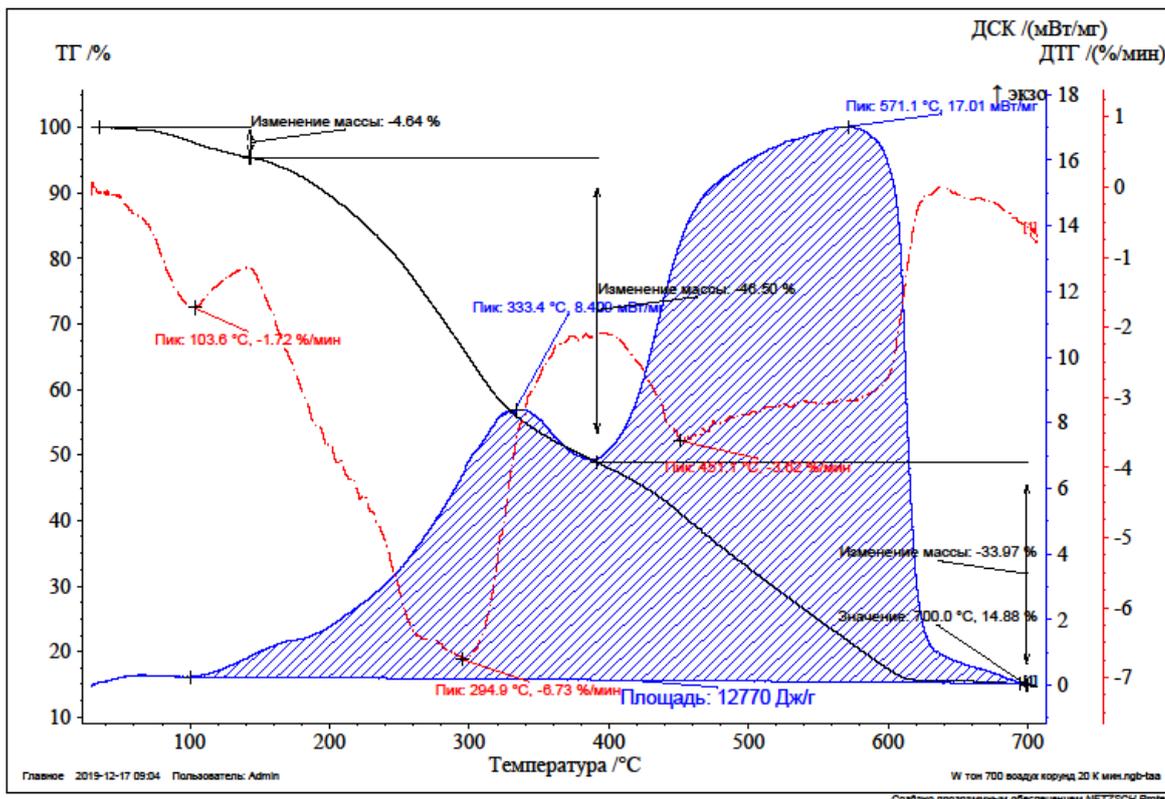


Рисунок 2. Термограмма табака сигарет марки Winston (компакт)

Термоаналитические характеристики, полученные при анализе термограммы табака сигареты Winston (компакт), практически совпадают с термоаналитическими характеристиками сигарет Winston стандартных размеров

(рисунок 2). Возгорание начинается при температуре 400 °С. Термоаналитические характеристики табака сигарет марки Winston разной упаковки представлены в таблице 2.

Таблица 2  
Термоаналитические характеристики табака сигарет марки Winston разной упаковки

№	Упаковка сигарет марки Winston	Общая потеря массы, Δm, %	Температуры максимумов ДТГ пиков, °С			Температуры максимумов ДСК пиков, °С		Суммарный тепловой эффект, Дж/г
			1	2	3	1	2	
1	Стандарт	85,01	99,8	296,0	447,6	336,3	546,0	13 031
2	Компакт	85,12	103,6	294,9	451,1	333,4	571,1	12 770

Анализ представленных в таблице 2 данных свидетельствует о меньшем суммарном тепловом эффекте при термоллизе табака сигарет марки Winston в компактной упаковке, нежели в стандартном исполнении, что свидетель-

ствует о меньшей горючести данного табака. Наблюдается также смещение температуры максимума ДСК пика в интервале температур 400–600 °С в область более высоких температур, что свидетельствует о меньшей склонности

к возгоранию табака сигарет марки Winston в компактной упаковке. При этом необходимо всё-таки отметить, что значения рассматриваемых в таблице 2 термоаналитических характеристик, очень близки.

Процесс тления табака марки «Пётр I», как и табака марки Winston, начинается при температуре выше

100 °С после испарения паров воды (рисунок 3). Возгорание начинается при температуре 380 °С, то есть чуть раньше, чем в случае сигарет марки Winston, что свидетельствует о более высокой пожарной опасности табака сигарет данной марки по сравнению с табаком сигарет марки Winston.

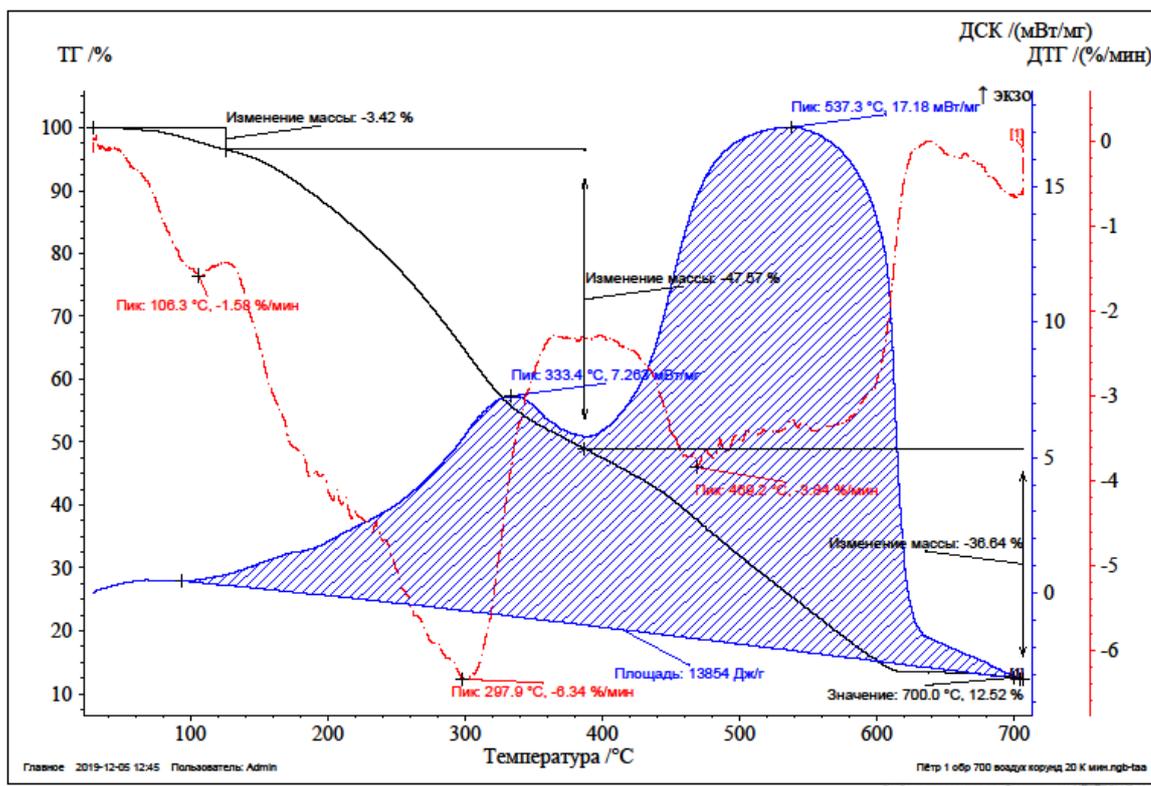


Рисунок 3. Термограмма табака сигарет «Пётр I» (стандарт)

Результаты термического анализа свидетельствуют также и о более высоком тепловом эффекте (большей горючести) и соответственно о более высокой пожарной опасности табака сигарет марки «Пётр I» стандартной упаков-

ки (рисунок 3): суммарный тепловой эффект термолитиза табака сигарет марки «Пётр I» составил 13 854 Дж/г. Удельная интенсивность выделения тепла при термолитизе табака исследуемых марок сигарет приведена в таблице 3.

Таблица 3

*Удельная интенсивность выделения тепла при термоллизе табака*

№	Марка сигарет	Удельная интенсивность выделения тепла 1-го ДСК пика, $\Delta H/\text{мин}$ , мВт/мг/мин	Удельная интенсивность выделения тепла 2-го ДСК пика $\Delta H/\text{мин}$ , мВт/мг/мин
1	Winston (стандарт)	1,64	4,51
2	Winston (компакт)	1,71	3,41
3	Пётр I (стандарт)	1,40	4,06

Анализ полученных результатов показал, что на стадии тления табака максимальная скорость выделения тепла наблюдается у сигарет марки Winston (компакт), что свидетельствует о наибольшей пожарной опасности сигарет на этой стадии. Наименьшая скорость выделения тепла наблюдается у сигарет марки «Пётр I» (стандарт). На стадии горения выделившихся горючих газов наибольшая интенсивность выделения тепла характерна для сигарет марки Winston (стандарт).

**Выводы**

В ходе испытаний табака различных марок методами термического анализа были получены следующие результаты.

1. Термоллиз табака сигарет протекает в 3 стадии:

- на первой стадии происходит потеря влаги табаком (потеря массы 4–5 %;

- на второй стадии – стадии тления – потеря массы составляет 40–50 %;

- на третьей стадии – стадии выгорания (пламенного горения выделившихся газов) – потеря массы составляет 30–40 %. Общая потеря массы в ходе термоллиза табака различных марок составила 86–90 %.

2. Процесс тления табака начинается при температуре выше 100 °С и сопровождается потерей массы и незначительным экзотермическим эффектом.

3. Возгорание начинается при температуре 380–400 °С, о чём свидетельствует второй экзотермический пик на ДСК кривой. Экзотермический эффект второго пика превышает эффект первого экзоэффекта, характеризующего процесс тления табака.

4. Сравнение сигарет марки Winston в компактном и стандартном исполнении показал меньший суммарный тепловой эффект термоллиза сигарет марки Winston в компактной упаковке, нежели в стандартном исполнении. Наблюдается также смещение температуры максимума ДСК пика в область более высоких температур, что свидетельствует о меньшей склонности к возгоранию табака сигарет марки Winston в компактной упаковке.

5. Исследование скорости выделения тепла в ходе термоллиза сигарет различных марок показало, что наибольшая скорость выделения тепла на стадии тления характерна для сигарет марки Winston (компакт), а на стадии горения выделившихся горючих газов – сигарет марки Winston (стандарт).

6. Однозначный вывод о пожарной опасности табака той или иной марки сигарет сделать сложно, так как суммарный тепловой эффект и интенсивность выделения тепла на разных стадиях термоллиза отличаются у табака разных марок сигарет.

**Литература**

1. Козлитин А. А., Лебедева В. В., Непочатых И. Н. Развитие пожара от источника зажигания малой мощности // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – 2016. – № 4 (53). – С. 43–51.
2. Чешко И. Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). СПб., 1997. 562 с.
3. Вогман Л. П. Пожарная опасность процесса тления горючих органических веществ и материалов // Пожарная безопасность. – 2018. – № 3. – С. 39–48.

4. Вогман Л. П. Пожарная опасность процессов тления целлюлозы и растительного сырья // Комбикорма. – 2016. – № 12. – С. 56–62.

5. Глухих П. А., Алексеев С. Г. О пожарной опасности сигарет // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2016. – № 2(19). – С. 25–27.

#### Referance

1. Kozlitin A. A., Lebedeva V. V., Nepochaty`x I. N. Razvitie pozhara ot istochnika zazhiganiya maloj moshhnosti // Nauchny`j vestnik NIIGD «Respirator». – 2016. – № 4(53). – P. 43–51.

2. Cheshko I. D. E`kspertiza pozharov (ob`ekty`, metody`, metodiki issledovaniya). SPb., 1997. 562 p.

3. Vogman L. P. Pozharnaya opasnost` processa tleniya goryuchix organicheskix veshhestv i materialov // Pozharnaya bezopasnost`. – 2018. – № 3. – P. 39–48.

4. Vogman L. P. Pozharnaya opasnost` processov tleniya cellyulozy` i rastitel`nogo sy`r`ya // Kombikorma. – 2016. – № 12. – P. 56–62.

5. Gluxix P. A., Alekseev S. G. O pozharnoj opasnosti sigaret // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2016. – № 2 (19). – P. 25–27.

**ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

УДК 665.9.061

*il.elmira@mail.ru***ПОДБОР ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ  
АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
В МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ****CHOICE OF THE CHEMICAL COMPOSITION FOR REMOVING  
ASPHALT-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS IN MAIN PIPELINES**

*Муфтахова Э. Д., Васильева Т. В.,  
Хафизов Ф. Ш., доктор технических наук, профессор,  
Хафизов И. Ф., доктор технических наук, профессор,  
Озден И. В., кандидат технических наук, доцент,  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет, Уфа*

*Muftakhova E. D., Vasilieva T. V.,  
Hafizov F. Sh., Hafizov I. F., Ozden I. V.  
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa*

Статья посвящена вопросам применения растворителя для очистки магистральных трубопроводов от асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО). В нефтедобывающих заводах в процессе нефтедобычи, переработки, транспорта и хранения нефти асфальтосмолопарафиновые отложения несут серьезную угрозу как с технической, экономической, так и экологической точки зрения. Важным фактором, определяющим эффективность мероприятий по удалению АСПО и поисков путей дальнейшего использования, являются их качественные показатели. Проведены экспериментальные исследования по разработке растворителя для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений в магистральных трубопроводах. Представлены результаты испытаний четырех образцов асфальтосмолопарафиновых отложений с различными химическими составами. Построены графики результатов эффективностей разработанных растворителей. По результатам показателей эффективности выявлен оптимальный состав растворителя для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений.

*Ключевые слова:* асфальтосмолопарафиновые отложения; растворимость; эффективность растворителя; физико-химический состав; эффективность.

The work is devoted to the use of a solvent for cleaning pipelines from asphalt tar-paraffin deposits (AFS). In oil refineries in the process of oil production, refining, transportation and storage of oil, asphalt-tar-paraffin deposits pose a serious threat, both from a technical, economic and environmental point of view. An important factor determining the effectiveness of measures to remove paraffin and search for ways to use them is their quality indicators. Experimental studies on the development of a solvent for the removal of asphalt-resin-paraffin deposits in trunk pipelines have been carried out. The test results of four samples of asphalt-resin-paraffin deposits with various chemical compositions are presented. Plots of the results of the efficiencies of the developed solvents are constructed. According to the results of performance indicators,

the optimal solvent composition for removing asphalt-resin-paraffin deposits was revealed.

*Keywords:* resin-tar-paraffin deposits; solubility; solvent efficiency; physicochemical composition; efficiency.

Проблема борьбы с АСПО в процессе эксплуатации нефтепроводов является одной из важнейших в нефтедобывающей отрасли [1]. Накопление АСПО на внутренней поверхности труб приводит к снижению пропускной способности нефтепроводов, производительности системы, уменьшению межремонтного периода (МРП) и увеличению давления в процессе эксплуатации [1, 2].

АСПО представляет собой сложную углеводородную смесь, состоящую в основном из парафина, смол, асфальтенов, воды, песка и органических солей [1].

На сегодняшний день существуют и применяют два способа борьбы с АСПО – предупреждение и удаление уже сформировавшихся отложений [2]. Наиболее распространенным методом удаления АСПО считается удаление с помощью химического растворителя. Чаще всего предлагаются растворители на углеводородной основе, наиболее близки к природе АСПО, такие как газоконденсат, газовый бензин, смесь

сжиженных нефтяных газов, легкая нефть [2]. К этой группе примыкают такие реагенты, как этил- и бутилбензолная фракция, толуольная и ксилольная фракции, нефрас, керосиновая фракция, нефтяной сольвент, уайт-спирит [3]. Для выбора растворителя необходимо знать тип отложений.

Управление процессом подбора эффективных растворителей по удалению асфальтосмолопарафиновых отложений в нефтепромысловом и нефтезаводском оборудовании требует хорошего знания их физико-химических свойств. Многие свойства определяются химическим составом АСПО. В статье исследовались четыре вида нефтепромыслового АСПО, их физико-химические свойства и химический состав, отобранные на различных месторождениях: Еглинского (АСПО 1), Арланского (АСПО 2), Губкинского (АСПО 3) и Нурлатского (АСПО 4).

В таблице приведены физико-химические характеристики исследуемых АСПО.

*Таблица  
Физико-химические свойства нефтепромыслового АСПО*

№ п/п	Показатели	АСПО 1	АСПО 2	АСПО 3	АСПО 4
1	Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,94	0,9	0,81	0,90
2	Содержание механических примесей, % масс	37,34	12,6	18,53	16,97
3	Содержание воды, % об	1,4	0,3	3,0	2,4
4	Температура плавления, °С	72	69	66	68
5	Содержание серы, % масс	0,4	0,2	0,1	0,3
6	Вязкость кинетическая, мм <sup>2</sup> /с	3,2	3,0	4,0	3,5
7	Содержание, %				
	- парафина	3,1	4,7	3,6	6,8
	- смол	1,9	2,3	2,0	3,47
	- асфальтенов	2,5	2,0	8,8	4,0

Содержание механических примесей зависит от условий добычи и от

определенного участка технологического оборудования, где произведен отбор

АСПО. Механические примеси в АСПО представляют собой песок, глинистые частицы и продукты коррозии.

При выборе растворителя для отмыва отложений существенную роль играет соотношение смол и асфальтенов в АСПО. Ввиду того что эти компоненты характеризуются различной степенью растворимости в углеводородных растворителях. Как известно, асфальтены хорошо растворимы в ароматических углеводородах и плохо растворимы в парафиновых [4].

#### Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования и оптимизации результатов в качестве растворителя РОХ-1 была приготовлена смесь из трех компонентов – углеводородная фракция 30–105 °С, полярный неэлектролит и поверхностно-активное вещество (ПАВ). В ходе эксперимента были использованы четыре вида АСПО.

Исследования эффективности компонентного состава асфальтосмолопарафиновых отложений проводились согласно стандарту СТ-17-03-02 «Методика лабораторная по определению эффективности растворяющей и удаляющей способности растворителя АСПО» (методика «корзинок») ОАО «АНК «Башнефть» [5].

Для оценки эффективности растворителя АСПО определялась их рас-

творяющая способность, которая оценивается по снижению начального веса образца отложений от конечного веса. Исследуемый растворитель наливают в цилиндр и помещают в него сетку с образцом АСПО, заранее взвешенного, на определенный промежуток времени. По истечении заданного времени сетку с АСПО вынимают из растворителя и взвешивают. Эффективность растворителя рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100, \%,$$

где  $\varepsilon$  – эффективность растворителя;  $m_1$  – масса отложений, взятая до эксперимента, г;  $m_2$  – масса отложений после эксперимента, г.

Эффективность растворения АСПО показана с помощью графиков (рисунок 1, 2).

При разработке растворителя РОХ-1 было выбрано следующее соотношение реагентов: углеводородная фракция – 67 %, полярный неэлектролит – 30 % и ПАВ – 3 %.

В ходе эксперимента были получены следующие результаты для РОХ-1: для первого образца АСПО эффективность составила – 95,1 %, второго – 93,5 %, третьего – 89,3 % и для четвертого – 40,5 % (рисунок 1).

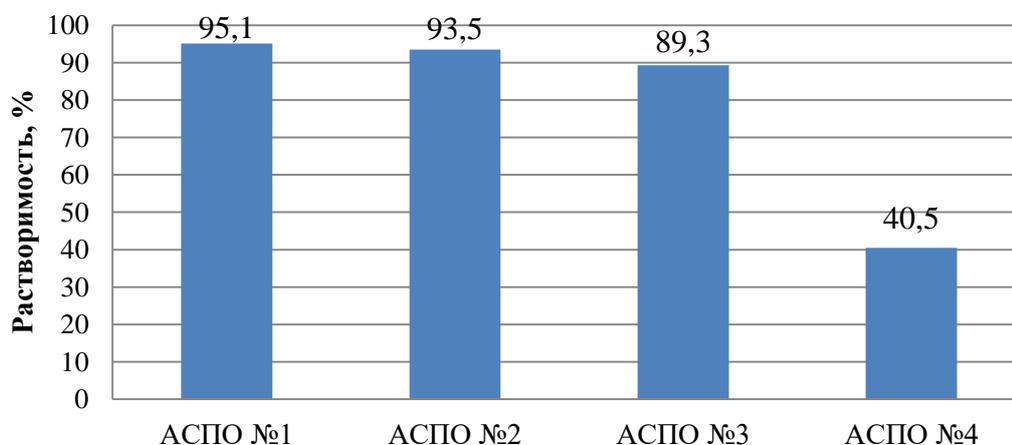


Рисунок 1. Значение растворимости АСПО в зависимости от образца (РОХ-1)

Как видно на графике (рисунок 1), этот состав РОХ-1 не подошел для четвертого образца АСПО. Для улучшения результатов растворимости АСПО соотношение реагентов растворителя РОХ-2 было изменено: углеводородная фракция – 65 %, полярный неэлектролит – 30 % и ПАВ – 5 %.

В результате изменений в соотношении реагентов в растворителе РОХ-2, эффективность растворимости показало изменение результатов во всех образцах АСПО. Для первого образца – 89,3 %, второго – 78,5 %, третьего – 73,5 %, четвертого – 88,1 % (рисунок 2).

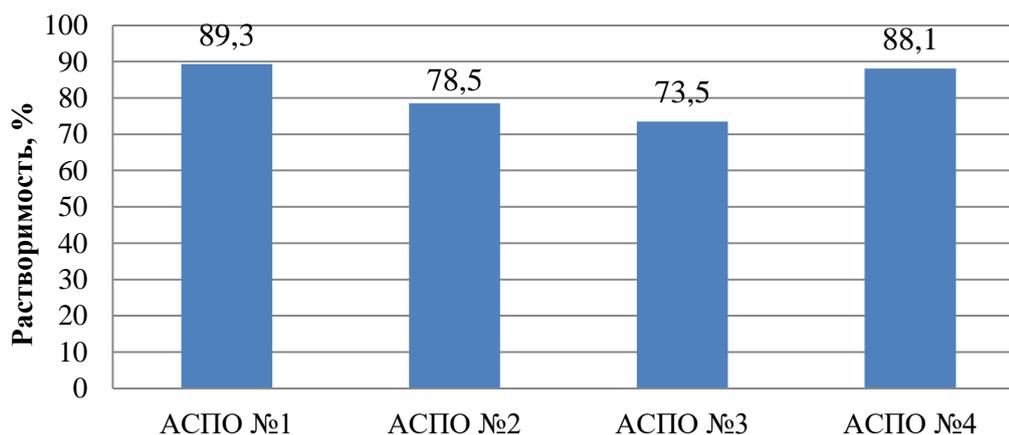


Рисунок 2. Значение растворимости АСПО в зависимости от образца (РОХ-2)

### Выводы

В соответствии с изложенной в статье информацией можно сделать вывод, что осаждение асфальтосмолопарафинового отложения является сложным и необратимым процессом, представляющим научно-технический интерес. Для эффективного способа борьбы с АСПО необходимо исследовать физико-химические свойства отложений и условия их образования.

Таким образом, в ходе проведенных лабораторных экспериментов был разработан растворитель РОХ-2 с оптимальным соотношением компонентов: углеводородная фракция – 65 %, полярный неэлектролит – 30 % и ПАВ – 5 %, и показавший одинаково хороший результат для всех четырех исследуемых образцов АСПО, отличающихся процентным содержанием парафина, смол и асфальтенов.

### Литература

1. Тронов В. П. Механизм образования смоло-парафиновых отложений и борьба с ними. М., 1970. 192 с.
2. Каменщиков Ф. А. Удаление асфальтосмолопарафиновых отложений растворителями. Ижевск, 2008. 384 с.
3. Муфтахова Э. Д. и др. Изучение влияния ультразвуковых колебаний на химический растворитель для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений // Техносферная безопасность. – 2019. – № 2 (23). – С. 42–48.
4. Рогачев М. К., Стрижнев К. В. Борьба с отложениями при добыче нефти. М., 2006. 295 с.
5. СТ-07.1-00-00-02 Стандарт «Порядок проведения лабораторных и опытно-промышленных испытаний химических реагентов для применения в процессах добычи и подготовки нефти и газа». Уфа, 2013. 83 с.

### References

1. Tronov V. P. Mekhanizm obrazovaniya smolo-parafinovykh otlozheniy i bor'ba s nimi. M., 1970. 192 p.

2. Kamenshchikov F. A. Udalenie asfal'tosmoloparafinykh otlozheniy rastvoritelyami. Izhevsk, Research Center «Regular and chaotic dynamics», Izhevsk Institute for Computer Research, 2008. 384 p.
3. Muftakhova E. D. Izucheniye vliyaniya ul'trazvukovykh kolebaniy na khimicheskiy rastvoritel' dlya udaleniya asfal'tosmoloparafinykh otlozheniy / E. D. Muftakhova et al. // Technosphere Security. – 2019. – № 2 (23). – P. 42–48.
4. Rogachev M. K., Strizhnev K. V. Bor'ba s otlozheniyami pri dobyche nefi. M., 2006. 295 p.
5. ST-07.1-00-00-02 Standart «Poryadok provedeniya laboratornykh i opytno-promyslovykh ispytaniy khimicheskikh reagentov dlya primeneniya v protsessakh dobychi i podgotovki nefi i gaza». Ufa, 2013. 83 p.