



# **СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

**ИВАНОВО, 19 СЕНТЯБРЯ 2018 г.**

**Иваново 2018**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ  
МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ II МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

**ИВАНОВО, 19 СЕНТЯБРЯ 2018 г.**

MODERN FIREPROOF MATERIALS AND TECHNOLOGIES

COLLECTION OF MATERIALS OF THE II INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL  
CONFERENCE, DEDICATED TO A YEAR OF CULTURE OF SECURITY

IVANOV, SEPTEMBER 19, 2018

УДК 614.842  
ББК 38.96  
С 56

**Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 19 сентября 2018 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – 638 с.**

В сборник включены материалы II Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». В сборнике рассмотрены вопросы исследования пожарной опасности веществ и материалов, зданий и сооружений, разработки современных способов снижения пожарной опасности; современные научно-технические достижения в области разработки систем противопожарной защиты объектов, систем и средств пожарной безопасности и спасения людей; проблемные вопросы развития системы технического регулирования в области пожарной безопасности, совершенствования системы стандартизации и сертификации материалов и технологий.

The collection includes materials of II International scientific-practical conference «Modern fireproof materials and technologies». The collection examines questions of the study of fire hazard of substances and materials, buildings and structures, development of modern methods to reduce fire hazard; modern scientific and technical achievements in the development of fire protection systems of objects, systems and means of fire safety and rescue; problem questions of development of system of technical regulation in the field of fire safety, improve the system of standardization and certification of materials and technologies.

**ББК 38.96**

*Редакционная коллегия*

канд. техн. наук, доцент **Д. Б. Самойлов** (председатель редколлегии)  
д-р техн. наук, ст. науч. сотр. **А. Л. Никифоров** (заместитель председателя редколлегии)  
канд. хим. наук **С. Н. Ульева**  
канд. техн. наук **А. Х. Салихова**  
канд. техн. наук, доцент **В. И. Попов**  
канд. филол. наук **Ю. В. Шмелева**

*Editorial Council*

cand. of techn. sciences, docent **D. B. Samoilo**v (chairman)  
doctor of techn. sciences, senior research worker **A. L. Nikiforov** (vice-chairman)  
kand. of chem. Sciences **S. N. Ul'eva**  
cand. of techn. sciences **A. H. Salikhova**  
cand. of techn. sciences, docent **V. I. Popov**  
cand. of philol. sciences **Ju. V. Shmeleva**

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ  
ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

УДК 666.97:691.618.92

*М. В. Акулова, А. М. Мочалов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**ОБ ИТОГАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАЛИЧИЯ  
АНТИПИРЕНОВ В СОСТАВЕ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ПЛИТ**

Пенополистирольные плиты являются самыми распространенными материалами в области утепления помещений. Пенополистирол – пожароопасный материал. Соблюдение требований пожарной безопасности при утеплении помещений – важный аспект безопасности людей. В статье описывается работа по выявлению огнезащитных составов в обгоревших остатках пенополистирольных плит. Исследования проводились двумя методами: ИК-спектроскопия и термогравиметрический анализ.

ИК-спектроскопия не подходит для выявления огнезащитных составов в обгоревших остатках пенополистирольных плит, так как ИК-спектры двух образцов почти одинаковы. Следовательно, модифицированный пенополистирол не обладает особыми функциональными группами элементов.

Метод термогравиметрического анализа дает возможность исследовать процесс термического разложения обгоревших остатков пенополистирольных плит. По ТГ-кривой и кривой тепловых эффектов выявлено, что образец модифицированного пенополистирола действительно был обработан огнезащитными составами.

**Ключевые слова:** пенополистирол, термогравиметрия, спектроскопия, антипирен, пожарная безопасность.

*М. В. Akulova, A. M. Mochalov*

**ABOUT THE RESULTS OF THE STUDY ON THE DETERMINATION OF THE  
AVAILABILITY OF ANTIPIRENES IN THE COMPOSITION OF POLYSTYRENE  
PLATES**

Foamed polystyrene plates are the most common materials in the field of insulation of premises. Styrofoam is a fire hazardous material. Compliance with fire safety requirements for insulation of premises is an important aspect of people's safety. The article describes the work on the detection of flame retardants in burnt residues of expanded polystyrene boards. The studies were carried out by two methods: IR spectroscopy and thermogravimetric analysis.



IR spectroscopy is not suitable for the detection of flame retardants in burnt residues of expanded polystyrene plates, because the IR spectra of the two samples are almost identical.

Consequently, the modified expanded polystyrene does not have special functional groups of elements.

The method of thermogravimetric analysis makes it possible to investigate the process of thermal decomposition of burnt residues of expanded polystyrene plates.

The TG curve and the heat effect curve revealed that the modified styrene foam sample was indeed treated with fire retardants.

**Keywords:** expanded polystyrene, thermogravimetry, spectroscopy, fire retardant, fire safety.

Обеспечение пожарной безопасности входит в число ключевых задач при строительстве и эксплуатации современных высоток, крупных деловых центров и торгово-развлекательных комплексов. Специфика таких зданий – большая протяженность путей эвакуации – диктует повышенные требования к пожарной безопасности используемых строительных конструкций и материалов. И только когда эти требования соблюдаются наравне с решением других технических и экономических задач, здание считается спроектированным правильно.

В наши дни практически невозможно представить строительство без применения теплоизоляционных материалов, особенно когда речь идет о возведении объектов в России.

С точки зрения пожарной безопасности строительные материалы классифицируются в статье 13 Федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», в которой они подразделяются на два типа: горючие (Г) и негорючие (НГ). В свою очередь, горючие материалы делятся на 4 группы – слабогорючие (Г1), умеренно горючие (Г2), нормально горючие (Г3) и, наконец, сильно горючие (Г4) [1].

Ключевым фактором, определяющим пожарную опасность строительных материалов, является сырье, из которого они изготовлены. В этой зависимости их можно разделить на три большие группы: неорганические, органические и смешанные. Рассмотрим подробнее неорганические строительные материалы.

В последние годы широкое распространение получила продукция на основе полимеров, принадлежащая к неорганическим материалам и являющаяся горючей. При этом от объема и химического строения полимера зависит принадлежность конкретного материала к группе горючести. Выделяют два основных типа полимерных соединений. Это реактопласты, образующие при нагревании коксовый слой, который состоит из негорючих веществ и защищает материал от воздействия высоких температур, препятствуя горению. Другой тип – это термопласты (плавятся без создания теплозащитного слоя).

Вне зависимости от типа, полимерные строительные материалы нельзя перевести в разряд негорючих, но возможно снизить их пожарную опасность. Для этого применяются антипирены – различные вещества, которые способствуют повышению огнестойкости. Антипирены для полимерных материалов можно разделить на три большие группы.

В первую входят вещества, осуществляющие химическое взаимодействие с полимером. Эти антипирены применяются преимущественно для реактопластов, без ухудшения их физико-химических свойств. Вторая группа антипиренов – интумесцентные добавки – под воздействием пламени образует на поверхности материала вспененный ячеистый коксовый слой, препятствующий горению. И, наконец, третья группа – это вещества, которые механически смешиваются с полимером. Их используют для снижения горючести как термопластов, так реактопластов и эластомеров [5].

Пенополистирольные (и пенополиуретановые) пенопласты, изготавливаемые на основе синтетических полимеров, легки и обладают незначительной теплопроводностью, но являются наиболее пожароопасными. Они легко загораются от кратковременного действия малокалорийных источников зажигания (пламени спички, газовой горелки и т. п.). В условиях пожара они горят со скоростью 4-5 мм/мин, выделяя большое количество дыма с резким запахом. Пенополистирол при температуре 40-110 °С выделяет летучие вещества, содержащие стирол. Продукт термоокислительной деструкции стирола марки СН-28П при 160-230 °С содержит в своем составе такие токсичные вещества как стирол, нитрил акриловой кислоты, дибутилфталат, цианистый водород и оксид углерода. Комбинированное действие следов стирола, нитрила акриловой кислоты (0,388 мг/л), и дибутилфталата (0,02 мг/л), цианистого водорода (0,01 мг/л) и оксида углерода (0,17-0,24 мг/л) вызывает раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз. Предельно допустимая для человека концентрация стирола 0,05 мг/л. При горении пенополистирол плавится, образуя горящие капли, которые, растекаясь, поджигают на своем пути сгораемые материалы. В настоящее время эксперты судебно-экспертных учреждений не проводят исследований по анализу обгоревшего пенополистирола.

В данный момент строительный пенополистирол типа ПСБ-С пропитывают гексабромциклододеканом. Доля противопожарных добавок обычно не превышает 0,5 %.

Предлагаемые на рынке пенополистирольные плиты представлены как строительный материал, пропитанный антипиренами. Однако, большое количество жертв на пожарах в помещениях в отделке которых присутствовал пенополистирол, говорят об обратном. Либо пенополистирол продается необработанным, либо существующие антипирены не подходят для защиты такого материала.

Целью работы, описываемой в статье, явилось определение наличия составов, предназначенных для защиты от огневого воздействия в пенополистирольных плитах до термического воздействия и, как следствие, выбор подходящего способа определения наличия антипиренов в составе указанного материала.

В ходе анализа литературы, было выявлено, что в настоящее время эксперты судебно-экспертных учреждений не проводят исследований по анализу обгоревшего пенополистирола.

Для проведения исследования был выбран модифицированный и немодифицированный пенополистирол марки «ПЕНОПЛЭКС», так как из предложенных вариантов утеплителя на рынке города Иваново он один из самых дешевых и легкодоступных (пенополистирол выбранной марки продается почти в каждом строительном магазине города). Отличие двух закупленных плит состоит только в том, что, со слов производителя, одна из них обработана антипиренами.

Для проведения исследования были выбраны два метода.

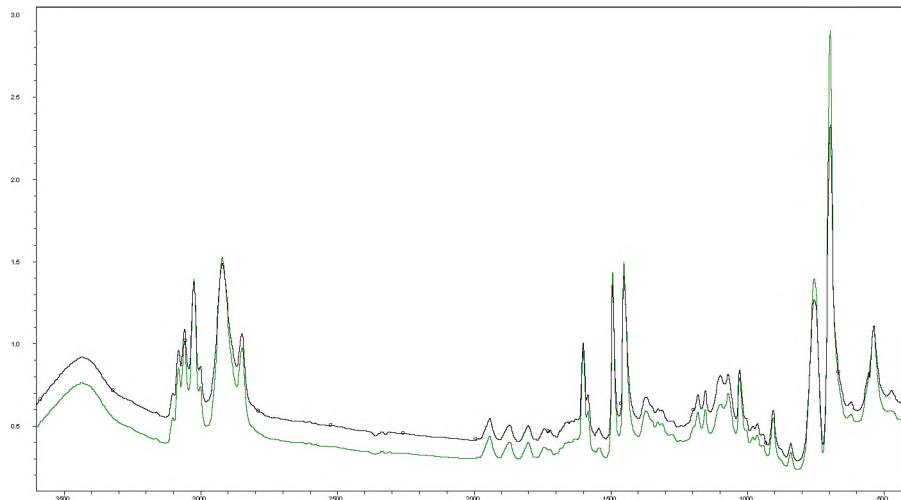
Инфракрасная спектроскопия – широко используемая и проверенная технология анализа для идентификации неизвестных химических веществ. Данный метод основан на микроскопическом взаимодействии инфракрасного света с химическим веществом в процессе поглощения, на выходе дает диапазоны, называемые спектрами. Спектры являются уникальными, и у каждого химического вещества имеется свой отпечаток. Метод ИК-спектроскопии широко используется и в настоящее время представляет особый интерес для пожарно-технических специалистов в связи с относительно простым аппаратным оформлением, высокой степенью чувствительности, небольшими временными затратами на пробоподготовку и снятия спектра.

По итогам исследования составляется диаграмма, на которой будут отражены ИК-спектры пенополистирола, по которым осуществляется сравнение двух образцов.

Термогравиметрия или термогравиметрический анализ - метод термического анализа, при котором регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры

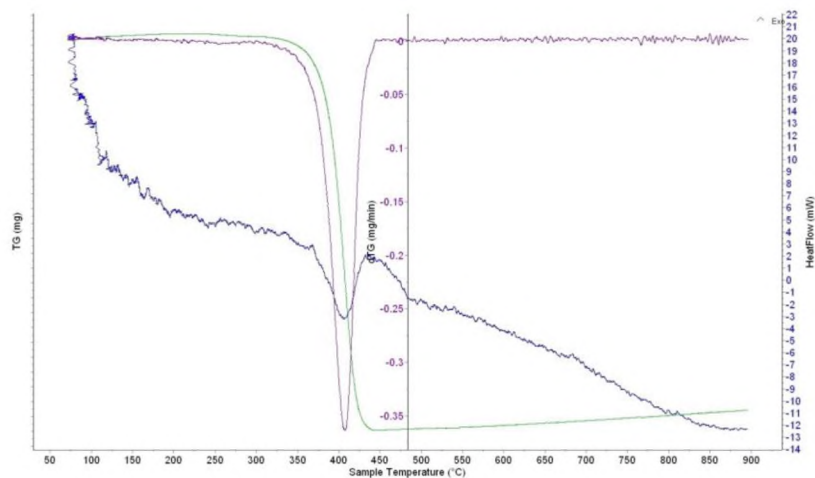
Этот метод анализа заключается в наблюдении массы исследуемой навески вещества при изменении её температуры. Результатом анализа являются ТГ-кривые - зависимости массы навески (или изменения массы навески) от температуры или времени.

По окончании проведения первой части исследования обгоревшего пенополистирола был получен инфракрасный спектр этих материалов. После чего спектры двух образцов спектры двух образцов были наложены один на другой и проведена их сравнительный анализ, который представлен на рис. 1.



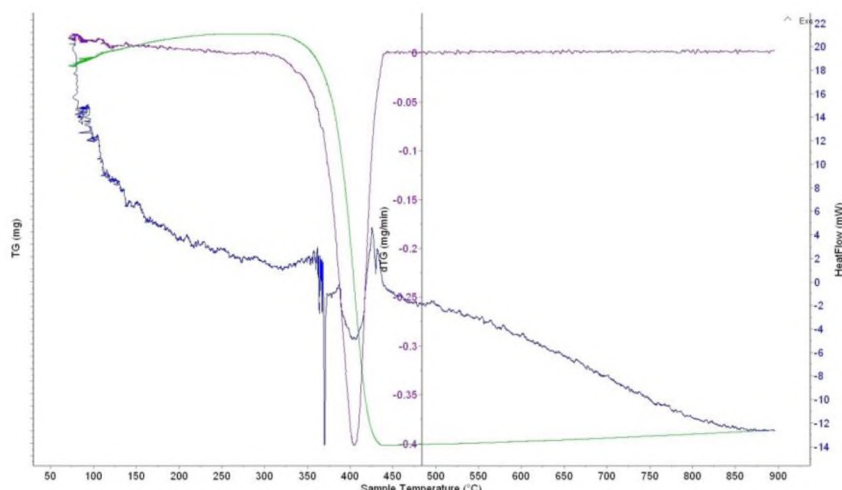
**Рис. 1.** Наложение инфракрасных спектров двух образцов пенополистирола

Результатом проведенного опыта с немодифицированным пенополистиролом стали ТГ, ДТГ кривые и кривые тепловых эффектов, показанные на рис. 2.



**Рис. 2.** Результаты термогравиметрического анализа немодифицированного пенополистирола

Затем тот же эксперимент был проведен с модифицированным пенополистиролом (масса образца 0,0035 гр.). В ходе эксперимента получены графики зависимости массы, скорости массы и тепловых эффектов. Указанные графики представлены на рис. 3.



**Рис. 3.** Результаты термогравиметрического анализа модифицированного пенополистирола

Используя возможности анализатора, определили при какой температуре каждый из образцов начинает терять массу. Для немодифицированного пенополистирола эта температура составила  $228^{\circ}\text{C}$ , а для модифицированного  $310^{\circ}\text{C}$ . Начало тепловых эффектов можно наблюдать на  $368,24^{\circ}\text{C}$  у немодифицированного пенополистирола и на  $362^{\circ}\text{C}$  у модифицированного пенополистирола. Заканчиваются тепловые эффекты при  $435,95^{\circ}\text{C}$  и  $425,91^{\circ}\text{C}$  соответственно. Наибольшая скорость потери массы наступает при  $407,13^{\circ}\text{C}$  у немодифицированного пенополистирола и при  $404,39^{\circ}\text{C}$  у модифицированного образца.

По итогам проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы.

ИК-спектроскопия не подходит для выявления огнезащитных составов в обгоревших остатках пенополистирольных плит, так как ИК-спектры двух образцов почти одинаковы. Следовательно, модифицированный пенополистирол не обладает особыми функциональными группами элементов.

Метод термогравиметрического анализа дает возможность исследовать процесс термического разложения обгоревших остатков пенополистирольных плит.

По ТГ-кривой и кривой тепловых эффектов выявлено, что образец модифицированного пенополистирола действительно был обработан огнезащитными составами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Агурин А. П., Пестеров Н. А., Реднелъ Е. М. Изготовление и монтаж металлических покрытий тепловой изоляции. М.: Стройиз-дат, 1982.

3. *Ананьев А. И., Козинда Г. Е. и др.* Химическая технология текстильных материалов: Учебник для вузов -М.: Легпромиздат, 2013. -240 с.
4. *Бурьиндин В. Г., Коршунова Н. И., Ершова О. В.* Основы технологии производства полимеров. Магнитогорск, МГТУ, 2011. 130 с.
5. *Векслер В. Л.* Производство полистирольного пенопласта ПС-Б и его применение в крупнопанельном строительстве. Москва, 1963. 132-135 с.
6. *Годилю П. В., Патуроев В.В., Романенков И. Г.* Беспрепоровые пенопласты в строительных конструкциях
7. *Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А.* Технология теплоизоляционных материалов. - М.: Стройиздат, 1980.
8. *Горяйнов К.Э., Горяйнова С.К.* Технология теплоизоляционных материалов и изделий: Учебник для вузов. - М.: Стройиздат, 1982. 376 с.
9. *Данишевский С.Л.* «Токсикология полистирола и других материалов нефтехимии» 1966.
10. *Дементьев А.Г.* Ячеистая структура и физико-механические свойства пенопластов, 1982. 49-51 с.

УДК 620.169.2+624-1

*Е. Б. Аносова, И. Н. Курников*

ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

### **ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТДЕЛОЧНЫХ ФАСАДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОПАСНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА В ЗДАНИИ**

В работе рассматривается актуальная проблема оценки пожарной опасности строительных отделочных материалов, используемых при отделке фасадов зданий. Для предварительной оценки используется один из методов термического анализа – дифференциально-сканирующая калориметрия, который позволяет в течение малого интервала времени получить важные характеристики пожарной стойкости теплоизоляционных и отделочных материалов.

**Ключевые слова:** испытания на пожарную опасность, строительные материалы, термический анализ, жаростойкость, пожарная опасность.

*Е. В. Anosova, I. N. Kurnikov*

### **THE INFLUENCE OF THERMICAL PROPERTIES OF FINISHING FACADE MATERIALS ON THE DANGER OF THE SPREAD OF FIRE IN THE BUILDING**

The actual problem of fire hazard assessment of building finishing materials used in the decoration of facades of buildings was considered. The differential scanning calorimetry

was used for preliminary assessment, that allows to obtain important characteristics of fire resistance of heat-insulating and finishing materials within a short time interval.

**Keywords:** fire hazard tests, building materials, thermal analysis, heat resistance, fire hazard.

Фасадная часть здания требует обеспечения высокого уровня пожарной безопасности. Несмотря на совершенствование технологий, создание новых материалов, обладающих высокими пожарозащитными свойствами, пожары, возникающие на фасадах зданий – довольно частое явление [1].

Весной 2018 года в корпусе № 5 Академии гражданской защиты МЧС России (г. Химки) был проведен ремонт внешних стен, включающий отделку теплоизоляционным материалом и ветрозащитными панелями. В связи с этим представляется актуальным оценить возможность распространения огня по наружной части здания после замены его конструктивных элементов.

Классы пожарной опасности фасадных систем определяются аккредитованными пожарными лабораториями в условиях стандартных испытаний по ГОСТ 31251-2008 [2], предусматривающим масштабные испытания. Подобные эксперименты не всегда представляется возможным выполнить, а аккредитованных для подобных испытаний лабораторий мало.

В то же время, в литературе описан ряд физико-химических методов анализа, позволяющих в течение короткого периода времени и оперируя с небольшим количеством образца, выявить характеристики пожарной опасности широкого спектра материалов.

В настоящей работе рассмотрены два образца, составляющих основную часть фасада корпуса № 5 АГЗ МЧС РФ: стекловаты и панели ветрозащитной облицовочной. Образцы были испытаны согласно Методике ВНИИПО [3].

Как отмечается в методике, термический анализ (ТА) дает возможность получить данные на микрообразцах, отбор которых (из-за малой массы (порядка 10 мг) и размера) позволяет практически не нарушать внешний вид поверхности конструкции.

Под действием теплового потока в теплоизоляционных и облицовочных материалах происходят процессы термического окисления, плавления, кристаллизации, спекания. В зависимости от температуры, при которой возникают критические явления в материалах, теплоизоляционные волокнистые негорючие материалы по области применения классифицируются на 3 группы: НГ1, НГ2 и НГ3, где:

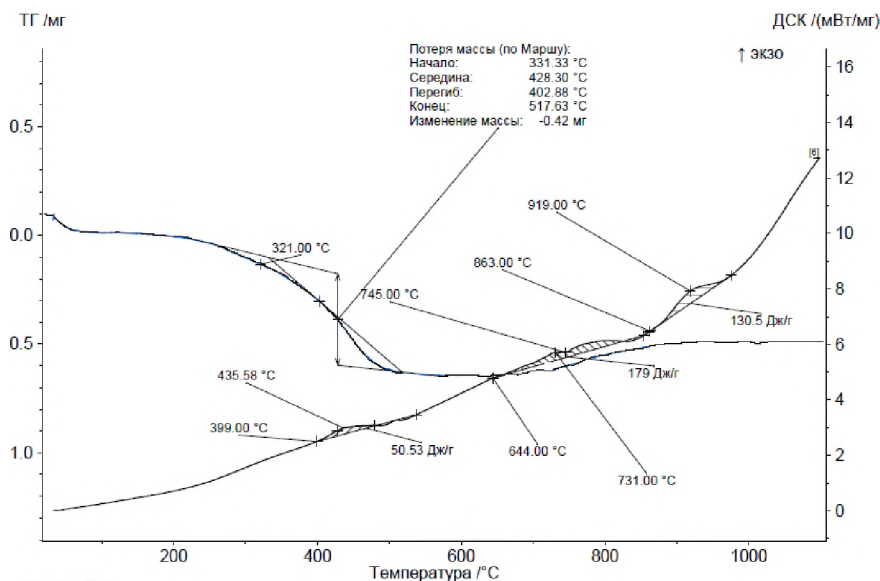
- НГ1 - материалы негорючие высокой жаростойкости;
- НГ2 - материалы негорючие средней жаростойкости;
- НГ3 - материалы негорючие нежаростойкие.

Для теплоизоляции фасадов допустимы материалы группы НГ2.

Термический анализ образцов был проведен на термическом анализаторе STA 449 F3 Jupiter немецкой компании «NETZSCH». Было исследовано три

пробы образца теплоизоляционной стекловаты и три пробы образца ветрозащитной панели. Масса навески составляла (6 – 8) мг для утеплителя на основе стекловаты, (35 – 37) мг для ветрозащитной панели, скорость нагрева – 10 °С/мин.

Усредненные кривые ТГ – ДСК, полученные при нагревании утеплителя на основе стекловаты представлены на рис. 1.



**Рис. 1.** Кривые ТГ-ДСК образца стекловаты термоизоляционной

Как можно видеть из полученных кривых термического анализа, температура первого максимума экзотермического пика на кривой ДСК (435 °С) соответствует окислению органического связующего. Величина относительного экзотермического теплового эффекта пика окисления, начинающегося при температуре 399 °С, составляет 50,5 кДж/кг. Экзотермический эффект, начинающийся при температуре 644 °С, сопровождается выделением тепла 179 кДж/кг и может быть связан с кристаллизацией незначительного количества стекловаты. Усредненная потеря массы образца при нагревании составила менее 15%. Кривая ДСК совершает резкий перегиб при 919 °С, что может соответствовать процессам спекания образца. Визуальный осмотр образца в тигле после нагревания подтверждает это предположение: волокна образца хрупкие и ломкие, но без образования конгломератов и сплавов.

Согласно [3] такое поведение образца соответствует группе НГ2 – материалы негорючие средней жаростойкости, которая является допустимой для утепления фасада.

Усредненные кривые ДСК ветрозащитных плит корпуса № 5 приведены на рис. 2. Эндотермический эффект при 360 °С соответствует плавлению образца, переходящему в дальнейшем в сильный (6942 кДж/кг) экзотермический эф-



факт. Такое поведение характерно для алюмокомпозиционных материалов, часто используемых в качестве облицовочных фасада.

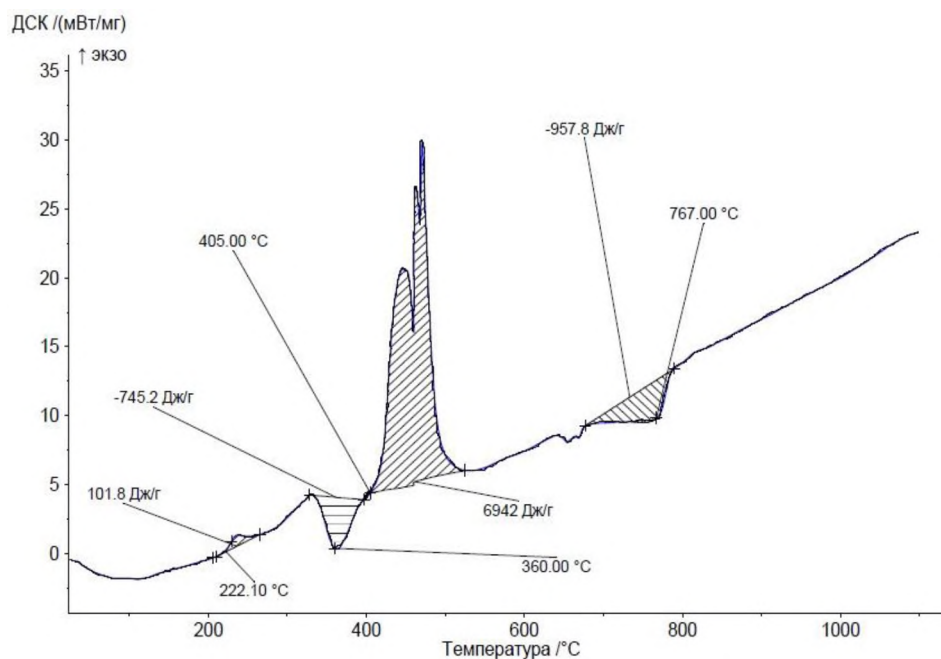


Рис. 2. Усредненная кривая ДСК ветрозащитной панели

Усредненная ТГ-кривая панели ветрозащитной (рис. 3) свидетельствует об интенсивном уменьшении массы образца при температуре 338 °C.

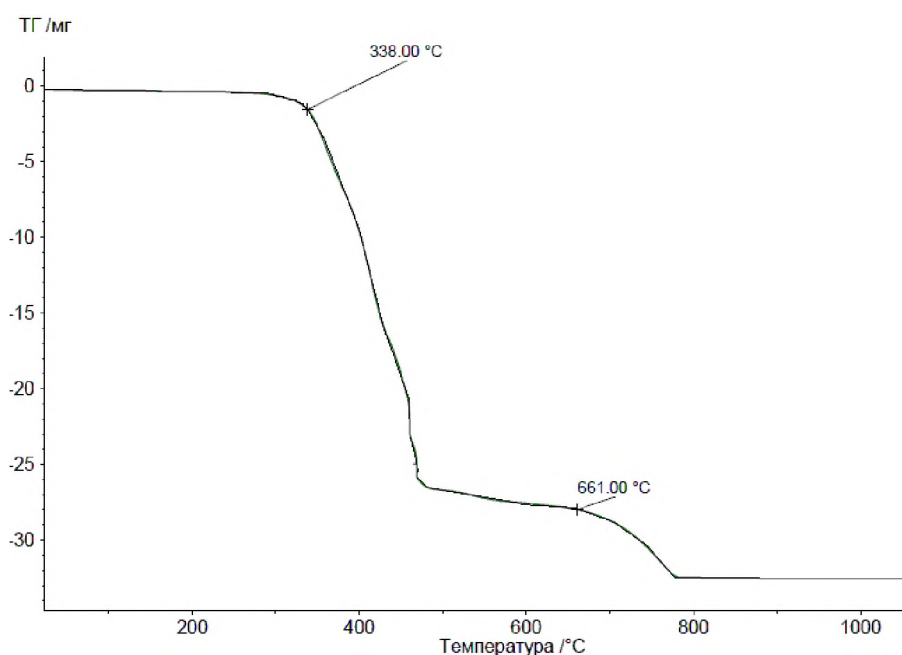


Рис. 3. Усредненная ТГ-кривая панели ветрозащитной

Первая ступень уменьшения массы ветрозащитной панели заканчивается при температуре приблизительно 420 °С. Таким образом, по достижении температуры 338 °С (при пожаре буквально за 2 – 3 минуты), ветрозащитная панель может воспламениться и 5 – 6 минут поддерживать горение. Этот вариант развития событий имеет достаточно высокую вероятность при выбросе пламени из окна.

Таким образом, несмотря на применение негорючего жаростойкого материала в качестве теплоизоляционного, опасность распространения пожара по фасаду корпуса №5 АГЗ МЧС РФ существует.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Воробьев В.Н.* Навесные фасадные системы. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности. Владивосток: «ПортАктивстрой» 2017. – 44 с.
2. ГОСТ 31251-2008. Стены наружные с внешней стороны. Метод испытаний на пожарную опасность. – Введ. 2010-01-03.– М.: ИПК Издательство стандартов, 2010. – 25 с.
3. Оценка пожарной опасности теплоизоляционных материалов методами термического анализа. МЧС России, ФГБУ ВНИИПО, Методика. М., 2014. – 15 с.

УДК 614.84

*О. В. Беззапонная, А. Л. Коновалов*  
ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ**

Исследован процесс естественного старения терморасширяющихся огнезащитных покрытий на основе водной винилацетатной дисперсии. Обнаружено наличие признаков нестабильности термоаналитических характеристик огнезащитного материала с течением времени. Установлено снижение интенсивности потери массы в результате интумесценции материала с течением времени, повышение величины зольного остатка и миграция ДТГ пиков.

**Ключевые слова:** естественное старение, климатические испытания, огнезащитные составы интумесцентного типа, метод синхронного термического анализа, стабильность.

*O. V. Bezzaponnaya, A. L. Kononov*

## STUDY OF STABILITY OF FIRE PROTECTION COMPOSITIONS

The process of natural aging of thermally expanding flame retardant coatings based on aqueous vinyl acetate dispersion was studied. The presence of signs of instability of thermoanalytical characteristics of fire-retardant material over time has been detected. A decrease in the intensity of mass loss as a result of the material's intuition over time, an increase in the ash content and the migration of DTG peaks are established.

**Keywords:** natural aging, climatic tests, fireproof compounds of intumescent type, synchronous thermal analysis method, stability.

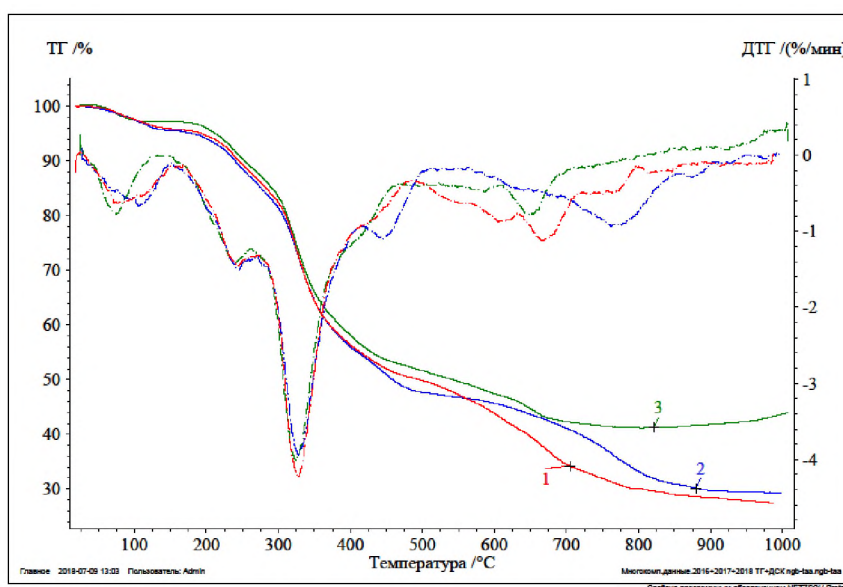
Большинство высокомолекулярных соединений под влиянием атмосферных условий, перепадов температур в широком диапазоне, воздействия ультрафиолетового излучения, кислорода воздуха, агрессивных сред и ряда других факторов подвержены окислительно-деструктивным процессам – старению. Поскольку большинство разработанных огнезащитных композиций имеют полимерную основу, то проблема стабильности не менее актуальна и для огнезащитных композиций. Проблема старения полимеров, входящих в состав огнезащитной композиции, приводит к снижению, а со временем и к полной потере огнезащитной эффективности.

Значительное влияние на стабильность огнезащитных составов (ОЗС) на полимерной основе оказывает химическая природа полимерного связующего. По мнению многих исследователей [2-3] наименее стабильными являются огнезащитные композиции на водной основе, так как высокая влажность приводит к миграции (вымыванию) основных интумесцентных компонентов из огнезащитного слоя, что приводит к нарушению рецептуры ОЗС, а со временем и к полной потере системой интумесцентных свойств. В связи с этим, большинство водно-дисперсионных огнезащитных покрытий применяется для защиты конструкций внутри помещений, где климатические условия наименее агрессивны. Однако, перепады температур и влажности, воздействие света все равно приводят к иницированию и протеканию окислительно-деструктивных процессов.

Оценить масштаб, протекающих в огнезащитных покрытиях деструктивных процессов с течением времени, можно только в ходе испытаний, моделирующих искусственное или естественное старение. Большое влияние на химизм и интенсивность старения ОЗС оказывает химический состав огнезащитных композиций, в частности химическая природа связующего. Очевидно, что процессы деструкции в ОЗС со связующими различной химической природы будут отличаться.

Для изучения процесса естественного старения ОЗС были проведены испытания покрытий на основе водной винилацетатной дисперсии в среде воздуха с временным интервалом (экспозицией) – 2 года. За это время покрытие подвергалось естественным перепадам температур ( $-20 \div 40$  °С) и перепадам влаж-

ности (40÷80 %), что соответствует условиям в закрытом (не отапливаемом) помещении. Испытания проводились методом синхронного термического анализа (Nietzsch STA 449 F5 Jupiter®) со скоростью нагрева 20 К/мин. Поскольку испытуемое огнезащитное покрытие являлось интумесцентным, то для исключения влияния контакта огнезащитного состава с материалом тигля и появления псевдоэффектов [1], испытания проводились в платиновых тиглях. Результаты испытаний огнезащитного покрытия на основе водной дисперсии винилацетата представлены на рисунке. Результаты обработки полученных термоаналитических кривых с помощью программного обеспечения NETSCH Proteus Thermal Analysis приведены в таблице.



**Рисунок.** ТГ и ДТГ кривые огнезащитного состава на основе водной винилацетатной дисперсии в среде воздуха (1 – 2016 г., 2 – 2017 г., 3 – 2018 г.)

*Таблица.* Термоаналитические характеристики огнезащитного состава на основе водной винилацетатной дисперсии

Год испытаний	Характеристика максимумов ДТГ-пиков в температурном интервале (температура максимума $T_{max}$ , °C /максимальная скорость потери массы, $A_{max}$ , %/мин)			
	25-100 °C	100-300 °C	300-400 °C	500-800 °C
2016 г.	72,0 / -0,62	243,4 / -1,45	327,4 / -4,23	667,6 / -1,12
2017 г.	105,0 / -0,67	243,7 / -1,48	327,1 / -3,94	763,0 / -0,93
2018 г.	74,5 / -0,78	241,6 / -1,41	324,5 / -4,02	646,3 / -0,78

Экспериментальные исследования показали, что происходит незначительный сдвиг термогравиметрических кривых (ТГ) в высокотемпературную область. Анализ результатов обработки ТГ кривых показал также увеличение величины зольного остатка с течением времени с 27,86 % до 42,40 %, что свидетельствует о повышении термостойкости огнезащитного покрытия. Объясне-

нием этих фактов, вероятнее всего, являются процессы структурирования полимерного материала.

Особенно заметные отличия видны при сравнении ДТГ кривых: изменилось количество ДТГ пиков, а также сместились температурные значения максимумов ДТГ пиков. При этом наблюдается незначительное снижение интенсивности потери массы в интервале температур 100÷400 °С, а следовательно и интенсивности процесса интумесценции, что в конечном счёте, приведёт к снижению огнезащитной эффективности материала. Снижение интенсивности потери массы, по мере увеличения времени эксплуатации покрытия, можно объяснить выделением легколетучих газообразных веществ в результате протекания окислительно-деструктивных процессов, что в итоге и приводит к падению интенсивности интумесценции (вспучивания). Миграция ДТГ пиков свидетельствует о нестабильности огнезащитного материала. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о наличии признаков деструкции (старения) огнезащитной композиции на водной основе.

Таким образом, исследование процесса естественного старения терморасширяющихся огнезащитных покрытий на основе водной винилацетатной дисперсии показали наличие признаков нестабильности термоаналитических характеристик огнезащитного материала с течением времени. Установлено снижение интенсивности потери массы в результате интумесценции материала с течением времени, повышение величины зольного остатка, свидетельствующее о повышении термостойкости огнезащитного материала и миграция ДТГ пиков. Полученные результаты свидетельствуют о наличии признаков деструкции (старения) огнезащитной композиции на водной основе. Для объективной оценки процессов термоокислительной деструкции, протекающих в огнезащитных покрытиях, и получения зависимостей изменения термоаналитических характеристик от времени необходимы исследования за более продолжительный промежуток времени.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Беззапонная О.В., Головина Е.В., Мансуров Т.Х.* Особенности проведения испытаний огнезащитных материалов интумесцентного типа методом термического анализа в условиях углеводородного пожара // *Техносферная безопасность* 2017. №3(16). С. 57-62.
2. *Зыбина О.А.* Теоретические принципы и технология огнезащитных вспучивающихся материалов / дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук, Санкт-Петербург, 2015. 260 с.
3. *Ненахов С.А., Пименова В.П., Пименов А.Л.* Проблемы оценки ресурса работоспособности вспенивающихся огнезащитных покрытий // *Пожаровзрывобезопасность*. 2009. Т. 18. № 8. С. 46-49.

УДК 614.835.3

*М. А. Бодров, А. Г. Азовцев, С. А. Сырбу*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА

В работе говорится об опасности пирофорных отложений, приведены данные о пожарах на резервуарах вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Представлена принципиальная схема установки для моделирования условий в газовой фазе РВС.

**Ключевые слова:** прямоугольный бензин, пожарная опасность, пирофорные отложения, резервуар вертикальный стальной

*M. A. Bodrov, A. G. Azovtsev, S. A. Syrbu*

## RESEARCH OF FIRE RISK OF RECTANGULAR GASOLINE

At paper speaks about the dangers of pyrophoric deposits, data on fires on vertical steel tanks for storage of oil and petroleum products are given. A schematic diagram of the installation for modeling the conditions in the gas phase in oil tank is present.

**Keywords:** rectangular gasoline, fire hazard, pyrophoric deposits, vertical steel tank.

Нефтегазовая промышленность в Российской Федерации играет одну из ключевых ролей. Помимо большого вклада в экономическую составляющую, объекты нефтегазовой отрасли представляют высокую пожарную опасность и поэтому согласно законодательству [1] относятся к опасным производственным объектам. Одними из основных объектов в нефтегазовой отрасли являются резервуары вертикальные стальные (далее – РВС) для хранения нефти и нефтепродуктов. Распределение пожаров на объектах с обращением нефти и нефтепродуктов представлено на рисунке 2 [2], где видно, что на резервуары приходится чуть менее четверти всех пожаров.

Основными причинами, по которым резервуары выходят из строя, представлены в таблице [3], при этом на причину самовозгорания пирофорных отложений приходится 12,8% от общего числа источников зажигания [4]. Образование пирофорных отложений происходит в результате химической реакции взаимодействия внутренней стенки РВС с сернистыми соединениями, содержащимися в нефти и нефтепродуктах.

Агрессивное воздействие примесей нефти и нефтепродуктов разрушает стенки и днища нефтяных резервуаров и трубопроводов со скоростью свыше

1 мм в год. Этот процесс приводит к техногенным авариям с тяжелыми экологическими последствиями. В качестве примесей нефть содержит асфальтосмолистые вещества (1-10 %), сернистые соединения (0,03-5,3 %), азотистые кислородные соединения (0,25-2 %), а также свободную воду.



**Рис. 1.** Доли пожаров на объектах с обращением нефти и нефтепродуктов [2]

*Таблица 1. Анализ аварий на резервуарах [3]*

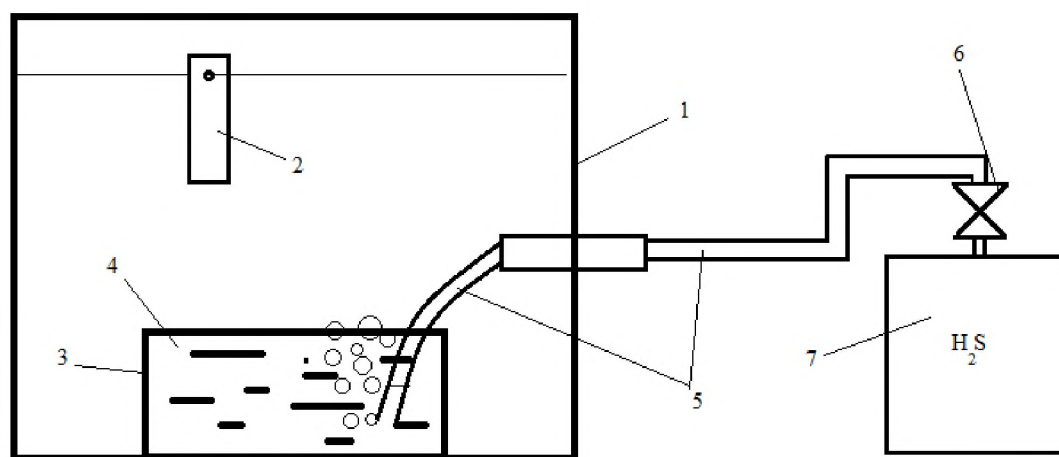
№ п/п	Причина аварии	Процент к итогу
1	Хрупкое разрушение	63,1
2	Взрыв и пожар	12,3
3	Образование вакуума	7,7
4	Коррозионный износ	3,1
5	Просадка основания	1,5
6	Ураганный ветер	1,5
7	Прочие причины	10,8
ИТОГО		100

Пластовая вода, осаждающаяся на дне резервуаров, содержит различные соли, являющиеся хорошими электролитами и которые, образуя гальванопары, являются источниками электрохимической коррозии днищ. Интенсивность коррозионного разрушения днищ увеличивается, когда в пластовых водах содержится соль различных металлов, которые при гидролизе образуют агрессивную среду, существенно ускоряющую процесс разрушения днищ.

Содержание серы в виде различных соединений или в чистом виде обуславливает высокую корродирующую активность нефти и нефтепродуктов в процессе транспортирования, хранения и переработки. Кроме того, сера, взаи-

модействуя с металлом, образует пирофорные соединения, способные на воздухе самовозгораться, что особенно часто наблюдается в резервуарах. Особенно опасны высокосернистые нефти с содержанием серы 0,6 % и более.

Исследование образования пирофорных отложений в различных средах затруднено сложностью получения имеющегося в РВС материала для исследования. Высокая активность пирофорных отложений при взаимодействии с воздухом также влияет на качество получаемых образцов, удержание их не в герметичной таре без инертной среды влияет на их последующее поведение при исследованиях. Ввиду вышесказанного получение пирофорных отложений в лабораторных условиях является актуальной задачей. Для получения пирофорных отложений была собрана установка, моделирующая условия среды, которые возникают внутри РВС, принципиальная схема которой представлена на рис. 2.



**Рис. 2.** Принципиальная схема установки  
для моделирования условий в газовой фазе РВС  
1 – корпус; 2 – образец; 3 – емкость и нефтью или нефтепродуктом;  
4 – нефть (нефтепродукт); 5 – газоотводная трубка; 6 – вентиль;  
7 – баллон с сероводородом

В качестве образцов использовались стальные пластины марки Сталь 3 (наиболее распространенная марка стали при производстве РВС).

В результате опыта были получены соединения, которые были проверены на химический состав, показавший близкую схожесть с пирофорными отложениями, образовавшимися в РВС.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности».



2. *Ширяев Е.В., Назаров В.П., Майзлиш А.В., Гогин А.А.* Статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» Выпуск № 3 (55), 2014 г. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_22880819\\_57397439.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_22880819_57397439.pdf) (дата обращения 02.06.2018).

3. *Сырбу С. А., Азовцев А. Г., Салихова А.Х.* Обзор способов защиты технологического оборудования с нефтью и нефтепродуктами от образования пирофорных отложений // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов X Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России, Иваново, 26–27 ноября 2015 г. // под общ. ред. канд. техн. наук, доц. И. А. Малого. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. - стр. 90

4. *Петрова Н.В., Чешко И.Д., Галишев М.А.* Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» Выпуск №3, 2016. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V83/7.pdf> (дата обращения 12.06.2018).

УДК 621.3.049.77

*М. Ф. Бутман<sup>\*</sup>, Н. А. Кропотова<sup>\*\*</sup>, Е. Ю. Моисеева<sup>\*\*</sup>*

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РАЗРАБОТКА НЕГОРЮЧИХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ Al-ПИЛЛАРИРОВАННОГО ПРИРОДНОГО МОНТМОРИЛЛОНИТА**

В статье рассматривается технология синтеза негорючих сорбентов на основе Al-пилларированного природного монтмориллонита.

**Ключевые слова:** негорючий сорбент, природный монтмориллонит, интеркалированная глина, наноматериалы.

*M. F. Butman, N. A. Kropotova, E. Yu. Moiseeva*

## **THE DEVELOPMENT OF NON-COMBUSTIBLE SORBENTS ON THE BASIS OF Al-POLARISAVENUE NATURAL MONTMORILLONITE**

The article deals with the technology of synthesis of non-combustible sorbents based on Al-Pilar natural montmorillonite.

**Keywords:** nonflammable sorbent, natural montmorillonite, intercalated clay, nano-materials.

Развитие высоких технологий напрямую связано с получением новых полифункциональных наноматериалов. Среди перспективного исходного сырья для этой цели следует выделить такие природные материалы как глины и глинистые минералы. Их главные и безоговорочные достоинства - доступность, низкая стоимость, экологическая и пожарная безопасность. Благодаря новым технологиям молекулярного дизайна и синтеза на их основе можно создавать нанокомпозиты с уникальными структурными и физико-химическими свойствами.

Получение новых материалов, называемых интеркалированными или пилларированными глинами, основано на модифицировании глин поликатионами/олигомерами различных металлов путем введения их в межслоевое пространство слоистых алюмосиликатов. Такие материалы со слоисто-столбчатой структурой обладают высокой термостабильностью, огнестойкостью, уникальными сорбционными свойствами. В отличие от другого класса негорючих алюмосиликатных сорбентов – цеолитов – межслоевое пространство монтмориллонитов проявляет существенную «эластичность» и может регулироваться размером катионов-интеркалянтов и активироваться различными видами физических воздействий.

Цель работы – синтез сорбентов на основе Al-интеркалированных монтмориллонитов с использованием различных физических методов обработки глинистых суспензий и исследование их текстурных и сорбционных свойств.

Нами предложена схема синтеза (рис. 1), эффективность которого в значительной степени зависит от температуры, состава и pH среды, свойств интеркалирующего раствора, содержащего гидrolитические формы алюминия (золь-гель граница), времени интеркаляции и количества глинистого минерала. Синтез проводится с использованием ультразвукового (УЗ), гидротермального и микроволнового (СВЧ) воздействий.

В кратком изложении методом седиментации из бентонита выделяли монтмориллонит и ионообменном получали его натрий-обогащенную форму. Интеркалирующий раствор, приготовленный гидролизом раствора хлорида алюминия раствором NaOH, по капельно вводили в суспензию глины в соотношении 1:2, центрифугировали, отмывали от хлор-анионов, и подвергали вакуумной сушке. Прокалка при 500 °C завершала синтез пилларированного материала. Главным этапом является синтез гигантских поликатионов алюминия, так называемых ионов Кеггина, и их интеркаляция в межслоевое пространство монтмориллонита. Именно при их последующем дегидроксилировании образуются пиллары, обеспечивающие большую раздвижку силикатных слоев.

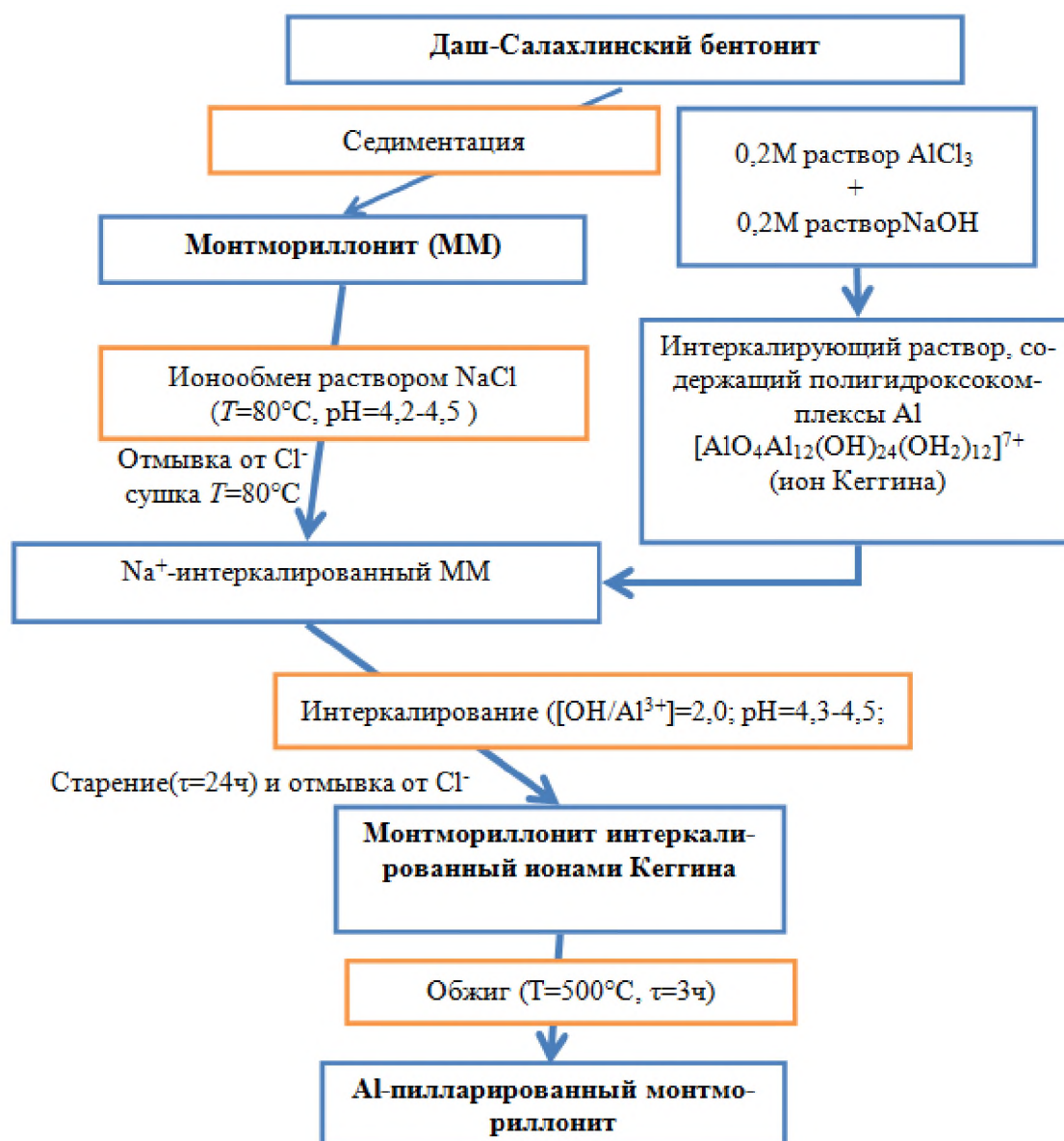


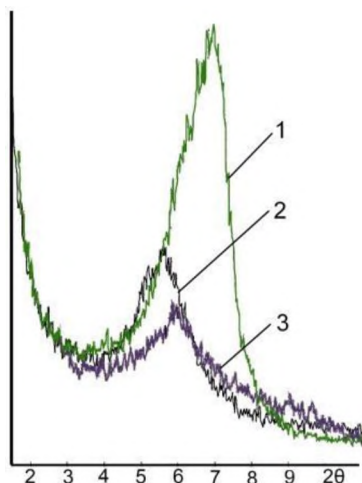
Рис. 1. Схема синтеза пилларированного монтмориллонита

Для того чтобы контролировать процесс интеркалирования использовали метод фотометрического анализа (см. таблицу), который позволял определить концентрацию ионов алюминия в интеркалирующем растворе до и после интеркаляции, а значит и количество алюминия внедренного в виде гидроксокомплексов в межслоевое пространство.

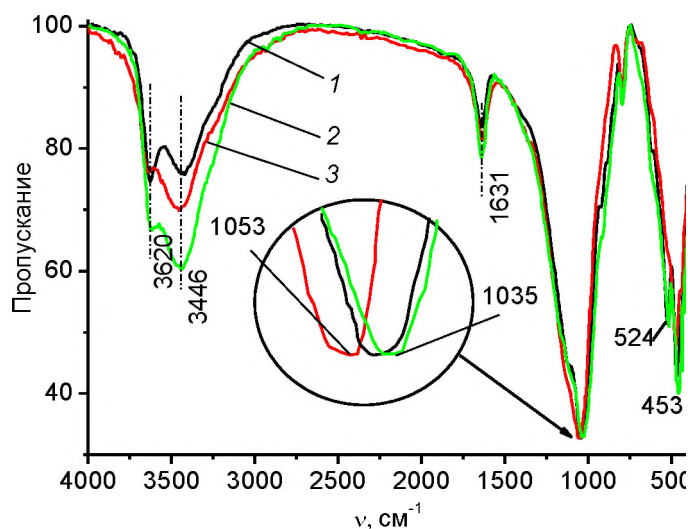
Таблица. Интеркалирование методом фотометрического анализа

Интеркалирующий раствор	Концентрация ионов $Al^{3+}$	
	мг/л раствора	мг/г глины
Исходный	5200	-
После интеркаляции	2100	465

По данным малоугловой рентгеновской дифракции определялось увеличение межплоскостного базального расстояния у интеркалированных и пилларированных образцов по сравнению с исходным материалом (рис. 2).



**Рис. 2.** Результаты малоугловой рентгеновской дифракции:  
1-исходный  $d_{001}=1,26\text{нм}$ ;  
2-интеркалированный,  
 $d_{001}=1,63\text{нм}$ ;  
3-пилларированный  
 $d_{001}=1,60\text{нм}$  ( $t=120^\circ\text{C}$ )



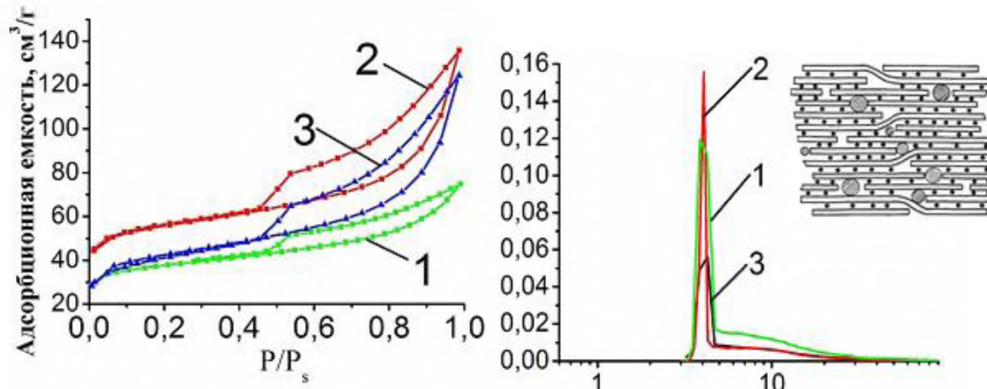
**Рис. 3.** ИК-спектры  
1- исходного монтмориллонита;  
2- интеркалированного монтмориллонита;  
3- пилларированного монтмориллонита

По данным термогравиметрии для интеркалированного образца увеличилась потеря массы в воздушно-сухом состоянии. Это объясняется дегидратацией полигидроксикомплексов и служит дополнительным аргументом успешного интеркалирования.

✓ Эффективность сшивки силикатных слоев пилларами контролировалось по смещению в коротковолновую область пика в ИК-спектрах (рис. 3), соответствующего колебаниям Si–O в кремнийкислородных тетраэдрах. Это свидетельствует о вероятной инверсии кремнийкислородных тетраэдров при образовании сшивок пилларов с силикатными слоями.

✓ Текстульные свойства природного, интеркалированного и пилларированного монтмориллонита исследовались методом низкотемпературной адсорбции азота. Изотермы для всех образцов характеризуются наличием петли капиллярно-конденсационного гистерезиса. Форма петли гистерезиса по классификации IUPAC говорит о наличии щелевидных и плоскопараллельных пор, что типично для материалов со слоистой структурой. Все три образца характеризуются унимодальным узким распределением пор по размерам. Наличие пор большего размера в образцах отражает микроструктуру силикатных слоев –

эти поры возникают предположительно в местах деформации и разрыва силикатных слоев, как показано на рис. 4.



**Рис. 4.** Результаты низкотемпературной адсорбции азота:  
1-монтмориллонит; 2-интеркалированный монтмориллонит;  
3-пилларированный монтмориллонит

С целью улучшения текстурных и адсорбционных свойств пилларированных материалов были использованы физические методы воздействия на стадии интеркаляции для увеличения ее эффективности – ультразвуковая, гидротермальная и СВЧ обработки. Раздвижка слоев и количество внедренных полигидроксокомплексов максимальны при обработке в СВЧ поле.

Показано, что все используемые физические методы воздействия – УЗ, гидротермальный, СВЧ - увеличивают содержание воды и оказывают влияние на концентрацию полигидроксокомплексов алюминия в межслоевом пространстве монтмориллонита. Температурная обработка пилларированного монтмориллонита (СВЧ воздействие) приводит к последовательному увеличению площади удельной поверхности и суммарного объема пор. При этом сохраняется узкое распределение пор по размерам.

Следует отметить, что полученный научный продукт – пилларированные алюмосиликаты обладают перечисленными свойствами и могут быть рекомендованы для использования в качестве селективных сорбентов, молекулярных сит, носителей катализаторов и вспучивающихся компонентов защитных покрытий. Они имеют важные конкурентные преимущества по сравнению с аналогами: негорючесть; доступность; низкая стоимость; экологическая безопасность; возможность регулирования поперечного размера пор.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутман М.Ф., Кропотова Н.А., Потемкина О.В., Ульев Д.А. Наноконпозиты «полимер-слоистый силикат» пониженной горючести». Иваново: ООНИ ЭКО ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – 196 с.

УДК 691:614

*Т. Н. Вахнина*<sup>\*</sup>, *И. В. Сусоева*<sup>\*</sup>, *А. А. Титунин*<sup>\*</sup>, *А. В. Петров*<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Костромской государственный университет

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ВЛИЯНИЕ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОГНЕЗАЩИЩЕННОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН**

В работе получены результаты определения показателей огнезащитности образцов композиционного материала с наполнителем из невозвратных пылевидных отходов производства хлопкового волокна. Использование комплексного антипирена «тетраборат натрия + борная кислота» эффективно повышает огнезащитность и кислородный индекс материала на основе растительного наполнителя.

**Ключевые слова:** лен, хлопок, отходы прядения, композиционные материалы, горючесть, антипирены, кислородный индекс.

*I. V. Susoeva, T. N. Vahnina, A. A. Titunin, A. V. Petrov*

## **INFLUENCE OF DELAY MECHANISMS OF BURNING ON INDICATORS OF FIRE PROTECTION OF COMPOSITE MATERIALS FROM PRODUCTION WASTES OF VEGETABLE FIBRES**

In work results of definition of indicators of fire protection of samples of composite material with filler from irretrievable dust-like production wastes of cotton fiber are received. Use of complex fire-retarding agent «sodium tetraborate + boric acid» effectively increases fire protection and the oxygen index of material on the basis of vegetable filler.

**Keywords:** combustibility of cellulose, linen, cotton, spinning waste, composite materials, combustibility, fire-retarding agents, oxygen index.

На протяжении 2013-2017 гг. обстановка с пожарами в Российской Федерации имеет устойчивую тенденцию к улучшению: число пожаров в течение этого периода снижалось в среднем на 3,6 % в год. Однако, несмотря на тенденцию к снижению прямого материального ущерба от пожаров в РФ, общее количество зарегистрированных пожаров в 2017 г. составило 132 406 ед., количество погибших людей – 7 782 чел [1]. Все это обуславливает необходимость работ по противопожарной защите, необходимым компонентом которых является повышение огнезащитности материалов, используемых при строительстве зданий и сооружений.

Основным недостатком композиционных материалов на основе растительного сырья является их пожароопасность [2–5]. Хлопок и лен имеют кислородный индекс 18 % и 17 % соответственно, для древесины 21 % [6], и если температура воспламенения хлопка составляет 407 °С, то для льна она 230 °С, для древесины 238-260 °С [7]. Низшая теплота сгорания хлопка и льна  $Q_H$  составляет 15,7 МДж·кг, для древесины этот показатель 13,8 МДж·кг [8], т. е. наполнители из льна и хлопка являются более пожароопасными, чем древесина. Все это обуславливает сложность работы по снижению горючести теплоизоляционных композиционных материалов на основе наполнителя из отходов прядения льна и хлопка.

Как известно, для снижения горючести используют антипирены разного типа действия. Бром, хлор, фосфор, сурьма, бор, азот, кремний, цинк и смесей на их основе обычно используются в качестве замедлителей горения и других антипиренов [6, 9, 10]. В табл. 1 представлены некоторые виды антипиренов.

*Таблица 1. Виды антипиренов и принцип действия*

<b>Группа</b>	<b>Вещества</b>
Оксиды и гидроксиды металлов	Оксиды и гидроксиды магния и алюминия, тригидрат алюминия, карбонат кальция
Галогенсодержащие	<b>Бром, хлор, фтор</b>
Фосфорсодержащие	Сложные эфиры фосфорной кислоты, сульфат алюминия, фосфат аммония, фосфорная кислота
Интумесцентные добавки	Полифосфат аммония, меламина, мочевина

По данным W. D. Schindler эффективным огнезащитным составом является комбинация из хлорида фосфония, меламина и ортофосфорной кислоты [11]. По данным многих исследователей, борсодержащие добавки используются для снижения горючести материалов из растительного сырья [12–14].

В лаборатории кафедры ЛДП КГУ были изготовлены образцы композиционного плитного материала из невозвратных отходов производства хлопковых волокон. В качестве связующего для композиционных материалов была использована карбамидоформальдегидная смола в количестве 30 % от массы наполнителя. Для огнезащиты композиционного материала использовались два состава: смесь тетрабората натрия с борной или с ортофосфорной кислотами. Образцы плитных материалов изготавливались по технологии древесноволокнистых плит мокрого способа производства путем подпрессовывания и высушивания при 100 °С. Средняя плотность плит 375 кг/м<sup>3</sup>.

Для исследования огнезащитной эффективности определялись показатели потери массы при огневом воздействии и кислородный индекс. Значение кислородного индекса определялось по ГОСТ (Р) 12.1.044-89 (ASTM D2863) на лабораторной установке Oxygen Index Module. Определение потери массы при



горении проводились в установке «керамический короб» по ГОСТ Р 53292-2009. Результаты определения показателей плит представлены в табл. 2.

*Таблица 2. Результаты потери массы при горении и кислородный индекс*

Доля добавки антипирена, %	Потеря массы образцов при горении, %	Кислородный индекс, %
«тетраборат натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + борная кислота $\text{H}_3\text{BO}_3$ »		
5	17,2	26
10	15,5	45
15	13,0	60
«тетраборат натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + ортофосфорная кислота $\text{H}_3\text{PO}_4$ »		
5	21,3	21
10	20,2	29
15	18,2	35

Исследование показало, что использование комплексного антипирена более эффективно повышает огнезащищенность и кислородный индекс материала на основе растительного наполнителя, чем классические антипирены для древесины [15].

Введение антипирена тетрабората натрия и борной кислоты повышает кислородный индекс композиционного материала из отходов прядения хлопка до 60 %, при этом потеря массы образцов композита при огневом воздействии (при испытании в керамической трубе) в среднем составляет 13 %. Применение в составе комплексного отвердителя борной кислоты (в сравнении с ортофосфорной кислотой) повышает эффективность огнезащиты.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа профилактики нарушений обязательных требований в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах. М.:2018
2. *Dittenber, D.B., GangaRao H.S.V.* Critical review of recent publications on use of natural composites in infrastructure, *Composites Pt. A: Appl. Sci. Manufact.*, 2012, vol. 43, no. 8, pp. 1419–1429.
3. *Holbery J., Houston D.* Natural fiber reinforced polymer composites in automotive applications, *JOM*, 2006, no. 58, pp. 80–86.
4. *Oprisan G., Taranu N., Munteanu V.* Application of modern polymeric composite materials in industrial construction, *Buletinul Institutului Politehnic Diniasi*, 2010, LVI (LX), no. 3, pp. 121–130.
5. *Mouritz A.P., Feih S., Kandare E., Mathys Z., Gibson A.G., DesJardin P.E., Case S.W., Lattimer B.Y.* Review of fire structural modelling of polymer composites. *Composites*, 2009, no. 40A(12), pp. 1800–1814.



6. *Монахов В.Т.* Методы исследования пожарной опасности веществ. М.:Химия, 1979. 424 с.

7. *Корольченко А.Я., Корольченко Д.А.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ.в 2 частях. Ч.2. – 774 с.

8. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации Шебеко Ю.Н, Смолин И.М. Молчадский И.С. и др. - М.: ВНИИПО, 1998. -119 с.

9. *Stark N.M., White R.H., Mueller S.A., Osswald T.A.* Evaluation of various fire retardants for use in wood flour–polyethylene composites. *Polym. Degrad. Stab*, 2010, no. 95 (9), pp. 1903–1910.

10. *Варфоломеев С., Ломакин С., Сахаров П.* Антипирены: российский период // *The Chemical Journal*. 2010. С. 42–45.

11. *Schindler W.D., Hauser P.J.* Chemical Finishing of Textiles. Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2004. – 213 p.

12. *Winandy J. E.* Effects of fire retardant retention, borate buffers, and redrying temperature after treatment on thermal-induced degradation. *Forest Products Journal*, 1997, vol. 47, no. 6, pp. 79–86.

13. *Awoyemi L., Westermarck U.* Effects of borate impregnation on the response of wood strength to heat treatment. *Wood Science and Technology*, 2005, vol. 39, no. 6, pp. 484–491.

14. *Nagieb Zenat A., Nassar Mona A., Meligy Magda G. E.* Effect of addition of boric acid and borax on fire-retardant and mechanical properties of urea formaldehyde saw dust composites. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 2011, pp. 1–6.

15. *Панёв Н.М., Никифоров А.Л., Винокуров М.В.* Оценка влияния состава огнезащитных обработок на показатель кислородного индекса древесины // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение* . – 2017. – №3 (51). – С. 92–96.

УДК 665.6

**А. А. Воронцова<sup>\*</sup>, Т. А. Бурылина<sup>\*\*</sup>, М. В. Торопова<sup>\*\*</sup>, О. А. Эсатов<sup>\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup>ФГБУ СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

<sup>\*\*\*</sup>Главное управление МЧС России по Ивановской области

## **ЭКСПЕРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ИНТЕРЕС ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ПРИЧИН ПОЖАРОВ**

В настоящее время остается актуальным вопрос практического исследования горючих жидкостей различных групп с целью пополнения базы спектральных и хроматографических данных. Результаты таких исследований используют в своей прак-

тической деятельности пожарно-технические эксперты МЧС России с целью выявления и мониторинга способов искусственного инициирования горения.

**Ключевые слова:** горючие жидкости, флуоресцентная спектроскопия, газожидкостная хроматография, пожары, искусственное инициирование горения.

*A. A. Vorontsova, T. A. Burylina, M. V. Toropova, O. A. Esatov*

## **EXPERT RESEARCH OF THE COMBUSTIBLE LIQUIDS WHICH ARE OF INTEREST TO ESTABLISHMENT OF THE REASONS OF THE FIRES**

Now there is relevant a question of a practical research of combustible liquids of various groups for the purpose of replenishment of base of spectral and chromatographic data. Results of such researches are used in the practical activities by fire and technical experts of Emercom of Russia for the purpose of identification and monitoring of ways of simulated initiation of combustion.

**Keywords:** combustible liquids, fluorescent spectroscopy, gas-liquid chromatography, fires, simulated initiation of combustion.

Для повышения качества расследования дел по пожарам, связанных с поджогами (искусственное инициирование горения), в практическую деятельность российских пожарно-технических экспертов в 2016 году была внедрена электронная база хроматографических и спектральных данных по средствам поджога. Электронная база сформирована на основе данных, собранных судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России из 19 регионов Российской Федерации, в которую входит и Ивановская область [1, 2].

В настоящее время исследование химического состава горючих жидкостей, как нативных, так и выгоревших, для установления причин пожаров остается актуальной темой. Пополнение электронной базы данных сотрудниками Испытательной пожарной лаборатории по Ивановской области проводится ежегодно [3, 4].

С этой целью пожарно-техническими специалистами в рамках научно-исследовательских работ решаются следующие задачи:

- Более детальное изучение специальной экспертной методики обнаружения и установления состава горючих жидкостей при поджоге (искусственном инициировании горения).
- Выявление отличительных особенностей нефтепродуктов, смесевых растворителей, различных технических жидкостей.
- Получение хроматограмм и спектров флуоресценции горючих жидкостей.
- Проведение анализа полученных экспериментальных данных с целью расшифровки химического состава жидкостей.

- Дополнение базы данных инициаторов горения (средств для поджога) для ИПЛ по Ивановской области.

Вещества, которые могут быть использованы как средства поджога, в литературе принято называть ускорителями или инициаторами горения. Данные вещества могут использоваться как сами по себе, так и в составе смесей, а также в технических средствах (устройствах) для поджога (искусственного инициирования горения).

Инициаторы горения, то есть вещества и материалы, свойства которых благоприятствуют возникновению и быстрейшему развитию горения, можно подразделить на две группы: традиционные, куда входят легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ, ГЖ) и нетрадиционные или специальные составы.

Среди традиционных инициаторов горения наиболее часто применяются при поджогах моторные топлива (бензин, авиационный керосин, дизельное топливо), растворители и технические жидкости, являющиеся товарными нефтепродуктами (уайт-спирит, бензин «калоша», осветительный керосин), растворители не нефтяного ряда (различные номерные растворители, ацетон и пр.), масла специальных назначений (охлаждающие, изоляционные, медицинские и др.); консистентные смазки; отдельные углеводороды, их смеси - как сырье для химического синтеза и других целей (бензол, толуол, ксилол и др.).

Вторую группу инициаторов горения, называемую иногда нетрадиционными инициаторами горения, составляют специальные поджигающие составы, среди которых можно выделить смеси на основе активных окислителей и различные пиротехнические составы.

Все ЛВЖ и ГЖ независимо от своей природы имеют ряд общих констант, которые могут характеризовать их свойства. К ним относятся: плотность, коэффициент рефракции, вязкость, фракционный состав; температуры застывания, кипения, вспышки, воспламенения, самовоспламенения и др. Но данные показатели позволяют квалифицировать жидкости только в их неизменном состоянии.

При экспертном исследовании остатков ЛВЖ и ГЖ, изъятых с места пожара, прежде всего, решается классификационная задача, которая включает подробный анализ химического состава обнаруженных ЛВЖ и ГЖ и сравнение его с конкретными аналогами для установления их общности. Для решения такой задачи необходимо иметь четкое представление о типах, группах, видах отдельных представителей анализируемых объектов и их индивидуальных характеристиках.

В экспертной практике пожарно-технических экспертов все легковоспламеняющиеся и горючие жидкости разбиты на две основных группы: инициаторы горения нефтяного происхождения и нефтяной природы.

В основе классификации ЛВЖ и ГЖ нефтяного происхождения, применяемых при поджогах, лежит как фракционный, так и компонентный состав. Нефтепродукты подразделяются на светлые, к которым относятся легкие ( $T_{кип}$

40-180 °С) и среднестиллятные фракции ( $T_{кип}$  150-360°С), и темные – тяжелые фракции нефти ( $T_{кип}$  300-600°С).

К легким нефтяным фракциям относятся моторные бензины (автомобильные и авиационные), нефтяные растворители (нефрасы, бензины-растворители – БР-1, БР-2, уайт-спирит и др., нефтяные сольвенты, петролейный эфир и т. д.), индивидуальные вещества (алканы – пентан, гексан и др., арены – бензол, толуол, п-, м-, о-ксилолы и др.). Среднестиллятные фракции нефти подразделяются на керосины (для воздушно-реактивных двигателей – ВРД, осветительные – бытовые – КО) и дизельные топлива (летние и зимние). К применяемым при поджогах тяжелым нефтяным фракциям относятся нефтяные масла и составы на основе парафинов.

Основными критериями, по которым составлена классификация ЛВЖ не-нефтяного ряда, выбраны, прежде всего, особенности химического состава индивидуальных классов соединений и смесей на их основе, а также области применения на производстве и в быту.

Все ЛВЖ не-нефтяного ряда разбиты на четыре основные группы: индивидуальные вещества, растворители смесевоего типа, технические жидкости, парфюмерно-косметические и пищевые продукты. К первой группе относятся такие индивидуальные вещества, применяемые при поджогах, как спирты, кетоны, эфиры и карбоновые кислоты. Во вторую группу ЛВЖ не-нефтяного ряда входят различные номерные растворители на основе толуола (645, 646, 648, и др.), растворители, содержащие ксилол (649, Р-4, Р-5 и др.), сольвент (РЭ-1В, Р-24 и др.), уайт-спирит (651, РС-2 и др.), а также скипидары (живичный, экстракционный, сульфатный и т. д.). В группу технических жидкостей объединены лаки, краски, эмали и прочие составы (пятновыводители, освежители воздуха и т. д.). В таких составах присутствует до 80 % растворителя (бутилацетат, этилацетат, ацетон, бутанол, этанол, толуол, ксилол). В отдельную группу выделены парфюмерно-косметические и пищевые продукты на основе этанола (одеколоны, духи, настойки и др.), уксусной кислоты (уксусная эссенция), а также сложных эфиров и кетонов (жидкости для снятия лака и др.) [5, 6].

Указанная классификация охватывает наиболее употребляемые в быту ЛВЖ и ГЖ. Не включены в классификацию мазуты, смазочные материалы, олифы и др. по причине редкости и сложности их применения в качестве средств поджога. Но следует отметить, что исследование таких жидкостей проводится с целью идентификации данных веществ на пожарах, где причиной не является искусственное инициирование горения.

Для установления состава, разновидности, групповой принадлежности и других характеристик обнаруженных на пожаре остатков горючих жидкостей пожарно-техническими экспертами широко используются два лабораторных метода: газовая хроматография и флуоресцентная спектроскопия.

Наиболее эффективным методом обнаружения после пожара сильно выгоревших остатков легковоспламеняющихся и горючих жидкостей является флуоресцентная спектроскопия (ФС).

Метод ФС основан на способности флуоресцировать под действием ультрафиолетовых лучей моноциклических ароматических углеводородов (МАУ) и полициклических (ПАУ), присутствующих в нефтепродуктах и смесевых растворителях ненефтяной природы. Достоинствами метода ФС являются: высокая чувствительность, экспрессность, простота в использовании.

Метод газожидкостной хроматографии (ГЖХ) в настоящее время является наиболее информативным методом анализа сложных смесей, который заключается в определении их компонентного состава. Метод ГЖХ основан на различном перераспределении компонентов смеси между двумя фазами - подвижной и неподвижной.

Неподвижной (стационарной) фазой служит пленка жидкости, закрепленная на внутренней стенке капиллярной колонки.

Подвижная фаза представляет собой газ, протекающий через неподвижную фазу, иногда под давлением.

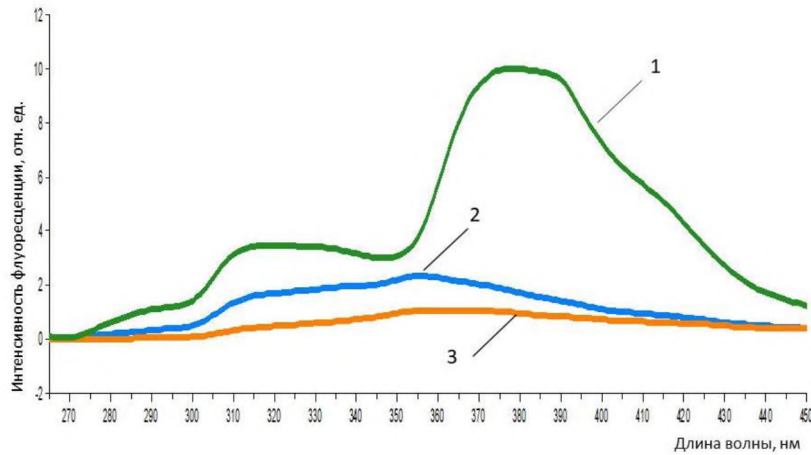
Основными достоинствами газожидкостной хроматографии являются:

- высокая чувствительность метода ГЖХ, позволяющая определять компонентный состав смесей с концентрацией каждого компонента до 10 г/мл;
- высокая точность анализа с погрешностью измерения не более 5 % (отн.);
- высокая информативность определения типа анализируемых смесей ЛВЖ и ГЖ по хроматограммам (не менее 90 %) с использованием способа «отпечатков пальцев»;
- возможность проводить анализ смесей без предварительного разделения на компоненты;
- быстрота выполнения анализа (в большинстве случаев ~ 10-30 мин);
- для анализа достаточно иметь пробу в несколько десятых долей миллиграмма;
- возможность программирования температуры колонки, позволяющая эффективно разделять сложные многокомпонентные составы [5].

Но, когда касается исследования сильно выгоревших горючих жидкостей, данный метод по своей чувствительности значительно уступает методу флуоресцентной спектроскопии, поэтому данные методы анализа применяют в совокупности.

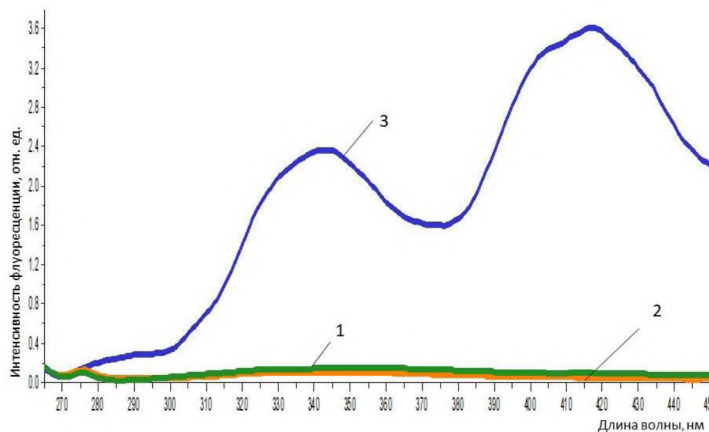
В данной работе представлено исследование различных горючих жидкостей, представляющих интерес для пополнения электронной базы данных ИПЛ по Ивановской области методом флуоресцентной спектроскопии. Проведен анализ нативных (т.е. неизмененных) и выгоревших нефтепродуктов. Спектры флуоресценции были измерены на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» при комнатной температуре в диапазоне длин волн 265-450 нм.

Моторное масло М43/14Д - универсальное всесезонное моторное масло. Предназначено для смазывания высокофорсированных автомобильных бензиновых двигателей и дизелей. Продукт на минеральной основе с вовлечением пакета присадок. Умеренно опасное вещество 3 класса опасности.



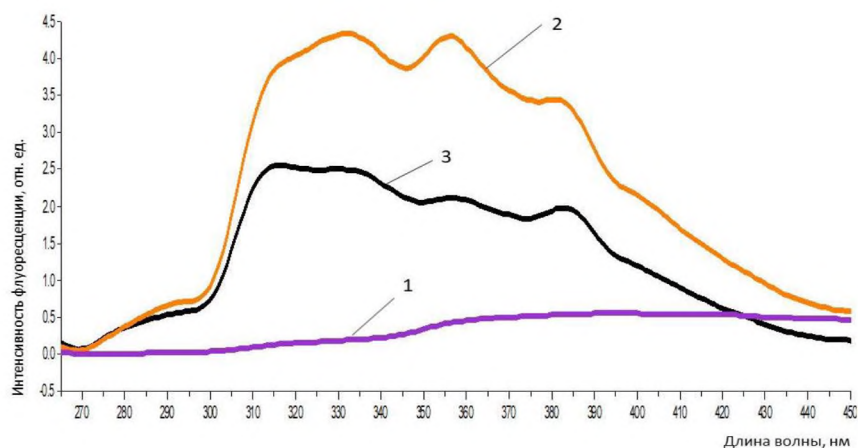
**Рис. 1.** Спектры флуоресценции Масла моторного М43/14Д нативного и с различной степенью выгорания (% (масс.): 1 – нативного; 2 – 50 %; 3 – 99 %

Всесезонное синтетическое моторное масло с высокими эксплуатационными характеристиками BP VISCO 5000 5W-40. Производитель: г. Гамбург, Германия – всесезонное синтетическое моторное масло для дизельных и бензиновых двигателей легковых автомобилей и микроавтобусов. Обеспечивает чистоту двигателя, снижает износ и увеличивает срок службы в условиях интенсивной повседневной эксплуатации.



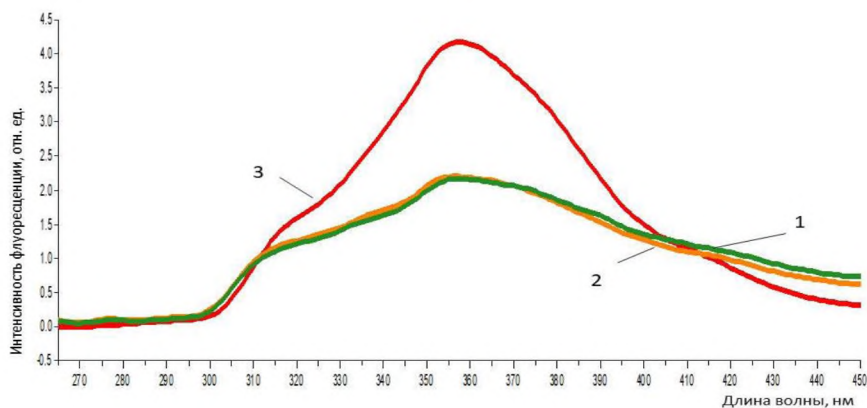
**Рис. 2.** Спектры флуоресценции всесезонного синтетического моторного масла с высокими эксплуатационными характеристиками BP VISCO 5000 5W-40 (Германия) нативного и с различной степенью выгорания (% (масс.)): 1 – 99 %; 2 – 50 %; 3 – нативный

Бездымное масло для 2-тактных двигателей с воздушным охлаждением CHAMPION. Производитель: AmericanLubricatingCo - это высокоэффективное бездымное масло красного цвета, специально разработано для двухтактных двигателей с воздушным охлаждением. Рекомендуется смешивать с неэтилированным бензином в соотношении масло/бензин 1/50.



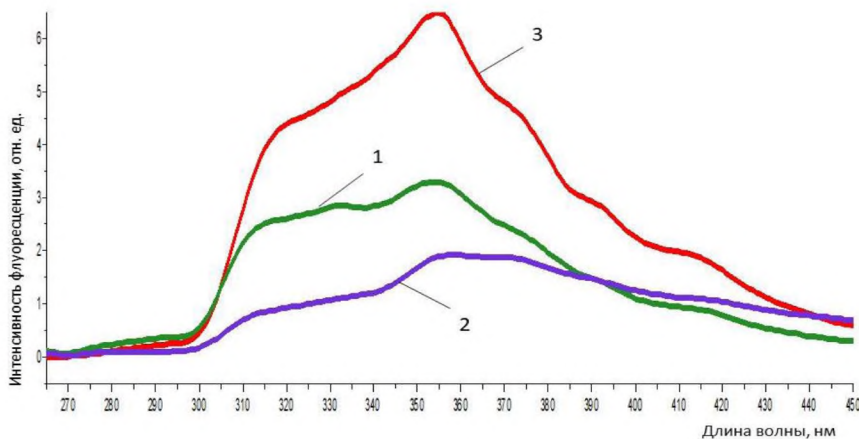
**Рис. 3.** Спектры флуоресценции бездымного масла для 2-тактных двигателей с воздушным охлаждением CHAMPION (AmericanLubricatingCo) нативного и с различной степенью выгорания (% (масс.)):  
1 – 99 %; 2 – 50 %; 3 – нативный

Высококачественное трансмиссионное масло EnergearHT-80 W-90. Производитель: г. Гамбург, Германия. Импортер в РФ ООО «СетраЛубрикантс». Energear HT 80W-90 обладает высокими эксплуатационными свойствами, разработано для всех типов автомобильных механических коробок передач, осей и конечных (главных) передач, включая гипоидные передачи и коробки передач с синхронизаторами. Созданные первоначально как масла для грузовых автомобилей, Energear HT также подходят для легковых автомобилей, сельскохозяйственного и строительного оборудования.



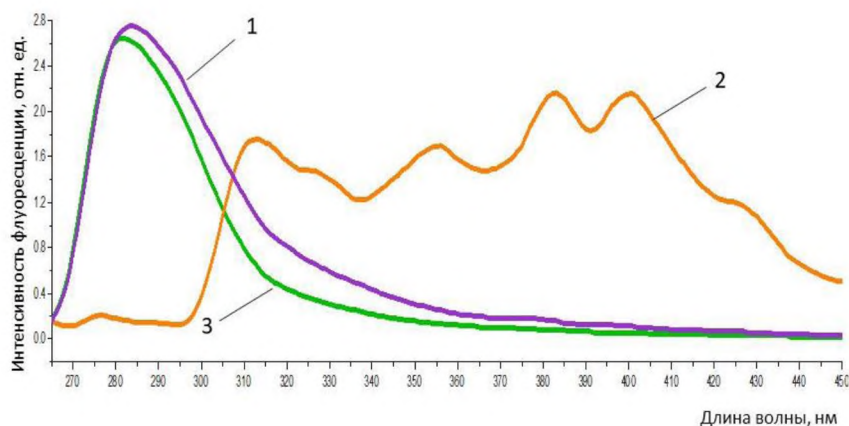
**Рис. 4.** Спектры флуоресценции Высококачественного трансмиссионного масла EnergearHT-80 W-90(Германия) нативного и с различной степенью выгорания (% (масс.)):  
1 – 99 %; 2 – 50 %; 3 – нативный

Масло бытовое универсальное. Производитель: ООО «Краска-СВ». Используется в быту для смазки механических узлов бытовых приборов: швейных машин, бытовой техники и т.д. Не токсично: не содержит смол и кислот.



**Рис. 5.** Спектры флуоресценции масла бытового универсального (ООО «Краска-СВ») нативного и с различной степенью выгорания (% (масс.):  
1 – 50%; 2 – 99 %; 3 – нативный

Авиационный керосин - смеси парафиновых (20-60%), нафтеновых (20-60%), ароматических (18,5-22,0%) и непредельных (0,3-1,0%) углеводородов, используемые как топливо для самолетов и вертолетов с газотурбинными двигателями. Авиакеросин получают в основном при прямой перегонке нефти (часто с последующим гидроочисткой или гидрированием). В качестве авиакеросин обычно применяют дистилляты, содержащие лигроиновые, керосиновые или газойлевые фракции, ограниченно - смеси широкого фракционного состава (пределы выкипания 60-230 °С), включающие бензиновые дистилляты.



**Рис. 6.** Спектры флуоресценции авиационного керосина нативного и с различной степенью выгорания (% (масс.):  
1 – нативный; 2 – 99 %; 3 – 50 %



На рис. 1 - 6 представлены спектры флуоресценции как нативных, так и выпаренных образцов горючих жидкостей различных производителей. Из сравнения спектров флуоресценции исследуемых горючих жидкостей видно, что химический состав продуктов различен, имеет свои характерные особенности. Для продуктов тяжелой фракции нефти более свойственно наличие трициклических ароматических углеводородов, для продуктов легкой фракции нефти – моноароматических углеводородов.

Полученные результаты представляют практический интерес для специалистов, работающих в области судебной пожарно-технической экспертизы. Данные исследования использованы для пополнения электронной базы спектральных и хроматографических данных горючих жидкостей в ИПЛ по Ивановской области.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Яценко Л.А. Электронная база хроматографических и спектральных данных по горючим жидкостям (средствам поджога) // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2015. № 2. С. 12 – 19.

2. Бурьлина Т.А., Торопова М.В., Лазарев А.А. Информационные технологии для учета пожаров и их последствий. Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК - 2016): сб. материалов межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов (с международным участием). Ч. 2. – Иваново: ИВГПУ, 2016. – С. 342-343.

3. Бурьлина Т. А., Воронцова А. А., Торопова М. В., Серов В. В., Эсатов О. А. Исследование горючих жидкостей, обращающихся на химически опасных объектах, для целей расследования причин чрезвычайных ситуаций // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 29–30 ноября 2017 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 33-37.

4. Воронцова А.А., Дворов С.И., Мочкаев С.И. Физико-химическое исследование и мониторинг средств поджога, анализ методов поджога в рамках судебной пожарно-технической экспертизы // Пожарная и аварийная безопасность: сб. материалов IX Международной научно-практической конференции, 20 - 21 ноября 2014 г. / Ивановский институт ГПС МЧС России. – Иваново, 2014. – 412 с. - С. 23 – 30.

5. Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Яценко Л.А. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах. – М.: ВНИИПО, 2010. – 90 с.

6. Горючие, смазочные материалы: Энциклопедический толковый словарь – справочник. Изд. 2-е. / Под ред. В.М. Школьников. – М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» Международной Академии Информатизации», 2010. – 756 с.

УДК 614.841.34

*Ж. Ф. Гессе, А. В. Петров*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ СОСНЫ ОТ СОСТАВА ОГНЕЗАЩИТНОЙ ПРОПИТКИ ЖИДКОЕ СТЕКЛО- ВОДА

Проведено экспериментальное исследование воспламеняемости сосны, обработанной растворами жидкое стекло-вода различной концентрации. Показано, что пропитка древесины раствором жидкое стекло-вода позволяет заметно уменьшить ее воспламеняемость.

**Ключевые слова:** древесина, огнезащитная пропитка, жидкое стекло.

*Zh. F. Gesse, A. V. Petrov*

## DEPENDENCE INVESTIGATION OF PINE FLAMMABILITY ON THE FIRE PROTECTION COMPOSITION OF LIQUID GLASS-WATER

Experimental study of inflammability of pine treated by liquid glass water- solutions of various concentrations was carried out. It is shown that wood impregnation by water-liquid glass solution allows to reduce the flammability of wood.

**Keywords:** wood, fireproof impregnation, liquid glass.

Древесина является одним из наиболее распространенных строительных материалов. Несмотря на большое количество видов древесины в природе для строительства используют в основном хвойные породы древесины, которые отличаются повышенной природной влагоустойчивостью и имеют минимальное количество дефектов развития. Помимо очевидных преимуществ древесины, у нее есть один существенный недостаток: древесина хорошо горит. По этой причине защита древесины от возгорания остается одной из приоритетных задач современной науки на протяжении нескольких лет. Задача огнезащиты строительных материалов на основе древесины сводится к получению трудногорючих материалов.

В литературе выделяют несколько типов специальных средств, применяемых для огнезащиты древесины [1]: огнезащитная пропитка, огнезащитная краска, огнезащитный лак.

Сравнивая эффективность приведенных способов огнезащиты древесины, можно отметить, что круг средств, обеспечивающих огнезащиту достаточно широк. Однако основной недостаток красок и лака состоит в их токсичности и,

как следствие, малой пригодности для внутренних работ. В свете этой проблемы много возможностей открывают защитные покрытия, в основе которых лежит жидкое стекло.

Жидкое стекло находит применение в различных сферах деятельности, начиная от производства клея и гидроизоляции до очистки растительных и машинных масел. Анализ количества публикаций, посвященных исследованию возможностей применения жидкого стекла в различных областях науки и техники в период с 2008 г. по 2017 г. по данным [2] показывает, что ежегодное количество публикаций, посвященных исследованиям жидкого стекла, достаточно высоко, что обусловлено универсальными свойствами последнего.

Уникальность свойств жидкого стекла состоит в его не токсичности и доступности. В состав выпускаемого в промышленности жидкого стекла (рис. 1) помимо силиката натрия могут входить оксид натрия, оксид кремния, кремниевая кислота в коллоидной форме, различные химические присадки, обеспечивающие требуемые свойства органосиликатного материала. В чистом виде раствор жидкого стекла применяется редко.

В промышленности в основном используют натриевое жидкое стекло, отвечающее требованиям Межгосударственного стандарта ГОСТ 13078-81 «Стекло натриевое жидкое. Технические условия». Калиевое жидкое стекло используется заметно реже.

Обзор современного рынка показывает, что жидкое стекло производится многими отечественными предприятиями, поэтому не возникает проблем с его покупкой. Достаточно низкая стоимость жидкого стекла (1,3 кг ~ 90 руб.) делает его доступным для широкого круга покупателей.

Цель работы настоящей работы состояла в исследовании зависимости воспламеняемости древесины от состава наносимой огнезащитной пропитки на основе водного раствора жидкого стекла.

В работе для проведения исследований была выбрана сосна (сосновая вагонка). Сосна – материал, который можно использовать для внешней и внутренней отделки помещений, что обусловлено его техническими характеристиками. Сосна, как натуральный экологичный строительный материал, создает благоприятный микроклимат, регулирует влажность. При покрытии лаком или специальными маслами сосна приобретает красивый оттенок.

В работе для проведения испытаний древесины на воспламеняемость использовали прибор Gibitre Instruments S.r.l. (рисунок 2). Для этого были приготовлены растворы с концентрацией жидкого стекла от 10 до 60 % (по массе). Учитывая тот факт, что вода и жидкое стекло имеют отличную друг от друга плотность, перемешивание полученных растворов проводили с помощью магнитной мешалки в течение 30 минут.



**Рис. 1.** Используемое в работе жидкое стекло

Размеры исследуемых образцов сосны составляли 15 см × 8 см × 1,5 см. Нанесение пропитки (водного раствора жидкого стекла) на бруски проводилось кисточкой дважды с интервалом 10 мин [3]. После чего бруски подвергались сушке в течение нескольких суток до постоянной массы.



Рис. 2. Прибор для испытания на воспламеняемость

Испытаниям на воспламеняемость подвергали образцы сосны как после пропитки водным раствором жидкого стекла известной концентрации, так и без пропитки. Каждое испытание повторяли несколько раз, после чего результаты усредняли.

Экспериментальное исследование брусков сосны на воспламеняемость проводили в торец бруска. Результаты показали, что в интервале концентрации жидкого стекла в водном растворе для пропитки древесины от 10 % до 40 % время воздействия источника зажигания, через которое брусок загорается, изменяется незначительно (в пределах 4 с).

При концентрации жидкого стекла в водном растворе для пропитки от 40 % до 60 % время воздействия источника зажигания, через которое образец загорится, не меняется и составляет 43-44 с. По этой причине дальнейшее увеличение концентрации жидкого стекла в водном растворе не проводили.

Таким образом, в данной работе была изучена огнестойкость сосны, обработанной водными растворами жидкого стекла различной концентрации. По сравнению с непропитанными образцами, пропитанные образцы сосны показывают значительно лучшие результаты.

Таким образом, исследование термического поведения древесины, обработанной растворами силиката натрия различной концентрации, показывает, что водная пропитка на его основе несколько уступает коммерческим разработкам. Вместе с тем, водные пропитки на основе силиката натрия, являются экологически более безопасными, и приводят к заметному снижению воспламеняемости древесины по сравнению с необработанными образцами.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Казанская Л. И., Абдуллин И. А., Валеев Н. Х.* Разработка огнезащитного покрытия для деревянных конструкций // Вестник Казанского технологического университета. 2010. Т. 11. С. 67-70.
2. Научная электронная библиотека. URL: <https://elibrary.ru> (режим доступа: 11.06.2018).
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 20022.6–93 «Защита древесины. Способы пропитки».

УДК 614.842/847

*М. В. Гравит<sup>\*</sup>, В. А. Прусаков<sup>\*\*</sup>, Н. С. Тимофеев<sup>\*\*</sup>, Я. Б. Симоненко<sup>\*</sup>*

<sup>\*</sup>ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург

<sup>\*\*</sup>ООО «Промизол», Москва

### **ОГНЕЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С 3D-АРМИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

Представлен обзор средств огнезащиты нового типа - конструктивных изгибаемых сеток с 3D-армированной структурой, преимуществом которой является совокупность положительных характеристик как конструктивной огнезащиты (плиты, скорлупы и т.д. с сухим процессом монтажа), так и покрытий (штукатурок, эпоксидных составов и т.д. с мокрым процессом монтажа).

**Ключевые слова:** здания и сооружения, строительные конструкции, предел огнестойкости строительных конструкций, углеводородный режим пожара, средства огнезащиты, конструктивная огнезащита, изгибаемая огнезащита, гибкая огнезащита, огнезащитная сетка.

*M. V. Gravit, V. A. Prusakov, N. S. Timofeev, Ya. B. Simonenko*

## **FIRE PROTECTION OF BUILDING STRUCTURES WITH 3D-REINFORCED STRUCTURE FOR OPERATION IN THE ARCTIC REGION**

Presents an overview of fireproofing materials new type of flexible constructive fire protection with 3D-reinforced structure, the advantage of which is the aggregate of the positive characteristics of structural fire protection (plates, shells, etc. with dry mounting process), coatings (plasters, epoxy compounds, etc. with the wet installation process).

**Keywords:** buildings and structures, building structures, the limit of fire resistance of building structures, the hydrocarbon fire regime, means of fire protection, constructive fire protection.

Проблема обеспечения огнестойкости строительных конструкций при воздействии углеводородного режима пожара с использованием пассивной огнезащиты продолжает оставаться актуальной, и находится в центре внимания многих научно-исследовательских и проектных организаций, занимающихся вопросами огнестойкости строительных конструкций, в том числе и в аспекте расчета пожарного риска [1, 2]. Лидирующие позиции в разработках средств огнезащиты продолжают оставаться за специалистами США, Англии, Германии, Франции, которые занимались данным вопросом с 70-х годов прошлого века [3, 4]. Тем не менее, отечественные производители также представлены рядом средств огнезащиты с качественно новыми показателями в условиях новых требований, как к огнезащитным покрытиям, так и огнезащитным конструктивным материалам [3 - 6].

Различие данных средств огнезащиты, на первый взгляд, не кажется такой очевидной. Классификацией средств огнезащиты занимались многие специалисты [7 - 13], но в настоящее время отсутствует нормативный документ по классификации средств огнезащиты, и существует ряд стандартов и сводов правил с некорректными терминами и определениями, иногда противоречащих друг другу. Например, в ГОСТ 53295 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Метод определения огнезащитной эффективности», тонкослойное вспучивающееся огнезащитное покрытие (огнезащитная краска) определяется как: «способ огнезащиты строительных конструкций, основанный на нанесении на обогреваемую поверхность конструкции специальных красок или лакокрасочных систем по ГОСТ 28246, предназначенных для повышения предела огнестойкости строительных конструкций и обладающих огнезащитной эффективностью».

Принцип действия огнезащитной краски (лакокрасочной системы) основан на химической реакции, активируемой при воздействии пожара, в результате которой толщина огнезащитного покрытия многократно увеличивается, образуя на обогреваемой поверхности конструкции теплоизоляционный слой, защищающий конструкцию от нагревания» (п.3.13); конструктивная огнеза-

щита как: «способ огнезащиты строительных конструкций, основанный на создании на обогреваемой поверхности конструкции теплоизоляционного слоя средства огнезащиты.

К конструктивной огнезащите относятся толстослойные напыляемые составы, штукатурки, облицовка плитными, листовыми и другими огнезащитными материалами, в том числе на каркасе, с воздушными прослойками, а также комбинация данных материалов, в том числе с тонкослойными вспучивающимися покрытиями. Способ нанесения (крепления) огнезащиты должен соответствовать способу, описанному в протоколе испытаний на огнестойкость и в проекте огнезащиты» (п.3.6). Таким образом, конструктивная защита может включать и тонкослойные покрытия, что по сути, отменяет определение конструктивной защиты.

В Своде Правил 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты», определение конструктивной огнезащиты аналогично ГОСТ 53295, но тонкослойное огнезащитное покрытие (вспучивающееся покрытие, краска) определяется также как «способ огнезащиты строительных конструкций, основанный на нанесении на обогреваемую поверхность конструкции специальных лакокрасочных составов с толщиной сухого слоя не превышающей 3 мм, увеличивающих ее многократно при нагревании» (п.3.3). Там же, в п.3.6. приводится определение огнезащитной плиты как элемента конструктивной огнезащиты, представляющий собой навесную панель, обеспечивающую огнезащитную эффективность за счет экранирования конструкции, а также низкой теплопроводности исходного материала самой плиты. На рис. 1 представлена классификация средств огнезащиты согласно [8].

Рассмотрим более подробно рулонные средства огнезащиты, обладающие при всех сходных технических и физических параметрах, многими преимуществами перед остальными продуктами в области огнезащиты, например, принятие формы строительной конструкции (минимизация отходов), быстрота монтажа, монтаж в любое время года и при различных климатических условиях.

Так, рулонные средства огнезащиты на основе минеральной ваты (с кашированием и покрытием различными материалами) широко представлены зарубежными и отечественными разработчиками.

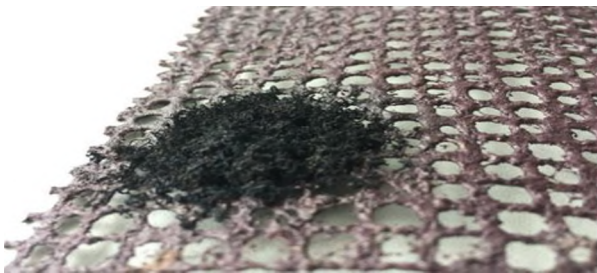
Следует также отметить редко применимые в силу дороговизны и технологических особенностей нанесения УФ-отверждающие материалы, которые принимают форму конструкции при отвердевании. Перспективным являются рулонные материалы на основе аэрогеля, производство, которого также очень дорого и в отечественной практике представлено пока только в лабораторных условиях.

Специалистами компании ООО «Промизол» (Москва) разработан новый тип огнезащиты: конструктивное изгибаемое рулонное средство огнезащиты, вспучивающееся многократно при тепловом воздействии, то есть соединяющее в себе два типа огнезащиты - и конструктивную и вспучивающуюся (рис. 2, 3).





**Рис. 1.** Классификация средств огнезащиты по способу нанесения и типу материала согласно [8]



**Рис. 2.** Образование термоизолирующего пенококса в результате огневого воздействия при температуре 1000 °С



**Рис. 3.** Результат огневого испытания образца, выдержавшего 60-минутное испытание в печи при температуре 1000 °С

Огнезащитная сетка «ПРОМИЗОЛ-СТК» предназначена для монтажа на защищаемые конструкции при температурах окружающей среды от -50 до +50 °С. Принцип работы интумесцентной огнезащиты заключается в том, что она, увеличиваясь в объеме вокруг армирующей огнестойкой сетки при термическом воздействии повторяет конфигурацию защищаемой конструкции (изделия), обеспечивая 3D-конфигурацию и прекращает ее горение, ограничивая поступление кислорода и формирует термоизолирующий пенококс, предотвращая его распространение и сохраняя целостность и работоспособность структуры для обеспечения требуемого предела огнестойкости конструкции. Изгибаемая огнезащита представляет собой сетку с различной нормируемой плотностью, на



которую нанесен огнезащитный вспучивающийся состав. Таким образом, ни одно из вышеперечисленных определений в ГОСТ 53295 и СП 2.13330 не подходит для данного материала. Наиболее близкими аналогами данного средства огнезащиты являются продукты компаний HaruflamGmbH и FLAMRO, но на данный момент отсутствуют какие-либо сведения о возможности использования в условиях Арктического региона для защиты несущих конструкций и кабельных систем.

Сетку возможно окрашивать рядом пигментов и придавать насыщенные цвета. Слой огнезащитной сетки с плотностью  $1,1 \text{ кг/м}^2$  толщиной примерно 1 мм на двутавровой балке с приведенной толщиной металла 3,4 мм показывает огнезащитную эффективность не менее 25 минут. Исследования продолжаются с вариацией различных параметров, а именно плотность сетки, размеры ячеек, количество слоев сетки и т.д. Особенностью данного изгибаемого рулонного материала является:

- технологичность (гибкость и пластичность) для монтажа до  $-30^\circ\text{C}$ , возможность монтажа и эксплуатация при 100% влажности;

- монтаж осуществим с помощью промышленного скобосшивателя (степлера), бандажной проволоки или специальных скоб и за счет «зашивки» общей поверхности защиты (монолит, единая поверхность), простые навыки раскроя сетки по элементу перед монтажом; возможно монтировать сетку при любом состоянии поверхности защищаемого элемента;

- высокая огнезащитная эффективность обусловлена отсутствием адгезии – жесткой связи сетки и защищаемой поверхностью. В реальных условиях пожара при деформации металлоконструкций, огнезащитный слой дольше остается без повреждений;

- огнезащитная сетка при вспучивании образует теплоизоляционный кокс вокруг сетки, образуя армированный материал повышенной механической прочности, более устойчивый к внешним воздействиям; температура вспучивания  $130-160^\circ\text{C}$  не позволяет прогреться даже металлоконструкциям с малой приведенной толщиной металла, есть возможность защищать легкие конструкции.

Авторы полагают, что при высоких показателях огнезащитной эффективности и долговечности эксплуатационных характеристик рулонной изгибаемой огнезащиты, принятие формы строительной конструкции (Рис. 4), минимизации отходов, быстроте и простоте монтажа, производству работ в любое время года и климатических условиях, такое средство огнезащиты эффективно применять для целей повышения пределов огнестойкости строительных конструкций сооружений нефтегазового комплекса в условиях Арктического климата.



**Рис. 4.** Защищенные рулонной сеткой стальные конструкции

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордиенко Д.М. Пожарная безопасность особо опасных и технически сложных производственных объектов нефтегазового комплекса: диссертация доктора технических наук: 05.26.03 М. 2018. 386 с.
2. Мордвинова А.В., Гордиенко Д.М., Шебеко Ю.Н., Лагозин А.Ю., Некрасов В.П. Методы управления пожарным риском морских стационарных нефтегазодобывающих платформ // Газовая промышленность. 2014. № 712. С. 30-34.
3. Nolan D.P. Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities. Westwood: Noyes Publications, 2011. 340 p. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-64221-5>.
4. Абрамов И.В., Гравит М.В., Гумерова Э.И. Повышение пределов огнестойкости судовых и строительных конструкций при углеводородном температурном режиме // Газовая промышленность, 2018. № 5. С.38 – 44.
5. Gravit M., Gumerova E., Bardin A., Lukinov V. Increase of Fire Resistance Limits of Building Structures of Oil-and-Gas Complex Under Hydrocarbon Fire. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Vol. 692. P. 818–829.
6. Дринберг А.С., Гравит М.В., Зыбина О.А. Огнезащита конструкций интумесцентными лакокрасочными материалами при углеводородном режиме пожара // Лакокрасочные материалы и их применение. 2018. № 1. С.44 - 50.
7. Голованов В.И. Прогнозирование огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой. Дис. д.т.н. М., 2008. 337 с.
8. А. В. Пехотиков, В. В. Павлов. Средства огнезащиты для стальных конструкций, актуальные вопросы при их применении, оценка технико-эксплуатационных характеристик. <https://ognerportal.ru/articles/fireproof/4052>.
9. Страхов В.Л., Крутов А.М., Давыдкин Н.Ф. Огнезащита строительных конструкций / Под ред. Кошмарова Ю.А. М.: ТИМР, 2000. 433 с.
10. Огнезащита материалов и конструкций: Учебно-справочное пособие /С.В. Собоурь. — 5-е изд., перераб. — М.: ПожКнига, 2014. — 256 с., ил.
11. Корольченко А.Я., Корольченко О.Н. Средства огнезащиты. Справочник. М.: Пожнаука, 2006. 258 с.
12. Гравит М.В. Конструктивные методы повышения огнестойкости несущих стальных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие / Гравит М.В., Недрышкин О.В., Петроченко М.В.; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. — Санкт-Петербург, 2016. <URL:<http://doi.org/10.18720/SPBPU/2/s16-152>>.
13. Гравит М.В. Основные требования к огнезащитным покрытиям металлоконструкций зданий, сооружений и наружных установок [Электронный ресурс]: учебное пособие / Гравит М.В.; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. — Санкт-Петербург, 2016, <URL:<http://doi.org/10.18720/SPBPU/2/s16-147>>.

УДК 699.812.3

*Р. И. Илесхаджиев, Н. М. Панёв, С. Н. Ульева, А. Л. Никифоров*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНОЙ БИНАРНОЙ ПРОПИТКИ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ С ВКЛЮЧЕНИЕМ БИШОФИТА И ОЦЕНКА ЕЁ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

Статья посвящена разработке рецептуры огнезащитного средства, не уступающего рыночным аналогам по эффективности и себестоимости. Описан круг веществ, применяемых при создании антипиренов для древесины. Отработана технология обработки древесины бинарным составом. Получены значения показателей пожарной опасности обработанной древесины, позволяющие судить об эффективности разработанной рецептуры антипирена.

**Ключевые слова:** древесина, пожарная опасность, антипирены, бишофит, жидкое стекло, горючесть, воспламеняемость.

*R. I. Pleskhadzhiev, N. M. Panyov, S. N. Ulieva, A. L. Nikiforov*

## **DEVELOPING A BINARY FIRE RETARDANT IMPREGNATION FOR WOOD WITH THE INCLUSION OF BISCHOFITE AND EVALUATION OF ITS EFFECTIVENESS**

The article is devoted to the development of the formulation of flame retardant, not inferior to market counterparts in efficiency and cost. The range of substances used in the creation of fire retardants for wood is described. The technology of wood processing with binary composition has been worked out. There are obtained the values of fire hazard indicators of treated wood, allowing to talk about the effectiveness of the developed formulation of fire retardant.

**Keywords:** wood, fire hazard, fire retardants, bischofite, liquid glass, combustibility, flammability.

Анализ обстановки с пожарами на территории Российской Федерации за 2017 год [1], показывает, что большая часть всех пожаров, приходится на жилой сектор. Основным горючим строительным материалом, в силу своих физико-химических свойств и особенностей строения применяемым при строительстве жилых зданий, является древесина. На основании вышеизложенного вполне естественным оказывается поиск путей снижения пожарной опасности древесины.

Для снижения пожарной опасности строительных конструкций из древесины применяется огнезащитная обработка. В настоящее время существует большое количество научных публикаций, посвященных исследованиям пожарной опасности древесины различных пород, разработке новых рецептов огнезащитных составов и изучению влияния данных составов на свойства древесины. Отметим, что в большинстве случаев эффект огнезащиты древесины и строительных конструкций на её основе достигается за счёт заполнения древесных пор, содержащих воздух, негорючими веществами, блокирующими доступ к целлюлозе окислителя. [2,3,4].

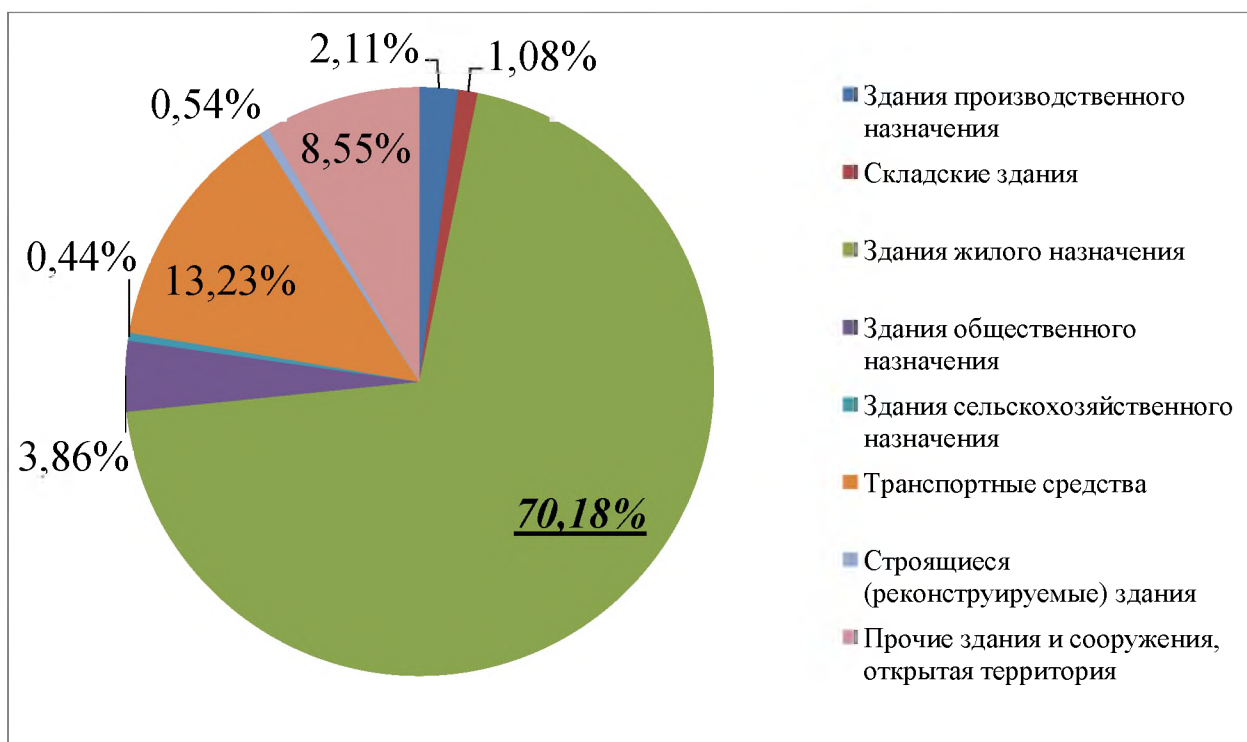


Рис. 1. Анализ обстановки с пожарами на территории Российской Федерации за 2017 год

Проведённый анализ литературы [2,3,4,5] также показывает, что большинство используемых огнезащитных составов для древесины многокомпонентны, что негативно отражается на их эксплуатационных свойствах и делает их малоэффективными для широкого применения.

Зачастую перечисленные причины в совокупности с высокой стоимостью огнезащитных мероприятий заставляют собственника отказаться от огнезащиты, что негативно сказывается на состоянии пожарной безопасности объектов защиты. Поэтому на сегодняшний день актуальной задачей остается разработка эффективных огнезащитных составов с приемлемой стоимостью.

Цель представленной работы заключалась в разработке средства огнезащиты древесных материалов, отвечающего требованиям эффективности и невысокой себестоимости.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Выявить необходимые компоненты для приготовления огнезащитного состава;

2. Выявить оптимальные концентрации веществ по литературе;

3. Приготовить растворы и пропитать образцы древесины;

4. Проанализировать их поведение в условиях стандартных испытаний с помощью существующих методик;

5. Сделать выводы об эффективности средств, приготовленных по отработанным рецептурам.

В ходе исследования литературы по теме работы были изучены справочные, научно-технические и патентные источники [2-8]. Основные сведения из них представлены в табл. 1.

*Таблица 1. Анализ веществ, применяемых при производстве огнезащиты*

№ п/п	Состав огнезащитной композиции	Документ
1	Бишофит - 310-370 г/л, ацетат магния - 3-9 г/л, щавелевая кислота - 3-5 г/л, гидроокись двухвалентного железа - 0,5-1,5 г/л, вода – остальное.	Патент на изобретение №2469843(19) RU «Огнезащитный состав для обработки древесины»
2	Жидкое стекло - 75-82%, минеральное связующее - 0,5-0,62%, едкий натр - 2,4-3,3%, вода - остальное.	Патент РФ №2140948
3	Анизометричный наноразмерный наполнитель - 4-5%; жидкое стекло - остальное. При этом в качестве анизометричного наноразмерного наполнителя используют наноксид алюминия с размером неорганических слоев порядка 220-300 нм в длину и 1-5 нм в толщину.	Патент на изобретение №2458951
4	- в первом варианте выполнения огнезащитный состав для древесины, включающий бишофит, добавку и воду, согласно изобретению содержит в качестве добавки ортофосфорную кислоту при следующем соотношении компонентов, мас. %: бишофит - 70-90, ортофосфорная кислота - 0,5-3, вода – остальное; - во втором варианте выполнения огнезащитный состав для древесины, включающий бишофит, добавку и воду, согласно изобретению содержит в	Патент РФ №2197374

№ п/п	Состав огнезащитной композиции	Документ
	качестве добавки ортофосфорную кислоту и сульфат аммония при следующем соотношении компонентов, мас. %: бишофит - 70-90, сульфат аммония - 7-29,5, ортофосфорная кислота - 0,5-3.	
5	бишофит 8-12; карбонат натрия 3-6; би-хромат натрия 5-8; вода – остальное	Патент РФ №2015157
6	гидроксид магния 20-70; мочевины 5-10; жидкое стекло – остальное	Патент РФ №2381197

Из данных, приведённых в табл. 1, видно, что все представленные вещества являются соединениями на основе натрия и магния и представляют собой неорганические соли. Наиболее доступными из них являются бишофит (хлористый магний  $MgCl_2$ ) и жидкое стекло. Стоит отметить, что все представленные выше вещества обладают низкой стоимостью и являются высокоэффективными антипиренами.

Следующим этапом работы стало доказательство их огнезащитной эффективности путём проведения ряда лабораторных испытаний согласно существующим методикам определения показателя пожарной опасности и огнезащитной эффективности средств.

Обработка образцов водными растворами для исследований производилась по четырем различным технологиям. Каждый водный раствор приготавливался с помощью лабораторных весов и магнитной мешалки.

Первый вариант подразумевает под собой окунание образца в 20-ти процентный водный раствор антипирена в течение одной минуты, с последующим выдерживанием на атмосферном воздухе в течение 20 минут. По прошествии контрольного времени образец подвергается окунанию в 10-ти процентный водный раствор жидкого стекла на 1 минуту. Для удобства дальнейшего исследования обозначим эту технологию как «рецептура 1».

Второй вариант представляет собой аналогию первого, существенное различие лишь в том, что выдерживание на атмосферном воздухе после обработки водным раствором антипирена длится в течение 24 часов (обозначаем технологию как «рецептура 2»).

Третий вариант заключается в обратной последовательности обработки образцов. Первоначально образец погружают на одну минуту в 10-ти процентный водный раствор жидкого стекла. Затем, после выдержки на атмосферном воздухе двадцати минут, образец также на одну минуту опускают в 20-ти процентный водный раствор антипирена («рецептура 3»).

Четвертый вариант отличается от третьего тем, что время выдерживания после обработки 10-ти процентным водным раствором жидкого стекла, выдерживание на атмосферном воздухе увеличивается до 24 часов («рецептура 4»).

В качестве методов исследования были выбраны:

1) метод определения кислородного индекса (далее – КИ) веществ и материалов согласно [9];

2) Метод экспериментального определения группы горючих и трудногорючих твёрдых веществ и материалов на приборе ОТМ согласно [9].

При исследовании кислородного индекса были получены следующие результаты (табл. 2).

В целях подтверждения эффективности разработанных рецептур составов были проведены исследования по определению КИ образцов, обработанных существующими огнезащитными составами, реализуемыми в учреждениях розничной торговли на территории Ивановской области, а именно Сенеж ОГНЕБИО ПРОФ и RAUM-PROFIE. По результатам этого исследования были получены следующие результаты (табл. 3).

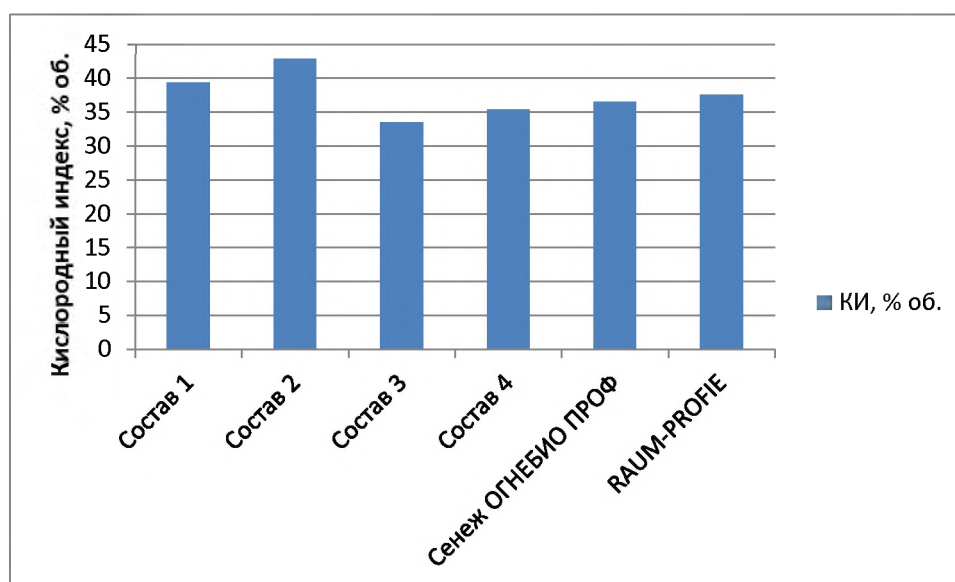
*Таблица 2. Результаты испытания КИ для составов авторской рецептуры*

Рецептура состава	1	2	3	4
<b>КИ, % об.</b>	39,3	42,8	33,5	35,4

*Таблица 3. Результаты испытания КИ для реальных ОЗС*

Марка ОЗС	КИ, % об.
Сенеж ОГНЕБИО ПРОФ	36,5
RAUM-PROFIE	37,5

На основании полученных данных был построен сравнительный график зависимости значений кислородного индекса (КИ) от вида огнезащитной обработки (рис. 2):



**Рис. 2.** Зависимость кислородного индекса от вида огнезащитного средства

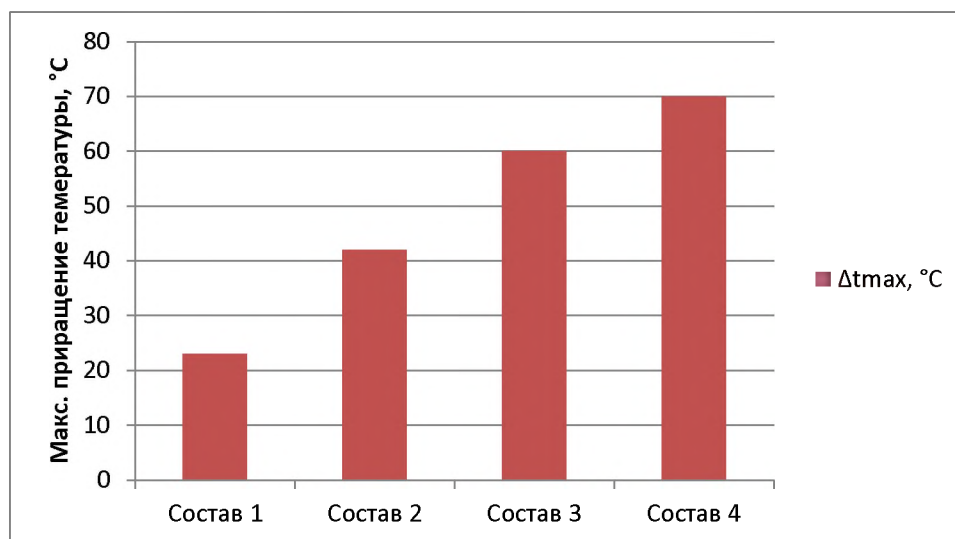
Таким образом, из приведённых результатов видно, что наилучшие результаты при испытаниях на КИ показали образцы, обработанные огнезащитным препаратом рецептур 1 и 2, то есть образцы, обработанные сначала раствором хлористого магния, а затем, после выдержки, раствором жидкого стекла. Образцы, прошедшие пропитку в обратном порядке (рецептуры 3 и 4), показали меньшую стойкость к воспламенению в условиях стандартных испытаний и уступили существующим рыночным аналогам. Это можно объяснить тем, что при обработке древесины жидким стеклом на поверхности материала образуется плёнка, препятствующая проникновению в поры других веществ.

При исследовании образцов с целью установления группы трудногорючих и горючих материалов были получены следующие результаты (табл. 4):

*Таблица 4. Результаты испытания для составов авторской рецептуры*

<b>Рецептура состава</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b><math>\Delta t_{\max}</math>, °C</b>	23	42	60	70
<b><math>\Delta m</math>, %</b>	7	15	26	31
<b>Группа</b>	ТГ	ТГ	Г	Г

На основании вышеуказанных значений были построены графики зависимости значений прироста температуры в реакционной камере ( $\Delta t_{\max}$ ) и потери массы исследуемых образцов ( $\Delta m$ ) от вида огнезащитного средства (рис. 5,6):



**Рис. 5.** Зависимость максимального приращения температуры от вида огнезащитного средства



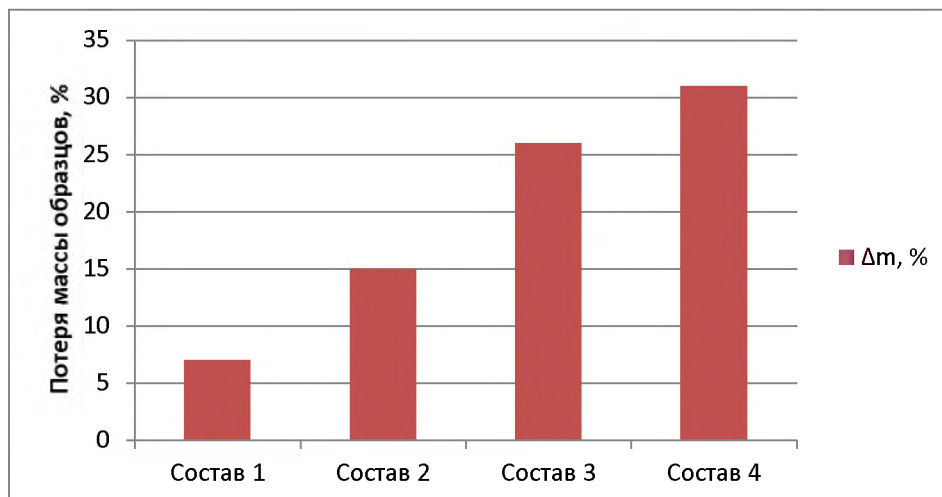


Рис. 6. Зависимость потери массы образцов от вида огнезащитного средства

Из результатов эксперимента видно, что, как и при исследовании по определению КИ, наилучшие результаты при определении группы трудногорючих и горючих материалов показали образцы, обработанные смесевыми растворами рецептур 1 и 2. Древесина, обработанная по данной технологии, по на основании полученных данных может быть отнесена к группе трудногорючих по [9].

Также стоит отметить, что по результатам проведённого исследования состав рецептуры 1 можно отнести к I группе огнезащитной эффективности согласно [10], так как потеря массы образца при испытании не превысила 9%, а состав рецептуры 2 – ко II группе огнезащитной эффективности, так как потеря массы образца при испытании не превысила 25%.

По итогам работы можно сделать следующие выводы:

1) путём обзора данных из научных статей, справочников, и других источников определены индивидуальные химические вещества, наиболее часто применяющиеся при производстве огнезащитных составов для обработки деревянных строительных конструкций;

2) разработаны 4 технологии обработки образцов сосновой древесины;

3) экспериментальным путём установлены значения кислородного индекса, а также потери массы образцов и максимального приращения температуры в камере при огневом испытании для образцов сосновой древесины, обработанных оригинальными смесевыми составами по авторским технологиям;

4) выявлено, что пропитка древесины смесью, приготовленной по отработанным рецептурам, снижает возможность её воспламенения и показатели горючести.

Результаты, полученные в ходе работы, могут быть применены при отработке технологии производства огнезащитных средств, их сертификации, а также в профессиональной деятельности должностных лиц надзорных органов МЧС России.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистика пожаров в Российской Федерации за 2017 год (<http://wiki-fire.org/Статистика-пожаров-РФ-2017.ashx>)
2. Голованов В.И. и др. Строительные конструкции и материалы: исследование огнестойкости, пожарной опасности, средств огнезащиты // Пожарная безопасность. – 2012. – № 2. – С. 79 – 88.
3. Сивенков А.Б. Влияние физико-химических характеристик древесины и ее пожарную опасность и эффективность огнезащиты. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. - 2015, М, 289 с.
4. Собурь С.В. Огнезащита материалов и конструкций: Справочник. - 3-е изд. (с изм.) - М.: Пожкнига, 2004. - 240 с., ил.
5. Панев Н.М., Александров А.А., Воронцова А.А., Никифоров А.Л., Животягина С.Н. Перспективные вещества для использования в качестве антипиренов для древесины. – Пожарная и аварийная безопасность: материалы XI Международной научно-практической конференции, Иваново, 25-26 ноября 2016 г. / под общей редакцией канд. техн. наук, доц. И.А. Малого. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016.
6. Патент РФ №2079403
7. Патент РФ №2510751
8. Патент РФ №2206444
9. ГОСТ 12.1.044-89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»
10. ГОСТ Р 53292-2009 «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний».

УДК 536.21

**П. В. Коровин, С. В. Беляев**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

В работе исследована теплопроводность легких бетонов на основе керамзита и вяжущих добавок в условиях стационарного температурного поля. Показано, что наряду с хорошими конструкционными и эксплуатационными параметрами: низкой плотностью, достаточно высокой прочностью на сжатие и достаточно высокой морозостойкостью, такие материалы обладают высокими теплоизоляционными свойствами. Подобные материалы могут находить широкое применение в строительстве в качестве конструкционно-теплоизоляционных материалов взамен традиционных строительных материалов.

**Ключевые слова:** легкие бетоны, керамзит, стационарное температурное поле, теплопроводность, коэффициент теплопроводности.

*P. V. Korovin, S. V. Belyaev*

## RESEARCH OF HEAT CONDUCTIVITY OF LIGHT CONCRETE

In work heat conductivity of light concrete on the basis of expanded clay and the knitting additives in the conditions of the stationary temperature field is investigated. It is shown that along with good constructional and operational parameters: the low density, rather high durability on compression and rather high frost resistance, such materials have high heat-insulating properties. Similar materials can find broad application in construction as constructional and heat-insulating materials instead of traditional construction materials.

**Keywords:** light concrete, expanded clay, stationary temperature field, heat conductivity, heat conductivity coefficient.

Исследование процессов теплопередачи и тепломассообмена в современной технике, строительстве и других видах хозяйственной деятельности, в настоящее время является очень актуальным, в виду возрастающих требований по рациональному использованию энергоресурсов. Очевидность этого подтверждается в последние годы возрастающим количеством научных исследований, посвященных проблемным вопросам передачи тепла в различных средах и материалах.

Результаты исследований показывают, что в большинстве физических или химических явлений и процессов происходит передача тепла из областей с более высокой температурой в области с более низкой температурой. То есть, происходит теплообмен, теплопередача. Как известно, основным видом передачи тепла в твердых материалах является теплопроводность. При этом, разные по своим физическим и химическим свойствам вещества и материалы обладают различной способностью проводить тепло, которую хорошо характеризует такая физическая величина, как коэффициент теплопроводности.

В уравнении (1) для бесконечно малого элемента тела коэффициент теплопроводности выступает как коэффициент пропорциональности между плотностью теплового потока и температурным градиентом:

$$q = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn}, \quad \text{Вт/м}^2 \quad (1)$$

Знак минус показывает, что тепловой поток распространяется в направлении убывания температуры.

При исследованиях теплопроводности твердых тел в лабораторных условиях часто используют системы с одномерным температурным полем, которые представляют собой наиболее простые случаи распространения теплового по-

тока. К такой категории практических задач относят исследование теплопроводности через пластину, через стенку трубы, изоляцию и многие другие.

В данной работе на установке ИТП-МГ4 было проведено исследование теплопроводящих свойств легких бетонов. Экспериментальная установка предназначена для определения теплопроводности и термического сопротивления строительных материалов, а также изоляционных материалов, предназначенных для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов при стационарном тепловом режиме в соответствии с ГОСТ 7076 в лабораторных условиях. Прибор обеспечивает определение коэффициента теплопроводности в диапазоне  $0,02 \dots 1,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$  и термического сопротивления в диапазоне  $0,01 \dots 1,5 \text{ м}^2\cdot\text{град/Вт}$ . Погрешность определения не превышает  $\pm 5\%$  [1].

Сущность используемого стандартного метода заключается в создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец определенной толщины и направленного перпендикулярно к лицевым (наибольшим) граням образца, измерении плотности этого теплового потока, температуры противоположных лицевых граней и толщины образца. Температура и относительная влажность воздуха помещения, в котором проводят испытания, должны быть соответственно  $(295 \pm 5) \text{ К}$  и  $(50 \pm 10) \%$ .

#### **Подготовка образцов.**

Образец изготавливается в виде квадрата с размером стороны  $0,25 \times 0,25 \text{ м}$ . Толщина образца должна быть в пределах от 5 до 50 мм. Грани образца, контактирующие с рабочими поверхностями плит прибора, должны быть плоскими и параллельными. Отклонение лицевых граней жесткого образца от параллельности не должно быть более 0,5 мм.

Образец высушивали до постоянной массы при температуре, указанной в нормативном документе на материал или изделие. Образец считали высушенным до постоянной массы, если потеря его массы после очередного высушивания в течение 0,5 ч не превышает 0,1 %. По окончании сушки определяли массу образца  $m_2$  и его плотность  $\rho$ , после чего образец помещали в прибор для определения его термического сопротивления. Погрешность определения массы и размера образцов не должна быть более 0,5 %.

#### **Обработка результатов эксперимента.**

Измерения проводились на предварительно калиброванном по стандартным образцам приборе. Подлежащий испытанию образец горизонтально помещается в прибор. В процессе испытания разность температур лицевых граней образца  $dt$  должна составлять 10—30 *градусов*. После достижения стационарного теплового режима измерялась толщина помещенного в прибор образца  $d\delta$  посредством штангенциркуля с погрешностью не более 0,5 %.

Вычисление коэффициента теплопроводности  $\lambda_{\text{эф}}$  (эффективной теплопроводности) и термического сопротивления  $R$  производится вычислительным устройством прибора по формулам:

$$\lambda = \frac{H \cdot q}{T_H - T_X}; \quad (2)$$

$$R_H = \frac{T_H - T_X}{q} - 2 \cdot R_K, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности (эффективная теплопроводность),  $Вт/(м \cdot К)$ ;

$R_H$  – термическое сопротивление испытываемого образца,  $м^2 \cdot К/Вт$ ;

$R_K$  – термическое сопротивление между лицевой гранью образца и рабочей поверхностью плиты прибора,  $м^2 \cdot К/Вт$ ;

$H$  – толщина образца в процессе испытаний,  $м$ ;

$q$  – плотность стационарного теплового потока, проходящего через испытываемый образец,  $Вт/м^2$ ;

$T_1 (T_H)$  – температура горячей лицевой грани испытываемого образца,  $К$ ;

$T_0 (T_X)$  – температура холодной лицевой грани испытываемого образца,  $К$ .

#### **Результаты и их обсуждение.**

В рамках работы была исследована теплопроводность образцов современных строительным материалов, а также бетонов полученных на композитной основе из керамзита и вяжущих добавок. Некоторые физические свойства исследуемых образцов представлены в табл. 1.

*Таблица 1. Физические свойства исследуемых легких бетонов*

№ образца	Состав	Плотность, $кг/м^3$	Прочность на сжатие	Морозостойкость
1. легкий бетон (крупнопористый керамзитобетон)	90% - 95% - керамзит; 5% - 10% - вяжущее (портландцемент) и добавки;	700	B5 (M75)	F35
2. легкий бетон (поризованный керамзитобетон)	90% - керамзит; 10% - вяжущее (портландцемент) и добавки;	800	B7,5 (M100)	F35- F50
3. легкий бетон (поризованный керамзитобетон)	90% - керамзит; 10% - вяжущее (портландцемент) и добавки;	900	B7,5 (M100)	F35- F50

Данные, представленные в табл. 1, показывают, что, бетоны, полученные на основе керамзита и вяжущих добавок обладают низкой плотностью, достаточно высокой прочностью на сжатие и достаточно высокой морозостойкостью.

Результаты эксперимента по исследованию теплопроводности легких бетонов на основе керамзита и вяжущих добавок были сравнены с аналогичными параметрами традиционных и широко используемых в современном строительстве материалов, таких как: силикатный кирпич, песчаный бетон (табл. 2).

*Таблица 2. Значения коэффициентов стационарной теплопроводности традиционных строительных материалов и легких бетонов*

№	Материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda, \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$			Погрешность результата $\Delta, \%$
		табличное значение	расчетное	экспери- ментальное	
1	кирпич силикатный	$0,79+3,5 \cdot 10^{-4} \cdot t_{cp}$	0,799	0,797	0,25
2	кирпич шамотный	$0,835+5,8 \cdot 10^{-4} \cdot t_{cp}$	0,850	0,847	0,35
3	бетон песчаный	$1,05-5,8 \cdot 10^{-4} \cdot t_{cp}$	1,036	1,034	0,19
4	легкий бетон (крупнопористый керамзитобетон): 90% - 95% - керам- зит; 5% - 10% - вя- жущее (портланд- цемент) и добавки; $\rho=700 \text{ кг/м}^3$	-	-	0,21	0,20
5	легкий бетон (пори- зованный керамзи- тобетон): 90% - ке- рамзит; 10% - вя- жущее (портланд- цемент) и добавки; $\rho=800 \text{ кг/м}^3$	-	-	0,25	0,22
6	легкий бетон (пори- зованный керамзи- тобетон): 90% - ке- рамзит; 10% - вя- жущее (портланд- цемент) и добавки; $\rho=900 \text{ кг/м}^3$	-	-	0,29	0,23

Представленные в табл. 2 результаты измерений теплопроводности строительных материалов позволяют констатировать, что экспериментальное значение коэффициентов стационарной теплопроводности образцов 1-3 соответствуют как стандартным табличным данным, так и расчетным значениям измеряемого параметра в пределах установленной погрешности. Соответствие полученных экспериментальным путем значений коэффициента теплопроводности табличным и расчетным данным позволяет сделать вывод об обоснованности использования рассматриваемого в работе метода и применяемой экспериментальной установки в рамках научных исследований теплоизоляционных свойств новых и перспективных материалов. Легкие бетоны (образцы 3-6, табл. 2), полученные на основе керамзита и вяжущих добавок обладают низкой теплопроводностью близкой к теплопроводности полимерных материалов, активно используемых в строительстве в качестве теплоизоляционных материалов, но имеющих меньшую прочность. Подобные образцы бетонов могут находить широкое применение в строительстве в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала взамен ячеистых бетонов. Широкое использование подобных материалов в перспективе будет обусловлено лучшими их свойствами и характеристиками по сравнению с аналогами. Обладая улучшенными характеристиками, обуславливающими область их применения, легкие бетоны на основе керамзита и вяжущих добавок должны более широко использоваться в практике современного строительства.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. 2000. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП.
2. Багажков И.В., Беляев С.В., Сторонкина О.Е. Теплопроводность строительных материалов в одномерном температурном поле // Конференция молодых ученых Центрального Федерального округа Российской Федерации «Актуальные направления научных исследований». 25-27 ноября 2009. Калуга 2009. С 164-172.
3. Виноградова Л.А., Русакова Ю.П., Беляев С.В. Исследование влияния введения суперпластификаторов на теплофизические свойства бетона // Сборник материалов II межвузовского семинара «Современные пожаробезопасные материалы и изделия: технология, свойства, применение». Иваново. 2013. С. 71-73.

УДК 614.841

*Л. А. Королева*<sup>\*</sup>, *А. Г. Хайдаров*<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Санкт-петербургский университет ГПС МЧС России

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)

## ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Найдены зависимости между химической эксергией и показателями пожаро-взрывоопасности веществ, обращающихся на железнодорожном транспорте. Эксергетический анализ рассмотрен как перспективный метод оценки энергетической эффективности, экономичности, экологической и пожарной опасности.

**Ключевые слова:** эксергия, железнодорожный транспорт, топливо, теплота сгорания, температура самовоспламенения, пожарная опасность.

*L. A. Koroleva, A. G. Khaydarov*

## ASSESSMENT THE FIRE RISK OF SUBSTANCES OF FUEL AND ENERGY PURPOSES ON THE RAILWAY TRANSPORT WITH THE USING OF EXERGY ANALYSIS

Dependences between chemical exergy and the fire hazard indicators of substances for railway transport are found. Exergy analysis as a promising method for assessment energy efficiency, economical efficiency, environmental and fire safety is considered.

**Keywords:** exergy, railway transport, fuel, heating value, auto-ignition temperature, fire danger.

Важное стратегическое значение в развитии национальной экономики принадлежит железнодорожному транспорту. Это определяется его надежностью, достаточной скоростью, широкой географией доставки, разнообразием и значительным количеством доставляемых грузов, невысокой себестоимостью, всесезонностью. Однако железнодорожный транспорт является объектом повышенного риска, что связано с широким применением горючих веществ и материалов, в том числе топливно-энергетического назначения, опасностью перевозимых грузов. Одними из основных задач развития железнодорожного транспорта является повышение эффективности его функционирования, «приведение уровня качества и безопасности перевозок в соответствие с требованиями населения и экономики и лучшими мировыми стандартами» [1].



Перспективным методом повышения энергетической эффективности является эксергетический анализ [2], рассматривающий термодинамические системы во взаимодействии с окружающей средой и опирающийся на второй закон термодинамики. В современных исследованиях такой подход используется для решения экологических задач [3,4]. Это обусловлено тем, что эксергия – единственное понятие в термодинамике, в определение которого входят категории «окружающая среда», «окружение технической системы».

Основным процессом изменений в окружающей среде для химических соединений являются химические реакции (реакции девальвации), приводящие к их превращению в компоненты окружающей среды. При горении топлив реакция девальвации совпадает с реакцией горения, энтальпия девальвации – с теплотой сгорания.

Теплоту сгорания используют для оценки энергетического потенциала горючих веществ. В пожарной безопасности данные о теплоте сгорания применяют при расчете пожарной нагрузки и категорировании помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

На рис. 1 представлена полученная нами зависимость низшей теплоты сгорания  $Q_H$  от химической эксергии  $E_x$  для углеводородов, являющихся компонентами жидких и газообразных топлив, обращающихся на железнодорожном транспорте.

$$Q_H = 0.937E_x + 66.7 \quad (831.7 \leq E_x \leq 11937.4)$$

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0.999$ . Значения  $Q_H$  были определены по справочнику [5],  $E_x$  по данным [6].

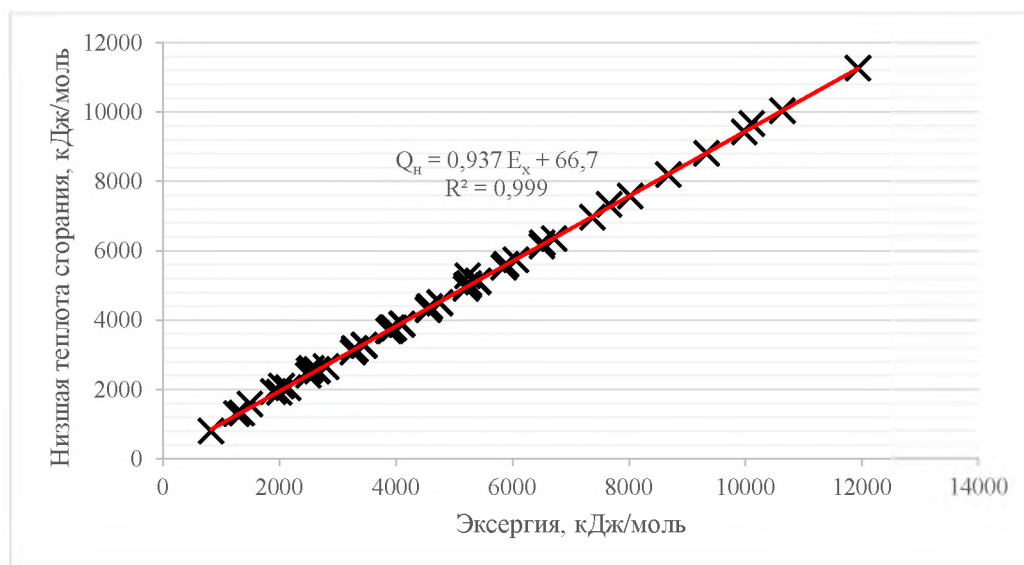
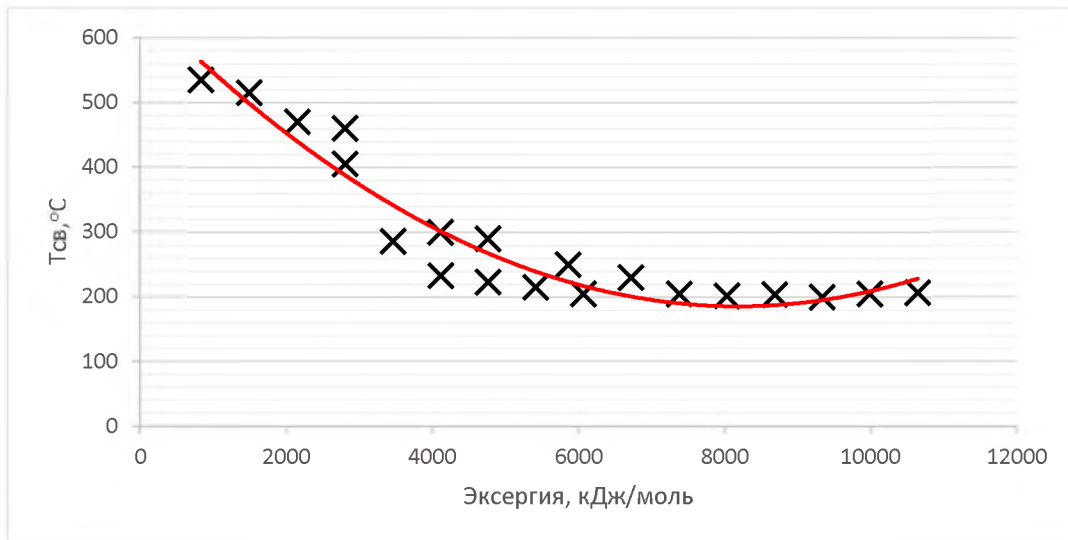


Рис. 1. Зависимость значений  $Q_H$  и  $E_x$  для углеводородов

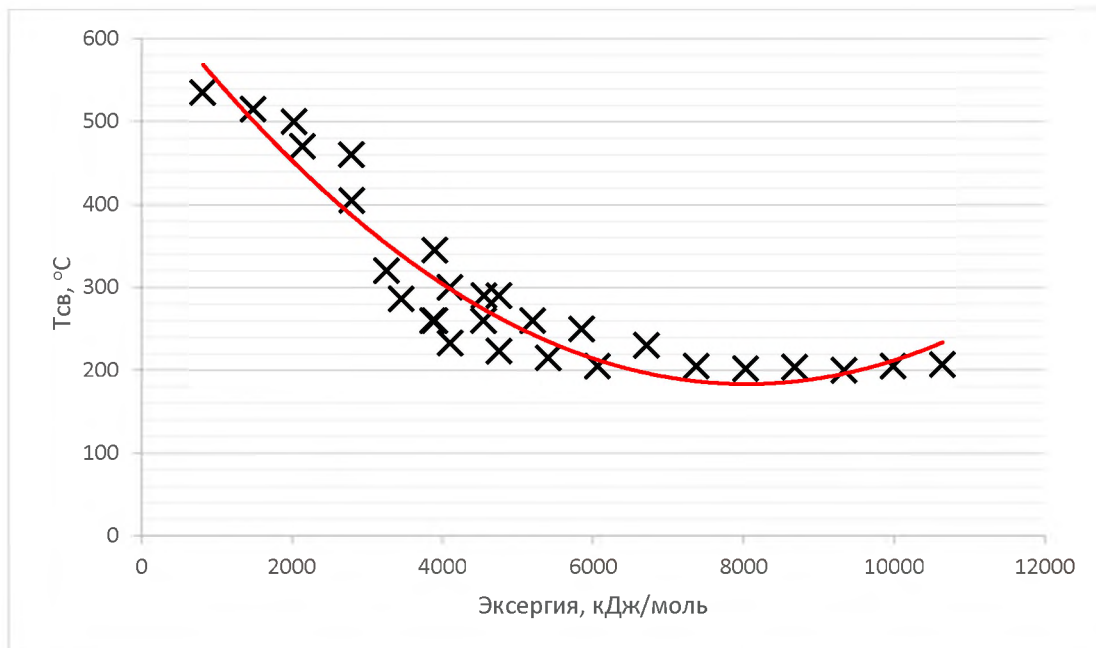
Важным показателем пожаровзрывоопасности веществ является температура самовоспламенения ( $T_{св}$ ). Ее значения применяются для выбора типа взры-

возащищенного оборудования, разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов, включают в стандарты и технические условия на вещества [7].

Были установлены зависимости между эксергией и  $T_{св}$  для компонентов топлив - алканов и циклоалканов, обращающихся на железнодорожном транспорте (рис. 3,4). Значения  $T_{св}$  были найдены по справочнику [5].



**Рис. 2.** Зависимость  $T_{св}$  от эксергии для алканов



**Рис. 3.** Зависимость  $T_{св}$  от эксергии для алканов и циклоалканов

Для алканов:  $T_{\text{св}} = 7 \times 10^{-6} E_x^2 - 0.1145 E_x + 654.09$ ;  $R^2 = 0.92$

Для алканов и циклоалканов совместно:  $T_{\text{св}} = 7 \times 10^{-6} E_x^2 - 0.1192 E_x + 663.05$ ;  $R^2 = 0.89$ .

Как видно из приведенных графиков, изменение  $T_{\text{св}}$  в гомологических рядах алканов и циклоалканов имеет сложный характер, но подчиняется общей закономерности: увеличение длины цепи сопровождается снижением  $T_{\text{св}}$  (до  $C_8-C_{10}$ ), затем небольшим увеличением.

Зависимости температуры вспышки, температурных и концентрационных пределов распространения пламени от эксергии для веществ, обращающихся на железнодорожном транспорте и являющихся компонентами топлив, также были получены. Коэффициент детерминации  $R^2$  составил 0.950 до 0.999 в зависимости от показателя.

В современных исследованиях понятие эксергии связывают с «правилом трех «Э»: эффективность, экономичность, экологическая целесообразность [3]. Используя полученные зависимости показателей пожаровзрывоопасности от эксергии можно ввести еще одну составляющую в эксергетический анализ – оценку пожарной опасности (рис. 4).



**Рис. 4.** Взаимосвязь эксергии с эффективностью, экономикой, экологией и пожарной безопасностью

Предлагаемый подход позволит комплексно оценивать обращающиеся на железнодорожном транспорте вещества топливно-энергетического назначения как с точки зрения эколого-энергетической эффективности, так и с точки зрения их пожарной опасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. Утв. распоряжением правит-ва РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111037> (дата обращения: 06.07.2018)
2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 48 – 2017 Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456096365> (дата обращения: 06.06.2018)
3. Попов В.Г., Боровков Ю.Н., Сухов Ф.И. Оценка энерго-экологической эффективности // Мир транспорта. - 2012. - № 3. - С. 96-101. URL: <https://doi.org/10.1234/XXXX-XXXX-2012-3-96-101> (дата обращения: 06.06.2018)
4. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Совместное исследование термодинамической эффективности и экологичности технических объектов // Экология и рациональное природопользование. – 2010. – № 7. С. 124-130
5. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Пожнаука», 2004. – Ч.1 – 713 с.; Ч. II – 774 с.
6. Szargut J., Morris D. R., Steward F. R. Exergy analysis of thermal, chemical and metallurgical processes. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1988. - 332 p.
7. ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-044-89> (дата обращения: 01.06.2018)

УДК 621.3.049.77

*Н. А. Кропотова, Е. Ю. Моисеева*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ «ПОЛИМЕР-СЛОИСТЫЙ СИЛИКАТ»

В статье рассматривается огнестойкость нанокompозитных материалов на основе полиуретана, полипропилена, полиэтилена и других, поскольку нанокompозиты могут обладать значительным преимуществом при создании огнестойких полимеров, особенно по сравнению с использованием традиционных ингибиторов горения.

**Ключевые слова:** негорючий сорбент, природный монтмориллонит, интеркалированная глина, наноматериалы.

*N. A. Kropotova, E. Yu. Moiseeva*

## ASSESSMENT OF FIRE RESISTANCE OF NANOCOMPOSITES «POLYMER-LAYERED SILICATE»

The article discusses the fire resistance of nanocomposite materials based on polyurethane, polypropylene, polyethylene and others, as nanocomposites can have a significant advantage in the creation of fire-resistant polymers, especially compared with the use of traditional combustion inhibitors.

**Keywords:** nonflammable sorbent, natural montmorillonite, intercalated clay, nanomaterials.

В последние годы все больше внимания привлекают к себе полимерные нанокомпозиты. Это новый класс композитов, в которых частицы находятся в нанометровом диапазоне, по крайней мере, в одном измерении. В зависимости от количества измерений, находящихся в нанометровом диапазоне, различают, соответственно, изомерные наночастицы, нанотрубки или вискеры и слоистые кристаллы в виде пластин толщиной от одного до нескольких нанометров и протяженностью от сотен до тысяч нанометров [1]. Среди всех потенциальных прекурсоров нанокомпозитов, в том числе улучшающих огнестойкость полимерной матрицы, в наибольшей степени исследованы глины и слоистые силикаты.

Из всех методов оценки огнестойкости наиболее часто используется коническая калориметрия, поскольку она не просто дает ценную количественную информацию, но и даже может раскрыть механизм замедления горения. Измеряемой величиной в данном методе является количество потребленного кислорода. Базовый принцип метода состоит в том, что количество тепла, выделяющееся материалами при горении, прямо пропорционально количеству кислорода, использующегося в процессе горения.

В типичном эксперименте с конусным калориметром образец подвергают действию заданного теплового потока, обычно от 35 до 100 кВт/м<sup>2</sup>; при этом можно одновременно измерять такие свойства как скорость выделения тепла (СВТ), пиковое тепловыделение (ПВТ), время до воспламенения (ВДВ), общее выделенное тепло (ОВТ), скорость потери массы (СПМ), средний выход СВ [2].

Считается, что СВТ – самая важная переменная, характеризующая горение. Высокая СВТ вызывает быстрое возгорание и распространение огня, тогда как ПВТ обозначает момент горения, когда есть вероятность того, что огонь будет распространяться дальше или перекинется на объекты, находящиеся рядом.

Как можно видеть из табл. 1, где представлены данные калориметрии для различных нанокомпозитов и чистых полимеров, включение слоистых силикатов приводит к значительному сокращению ПВТ и средней СВТ. Более того, было показано, что сокращение ПВТ пропорционально содержанию глины, и он также зависит от размерного фактора и плотности поверхностного заряда.

*Таблица 1. Данные измерений на конусном калориметре  
различных полимеров и нанокompозитов с органоглинами (ОМСС)*

<b>Образец</b>	<b>ПВТ, кВт/м<sup>2</sup></b>	<b>СТВ, кВт/м<sup>2</sup></b>	<b>Источник литературы</b>
Полиамид (ПА) 6	1010	603	[3]
ПА 6 /2% ОМСС	686	390	
ПА 6 /5% ОМСС	378	304	
ПС	1120	703	[4]
ПС 3% смеси силикатов	1080	715	
ПС 3% нанокompозита	567	444	
ПС <sub>w</sub> / Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 30%	491	318	
ПС	1230		
ПС / MAST-Нест 1%	1011		
ПС / MAST-Нест 3%	894		
ПС / MAST-Нест 5%	728		[3]
ПП g-МА	1525	536	
ПП g-МА 2% нанокompозита	450	322	
ПП g-МА 4% нанокompозита	381	275	[5]
Этил-винил-ацетат (ЭВА) / Na <sup>+</sup> 5%	1200		
ЭВА / Cloisite 30В 3%	860		
ЭВА / Cloisite 30В 5%	780		
ЭВА / Cloisite 30В 10%	630		[6]
ЭВА	2303		
ЭВА / 30В	1174		
ЭВА / 30ВНест	1289		
ЭВА / 30ВMag	2010		
ЭВА / ММТ	1959		[7]
ПУ (I)	2561	741	
ПУ (I) / o-ММТ	918	344	
ПУ (II)	2254	637	
ПУ (II) / o-ММТ	641	363	
ПУ (III)	2647	768	
ПУ (III) / o-ММТ	848	444	
ПУ (IV)	2664	775	
ПУ (IV) / o-ММТ	797	435	[8]
Полиэтилен (ПЭ)	1470	510	
ПЭ / JS 2%	670	440	
ПЭ / JS 5%	320	450	
ПЭ / JS 10%	540	380	
ПЭ / JS 15%	390	280	

В литературе имеются сообщения о том, что главный параметр, отвечающий за снижение СВТ в нанокompозитах, является СПМ при горении, которая, в свою очередь, также значительно снижается по сравнению со значениями для чистого полимера. Это различие проявляется вскоре после начала возгорания, когда уже успел образоваться нагар на поверхности полимера. В целом, обычно полагают, что образование термоизоляции и низкая проницаемость нагара на внешней поверхности нанокompозита при горении являются ключом к пониманию, почему улучшаются свойства огнестойкости [2].

В частности, перенос тепла от внешнего источника или пламени вызывает термическое разложение органоглины и полимера. Это приводит к накоплению и перераспределению частиц глины на поверхности горящего материала. Поэтому науглероженный нагар, образующийся на поверхности при горении, насыщен силикатами и может рассматриваться чем-то вроде нанокompозита на основе керамического силиката с угольными слоями. Рентгеновская дифрактограмма (РД) и ПЭМ исследования таких остатков показали, что образуются интеркалированные структуры. Фактически, именно своя собственная нанокompозитная структура позволяет образованному остатку выступать в качестве защитного барьера, уменьшая перенос тепла и массы между пламенем и полимером. Иными словами, нагар защищает полимер, находящийся под ним, от воздействия высокой температуры и также замедляет поглощение кислорода и выделение летучих газов, образовавшихся при дегградации полимера [2].

В случае нанокompозитов на основе ПЭ и глины сообщалось о значительном сокращении ПВТ, тогда как результаты для ВДВ были не столь однозначными. Для низкого содержания глины ВДВ увеличивалось благодаря барьерному эффекту глины. Однако при увеличении содержания глины уменьшение ВДВ вызывается, как полагают, каталитическими эффектами. Большое снижение воспламеняемости нанокompозитов по сравнению с чистым ПЭ объясняется образованием нагара [8].

В табл. 2 представлены результаты испытаний на коническом калориметре, для полиуретана (ПУ) и нанокompозитов на основе ПУ. Из данных видно, что средние СВТ и ПВТ значительно уменьшались для нанокompозитов по сравнению с исходными материалами. Однако ВДВ не менялось или немного уменьшалось, а начальная скорость потери массы/высвобождения тепла была выше, вероятно, в силу раннего разложения органического модификатора глины и последующей дегградации полимера, катализированной глиной. Как видно из «индекса огнестойкости» ( $ИО = ПВТ/ВДВ$ ), нанокompозиты намного более огнестойки по сравнению с чистым ПУ. Однако, у них выше дымовыделение, чем у ПУ, видимо, из-за процессов коксования в условиях недостатка кислорода, что приводит к образованию и эволюции выделению ароматических и богатых углеродом молекул.

*Таблица 2. Результаты измерений на конусном калориметре  
для ПУ и нанокompозитов на его основе (НК-ПУ)*

ПУ	ВДВ, с		ПВТ, кВт/м <sup>2</sup>		ИО =ПВТ/ВДВ		СТВ, кВт/м <sup>2</sup>	
	ПУ	НК-ПУ	ПУ	НК-ПУ	ПУ	НК-ПУ	ПУ	НК-ПУ
I	29	29	2561	918	88	32	741	344
II	35	33	2254	641	64	19	637	363
III	26	17	2647	848	102	50	758	444
IV	22	25	2664	797	102	50	775	435

Можно ожидать, что развитие вышеупомянутой методики радиационной газификации позволит лучше понять пиролизные процессы разложения в конденсированной фазе, и, соответственно, лучше понять природу огнестойкости у нанокompозитов. С помощью конического калориметра эта методика позволяет проводить пиролиз в атмосфере азота в тепловых потоках, характерных для пожаров [2, 9].

Подводя итог, можно сказать, что нанокompозиты могут обладать значительным преимуществом при создании огнестойких полимеров, особенно по сравнению с использованием традиционных ингибиторов горения. Во-первых, требуются лишь небольшие концентрации силиката в нанокompозите, что сулит существенные преимущества с точки зрения производства, такие как низкая плотность, низкая себестоимость и простота изготовления. Во-вторых, эти материалы не наносят вред окружающей среде в отличие от некоторых других ингибиторов горения (ИГ), поскольку не содержат галогенов, фосфатов или ароматических веществ, кроме тех, которые уже присутствуют в полимерной матрице; и они не увеличивают уровень окиси углерода и сажи при горении, как в случае с обычными ИГ. Кроме того, традиционные наполнители часто сильно снижают физические свойства полимера или обесцвечивают его, тогда как нанокompозиты проявляют многие улучшенные физические свойства без изменения цвета полимера [9]. И, наконец, силикаты обеспечивают физическую целостность материала, горящего, например, вертикально снизу вверх, когда капли горящего материала представляют собой дополнительную опасность, так как могут привести к возгоранию окружающих материалов.

Однако, несмотря на то, что огнестойкость является одним из наиболее многообещающих свойств нанокompозитов, и несмотря на то, что эти материалы хорошо проявляют себя в лабораторных условиях, требуются дальнейшие исследования для выявления возможных ограничений области их применения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Alexandre M, Dubois P. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials. Mater Sci Eng R 2000;28:1–63.*



2. *Beyer G.* Nanocomposites: a new class of flame retardants for polymers. *Plast Addit Compound* 2002;4(10):22–7.

3. *Gilman JW, Jackson CL, Morgan AB, Harris Jr R, Manias E, Giannelis EP, et al.* Flammability properties of polymer-layered silicatenanocomposites. Propylene and polystyrene nanocomposites. *Chem Mater* 2000;12:1866–73.

4. *Zheng X, Jiang DD, Wilkie CA.* Polystyrene nanocomposites based on an oligomerically-modified clay containing maleic anhydride. *Polym Degrad Stabil* 2006;91:108–13.

5. *Duquesne S, Jama C, Le Bras M, Delobel R, Recourt P, Gloaguen JM.* Elaboration of EVA-nanoclay systems—characterization, thermal behavior and fire performance. *Compos Sci Technol* 2003;63:1141–8.

6. *Costache MC, Jiang DD, Wilkie CA.* Thermal degradation of ethylene-vinyl acetate copolymer nanocomposites. *Polymer* 2005;63:6947–58.

7. *Berta M, Lindsay C, Pans G, Camino G.* Effect of chemical structure on combustion and thermal behaviour of polyurethane elastomer layered silicate nanocomposites. *Polym Degrad Stabil* 2006;91:1179–91.

8. *Zhao C, Qin H, Gong F, Feng M, Zhang S, Yang M.* Mechanical, thermal and flammability properties of polyethylene/clay nanocomposites. *Polym Degrad Stabil* 2005;87:183–9.

9. *Бутман М.Ф., Кропотова Н.А., Потемкина О.В., Ульев Д.А.* Нанокompозиты «полимер-слоистый силикат» пониженной горючести». Иваново: ООНИ ЭКО ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – 196 с.

УДК 544.47;544.478

**М. В. Кузнецов**

ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт  
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций  
(Федеральный центр науки и высоких технологий)

## СТЕКЛОВОЛОКНИСТЫЕ ТКАНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССАХ

Рассматриваемые каталитические системы были сформированы на основе кремнеземных (или алюмоборосиликатных) стекловолокнистых аморфных матриц, легированных различными металлами, и оформленных в виде изделий с разными типами тканой структуры. Данные материалы обладают более высокой эффективностью в высокотемпературных процессах нейтрализации промышленных газовых выбросов, в контактных стадиях производства азотной и серной кислот при высоких температурах, в различных реакциях каталитической переработки углеводородов, а также в процессах каталитической генерации тепла и др. по сравнению с традиционными каталитическими материалами.

**Ключевые слова:** гетерогенный катализ, стекловолоконистые тканые катализаторы (СВТК), кремнеземные, алюмоборосиликатные, кассетный дизайн, практические применения в высокотемпературных процессах.

*M. V. Kuznetsov*

## **FIBERGLASS WOVEN CATALYSTS – PERSPECTIVE MATERIALS FOR USE IN HIGH TEMPERATURE PROCESSES**

The catalytic systems under consideration were formed on the basis of silica (or aluminoborosilicate) glass-fiber amorphous matrices doped with various metals and designed as products with different types of woven structure. These materials have higher efficiency in high temperature processes of industrial waste gases neutralization, in the contact stages of the production of nitric and sulphuric acids at high temperatures, in the different reactions of catalytic processing of hydrocarbons and in the catalytic heat generation etc. compared with the traditional catalytic materials.

**Keywords:** heterogeneous catalysis, fiberglass woven catalysts (SVTC), silica, aluminoborosilicate, cassette design, practical applications in high-temperature processes.

Основу данной работы составляют новые представления об устойчивости каталитических процессов к пространственно локализованным возмущениям, об автоволновых перестройках режимов работы каталитических реакторов, а также о возникающих в этих системах явлениях доменной неустойчивости. Результаты проведенных исследований позволили сформировать основы для поиска подходов к синтезу и конструированию новых типов материалов для катализа и адсорбции, а также для создания новых принципов в каталитическом реакторостроении. Стекловолоконистые тканые каталитические системы широкого назначения были созданы в ходе решения конкретной технологической задачи, а именно, в процессе поиска средств подавления миграционной поверхностной подвижности и сублимационного уноса платины из катализатора в высокотемпературных реакциях каталитического горения, в частности, на стадии конверсии аммиака в производстве азотной кислоты. Каталитические системы с параметрами, требуемыми для проведения этих процессов, удалось создать на основе кремнеземных стекловолоконистых тканых материалов, активированных в результате имплантации ионов металлов в стекловолоконистую аморфную матрицу носителя. Лабораторные исследования и промышленные испытания показали, что подобные каталитические системы могут быть весьма эффективны во многих действующих и вновь разрабатываемых технологических процессах. Можно ожидать, что они способны со временем существенно потеснить в технологической практике традиционные насыпные порошковые и гранулированные каталитические материалы.

СВТК представляет собой изделия, сотканые из силикатных, аморфных по фазовому состоянию стекловолокон (содержание  $\text{SiO}_2$  55-98% масс.) в форме полотнищ или сеток, активированных каталитическими компонентами из широкого ряда металлов (Pt, Pd, Ag, Cr, Ni, Mn, Co и др.). Их химическая композиция и процентное содержание определяются требованиями каждого конкретного каталитического процесса. Современная технология производства стеклотканых материалов позволяет изготавливать СВТК-элементы также и в форме трехмерных блоков, характеризующихся очень высокой степенью регулярности их геометрической структуры. Это качество тканого каталитического стекловолоконного блока, являющегося альтернативой керамическим дорогостоящим хрупким блокам сотовой структуры, представляется весьма важным с точки зрения требований повышения уровня тепловой устойчивости режимов экзотермических каталитических процессов, связанных с подавлением технологически опасных явлений «доменной неустойчивости» и локальных перегревов в каталитических реакторах (так называемых явлений «hot-spots»). В ходе поиска приемов каталитической активации кремнеземной (или алюмоборсиликатной) основы СВТК был разработан ряд методов имплантации ионов металлов в аморфную стекловолоконную матрицу СВТК в процессе их изготовления. Наиболее перспективным является метод, основанный на реакциях ионного обмена, которые протекают непосредственно в микропористой твердой аморфной матрице СВТК-волокна, помещенного в специально подобранную и содержащую ионы металлов жидкую среду. Выделим основные факторы, определяющие принципиальную научную и технологическую новизну КСВК-систем и придающие этим системам существенные каталитические и эксплуатационные преимущества по сравнению с традиционными насыпными порошковыми и гранулированными катализаторами:

- СВТК формируются на стекловолоконных, аморфных по фазовому состоянию кремнеземных (или алюмоборсиликатных) матрицах. Такая основа, характеризующаяся фазовой метастабильностью, является нетрадиционной для классического катализа на кремнеземных носителях (силикагелях), который имеет дело с кристаллическими (поликристаллическими) материалами или с материалами, фазовое состояние которых не регламентируется. Фазовая неравновесность основы СВТК-систем является их принципиальной особенностью, поскольку именно этот фактор в значительной степени определяет возможность появления экстремальных каталитических свойств, в том числе и при высоких температурах;

- Каталитическая активация СВТК осуществляется методами имплантации в аморфную кремнеземную матрицу ионов металлов. В результате этой операции стеклообразная матрица приобретает необычные каталитические свойства, а введенный в ее структуру элемент (металл в восстановленном или окисленном состоянии) прочно там удерживается и не подвергается миграционному переносу, агломерации и отделению от носителя. Такой метод активации кремнеземной или алюмоборсиликатной матрицы, основанный на приемах

ее «легирования» металлами с использованием высокотемпературной обработки, нетрадиционен для классического катализа. В классических каталитических реакциях используются операции нанесения каталитически активных металл содержащих фаз на поверхность носителя, что не может обеспечить в полной мере химическое, фазовое и механическое единство системы «носитель - каталитически активная фаза»;

- СВТК-элементы характеризуются высокой каталитической активностью при весьма малом содержании в матрице металлической компоненты (сотые – десятые доли процентов по массе). Это качество СВТК-систем, обусловленное процессом каталитической активации всей инертной кремнеземной матрицы в ответ на ее легирование ионами металлов, представляется особенно важным при создании широкого круга катализаторов с активной фазой из ряда благородных металлов;

- СВТК-элементы характеризуются весьма развитой каталитической поверхностью. Макропористость определяется и регулируется подбором специфической мультволоконистой структуры матрицы, которая формируется операциями кручения отдельных элементарных волокон диаметром несколько микрон в рабочую нить, а также типом переплетения нитей в рабочее полотнище (простое тканое переплетение, саржевое, сатиновое, сеточное, жаккардовое тканье и пр.). Микропористость СВТК легко регулируется путем изменения химического состава стекла и введением специальных операций предварительной обработки стекловолоконистой матрицы носителя. Внутренняя поверхность СВТК может варьироваться в соответствии с требованиями конкретного каталитического процесса от единиц (для щелочного стекла) до сотен (для алюмоборосиликатного стекла) квадратных метров на грамм массы катализатора с широким распределением пор по их размерам (10 - 1000 Å);

- СВТК характеризуются высокой химической и термической стойкостью, механической прочностью, устойчивостью к истиранию и пылению. Эти качества СВТК в соединении со стабильностью введенной в их матрицу металлической компоненты обеспечивают этим системам хорошие характеристики по длительности эксплуатационного пробега (рабочему ресурсу);

- Использование СВТК в технологических процессах позволяет реализовать в каталитическом реакторе эффективный кассетный дизайн за счет послойно сформированного катализаторного пакета со значительным сокращением общей массы загрузки по сравнению с традиционными гранулированными или порошковыми насыпными катализаторами. Такой кассетный дизайн катализаторного пакета-картриджа обеспечивает эксплуатационную простоту и оперативность его инсталляции и извлечения отработавшего элемента из реактора;

- Процесс производства СВТК-материалов характеризуется непрерывностью технологической схемы, легкой ее перестраиваемостью на новое изделие, экономичностью. Создание катализаторных фабрик для производства СВТК-

материалов не требует существенных капитальных вложений, поскольку они могут быть развернуты путем введения некоторых дополнительных стадий в уже действующие производства стекловолокнистых материалов теплозащитного, электроизоляционного и конструкционного назначения.

Таким образом, СВТК могут быть классифицированы как новые, объекты каталитической химии. Этот класс каталитических систем характеризуется собственной фундаментальной научной новизной и новизной их технологического применения. В настоящее время результаты исследований СВТК и их применений в различных технологических процессах представлены в достаточно большом числе публикаций, а найденные технические решения защищены отечественными и зарубежными патентами.

В настоящее время уже освоен выпуск промышленных партий стеклотканых катализаторов. Потенциальный масштаб мощности – 1000000 м<sup>2</sup> (500-700 т) катализаторной ткани в год. Отработка промышленных режимов процессов, формирование технологических регламентов изготовления катализаторов, проведение пилотных и производственных испытаний ведется малым инновационным предприятием ООО «Химфист» с привлечением ряда отечественных и зарубежных научно-исследовательских организаций и промышленных предприятий.

УДК 54.057; 546.05; 544.03

*М. В. Кузнецов*

ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт  
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций  
(Федеральный центр науки и высоких технологий)

## **СИНТЕЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В РЕЖИМЕ ГЕТЕРОГЕННОГО ГОРЕНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ**

Представлен обзор современного состояния и перспектив развития самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) – перспективного метода получения неорганических материалов в различных экспериментальных условиях. Рассмотрены различные физико-химические характеристики продуктов синтеза и возможности их практического использования.

**Ключевые слова:** гетерогенное горение, СВС, сложные оксиды, электрические и магнитные поля, селективное лазерное спекание, спектроскопические методы, ферриты, датчики потенциально опасных газов.

*M. V. Kuznetsov*

**SYNTHESIS OF INORGANIC MATERIALS IN THE MODE  
OF HETEROGENEOUS COMBUSTION OF CONDENSED SYSTEMS:  
PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS  
AND THEIR PRACTICAL APPLICATION**

A review of the current state and prospects for the development of self – propagating high-temperature synthesis (SHS), a promising method for producing inorganic materials under various experimental conditions, is presented. Various physical and chemical characteristics of synthesis products and possibilities of their practical use are considered.

**Keywords:** heterogeneous combustion, SHS, complex oxides, electric and magnetic fields, selective laser sintering, spectroscopic methods, ferrites, sensors of potentially dangerous gases.

С начала 70-х годов XX века до настоящего времени гетерогенное горение конденсированных систем или самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) сложных оксидных материалов сформировался как самостоятельное научное направление в рамках теории и практики горения, а также современного материаловедения. В качестве его составляющих получили свое развитие две ветви – фундаментальная и технологическая. В результате проведенных исследований с использованием различных экспериментальных подходов в режиме гетерогенного горения конденсированных систем синтезирован широкий спектр сложных оксидных и других неорганических материалов, таких как: ВТСП-материалы, различные классы ферритов, пьезоэлектрики, огнеупоры, пигменты, интерметаллиды, карбиды, бориды и т.д. Изучены процессы горения и фазообразования, различные физико-химические характеристики, разработаны лабораторные и промышленные технологии производства.

Современный уровень развития науки требует перехода от стандартных методов исследований к использованию принципиально новых методик диагностики процессов и исследования свойств продуктов горения. Нам удалось впервые при гетерогенном горении различных конденсированных систем обнаружить, классифицировать и систематизировать самопроизвольные электрические сигналы электрохимической природы, возникающие в волне горения за счет подвижности ионов в реагирующих смесях и названные «электродвижущей силой горения» (ЭДС). В результате этого были сформированы предпосылки новых направлений в рамках науки о горении и материаловедении – электрохимии горения конденсированных систем, ионной химии горения и динамической ионографии процессов гетерогенного горения. С помощью метода динамической ионографии были идентифицированы источники ионизации реакционных смесей и проанализированы основные этапы химического взаимодействия в реакциях гетерогенного горения конденсированных систем. Опре-

делены максимальные значения электродвижущей силы горения, соответствующие термодиффузионным потокам катионов различных химических элементов I-VIII групп в горящих системах, и установлена линейная зависимость этих величин от ионного радиуса соответствующего химического элемента. К настоящему времени за счет комбинирования оксидных реагентов удалось в процессе их взаимодействия при горении зарегистрировать сигналы величиной более 2.5 В, что позволяет серьезно задуматься над вопросами использования электрической энергии, генерируемой в процессах СВС.

Были также разработаны принципиально новые подходы к синтезу функциональных оксидных материалов и управлению их свойствами с помощью физико-химических воздействий на процессы горения и фазообразования. Это электрические (до 500 кВ/м), постоянные магнитные и электромагнитные (от 0.2 до 20 Тл) поля и другие факторы. Управление процессом и свойствами продуктов СВС с помощью внешних физических факторов (электрического, электромагнитного, ультразвукового полей, поля инерционных сил, лазерного воздействия и др.) имеет значительные преимущества перед такими традиционными приемами регулирования реакции, как предварительный подогрев, изменение состава, дисперсности, пористости смеси и т.д. Особый интерес вызывает роль нетепловых факторов воздействия электрического и магнитного поля на процесс СВС. Такие поля, бесконтактным образом приложенные в процессе СВС к зоне интенсивных химических реакций, могут оказывать влияние на процессы формирования и микроструктуры продуктов синтеза.

Влияние магнитных полей достигается за счет поляризации магнитных частиц шихты, которые вместе с частицами других компонентов выстраиваются вдоль силовых линий поля, обеспечивая более высокую теплопроводность смеси за счет ее анизотропии, а следовательно, увеличение температуры, скорости реакции, степени дореагирования и формирование однодоменных структур. Тем самым, под действием магнитных полей существенно интенсифицируются процессы кислородного обмена и, соответственно, окислительные процессы при формировании сложных оксидов. Влияние магнитного поля на характеристики процессов и продуктов горения может также определяться следующими факторами: а) фронт волны горения представляет собой плазму, содержащую ионы, возникающие в волне горения. Поляризация ионов под действием магнитного поля приводит к изменению характера распространения волны горения; б) в кислородсодержащих системах часть кислорода воздуха и кислорода, выделяющегося в результате разложения твердых окислителей, находится в парамагнитном состоянии. Влияние поля на парамагнитный кислород приводит к изменению скорости процессов окисления и, как следствие, фазообразования в реагирующих смесях. Имеет место эффект уменьшения параметров элементарных ячеек ферритов, синтезированных в присутствии поля. Это происходит за счет увеличения степени направленной упорядоченности магнитных атомов в структуре магнитных материалов под действием внешних физических полей. Использование магнитных полей в процессах синтеза фер-

ритовых материалов позволило получить продукты, намагниченность насыщения которых существенно превышает аналогичные характеристики материалов, синтезированных в отсутствие поля. Таким образом в ферритовых материалах реализуется эффект наведенной магнитной анизотропии. Обнаружен эффект смягчения ферритов, заключающийся в уменьшении их коэрцитивной силы при использовании магнитного поля до 1.1 Тл в процессе их синтеза в режиме СВС. Аналогичным образом управление структурой и свойствами ферритов может быть осуществлено исключительно с помощью химического метода – замещения железа другими элементами с меньшим собственным магнитным моментом. При исследовании ферритовых систем установлено, что формирование продуктов в низкокалорийных слабо экзотермичных СВС – системах возможно при температурах горения ниже  $t_c$  Кюри материала. Например, при синтезе ферритов щелочных металлов.

Характер влияния электрических полей на процессы взаимодействия в реагирующих СВС-системах, а также на свойства продуктов горения отличается от характера влияния магнитных полей. В ферритовых материалах в отсутствие электрического поля продукты СВС имели мелкозернистую структуру, а при синтезе в поле образовывались крупные оплавленные конгломераты частиц. Влияние поля проявлялось в процессах кристаллизации расплавов. Под действием поля снижалась скорость возникновения зародышей новой фазы. Значения намагниченности насыщения коррелировали с содержанием в продукте ферритовой фазы. Впервые в практике исследований процессов кислородного обмена в высокотемпературных процессах был количественно охарактеризован процесс разложения перхлората натрия под действием электрических полей различной напряженности (до 220 кВ/м). Установлено, что максимальное тепловыделение и тепловой эффект реакции разложения перхлората увеличиваются под действием электрического поля любой напряженности. Таким образом, на примере перхлората натрия как качественно, так и количественно подтверждена гипотеза о влиянии электрических полей на процессы разложения твердых окислителей и интенсификации под действием таких полей реакции выделения кислорода в высокотемпературных процессах горения оксидных систем.

В результате комплексных исследований нами впервые были получены данные о динамике процессов горения и фазообразования в системах, взаимодействие в которых протекает в режиме гетерогенного горения, с помощью таких уникальных методов, как проникающее синхротронное излучение (с разрешением до 10 мс), а также высокочувствительный ИК-спектроскопический метод (с разрешением до 0.033 с). Также впервые в практике процессов горения нами был применен чрезвычайно чувствительный оптико-пирометрический метод, основанный на непрерывной регистрации всего процесса горения с использованием инфракрасной (ИК) камеры и программного обеспечения фирмы MIKRON Instrument Co., Inc. (M9100 Pyrovision Series – Imaging Pyrometer)



(США). Полученная информация позволяет регистрировать значения температуры в данный конкретный момент в любой точке сканируемой поверхности + максимальная температура + скорость распространения волны горения + динамика процессов нагрева и остывания. Использование проникающего синхротронного излучения позволило получить данные о динамике фазообразования в объеме реагирующих систем непосредственно в процессе горения за счет комбинирования непрерывного ряда рентгеновских спектров. Данный метод обладает рядом преимуществ в отличие от стандартных оптико-пирометрических методов, позволяющих исследовать только поверхностные процессы, а также от достаточно малоинформативных методов закалки фронта горения. Впервые в практике исследования продуктов СВС на примере СВС-ферритов и СВС-интерметаллидов с использованием возможностей Мессбауэровской спектроскопии изучена стадийность заполнения подрешеток ферритовых материалов атомами железа и замещающих его элементов, критические концентрации замещающего элемента для каждой конкретной системы, а также особенности формирования магнитных подрешеток материалов под действием магнитного поля.

Разработаны технологические процессы, совмещающие в себе подходы гетерогенного горения и селективного лазерного спекания (СЛС) и позволяющие получать трехмерные функциональные изделия непосредственно в процессе синтеза. Данные технологические подходы позволяют осуществлять реакцию СВС точно в пятне лазерного излучения при сканировании лазером поверхности порошковой композиции. С помощью изменения концентрации и степени связности порошковой композиции к настоящему времени данная технология реализована применительно к созданию интеллектуальных микроустройств – сенсоров, фильтров, пьезодетекторов, пьезонасосов и т.д. Однако наиболее интересные перспективы в области практического использования данной технологии открываются применительно к созданию объемных биосовместимых функциональных имплантатов. С помощью специальных технологических подходов удалось получить объемные функциональные имплантаты – штифты для челюстно-лицевой хирургии, ортопедии, элементы зубных протезов и искусственные зубы и т.д. Для каждого конкретного изделия были экспериментально определены параметры лазерного воздействия (ЛВ), режимы укладки порошков и характеристики исходных материалов. Были исследованы физические и механические свойства полученных функциональных имплантатов, их микроструктура и коррозионные свойства, а также эффекты памяти формы изделий (*shape-memory effects – SME*). Соблюдение баланса между необходимой пористостью изделия и требуемыми прочностными характеристиками является сложной самостоятельной технологической задачей, также успешно решенной применительно к каждому изделию. Формирование заданной пористости способствует созданию в объеме материалов необходимых пространств для введения в их структуру соединений (таких, например, как

гидроксиапатит), которые, будучи абсолютно безвредными для живых тканей, способствуют вживляемости имплантатов в организмы человека и животных.

В рамках СВС сложных оксидных материалов успешно ведутся работы по синтезу и исследованию свойств материалов для альтернативных источников энергии – SOFC (анодов, катодов, а также интерконнектных элементов); компонентов литий-ионных батарей и др. Впервые синтезированы сложные оксиды, перспективные с точки зрения их использования в качестве материалов для датчиков различных потенциально опасных газов. Исследована газочувствительность таких микродисперсных порошков. Электрический отклик образцов представлял собой увеличение их электросопротивления (обычного для материалов р-типа), имевшее место в связи с тем, что насыщение поверхности ионами адсорбированного кислорода уменьшается в присутствии газавосстановителя. Это приводило к уменьшению концентрации носителей заряда и, как следствие, к уменьшению проводимости. Все это открывает широкие возможности в области определения взрывоопасных, токсичных и горючих газов в рамках борьбы с терроризмом и другими незаконными действиями.

УДК 546.74:54-31:541.182.3:537.29

***М. В. Кузнецов***

ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт  
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций  
(Федеральный центр науки и высоких технологий)

## **ЛЕВИТАЦИОННО-СТРУЙНЫЙ СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ, ОКСИДОВ И СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ**

Наноразмерные порошки металлов (Ni; Zn; Cu; Sn) и их оксидов, а также сложных оксидов – ферритов-шпинелей никеля со средними размерами частиц 5-500 нм были синтезированы бестигельным аэрозольным методом в различных атмосферных условиях, как без воздействия поля, так и в электромагнитных полях различной напряженности. Полностью контролируемые по различным параметрам (характеристики и скорость подачи металлической проволоки, атмосфера и давление газа, степень окисления частиц, температурные параметры, напряженность электрического поля и т.д.) процессы позволяют получать наночастицы требуемой химической композиции, размеров частиц в пределах нескольких нанометров, а также необходимой удельной поверхности. Исследованы каталитические и магнитные характеристики полученных наноматериалов, а также газочувствительность датчиков различных потенциально опасных газов, изготовленных на их основе.

**Ключевые слова:** наноразмерные порошки, металлы и их оксиды, сложные оксиды, левитационно-струйный синтез, электрическое поле, катализаторы, материалы для электроники, газочувствительность, датчики потенциально опасных газов

*M. V. Kuznetsov*

## LEVITATION-JET SYNTHESIS OF NANOSIZED POWDERS OF METALS, OXIDES AND COMPLEX OXIDE MATERIALS FOR PRACTICAL APPLICATIONS

Nanosized metal powders (Ni; Zn; Cu; Sn) and its oxides as well as complex oxides – Ni ferrites-spinels with an average particle sizes 5-500 nm were synthesized by using levitation-jet aerosol method under the different atmospheric conditions, as in zero field as in the different electromagnetic fields. Fully controlled by various parameters (characteristics and feed rate of the metal wire, atmosphere and gas pressure, degree of particles oxidation, temperature parameters, electric field strength etc.) processes allows to obtain nanoparticles of the desired chemical composition, particle sizes in the range of a few nanometers, as well as the required specific surface area. Catalytic and magnetic properties of the obtained nanomaterials, as well as gas-sensing properties of sensors of potentially dangerous gases, made on their basis, were also investigated.

**Keywords:** nanosized powders, metals and their oxides, complex oxides, levitation-jet synthesis, electric field, catalysts, materials for electronics, gas sensitivity, sensors of potentially dangerous gases

Наноразмерные порошки металлов (Zn, Cu, Ni и Sn) и их оксидов были синтезированы бестигельным аэрозольным методом в различных атмосферных условиях для практических применений. Важнейшей задачей современной спинтроники является создание ферромагнитных прозрачных полупроводников с температурой Кюри свыше 300 К. Одним из перспективных соединений такого типа, к которому было привлечено огромное внимание исследователей за последнее десятилетие, является легированный ZnO. Для этих целей левитационно-струйным методом конденсации паров металлического цинка в потоке инертного газа в условиях естественного окисления были получены аэрозольные наночастицы цинка со средними размерами 275–760 нм, покрытые наночастицами оксида цинка размером порядка 10 нм. Этот материал является ферромагнетиком с намагниченностью насыщения, достигающей  $0.27 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$  и коэрцитивной силой до 16 кА/м. Зависимость намагниченности насыщения полученных материалов от объема элементарной ячейки цинка имела максимум в области значений, когда наночастицы являются более рыхлыми, чем массивный материал. Подобное поведение приписывается дефектной структуре границы раздела Zn/ZnO с вакансиями атомов Zn и O. Максимальная температура исчезновения ферромагнитного состояния для аэрозольных наночастиц Zn/ZnO достигает 750 К.

Хорошо известно, что диоксид олова  $\text{SnO}_2$  – это важный в технологическом отношении материал, который реально применяется в катализаторах, солнечных батареях, оптоэлектронных устройствах и прозрачных полупроводниковых покрытиях. С целью получения данного материала методом конденсации паров металлического олова в потоке инертного газа, содержащего газообразный окислитель, были синтезированы аэрозольные наночастицы оксидов олова с разной стехиометрией и средними размерами 12–315 нм. Этот материал может быть ферромагнетиком с намагниченностью насыщения, достигающей  $0.1 \text{ А} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$  (при соотношении  $\text{Sn}:\text{O} = 1$ ) и коэрцитивной силой до 8 кА/м. Подобное поведение может также быть связано с наличием дефектной структуры на границах раздела  $\text{Sn}/\text{SnO}$  и  $\text{SnO}/\text{SnO}_2$ , а также с наличием вакансий атомов кислорода, количество которых и степень их взаимодействия может регулироваться условиями получения наночастиц.

Наночастицы в системе  $\text{Cu}-\text{O}$  со средними размерами 11–215 нм были получены в потоке гелия с добавками воздуха. Наночастицы имели псевдосферическую форму. Их фазовый состав был определен в основном как  $\text{Cu}_2\text{O}$  и  $\text{CuO}$ . Было обнаружено их магнитно-мягкое ферромагнитное поведение (до  $0.06 \text{ А} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$  по величине максимальной намагниченности). Наночастицы были также исследованы в высокотемпературном реакторе воздушного потока в качестве перспективного каталитического материала в конверсионной реакции окисления пропана в  $\text{CO}_2$ . Установлено, что для двухфазных наночастиц температура полной конверсии уменьшилась на 70 К, в то время как размеры наночастиц уменьшались от 110 до 51 нм, и достигала минимального значения 450 К для однофазных частиц ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) размером 29 нм. Предполагается, что увеличение каталитической активности имеет отношение к поведению локализованных электронных состояний на поверхности раздела  $\text{CuO}/\text{Cu}_2\text{O}$ , создающих ферромагнетизм наночастиц при комнатной температуре.

Сферические и окисленные частицы никеля ( $\text{Ni}$ ) со средними размерами 15–200 нм были получены аэрозольным бестигельным методом путем конденсации паров металла в потоке инертного газа, сопровождаемой окислительными процессами. Путем применения постоянного электрического поля, приложенного к зоне конденсации и охлаждения, можно регулировать степень окисления и средний размер наночастиц. Результаты магнитных измерений слабоуплотненных образцов показывают наличие петель гистерезиса практически для всех наночастиц, не подвергнутых специальным мерам для изоляции друг от друга. Результаты показывают, что в зависимости от условий получения наночастиц удается изменять объемное содержание металлического никеля в пределах от 98.3% до 0.34%. При этом значения удельной намагниченности насыщения  $\sigma_s$  ( $\text{А м}^2/\text{кг}$ ) находятся в пределах  $53.8 - 0.15 \text{ А м}^2/\text{кг}$ . Значения удельной поверхности насыпных образцов порошка наночастиц различных размеров,  $S \times 10^{-3}$  ( $\text{м}^2/\text{кг}$ ) составляют 3.68-58.88  $\text{м}^2/\text{кг}$ . Наилучшими каталитическими свойствами в реакции низкотемпературного каталитического окисления оксида уг-

лерода обладают самые малые и окисленные наночастицы. В то же время в реакции окисления пропана лучшую каталитическую активность в температурном диапазоне 370-870 К проявляют наиболее крупные слабо окисленные наночастицы. Температура 80%-ной конверсии CO находится около 470 К для наилучшего образца катализатора, содержащего сильно окисленные частицы диаметром 15 нм, для самых крупных частиц - 510 К. Конверсия пропана, равная 80%, достигается только при 570 К, причем именно для более крупных частиц. Каталитическая активность в последней реакции сильнее зависит от содержания в частице оксида никеля, чем от размера наночастиц (удельной поверхности) таких образцов.

Псевдосферические частицы феррита никеля со средними размерами 25–70 нм были получены аэрозольным бестигельным методом путем совместной конденсации паров Fe и Ni в потоке инертного газа, с малой добавкой воздуха в совмещенном режиме. Путем применения постоянного электрического поля, приложенного к зоне конденсации и охлаждения, можно оптимизировать фазовый состав, средний размер наночастиц и их температуру Кюри. Оптимизация фазового состава наблюдается при синтезе в электрическом поле напряженностью 210 кВ/м – продукт получается однофазным в отличие от полученного в отсутствие электрического поля. Как показывает анализ полученных данных, оптимальный расход воздуха для получения наночастиц феррита никеля наименьшего размера находится в пределах  $8 \times 10^{-6}$ – $11 \times 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с при расходе: Ni –  $2.8 \times 10^{-7}$  кг/с, Fe –  $4.9 \times 10^{-7}$  кг/с. В оптимальном приложенном электрическом поле (210 кА/м) минимизируется средний размер наночастиц и наблюдается максимальное значение их удельной поверхности.

Однако неоптимальное электрическое поле изменяет морфологию синтезируемых образцов в связи с изменением фазового состава частиц, что приводит к появлению “core-shell” наночастиц, форма которых приближается к сферической. Оценка толщины оболочки таких частиц дает значения 3–8 нм. Большая часть ядра таких наночастиц состоит из чистого NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Для всех синтезированных наночастиц, не изолированных специально друг от друга, результаты магнитных измерений при комнатной температуре показывают наличие петель магнитного гистерезиса. Общей характеристикой этих петель является то, что намагниченность приближается к насыщению приблизительно при 0.8 МА/м и ее значение медленно растет при дальнейшем увеличении магнитного поля (при SQUID\_измерениях в полях до 5.6 МА/м). Такое поведение наблюдается для наночастиц феррита и является результатом формирования скошенных или неупорядоченных спинов на поверхности частиц.

Намагниченность насыщения ансамблей наночастиц изменяется в основном пропорционально их фазовому составу, а не среднему размеру частиц. В оптимальном электрическом поле  $\sigma_s$  достигает своего максимального значения 58.5 А м<sup>2</sup>/кг, что превышает достигнутые ранее значения при 0.8 МА/м для наночастиц чистого феррита никеля – 50.4 А м<sup>2</sup>/кг и массивного материала – 55 А м<sup>2</sup>/кг. Специфические структурные и магнитные свойства наноферрита никеля

весьма полезны при создании ферромагнитных жидкостей, магнитных систем доставки лекарственных средств и сверхплотной записи информации и т.д. Возможность варьирования размеров частиц феррита без ущерба чистоте получаемого продукта при его левитационно-струйном синтезе открывает также широкие возможности с точки зрения использования данного материала в высокочувствительных датчиках различных потенциально опасных газов.

УДК 614.84

*Л. К. Куликова, Е. В. Карасев, Н. А. Таратанов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАГРЕВА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ ДО ВОЗГОРАНИЯ В ЦЕЛЯХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

В данной статье рассматриваются возможность применения математических методов расчета в целях судебной пожарно-технической экспертизы на примере конкретного пожара произошедшего в жилом доме, расположенного в Московской области (г. Щелково).

**Ключевые слова:** температура воспламенения, температура самовоспламенения, математические методы расчета, пожарно-техническая экспертиза.

*L. K. Kulikova, E. V. Karasev, N. A. Taratanov*

### **MATHEMATICAL EVALUATION OF THE HEATING OF SUBSTANCES AND MATERIALS TO IGNITION IN ORDER TO FIRE-TECHNICAL EXPERTISE**

This article discusses the possibility of applying mathematical methods of calculation for judicial fire-technical expertise on the example of a specific fire occurred in a residential building located in the Moscow region (Shchyolkovo).

**Keywords:** ignition temperature, self-ignition temperature, mathematical methods of calculation, fire-technical expertise.

Для преступлений, сопряженных с пожарами, характерно видоизменение или даже полное уничтожение следов и других вещественных доказательств при высокотемпературном воздействии пламени и продуктов горения. При этом материальные объекты - потенциальные носители информации об обстоятельствах происшествия - могут выгорать, пиролизироваться, деформироваться, изменять свои размеры, свойства и рабочие характеристики.

Достоверное установление комплекса фактических данных о механизме возникновения и развития горения является необходимым отправным моментом для квалификации преступления и установления виновных лиц. Выявление, проверка и включение указанных данных в систему доказательств по делу представляют собой неразрывный процесс, начинающийся с осмотра места происшествия и продолжающийся в ходе других следственных действий.

Эксперт при исследовании пожара не может выдвигать версию о возникновении пожара от нагрева, голословно, основываясь лишь на своем опыте и теоретической возможности происходящего. Он должен опираться на более фундаментальные методы и приемы установления причины возникновения, развития, распространения пожара. Отображенных в специальной научной литературе, справочниках, ГОСТах.

В первую очередь хочется отметить, что возможность возникновения пожара по определенной причине и даже факт возникновения пожара еще не означают, что пожар произошел именно по этой причине [1-2]. Возможность нельзя смешивать с действительностью!

Так согласно разъяснениям специальной литературы суд может прибегнуть к помощи специалиста в соответствующей области знаний [3]. Данная помощь необходима суду на этапах:

- оценки компетентности эксперта,
- исследования и оценки заключения эксперта при решении узкоспециальных вопросов, в том числе научной обоснованности экспертной методики и правомерности ее применения в данном конкретном случае,
- полноты исследования вещественных доказательств и других объектов с использованием принятой экспертом методики,
- полноты описания хода и результатов выполненного экспертом исследования,
- полноты и всесторонности заключения эксперта в целом для ответов на поставленные вопросы и т.д.

По результатам исследования экспертного заключения, перед специалистом (рецензентом) встает вопрос: Являются ли обоснованными и достоверными его выводы, сформулированные экспертом в заключении?

В настоящей работе показана возможность проведения расчетов количественных характеристик процессов возникновения и развития пожаров, а так же пути использования получаемых результатов для решения типовых задач пожарно-технической экспертизы.

Объектом исследования явился пожар, произошедший в жилом доме, расположенного в Московской области (г. Щелково). Экспертная версия возникновения пожара - возгорание деревянного межэтажного перекрытия от воздействия тепла, выделявшееся конструкциями дымохода отопления от газового оборудования (котел бытовой) АОГВ-17к Beretta.

Предметом данного исследования являются закономерности процесса нагрева веществ и материалов до возгорания в жилом доме.

Перед авторами стояла цель проверить, эффективность изоляции дымоходной трубы от газовой печи с температурой продуктов горения на выходе из нее равной 160 °С (согласно технической документации) проводя математические методы расчетов. На исследуемом объекте дымоход оборудован следующим образом: асбестовая труба, вокруг которой короб обшитый металлическим листом нержавеющей стали, а он в свою очередь заполнен минеральной ватой (см. рис. 1). Перед специалистом встает вопрос: возможно ли достижения температуры нагрева короба, от продуктов горения из газовой печи, до такой степени, что в последующем могло стать причиной пожара.

Хотелось бы отметить, что температуры воспламенения, самовоспламенения и тления древесины составляют 238...255 °С, 375...395 °С и 295...305 °С соответственно.

Решение такой задачи возможно математическим методом по результатам расчетов оценки нагрева веществ и материалов до возгорания. Данные расчеты делятся на три части:

1. Расчет нагрева асбестовой трубы толщиной 0,01 метр в течении 24 часов при помощи математических методов.
2. Расчет нагрева минеральной ваты толщиной 0,04 метра в течении 24 часов при помощи математических методов.
3. Расчет нагрева металлического листа нержавеющей стали толщиной 0,005 метра в течении 24 часов. при помощи математических методов.

### Пример расчета

*Часть 1. Асбестовая труба*

Принимаем что:

асбестовая труба Толщина ( $\sigma$ - 1 см – 0,01 метра)  $t_m = 160$  °С

Расчет производится для  $\tau$ -1440 мин = 24 ч

1) Средняя температура асбестовой трубы в пределах толщины стены за время нагрева рассчитывается по формуле:

$$t_m = 0,5(t_0 + t_H), \quad (1)$$

где  $t_0 = 20$  °С,  $t_H = 160$  °С,

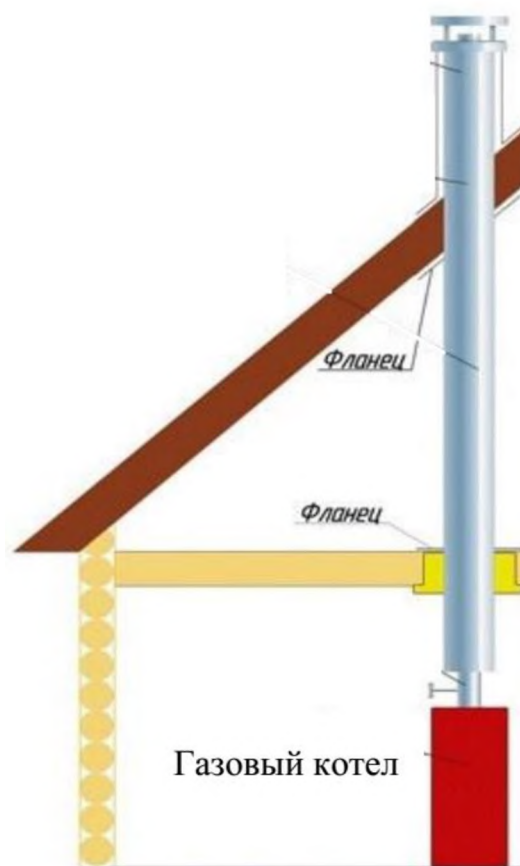


Рис. 1. Схема расположения газовой печи и отвода продуктов горения



$$t_m = 0,5(20 + 160) = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

2) Рассчитываем коэффициент температуропроводности асбестовой трубы

$$\alpha_m = \frac{3,6\lambda}{c \cdot \rho}, \quad (2)$$

где  $c$  – теплоемкость кДж/(кгК),  $\rho$  – плотность (кг/м<sup>3</sup>),  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности Вт/(мК).

$$\alpha_m = \frac{3,6 \cdot (0,157 + 18,6 \cdot 10^{-5} \cdot 90)}{1200 \cdot 0,82} = 0,000635 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

$c$  – теплоемкость кДж/(кгК),  $\rho$  – плотность (кг/м<sup>3</sup>),  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности Вт/(мК) см. приложение 11 стр. 76 [4]

3) Аргумент функции Крампа рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{\sigma}{2\sqrt{\alpha_m \tau}}, \quad (3)$$

где,  $\sigma$  – толщина материала (м),  $\tau$  – время обогрева (час)

$$A = \frac{0,01}{2\sqrt{0,000635 \cdot 24}} = 0,04.$$

По таблице 12 [4] определяем значение erf(A) и «Параметра А»

Значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное методом пропорции для асбестовой трубы приведено в табл. 1.

*Таблица 1. Значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа), полученное методом пропорции для асбестовой трубы*

Параметр А	Erf (A)
0,04	X
0,05	0,0564

X = 0,04512 значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное при помощи пропорции

4) Искомая температура на внешней стороне трубы рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{тр}} = t_n - (t_n - t_0) \text{erf}(A). \quad (4)$$

Принимаем  $t_n = 160$ ,  $t_0 = 20$  °С.

$$T_{\text{тр}} = 160 - (160 - 20) \cdot 0,04512 = 153 \text{ }^\circ\text{C}$$

*Часть 2. Минеральная вата*

1) средняя температура минеральной ваты в пределах толщины стены за время нагрева рассчитывается по формуле:

$$t_m = 0,5(t_0 + t_H) \quad (5)$$

где  $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_H = 153 \text{ }^\circ\text{C}$

$$t_m = 0,5(20 + 153) = 86,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

2) Рассчитываем коэффициент температуропроведности асбестовой трубы

$$\alpha_m = \frac{3,6\lambda}{C \cdot \rho} \quad (6)$$

где  $C$  – теплоемкость кДж/(кгК),  $\rho$  – плотность (кг/м<sup>3</sup>),  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности Вт/(мК).

$$\alpha_m = \frac{3,6 \cdot (0,052 + 64,0 \cdot 10^{-5} \cdot 86,5)}{240} = 0,00161 \text{ м}^2/\text{ч}$$

$C$  – теплоемкость кДж/(кгК),  $\rho$  – плотность (кг/м<sup>3</sup>),  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности Вт/(мК) см. приложение 11 стр 76 [4].

3) Аргумент функции Крампа рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{\sigma}{2\sqrt{\alpha_m \tau}} \quad (7)$$

где,  $\sigma$  – толщина материала (м),  $\tau$  – время обогрева (час).

Для того что бы найти -  $\sigma$  – (толщину материала) необходимо произвести расчеты и мы получим от края трубы до стенки короба расстояние в 4 см – 0,04 метра.

$$A = \frac{0,04}{2\sqrt{0,00162 \cdot 24}} = 0,1017$$

По таблице 12 [4] определяем значение erf(A) и «Параметра А».

Значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное методом линейной интерполяции для минеральной ваты приведено в табл. 2.

**Таблица 2. Значение Гауссова интеграла ошибок (функция крампа), полученное методом линейной интерполяции для минеральной ваты**

Параметр А	Erf (А)
0,1	0,1125
0,1017	X
0,15	0,1685

X= 0,1144 значение Гауссова интеграла ошибок (функция крампа) полученное методом линейной интерполяции для минеральной ваты.

4) Искомая температура на внешней стороне слоя минеральной ваты рассчитывается по формуле:

$$T_B = t_H - (t_H - t_0) \text{erf}(A) \quad (8)$$

Принимаем  $t_H = 153$ ,  $t_0 = 20$  °С.

$$T_B = 153 - (153 - 20) \cdot 0,1144 = 137 \text{ °С}$$

*Часть 3. Металлический короб*

1) средняя температура стали нержавеющей в пределах толщины листа металла за время нагрева рассчитывается по формуле:

$$t_m = 0,5(t_0 + t_H), \quad (9)$$

где  $t_0 = 20$  °С,  $t_H = 137$  °С,  $t_m = 0,5(20+137) = 78,5$  °С.

2) Рассчитываем коэффициент температуропроводности асбестовой трубы по формуле:

$$\alpha_m = \frac{3,6\lambda}{C \cdot \rho}, \quad (10)$$

где  $C$  – теплоемкость кДж/(кгК),  $\rho$  – плотность (кг/м<sup>3</sup>),  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности Вт/(мК).

$$\alpha_m = \frac{3,6 \cdot (14,5 + 0,016 \cdot 78,5)}{\frac{505 + 0,19 \cdot 78,5}{1000} \cdot 8000} = 0,0136 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

$C$  – теплоемкость кДж/(кгК),  $\rho$  – плотность (кг/м<sup>3</sup>),  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности Вт/(мК) см. приложение 11 стр 76

3) Находим аргумент функции Крампа

$$A = \frac{\sigma}{2\sqrt{\alpha_m \tau}}, \quad (11)$$

где,  $\sigma$  – толщина материала (м),  $\tau$  – время обогрева (час)

Для того, что бы найти -  $\sigma$  – (толщину материала) необходимо перевести 0,5 мм = 0,0005 метра.

$$A = \frac{0,0005}{2\sqrt{0,0136 \cdot 24}} = 0,00043.$$

По таблице 12 [4] определяем значение  $\text{erf}(A)$  и «Параметра  $A$ »

Значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампа) полученное методом пропорции для металлического листа из нержавеющей стали приведено в табл. 3.

*Таблица 3. Значение Гауссова интеграла ошибок (функция крампя), полученное методом пропорции для металлического листа из нержавеющей стали*

Параметр А	Erf (А)
0,00043	X
0,05	0,0564

X= 0,000048 значение Гауссова интеграла ошибок (функция Крампя) полученное методом пропорции для металлического листа из нержавеющей стали.

4) Искомая температура на внешней стороне металлического короба рассчитывается по формуле:

$$T_k = t_n - (t_n - t_0) \operatorname{erf}(A) \quad (12)$$

принимая  $t_n = 78,5$ ,  $t_0 = 20$  °С.

$$T_k = 78,5 - (78,5 - 20) 0,000048 = 78,5$$
 °С

Искомая температура на внешнем слое короба через 24 часа работы исправного газового оборудования составит 78 °С, что не является температурой возгорания перекрытия выполненного из древесины.

### **Заключение**

В данной работе было исследовано применение математических методов в пожарно-технической экспертизе. Как показал произведенный теплофизический расчет на основании [4-5]: температура на внешнем слое металлического короба через 24 часа работы исправного газового оборудования составит 78 °С, что в несколько раз меньше температуры воспламенения древесины.

Следовательно, выводы эксперта о «возгорании деревянного межэтажного перекрытия от воздействия тепла, выделяющегося конструкциями дымохода отопления» будут бездоказательны, не обоснованы и не достоверны.

Использование данных математических методов расчетов экспертами при подготовке экспертных заключений будет способствовать повышению объективности достоверности и научности выводов эксперта, что в свою очередь, усилит доказательственное значение заключение эксперта в целом.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров (Общие положения методики и основы пожарно-технической экспертизы). – М.: Стройиздат, 1966.
2. Зернов С.И., Павлов Е.Ю. Первоначальные действия по факту пожара: Учебно-практическое пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005/

3. *Россинская Е.Р., Галяшина Е.И.* Настольная книга судьи: судебная экспертиза. - «Прспект», 2011.

4. *Зернов С.И.* Расчетные оценки при решении задач пожарно-технической экспертизы: Учебное пособие. М.: ВНКЦ МВД СССР, 1992.

5. *Зернов С.И.* Техничко-криминалистическое обеспечение расследования преступлений, сопряженных с пожарами. - М.: ЭКЦ МВД РФ, 1996.

УДК 614.841.48

*А. И. Маннанов, Е. И. Алчинов, И. А. Хайретдинов, С. А. Имамутдинов*  
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ПЛОЩАДИ РАЗЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Разливы нефти и нефтепродуктов во время аварий, происходящие на территории объектов добычи и переработки нефти, а также при транспортировке, очень негативно влияют экологию окружающей среды и причиняют огромный ущерб экономического и социального характера.

**Ключевые слова:** нефть, пожар, разлив, компьютерное моделирование, Flow Vision.

*A. I. Mannanov, E. I. Alchinov, I. A. Khayretdinov, S. A. Imamutdinov*

## **THE STUDY AND IMPROVEMENT OF THE METHOD OF CALCULATING THE AREA OF OIL SPILL AND PETROLEUM PRODUCTS**

Oil and oil product spills during accidents occurring in the territory of oil production and processing facilities, as well as during transportation, have a very negative impact on the environment and cause huge damage to the economic and social character.

**Keywords:** oil, fire, spill, computer modeling, Flow Vision.

Актуальность проблемы обосновывается, тем, что в России, не считая других стран, каждый год происходят несколько тысяч официально зарегистрированных чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся крупными разливами нефти, что является серьезной проблемой, требующей решения [8].

Значительное воздействие негативного характера возникает при аварии трубопровода: происходит большой выброс химически опасных и пожаровзрывоопасных веществ, которые находятся под давлением, и приводящие к чрезвычайной техногенной ситуации, что затрагивает не только экологию окружающей среды, но и наносят вред здоровью и жизни человека. Опасностью пожаров разлива нефти является возможность жидкости растекаться на немаленькие

площади с большой скоростью распространения пламени по поверхности разлива нефтепродукта. Пожар при разливе нефтепродукта это пожар с трудным процессом развития, требуется значительное количество огнетушащих веществ, сил личного состава подразделений, которые принимают непосредственное участие во время ликвидаций аварий этого типа. Пожары такого типа обычно носят затяжной характер [3, 9].

В мире применяется множество методик и способов определения наиболее вероятных площадей разлива во время аварий разливов нефтепродуктов, но в этих методиках не учитываются разные характеристики поверхности, свойства жидкости, и они имеют достоверного единого подхода. Использование программных комплексов при расчете площади разлива позволяет изучить более детально проблему прогнозирования последствий происходящих аварий разлива с учетом внешних факторов, которые оказывают влияние на площадь разлива и пожарную опасность [1, 6].

Статистический анализ данных Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, рассмотренные данные по пожарам, взрывам и выбросам веществ в атмосферу на объектах нефтегазовой индустрии за 2012-2016 гг. показали, что количество ежегодных аварийных ситуаций за данный период растет. Эти данные по количеству аварий на объектах нефтегазовой отрасли за 2012-2016 гг. представлены в табл. 1.

*Таблица 1. Данные по количеству аварий на объектах нефтегазовой отрасли*

Сценарий аварийной ситуации	Количество аварий										Количество аварий за весь период	
	2012 г.		2013г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.			
		%		%		%		%		%		%
Взрывы ПВС	5	23	5	39	6	46	9	56	16	80	41	49
Пожары разлива	14	64	6	46	5	39	4	25	1	5	30	36
Аварийный выход вещества без воспламенения	3	13	2	15	2	15	3	19	3	15	13	15

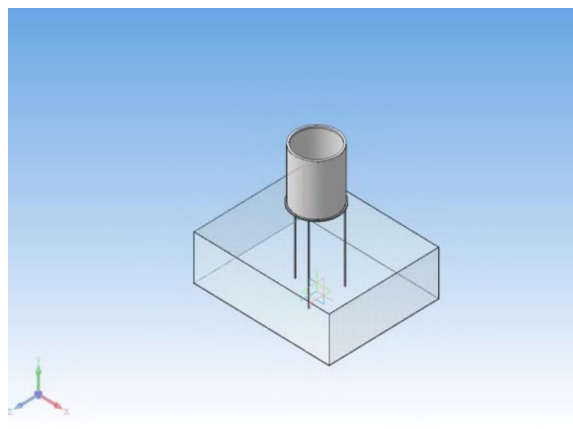
Площадь разлива является составляющим параметром при оценке пожарной опасности технологической системы, и, конечно для расчета пожарных рисков [10].

Для оценки возможных исходов разлива нефти учитываются факторы, которые влияют непосредственно на увеличение площади разлива нефти во время разгерметизации технологической установки [5]:

- расход нефтепродукта из установки;

- длительность течения нефтепродукта;
- параметрические данные нефтепродукта - её плотность, вязкость, скорость испарения;
- свойства используемой поверхности, он же, коэффициент фильтрации [2].

Для проведения экспериментов по разливу нефтепродукта была собрана модель, состоящая из емкости под поверхность для разлива, выполненной из органического стекла [4]. Стыки стекла были склеены дихлорэтаном. Емкости под исследуемую жидкость, установленную на стойке на расстоянии 15 см от поверхности грунта. Модель лабораторной установке представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Трехмерная модель стойки

Под исследуемую поверхность разлива нефтепродукта взяли: органическое стекло, песок, гравий, асфальтовая крошка.

Для каждой отдельной поверхности и исследуемой жидкости решили проводить серию опытов, включающих не менее 4 опытов при различных объемах разливаемого продукта.

Свойства поверхностей и свойства жидкостей представлены в табл. 2 и 3, соответственно.

*Таблица 2. Свойства поверхностей, используемых в эксперименте*

Свойства поверхности	Стекло	Гравий	Песок	Асфальт крошка
Плотность грунта, кг/м <sup>3</sup>	3000	1750	2100	1500

*Таблица 3. Свойства модельных жидкостей, используемых в эксперименте*

Свойства жидкости	Нефть №1	Нефть №2	Нефть №3	Масло моторное	Вода
Плотность, [кг/м <sup>3</sup> ]	635	745	845	975	1000
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с	$3,25 \times 10^{-6}$	$4,5 \times 10^{-6}$	$6,49 \times 10^{-6}$	$7,5 \times 10^{-6}$	$1004 \times 10^{-6}$

Смоделированная модель обеспечивала:

- герметичность удерживающего внутри нее продукта;
- равномерный разлив жидкости от начала истечения до ее остановки;

Геометрические размеры емкости для нефтепродукта и под поверхность грунта приведены ниже:

Радиус модели емкости под жидкость  $r = 7,5$  см, высота  $h = 17$  см.

Размеры модели емкости под грунт  $a=48$  см,  $b=39$  см,  $c=15$  см

Объем модели резервуара:

$$V = \pi r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 7,5^2 \cdot 17 = 3002 \text{ см}^3, \quad (1)$$

где  $r$  – радиус модели резервуара, см.

Объем емкости под грунт:

$$V = a \cdot b \cdot c = 48 \cdot 39 \cdot 15 = 28080 \text{ см}^3, \quad (2)$$

где  $a$  – длина,  $b$  – ширина,  $c$  – высота

$V$  – объём емкости;

Емкость под жидкость заполняем нефтепродуктом на 1/3 от объема.

Объем жидкости выбирали исходя из того, что давление столба жидкости, меняется с истечением определенного объема каждой исследуемой жидкости разной плотности. Это значит, что время истечения меняется, а это в свою очередь влияет на площадь разлива нефти.

Диаметр отверстия равен 4 мм. Разлив нефтепродукта происходит при атмосферном давлении, что будет означать, что относительно времени истечения на площадь разлива для жидкости будет действовать три параметра: плотность, вязкость, давление столба жидкости.

Результаты полученных значений разлива для четырех жидкостей по исследуемым характеристикам представлены в табл. 4.

*Таблица 4. Данные, полученные путем экспериментов, масса жидкости от плотности и объема нефтепродукта*

Масса жидкости $m$ , кг				
Объем, $\text{м}^3$	Нефть №1 $635 \text{ кг/м}^3$	Нефть №2 $745 \text{ кг/м}^3$	Нефть №3 $845 \text{ кг/м}^3$	Моторное масло $975 \text{ кг/м}^3$
0,25	158,75	186,25	211,25	243,75
0,5	317,5	372,5	422,5	487,5
0,75	476,25	558,75	633,75	731,25
1	635	745	845	975

По данным из табл. 4 следует, что масса жидкости меняется по мере истечения нефтепродукта, так как замеры проводились во время истечения жидкости, можно рассмотреть зависимость давления каждого вида нефтепродукта при каждом объеме и построить зависимость для времени истечения от давле-



ния, и от объема. Время истечения непосредственно влияет на площадь разлива [7]. Далее находим давление на дно емкости по формуле при определенном объеме от плотности. Результат заносим в табл. 6.

*Таблица 5. Сила тяжести на нефтепродукт от объема, и вида нефтепродукта*

Сила тяжести, кг×м/с <sup>2</sup>				
Объем	Нефть №1 635 кг/м <sup>3</sup>	Нефть №2 745 кг/м <sup>3</sup>	Нефть №3 845 кг/м <sup>3</sup>	Моторное масло 975 кг/м <sup>3</sup>
0,25	1587,5	1862,5	2112,5	2437,5
0,5	3175	3725	4225	4875
0,75	4762,5	5587,5	6337,5	7312,5
1	6350	7450	8450	9750

*Таблица 6. Давление столба от объема во время истечения жидкости*

Давление столба жидкости от объема, Па					
Объем, л	Высота, м	Плотность, кг/м <sup>3</sup>			
		Нефть №1 635 кг/м <sup>3</sup>	Нефть №2 745 кг/м <sup>3</sup>	Нефть №3 845 кг/м <sup>3</sup>	Моторное масло 975 кг/м <sup>3</sup>
1	0,06	381	447	507	585
0,75	0,045	285,75	335,25	380,25	438,75
0,5	0,03	190,5	223,5	253,5	292,5
0,25	0,015	95,25	111,75	126,75	146,25

Как видно из табл. 6 максимальное давление для моторного масла объемом 1 л будет 585 Па, минимальное давление будет 146,25 Па. Для нефти плотностью 615 кг/м<sup>3</sup> максимальное давление будет 381 Па, минимальное 95,25 Па.

Результаты, полученные в ходе компьютерного моделирования при помощи программного комплекса Flow Vision, представим в табл. 7 – 9.

*Таблица 7. Площадь разлива нефтепродукта от объема*

S разлива по поверхности песка, м <sup>2</sup>				
Объем	Плотность			
	Нефть №1	Нефть №2	Нефть №3	Моторное масло
1	0,036	0,039	0,044	0,047
0,75	0,029	0,031	0,037	0,042
0,5	0,019	0,02	0,018	0,025
0,25	0,013	0,011	0,012	0,014

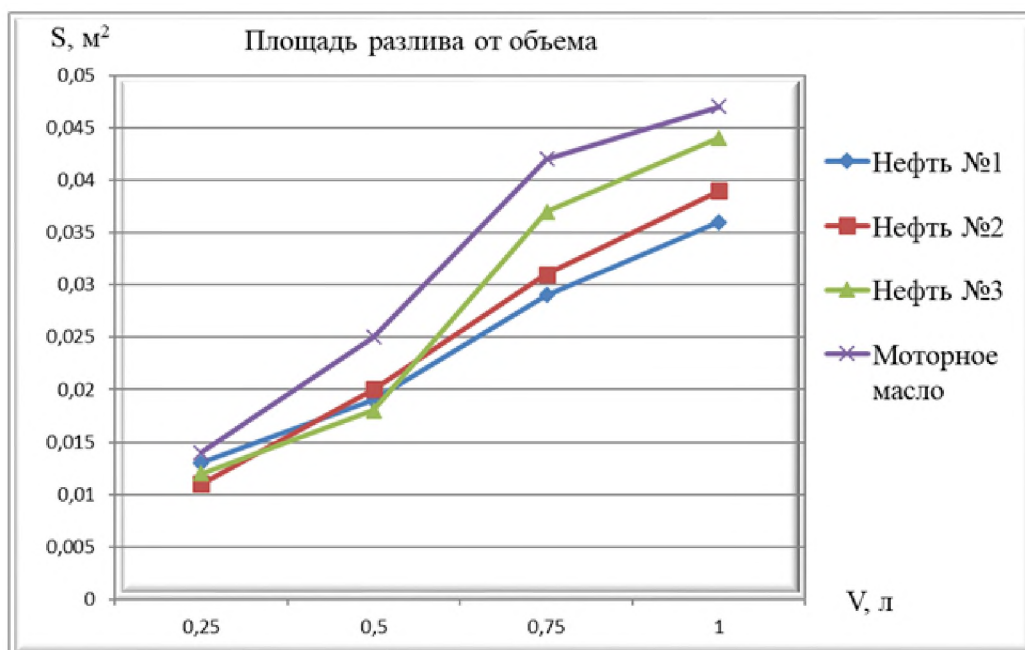
*Таблица 8. Площадь разлива нефтепродукта от объема*

<b>S разлива по поверхности гравия, м<sup>2</sup></b>				
<b>Объем</b>	<b>Плотность</b>			
	<b>Нефть №1</b>	<b>Нефть №2</b>	<b>Нефть №2</b>	<b>Моторное масло</b>
1	0,029	0,031	0,035	0,039
0,75	0,021	0,025	0,024	0,03
0,5	0,014	0,016	0,015	0,02
0,25	0,008	0,009	0,009	0,009

*Таблица 9. Площадь разлива нефтепродукта от объема*

<b>S разлива по поверхности асфальтовой крошки, м<sup>2</sup></b>				
<b>Объем</b>	<b>Плотность</b>			
	<b>Нефть №1</b>	<b>Нефть №2</b>	<b>Нефть №2</b>	<b>Моторное масло</b>
1	0,028	0,033	0,032	0,036
0,75	0,023	0,025	0,024	0,029
0,5	0,012	0,016	0,017	0,017
0,25	0,006	0,008	0,01	0,008

По данным табл. 7 – 9 следует, что площадь разлива влияет от объема нефтепродукта во время истечения. По результатам также можно построить зависимости площади разлива от объема для каждого вида нефтепродукта. Зависимости покажем на рис. 2 – 4.



**Рис. 2.** Зависимость площади разлива от объема для песка



Рис. 3. Зависимость площади разлива от объема для гравия

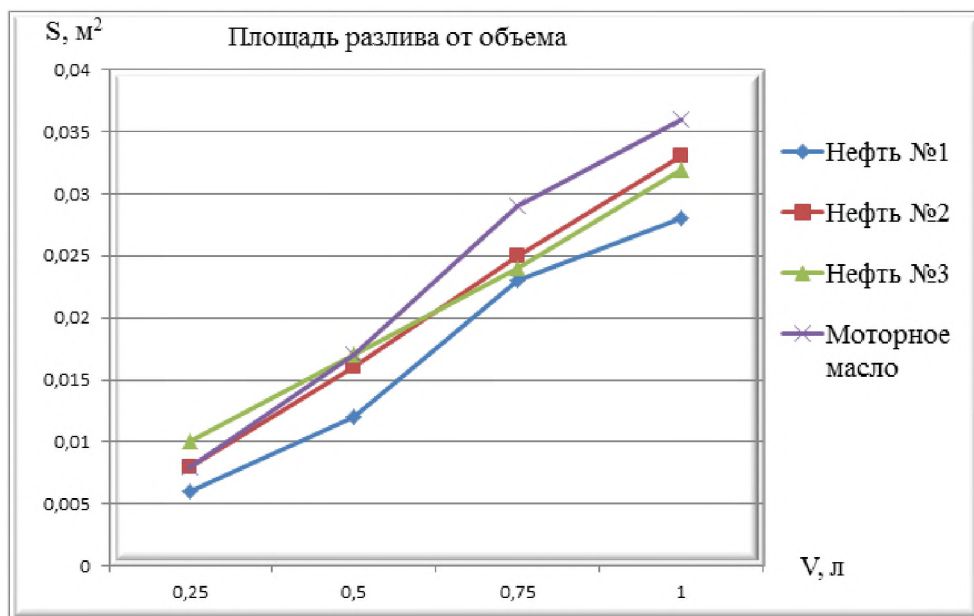


Рис. 4. Зависимость площади разлива от объема для гравия

## ВЫВОДЫ

1. Проанализировав статистику аварий, связанных с разливом нефти можно сделать вывод что, разлив нефтепродукта оказывает крайне негативное влияние на окружающую среду и человека. Основными сценариями развития разгерметизации технологических трубопроводов является пожар пролива, и взрыв паровоздушной смеси.

2. Натурные испытания по определению площади разлива нефти и нефтепродукта были проведены для поверхностей (песок, гравий, асфальтовая крошка и стекло). Используются нефть №1, №2, №3 и моторное масло плотностью  $635 \text{ кг/м}^3$ ,  $745 \text{ кг/м}^3$ ,  $845 \text{ кг/м}^3$ ,  $975 \text{ кг/м}^3$  соответственно. Построенные зависимости показывают, что на площадь разлива непосредственно влияют плотность, время истечения, давление столба жидкости.

Проведенные эксперименты позволили выявить, что наиболее важный показатель, влияющий на площадь разлива от объема вытекшей нефти, является давление. Зависимость давления столба жидкости от объема показывает, что при уменьшении объема давление жидкости уменьшается. При уменьшении давления, а в течении определенных объемов время истечения нефтепродукта увеличивается. Зависимость давления от объема напрямую влияет на площадь разлива путем уменьшения времени истечения.

3. С применением Компас 3D и FlowVision была построена трехмерная модель лабораторной установки. С помощью программы Flowvision были заданы начальные характеристики. Полученные результаты подтверждают натурные эксперименты. По итогам моделирования построены графические зависимости по площади разлива нефти в зависимости от объема истечения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Габбасова А.И.* Решение пожарно-тактических задач с использованием компьютерных тренажерных систем/ А.И. Габбасова, О.И. Передерей, А.А. Шарафутдинов// Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф. / УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 209-210.

2. *Кабирова Э.Р.* Автоматизация системы обучения персонала пожарнотехническому минимуму и основам безопасности производства на объектах нефтепереработки/ Э.Р. Кабирова, Д.С. Кормакова, А.А. Шарафутдинов// Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 206-208.

3. *Устюжанина А.Ю.* Разработка и создание веб-приложения по моделированию чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса/ А.Ю. Устюжанина, А.А. Галкина, Д.С. Фукалов, А.А. Шарафутдинов, И.А. Хайретдинов, И.Ф. Хафизов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2017. - № 1 (107). - С. 210-218.

4. *Хасанова А.Ф.* Применение тренажерных систем для оптимизации действий персонала при возникновении пожара на нефтеперерабатывающих объектах/ А.Ф.Хасанова, В.С. Проскура, А.А. Шарафутдинов/ Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 210-212.

5. *Хафизов И.Ф.* Модель обучаемого в имитационных тренажерных комплексах для обучения оперативного персонала объектов нефтегазового сектора/ И.Ф. Хафизов, А.А. Кудрявцев, Д.И. Шевченко, А.А. Шарафутдинов// Современные технологии в нефтегазовом деле: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2016. - С. 369-374.

6. *Шайхуллина М.М.* Внедрение автоматизированных систем управления и систем поддержки принятия решений в деятельности службы связи пожарной охраны/ М.М. Шайхуллина, А.А.Шарафутдинов // Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 208-209.

7. *Шарафутдинов А.А.* Подготовка личного состава пожарной охраны с помощью ситуационных тренингов/ А.А. Шарафутдинов, И.Ф. Хафизов, А.А. Кудрявцев, В.С. Зубов// Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2015. № 4. С. 131-136.

8. *Шарафутдинов А.А.* Применение автоматизированной системы связи и оперативного управления подразделениями пожарной охраны государственной противопожарной службы при тушении крупных пожаров/ А.А. Шарафутдинов, Ф.Ш. Хафизов, А.А. Кудрявцев, Р.Р. Каримов// Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. - 2015. - № 1. - С. 345-363.

9. *Шарафутдинов А.А.* Применение учебно-тренировочного комплекса для оптимизации действий персонала при возникновении пожара/ А.А. Шарафутдинов, А.Ф. Хасанова// Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. - 2015. Т. 2. - № 1 (4). - С. 319-323.

10. *Шарафутдинов А.А.* Разработка тренингов для тренажерного комплекса по обучению диспетчерского состава пожарной охраны/ А.А. Шарафутдинов, И.Ф. Хафизов, Л.А. Рамазанова// Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2015. - № 5. - С. 136-141.

УДК 614.536

*Э. Э. Маркман, Д. Г. Снегирев*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **СПОСОБЫ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В ТКАНЯХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Рассмотрено влияние структуры текстильного материала на процессы переноса тепла в текстильных материалах. Описано влияние структуры текстильной ткани на её теплопроводность.

**Ключевые слова:** защитная одежда, теплообмен, способы переноса тепла, теплоизолирующие свойства, теплообмен, термостойкость, огнестойкость, теплопроводность.

*E. E. Markman, D. G. Snegirev*

## **METHODS OF HEAT TRANSFER IN TISSUES SPECIAL PURPOSE**

The influence of the structure of a textile material on heat transfer processes in textile materials is considered. The influence of the structure of textile fabric on its thermal conductivity is described.

**Keywords:** protective clothing, heat transfer, heat transfer methods, heat-insulating properties, heat exchange, heat resistance, fire resistance, thermal conductivity.

Одежда специального назначения, используемая в качестве защитной при ликвидации чрезвычайных ситуаций, рассчитана на её использования в различных климатических условиях. При этом необходимо учитывать на неё продолжительное тепловое воздействие, воздействие влаги и открытого пламени.

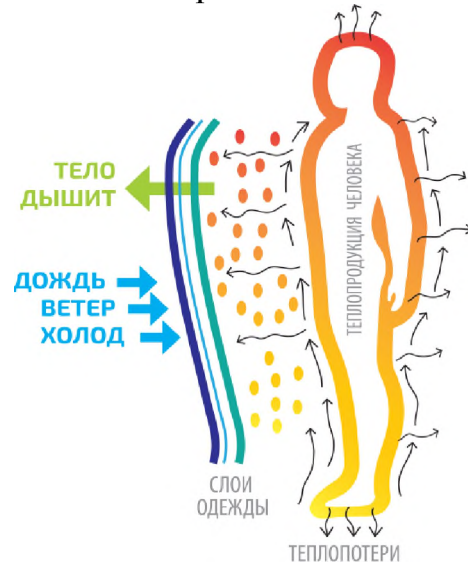
При разработке такой одежды необходимо учитывать различные теплофизические свойства текстильных материалов, имеющих низкую теплопроводность и способных в течении продолжительного периода сохранять термо- и огнестойкость. Текстильная ткань должна обеспечивать теплообмен между окружающей средой и телом спасателя таким образом, чтобы температура в под одежном пространстве не превышала температуры, позволяющей проводить спасательные операции по ликвидации чрезвычайных ситуаций без нарушений теплового баланса в организме человека (рис. 1). В противном случае происходит повышение температуры тела и его перегреву, что неминуемо приведет к гипертермии [1].

Текстильные ткани обладают развитой поверхностью, имеют пористую структуру, состоящую из твердого волокнистого материала и пор. Образовавшиеся при ткачестве открытые поры между нитями, волокнами и замкнутые поры в структуре волокна заполнены воздухом. Текстильные ткани, являясь капиллярно-пористыми материалами, имеют относительно небольшую площадь соприкосновения между конкретными волокнами ткани.

Существует несколько способов переноса тепла при тепловом воздействии на текстильные материалы.

Первый способ переноса теплоты осуществляется за счет теплопроводности текстильной ткани. Он заключается в переносе теплоты в текстильных волокнах, неподвижной жидкой или газовой фазой между участками с различной температурой. При этом способе теплообмен осуществляется за счет теплового движения частиц и энергетическом взаимодействии между ними.

Следующим способом является конвекция, сущность которого заключается в переносе тепла в жидкой или газообразной фазе за счет движения частиц.



**Рис. 1.** Схема теплообмена между телом спасателя и окружающей средой

Перенос тепла в текстильной ткани за счет теплового излучения, является третьим способом, сущность которого заключается в переносе его в виде электромагнитных волн. Преобладание одного из способов переноса тепла определяется пористой структурой текстильного материала. Повышение пористости материала приводит к увеличению значения механизма конвекции при теплообмене, в следствии заполнения воздухом пор.

Результаты исследований показывают, что теплопроводность волокна оказывает незначительное воздействие на теплопроводность капиллярно-пористого текстильного материала.

Интенсивность теплопроводности текстильных материалов оценивается коэффициентом теплопроводности и измеряется в Вт/(м·К). Этот показатель является условным, поскольку перенос тепла осуществляется одновременно всеми способами. Коэффициент теплопроводности для одёжных тканей составляет от 0,033 до 0,07 Вт/(м·К).

В тонких текстильных материалах с плотной структурой основным способом переноса тепла является теплопроводность воздуха. Увеличение пористости текстильных тканей приводит к уменьшению их теплопроводности. Это объясняется тем, что теплопроводность воздуха меньше теплопроводности волокон (для хлопка  $K = 0,05$  Вт/(м·К), для воздуха  $K = 0,02$  Вт/(м·К)). При этом увеличивается влияние конвекции [2].

Большое влияние на теплопроводность текстильного материала оказывает влага конденсирующаяся в порах ткани. Увеличение влажности текстильной ткани уменьшает её теплозащитные свойства, так как коэффициент теплопроводности воды, больше чем у воздуха (для воды  $K = 0,06$  Вт/(м·К)).

Поглощаемая телом спасателя лучистая энергия, вызванная тепловым излучением нагретого тела, переходит в тепловую энергию. Для хлопковых тканей плотной структуры теплоперенос лучистой энергии составляет примерно 0,15 %. Диаметр волокна ткани больше длины волны теплового излучения, что позволяет им не пропускать тепловые лучи. Кроме этого, проявляется эффект рассеивания излучения волокнами ткани. Теплоперенос излучением непосредственно зависит от плотности текстильной ткани, а также диаметра волокон, составляющих её [3].

Из выше сказанного следует, что при разработке защитной одежды спасателей необходимо учитывать все способы переноса тепла: за счет теплопроводности текстильной ткани, конвекции в жидкой и газообразной фазе, а также теплового излучения. Необходимо учитывать такие показатели ткани, как теплопроводность, способность её поглощать теплоту (теплоёмкость), а так же способность сохранять свои эксплуатационные свойства: термо- и теплостойкость.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. Li Y., Luo Z. An Improved Mathematical Simulation of the Coupled Diffusion of Moisture and Heat in Wool Fabric I I Textile Research Journal. 1999. Vol. 69. № 10. P. 760-768.

3. Li Y, Holcombe B. V. Mathematical Simulation of Heat and Moisture Transfer in a Human-Clothing-Environment System // Textile Research Journal. 1999. Vol. 68. № 6. P. 389 -397.

УДК 614.84

*И. М. Мартынов*<sup>\*</sup>, *А. А. Воронцова*<sup>\*\*</sup>, *Н. А. Таратанов*<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

<sup>\*\*</sup> ФГБУ СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория по Ивановской области»

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИПСА МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

В данной статье рассматриваются основные физико-химические свойства неорганических материала на основе гипса, а так же инфракрасная спектроскопия гипса.

**Ключевые слова:** инфракрасная спектроскопия, гипс, инфракрасный спектр.

*I. M. Martynov, A. A. Vorontsova, N. A. Taratanov*

## STUDY OF THE GYPSUM BY THE METHOD OF INFRARED SPECTROSCOPY

In this article the main physicochemical properties of inorganic material based on gypsum, as well as infrared spectroscopy of gypsum are considered.

**Keywords:** infrared spectroscopy, gypsum, infrared spectr.

Наибольшее применение из всех гипсовяжущих материалов имеет строительный гипс. Он имеет частое применение для отделочных и штукатурных работ, а так же для изготовления перегородочных панелей, плит и гипсовых обшивочных листов, звукопоглощающих плит. Высокопрочный гипс применяют для получения гипсобетона, а так же строительных и других изделий, когда необходимо вяжущее вещество, которое быстро схватывается, твердеет и обладает повышенной механической прочностью. Получают высокопрочный гипс методом обработки гипсового камня первого сорта. Высокообжиговый гипс является продуктом обжига гипса или ангидрита при температуре около 900 °С с последующим помолом обожженного материала. Для облицовки зданий применяются плотные разновидности гипса. Так как гипс растворяется в воде и об-



ладает низкой твердостью, его используют только для внутренней облицовки зданий. Но особенностью гипса является то, что растворимость в воде при повышении температуры достигшей 37-40 °С довольно быстро пропадает. Гипс встречается в двух модификациях: ангидрит – безводная соль и двугидрат – двухводная соль. Реже всего встречается ангидрит и часто совместно с двугидритом. Гипс является мягким материалом. Изделия из высокопрочного гипса обладают высокой морозостойкостью и водостойкостью. Гипс в чистом виде является негорючим и огнеупорным материалом. Когда в гипс добавляют какие-либо другие материалы, он теряет свою огнеупорность. Также когда в гипс добавляют какие-либо другие материалы, он теряет свою огнеупорность. Гипс применяется везде, где нужно повысить огнеупорность строительных конструкций. В некоторых случаях гипс кристаллизуется в рыхлых песчаных массах, в своей среде он содержит множество песчинок, которые отчетливо видны на плоскостях спайности крупных кристаллических индивидов.

Гипс является осадочной горной породой, которая состоит из гипса и различных примесей, такие как ангидрит, целестин, сера, железо и др. Гипс может быть как первичным, так и вторичным. Первичный – образовавшийся путем химического осаждения в соленых бассейнах на начальной стадии галогенеза. Вторичный возникает при гидратации ангидрита в поверхностной зоне. Применяют для выпуска специальных цементов, для производства облицовочных плит при внутренней отделке зданий, а так же для производства известково – гипсовых штукатурных растворов для внутренних стен зданий [1- 3].

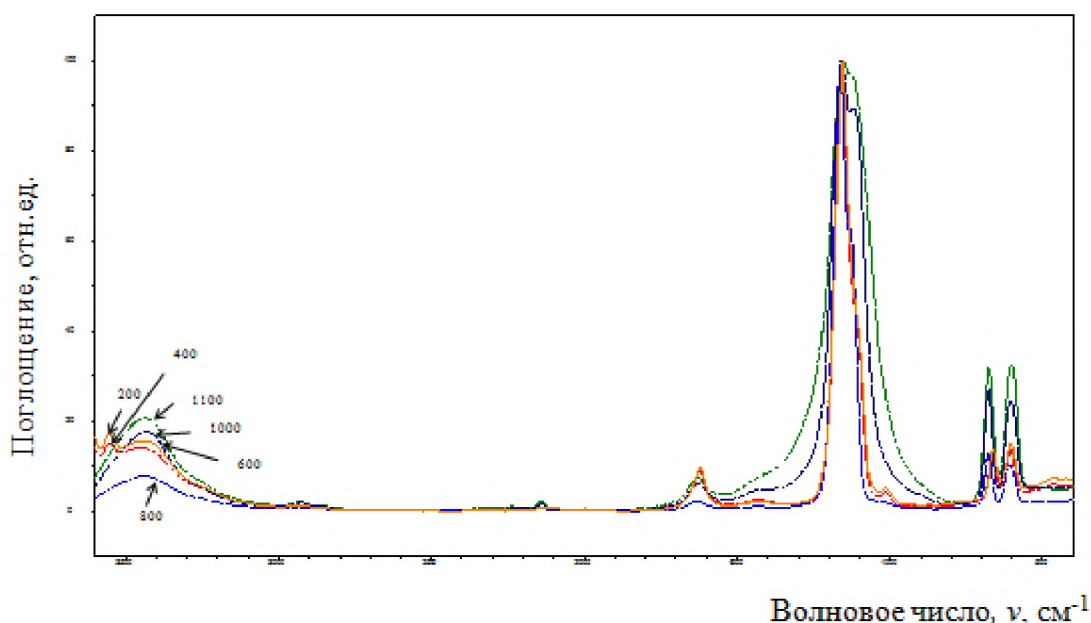


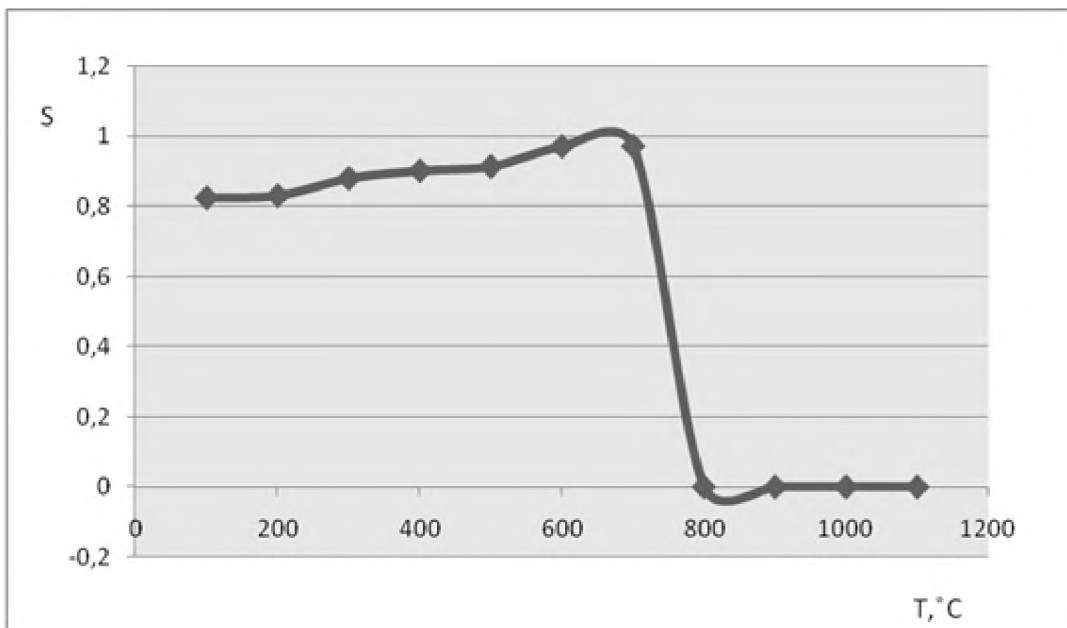
Рис. 1. Инфракрасные спектры на основе гипса

При исследовании инфракрасных спектров, связующих на основе гипса происходит изменения в компонентном и фазовом составе гипса при его нагревании, при этом прослеживается поинфракрасным спектром это более четко. Для дигидрата в инфракрасных спектрах характеры полосы поглощения 604-, 670-, 3560  $\text{см}^{-1}$ , в полугидратах происходит изменение полосы 670  $\text{см}^{-1}$  на полосу 676  $\text{см}^{-1}$ , происходит появление рядом с полосой 3560  $\text{см}^{-1}$  полосы 3610  $\text{см}^{-1}$  и полосы 1020  $\text{см}^{-1}$ . Так же видно отсутствие в спектрах ангидритов полос 3610 и 3560  $\text{см}^{-1}$  и происходит появление дуплетов 596 и 612  $\text{см}^{-1}$  вместо полосы 604  $\text{см}^{-1}$ .

Для сравнения были выбраны полосы поглощения 596  $\text{см}^{-1}$ , 604  $\text{см}^{-1}$ , 612  $\text{см}^{-1}$ , 670  $\text{см}^{-1}$  которые присутствуют, как минимум, в виде плеча во многих рассмотренных спектрах и относящуюся к карбонату кальция. Для гипса был выбран спектральный критерий  $S=(D_{612}+D_{596}-D_{604})/ D_{670}$ .

*Таблица 1. Спектральный критерий (S) гипса*

Температура образца (Т), °С	100	200	300	400	500	600
Спектральный критерий (S)	0,856	1,845	2,004	2,509	0,867	0,883
Температура образца (Т), °С	700	800	900	1000	1100	
Спектральный критерий (S)	0,894	0	0	0	0	



**Рис. 2.** Зависимость спектрального критерия (S) от температуры (Т)  
( $S=(D_{612}+D_{596}-D_{604})/ D_{670}$ )

По градуировочной кривой видно, что до температуры около 400 °С наблюдается прямо пропорциональная зависимость спектрального критерия от температуры, что позволяет судить о том, что при повышении температуры происходит повышение спектрального критерия. После наступления температуры выше 700 °С спектральный критерий становится равным нулю, что свидетельствует о том, что данный критерий не высчитывается после наступления температуры выше 700 °С. Следовательно, не представляется возможным высчитать тепловому воздействию с какой температурой был подвержен данный строительный материал, но можно судить о том, что температура была выше 700 °С [1].

Спектры снимались на ИК - Фурье-спектрометре [1, 4, 5].

Полученные результаты представляют практический интерес для пожарно-технических специалистов для целей установления очаговой зоны пожара. Спектральными данными гипса, подвергшегося температурному воздействию, была дополнена база данных Испытательной пожарной лаборатории по Ивановской области [6].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Андреева Е.Д., Чешко И.Д.* Применение ИК-спектроскопии при исследовании объектов, изъятых с места пожара: Методическое пособие. М.:ВНИИПО, 2010. – 91 с.
2. *Грушевский Б.В., Котов Н.Л., Сидорук В.И., Токарев В.Г., Шурип Е.Т.* Пожарная профилактика в строительстве. – М.: Стройиздат, 1989. – 368 с.
3. *Воробьев В.А.* Строительные материалы. – М.: Высшая школа, 1979. – 382 с.
4. *Тарасевич Б.Н.* Основы ИК спектроскопии с преобразованием Фурье. Подготовка проб в ИК спектроскопии. М.: МГУ, 2012. — 22 с.
5. *Зинюк Р.Ю., Бальков А.Г., Гавриленко И.Б., Шевяков А.М.* ИК-спектроскопия в неорганической технологии. – Л.: Химия, 1983. – 160 с.
6. *Мартынов И.М., Воронцова А. А., Таратанов Н.А.* Исследование неорганических соединений методом ИК-спектроскопии // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 29–30 ноября 2017 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 108-111.

УДК 614.84

*И. М. Мартынов*<sup>\*</sup>, *А. А. Воронцова*<sup>\*\*</sup>, *Н. А. Таратанов*<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

<sup>\*\*</sup>ФГБУ СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»

## ЦЕМЕНТНЫЙ КАМЕНЬ КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ПРАКТИКЕ

В данной статье рассматриваются основные физико-химические свойства неорганических материалов на основе цементного камня, а так же расшифровка инфракрасных спектров цементного камня.

**Ключевые слова:** инфракрасная спектроскопия, цементный камень, инфракрасный спектр.

*I. M. Martynov, A. A. Vorontsova, N. A. Taratanov*

## CEMENT STONE AS OBJECT OF STUDYING IN JUDICIAL AND EXPERT PRACTICE

In this article the main physicochemical properties of inorganic material based on cement stone, as well as infrared spectroscopy of cement stone are considered.

**Keywords:** infrared spectroscopy, cementstone, infrared spectr.

Цементный камень образуется при смешивании портландцемента с водой и его затвердевании. Он представляет собой конгломерат кристаллических и аморфных новообразований на основе гидрофферитов, гидроалюминатов, гидросульфалюминатов кальция, гидроксида кальция и др. Так же в цементном камне присутствует портландит, как продукт гидратации силикатов кальция ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Так же в цементном камне присутствуют более сложные соединения, такие как этtringит и некоторые примесные соединения такие как соединения щелочей. Почти любой вид цемента горит, плавится и разрушается. При  $250^\circ\text{C}$  он деформируется, а после  $500^\circ\text{C}$  трескается, нарушается его конструкция. Противостоят высоким температурам: глиноземистые марки и высокоглиноземистые. Существуют две основных теории механизма гидратации цементов: первая из них гласит о том, что гидратация идет в растворе, из которого выпадают образующиеся гидраты, вторая о том, что вода присоединяется к твердому веществу. Гидратные образования вместе с первоначальными частицами создают рыхлую структуру, в которой протекают процессы кристаллизации гидратов. При этом процессе образуются некие кристаллические сростки,

пронизывающие и вызывающие уплотнение цементного теста. Началом считается процесс потери пластичности, концом же – переход в плотное, но и непрочное состояние. Нарастание прочности при твердении определяется медленной кристаллизацией гидратных составляющих цементного камня

Цемент – минеральный вяжущий порошок, который твердеет при смешивании с водой на воздухе, получаемый при мелком измельчении клинкера при нормированных добавках гипса и минералов. При смешивании с водой приобретает пластичную массу, получает качественные свойства. В процессе становится твердым подобием камня и обладает различными характеристиками. В настоящее время, наиболее часто используется портландцемент, полученный при обжиге в специализированных печах смеси известняка и глины в определенном соотношении пропорций. Данный материал обладает высокой надежностью и качеством, а так же другим рядом свойств. Свойства расширяют спектр применения данного материала. Цемент является востребованным материалом, область применения которого практически не ограничена. Его используют при устройстве кровель, возведения фундамента, установке санитарно технических приборов, укладке напольных покрытий. Основная функция – скрепление конструктивных элементов возводимых конструкций. Данный материал обладает рядом свойств: морозостойкость, стойкость к коррозии, прочность, водостойкость, сульфатостойкость (устойчивость к воздействию воды, содержащей сульфат-ионы), тонкость помола [1 - 3].

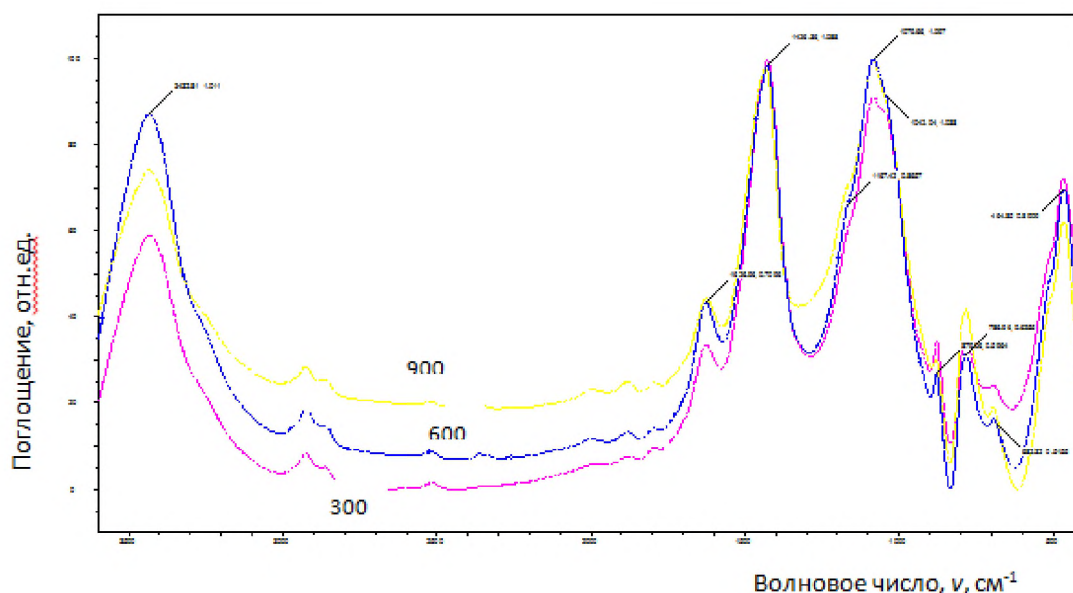


Рис. 1. Инфракрасные спектры цементного камня

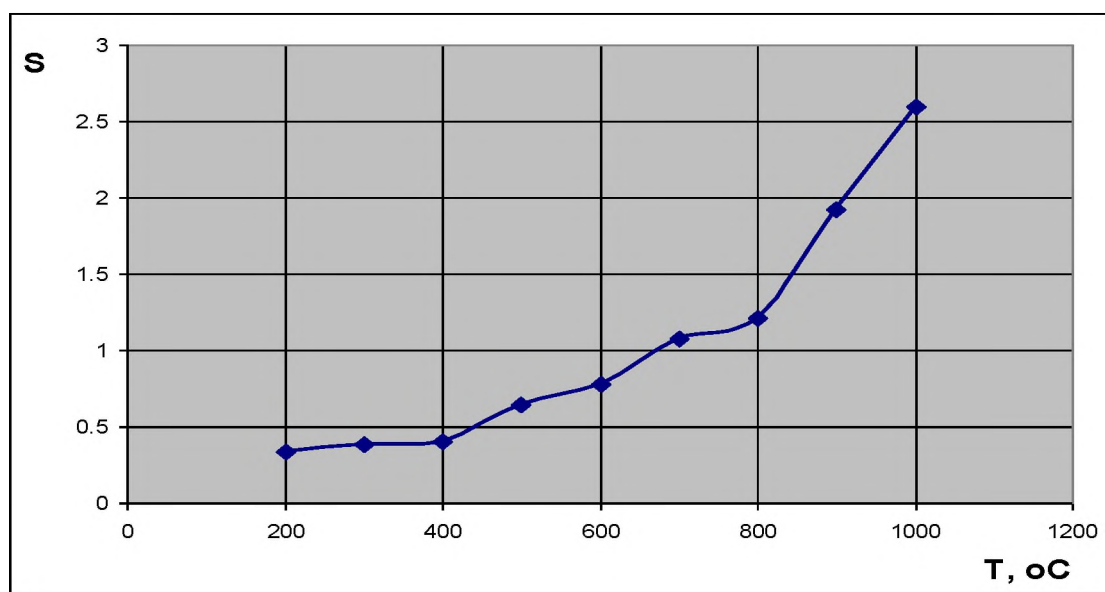
При интерпретации инфракрасного спектра неорганических строительных материалов на основе цемента присутствует полоса поглощения гидроксильных групп различной природы в области 3750 – 3000  $\text{cm}^{-1}$ , так же четко выражена полоса карбонатов около 1440  $\text{cm}^{-1}$  (если они имеются за счет наличия примесей

и поглощения углекислоты поверхностным слоем), в интервале  $1250 - 800 \text{ см}^{-1}$  присутствует широкая, мало разрешённая полоса валентных колебаний Si – O, хорошо выражена полоса у  $875 \text{ см}^{-1}$  группы  $(\text{CO}_3)^{-2}$ , широкая не разрешенная полоса с волновым число меньше  $600 \text{ см}^{-1}$ . При подвергании материала тепловому воздействию происходит снижение интенсивности карбонатных полос  $1440 - 875 \text{ см}^{-1}$  вплоть до полного исчезновения. Происходит появление трёх полос с максимумами вместо широкой полосы в интервале  $900 - 1200 \text{ см}^{-1}$ , которые примерно соответствуют  $1120 - 1050 \text{ см}^{-1}$ ,  $1000 - 900 \text{ см}^{-1}$ , происходит четкое появление полосы у  $520 \text{ см}^{-1}$ .

*Таблица 1. Спектральный критерий (S) цементного камня*

Температура образца (Т), °С	100	200	300	400	500	600
Спектральный критерий (S)	0,72	0,80	0,71	0,76	0,67	0,99
Температура образца (Т), °С	700	800	900	1000	1100	
Спектральный критерий (S)	0,99	0,99	0,67	0,63	0,67	

Для сравнения были выбраны полосы поглощения  $930 \text{ см}^{-1}$  и  $1080 \text{ см}^{-1}$ , которые присутствуют, как минимум, в виде плеча во всех рассмотренных спектрах и относящуюся к оксиду кремния. Для цементного камня был выбран спектральный критерий  $S = D_{930}/D_{1080}$ .



**Рис. 2.** Зависимость спектрального критерия (S) от температуры (Т) ( $S = D_{930}/D_{1080}$ )

По градуировочной кривой видна прямо пропорциональная зависимость спектрального критерия от температуры и позволяет судить о том, что при увеличении температуры цементного камня спектральный критерий так же возрастает. Спектры снимались на ИК - Фурье-спектрометре [1, 4, 5].

Полученные результаты представляют практический интерес для пожарно-технических специалистов для целей установления очаговой зоны пожара. Спектральными данными цемента, подвергнувшегося температурному воздействию, была дополнена база данных Испытательной пожарной лаборатории по Ивановской области [6].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Андреева Е.Д., Чешко И.Д.* Применение ИК-спектроскопии при исследовании объектов, изъятых с места пожара: Методическое пособие. М.:ВНИИПО, 2010. – 91 с.
2. *Грушевский Б.В., Котов Н.Л., Сидорук В.И., Токарев В.Г., Шурип Е.Т.* Пожарная профилактика в строительстве. – М.: Стройиздат, 1989. – 368 с.
3. *Воробьев В.А.* Строительные материалы. – М.: Высшая школа, 1979. – 382 с.
4. *Тарасевич Б.Н.* Основы ИК спектроскопии с преобразованием Фурье. Подготовка проб в ИК спектроскопии. М.: МГУ, 2012. — 22 с.
5. *Зинюк Р.Ю., Бальков А.Г., Гавриленко И.Б., Шевяков А.М.* ИК-спектроскопия в неорганической технологии. – Л.: Химия, 1983. – 160 с.
6. *Мартьянов И.М., Воронцова А. А., Таратанов Н.А.* Исследование неорганических соединений методом ИК-спектроскопии // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 29–30 ноября 2017 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 108-111.

УДК 57.045

*С. М. Михайлова, Л. Р. Шарифуллина*

ФГБОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

### **КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТОКСИЧНОСТИ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Какие факторы необходимо учитывать при оценке токсичности продуктов горения веществ и материалов для их нормирования не только при прямом кратковременном воздействии на людей и животных, но и для прогнозирования последствий от конкретного пожара для последующих поколений и окружающей среды.

**Ключевые слова:** токсичность, концентрация продуктов горения, окружающая среда.

*S. M. Mikhailova, L. R. Sharifullina*

## QUANTITATIVE COMPARISON OF TOXICITY OF COMBUSTION PRODUCTS OF SYNTHETIC MATERIALS

What factors should be taken into account when assessing the toxicity of combustion products of substances and materials for their regulation, not only with direct short-term effects on humans and animals, but also to predict the consequences of a particular fire for future generations and the environment.

**Keywords:** toxicity, concentration of combustion products, environment.

В аварийных условиях (загорание, пожар) одна из главных опасностей полимерных материалов заключается в том, что они являются источником выделения высокотоксичных продуктов их термоокислительной деструкции, состав которых зависит от элементного состава и особенностей процесса пиролиза. Токсичность при горении материалов определяется методами химико-аналитической расшифровки состава продуктов горения и методами прямой токсикометрии с использованием лабораторных животных. Процедура определения токсичности продуктов горения закреплена ГОСТ 12.1.044-89.

Показатель токсичности продуктов горения — отношение количества материала к единице объёма замкнутого пространства, в котором образующиеся при **горении** материала продукты горения вызывают гибель 50% подопытных животных. Известны два способа определения показателя токсичности продуктов горения: биологический и экспериментально-расчётный. Сущность экспериментально-расчётного метода определения материала заключается в определении расчётным путём фактических концентраций токсичных газов и CO<sub>2</sub>, образующихся в условиях специальных испытаний материала. При этом термическое разложение образцов материала происходит также в двух характерных режимах, из которых для расчёта выбирается наиболее опасный. При значительном уменьшении содержания кислорода (менее 14% об.) действие токсичных газов на людей усиливается [1].

Количество выделяющихся токсичных газов определяется также термогазодинамическими условиями пожара, которые сложно смоделировать в реальных условиях. В настоящее время эта проблема не решена из-за сложности физико-химических условий протекания процессов газификации и горения, а также неопределённости химического состава современных строительных материалов [2]. Числовые значения ЛД<sub>50</sub> или ЛК<sub>50</sub> зависят от многих факторов: природы химического вещества (его состава и строения), вида биообъекта (человек, собака, крыса и т.д.), пола и возраста биообъекта, способа воздействия на организм, продолжительности воздействия, температуры и т.п. Расчет проводят с помощью вероятностного статистического анализа или других способов расчета средних смертельных доз и концентраций. Для того, чтобы учесть вре-



мя воздействия, рассчитывают значение токсодозы, при этом допускается, что одинаковый эффект наблюдается при кратковременном действии токсиканта в высокой концентрации и продолжительной аппликации малых концентраций вещества.

В зависимости от состава материала при анализе продуктов горения определяют количественный выход оксида углерода, цианистого или хлористого водорода, оксидов азота, альдегидов и других токсичных химических продуктов термоокислительной деструкции.

Для оценки вклада основного токсичного продукта – оксида углерода, присутствующего в составе продуктов термоокислительной деструкции всех природных и синтетических полимеров, в токсический эффект измеряют содержание карбоксигемоглобина в крови подопытных животных. При содержании карбоксигемоглобина в крови подопытных животных 50% и более считают, что токсический эффект продуктов горения обусловлен в основном действием оксида углерода.

При прямой токсиметрии и использовании в качестве интегрального показателя сравнительной токсичности величины насыщенности ( $H_{ЛК50}$ ), также проводят классификацию материалов по разрядам сравнительной токсичности. По классификации ГОСТ 12.1.044-89 условно выделены материалы чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные. За рубежом, в тоже время, материалы по этому параметру разделяют на менее и более токсичные при горении, чем древесина.

Для широко распространенных материалов применяют развернутые методы исследования, для применения которых требуется большое количество тест-объектов (обычно от 25 до 70 и более), но с развитием чувствительности аналитических приборов растет популярность применения экспресс-методов, чьи достоинства отражаются в экономии таких приоритетных ресурсов, как живые тест-объекты, время, редкие реагенты, мобильность применения в любых ситуациях, а также для апробации сред с неизвестным составом. Понятие малого или большого объема выборки является относительным. Принято считать, что значение объема выборки в 30 элементов (тест-объектов) является пограничным между малыми и большими выборками. Объяснение этой величины связано с тем, что при  $N = 30$   $t$ -распределение очень тесно аппроксимируется нормальным распределением и поэтому вариациями вследствие объема выборки можно пренебречь. Для объема выборки, меньше тридцати, доверительные границы шире и вероятная ошибка больше, чем для выборок с большим объемом. При уменьшении объема выборки доверительные границы расширяются и вероятная ошибка возрастает. Основная задача, которая возникает при использовании малой выборки, заключается в поиске оптимальной схемы планирования и проведения эксперимента [3].

Расчет летальной дозы конкретного вещества вызывает трудности при интерпретации результатов с разных биологических объектов (кролики, мыши, обезьяны, морские свинки и пр.). Но при установлении смертельных эффектов

одних и тех же токсических веществ на одном и том же виде животных, одного пола, возраста, находящихся в одинаковых условиях, конечные результаты могут отличаться от опыта к опыту, как минимум в два раза [3]. То есть несмотря на количество выборки мышей в качестве биообъектов, итоговые результаты определения показателя токсичности по методике [1] все равно будут иметь большую погрешность.

В самом процессе отравления не последнюю роль отводят отношению скоростей всасывания токсиканта к его выведению из организма. При этом некоторые ядовитые вещества обладают кумулятивными свойствами, оставаясь и накапливаясь в липидных тканях, отравляя организм годами, предоставляя возможность усилить негативные действия других веществ, поступающих в организм.

Горение синтетических материалов не всегда контролируется, а, следовательно, происходит в негерметичном объеме пространства. То есть следует учитывать, что при пожарах выделенные отравляющие вещества поступают еще и в окружающую среду, и способны вызывать неблагоприятные эффекты в соответствующем биоценозе путем последующего отравления и накопления в среде и трофических цепях, так как в высших организмах не существует специфических механизмов количественного удаления органических ксенобиотиков. Таким образом материалы, выделяющие при горении кумулятивные вещества, уже могут нести экотоксическую опасность, обусловленную в том числе «парадоксальными» эффектами отравляющих веществ, выделяющихся в сверхмалых дозах [4].

Аккумуляция в живых организмах, которая происходит по пищевой цепи, описывается фактором экологического обогащения (*BMF*), который представляет собой отношение концентраций токсиканта в организме к концентрации токсиканта в пище, которую употребляет данный организм [3].

Вещества относят к природным, если не используются организмами, не активны, не используются в качестве пищи, либо в ходе эволюции у организма сложились механизмы его выделения, либо вещества хорошо усваиваются организмом, но образуют в нем индифферентный балласт.

Мерой способности данного химического вещества к биоконцентрированию является фактор биоконцентрирования (*BCF*), к биоаккумуляции – фактор биоаккумуляции (*BAF*), к экологическому обогащению – фактор экологического обогащения (фактор биомагнификации) (*BMF*).

К числу веществ, длительно персистирующих в окружающей среде, относятся тяжелые металлы и так называемые стойкие органические загрязнители (СОЗ), список которых закреплен Стокгольмской конвенцией ООН. Идентификация образованных в результате пиролиза СОЗ на сегодняшний день имеет свои особенности, которые мешают широкому распространению имеющихся методов определения [5].

Экотоксичность определяется экотоксикокинетическими свойствами и токсичностью загрязняющих веществ для живых организмов, составляющей конкретный биоценоз. Как правило, экотоксичность не измеряется величинами (количественно), она характеризуется качественно, через понятие опасность. В зависимости от продолжительности действия загрязнителей на экосистему можно говорить об острой и хронической экотоксичности. С развитием построения расчетных моделей глобализацию распространения экотоксичных веществ можно будет оценить и предсказать в будущем.

Проявление острого токсического действия веществ в окружающей среде может явиться следствием аварий и катастроф, сопровождающихся выходом в окружающую среду большого количества относительно нестойкого токсиканта или неправильного использования химикатов [3], продуктом реакции которых может стать образование уже стойких загрязнителей.

Созданные искусственным образом синтетические материалы не встречаются в природной среде, поэтому время их естественного разложения может занимать десятилетия, а пути поступления продуктов их распада уже широко распространены, что обуславливает актуальность формирования современной экспертной базы для их обнаружения, количественной оценки и прогнозирования распространения в окружающей среде для разработки методов утилизации и минимизации последствий в том числе от пожаров. Один из элементов этой глобальной расчетной модели – более тщательный контроль и расчет параметра токсичности продуктов горения веществ и строительных материалов, а также расширение учитываемых факторов при формировании статистической базы данных.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
2. Пожаровзрывобезопасность, N 4, 2011 год – [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902296949>
3. Фрумин Г.Т. Экологическая токсикология (экотоксикология). Курс лекций. – СПб.: РГГМУ, 2013 – 179 с.
4. Генераленко Н.Ю., Крюкова Л.Ю., Пушкин И.А. Эффекты малых и сверхмалых доз биологически активных веществ. – Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, 2010, №3, с.6-8
5. Михайлова С.М., Шарифуллина Л.Р. Влияние свойств сорбентов при проведении хроматографического исследования продуктов пиролиза горючих материалов. – Успехи в химии и химической технологии, 2016, т. XXX, №8 (177), с.32-33

УДК 544.355 – 122:532.00

*Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина, Ю. А. Филатова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ПРЕДЕЛЬНЫХ АЛИФАТИЧЕСКИХ СПИРТОВ И ПРОСТЫХ ЭФИРОВ В ЗАКРЫТОМ ТИГЛЕ

Проанализирован ряд расчетных методов определения температуры вспышки алканолов и простых эфиров, выявлены существенные различия между экспериментальными и расчетными данными. Показана применимость и высокая точность аддитивной схемы.

**Ключевые слова:** температура вспышки, алканолы, простые эфиры, аддитивно-групповой метод расчета.

*T. A. Mochalova, O. E. Storonkina, Y. A. Filatova*

## DESIGN METHOD FOR DETERMINING THE FLASH POINT OF LIMIT ALIPHATIC ALCOHOLS AND SIMPLE ETHERS IN A CLOSED TIGLE

A number of calculation methods for determining the flash point of alkanols and ethers have been analyzed, and significant differences between experimental and calculated data have been revealed. The applicability and high accuracy of the additive scheme are shown.

**Keywords:** flash point, alkanols, ethers, additive-group method of calculation.

Данные о температуре вспышки ( $t_{всп.}$ ) веществ необходимы при проведении мероприятий по оценке пожарных рисков предприятий и категорировании помещений по пожарной опасности. Данный показатель пожарной опасности определяют экспериментально, в соответствии с методикой, изложенной в [2], или расчетным путем [2, 8]. К недостаткам методов расчета, описанных в указанной технической литературе, относятся недостаточная точность получаемых значений, использование при расчете физико-химических параметров веществ (температура кипения, теплота образования).

В работе осуществлен анализ методов расчета  $t_{всп.}$  предельных алифатических спиртов (алканолов) и простых эфиров.

Авторами руководства [8] отмечается, что наиболее точные результаты (средняя квадратическая погрешность составляет 3–5 °С) дает корреляция между температурами вспышки и кипения веществ (1):

$$t_{всп.} = a + b \cdot t_{кип}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где  $a$ ,  $b$  – эмпирические коэффициенты, значения которых для 10 классов органических соединений приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения эмпирических коэффициентов для расчета  $t_{всп}$

Класс веществ	$a$ , °C	$b$ , °C
Алканы	-73,22	0,693
Спирты	-41,69	0,652
Алкиланилины	-21,94	0,533
Карбоновые кислоты	-43,57	0,708
Алкилфенолы	-38,42	0,623
Ароматические углеводороды	-67,83	0,665
Альдегиды	-74,76	0,813
Бромалканы	-49,56	0,665
Кетоны	-52,69	0,643
Хлоралканы	-55,70	0,631

Пример расчета  $t_{всп}$  2-метил-2-пропанола по формуле 1.

Так как соединение относится к классу спиртов, то по таблице 1 определяем значения констант  $a$  и  $b$ :  $a = -41,69$  °C,  $b = 0,652$  °C

По справочнику [6] находим:  $t_{кип} = 82,4$  °C.

Рассчитываем  $t_{всп}$  2-метил-2-пропанола:  $t_{всп} = -41,69 + 0,652 \cdot 82,4 = 12,03$  °C

Приближение первого порядка – метод аддитивности химических связей – положено в основу уравнения (2) для расчета  $t_{всп}$  индивидуальных жидкостей, молекулы которых содержат виды связи, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Структурные группы и коэффициент  $a_j$  для расчета  $t_{всп}$  индивидуальных горючих жидкостей

Вид связи	$a_j$ , °C	Вид связи	$a_j$ , °C	Вид связи	$a_j$ , °C	Вид связи	$a_j$ , °C
C—C	-2.03	C=O	11.66	C—S	2.09	C—Si	-4.84
C…C	-0.28	C—F	3.33	C=S	-11.91	Si—H	11.00
C=C	1.72	C—N	14.15	C—Cl	15.11	Si—Cl	10.07
C—H	1.105	C≡N	12.13	C—Br	19.40	N—H	5.83
C—O	2.47	O—H	23.90	S—H	5.64	P—O	3.27
						P=O	9.64

$$t_{всп} = a_0 + a_1 t_{кип} + \sum_{j=2}^q a_j l_j, \text{ °C}, \quad (2)$$

где  $a_0 = -73.14$  °C;  $a_1 = 0.659$ ;

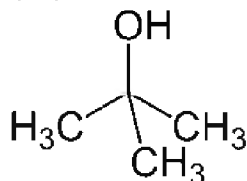
$a_j$  – подгоночные коэффициенты, определяемые по табл. 2;

$l_j$  – количество связей вида  $j$  в молекуле исследуемой жидкости.

Пример расчета  $t_{всп}$  2-метил-2-пропанола по формуле 2.

По справочнику [6] находим:  $t_{кип} = 82,4$  °С.

Изобразим структурную формулу вещества:



Исходя из структурной формулы, определяем, что молекула 2-метил-2-пропанола содержит:

3 связи С–С, вклад которой составляет  $a_i = -2.03$  (табл. 2)

9 связей С–Н, вклад которой составляет  $a_i = 1.105$  (табл. 2)

1 связь С–О, вклад которой составляет  $a_i = 2.47$  (табл. 2)

1 связь О–Н, вклад которой составляет  $a_i = 23.90$  (табл. 2)

Подставив значения в расчетную формулу, получим:

$$t_{всп} = -73.14 + 0,659 \cdot 82,4 + 3 \cdot -2,03 + 9 \cdot 1,105 + 1 \cdot 2,47 + 1 \cdot 23,9 = 11,4$$
 °С

В данной работе для расчета  $t_{всп}$  нами проанализирован аддитивно-групповой метод, предложенный авторами работ [3, 4, 5]. Для расчета  $t_{всп}$  спиртов было использовано многопараметровое уравнение (3).

$$\begin{aligned}
 t_{всп}^2 = & t_{всп}^2 (Y_p) + \delta t_{всп}^2 (Y_s) + \delta t_{всп}^2 (Y_t) + y \cdot t_{всп}^2 (CH_Y) + p \cdot t_{всп}^2 (CH_p) + \\
 & + s \cdot t_{всп}^2 (CH_s) + t \cdot t_{всп}^2 (CH_t), \text{ °С,}
 \end{aligned} \tag{3}$$

где  $t_{всп}^2$  – температура вспышки вещества, °С;

$t_{всп}^2 (Y_p)$  – вклад полярной ОН-группы, связанной с первичным атомом углерода;

$\delta t_{всп}^2 (Y_s)$  и  $\delta t_{всп}^2 (Y_t)$  – поправки, учитывающие различия в объемных свойствах функциональных групп, связанных с вторичным и третичным атомами углерода по отношению к функциональной группе, связанной с первичным атомом углерода. Вклад функциональной группы, связанной с вторичным или третичным углеродным атомом, можно определить суммированием величин  $t_{всп}^2 (Y_p)$  и соответствующей поправки  $\delta t_{всп}^2 (Y_s)$  или  $\delta t_{всп}^2 (Y_t)$ ;

$y, p, s, t$  и  $t_{всп}^2 (CH_Y), t_{всп}^2 (CH_p), t_{всп}^2 (CH_s), t_{всп}^2 (CH_t)$  – количество и вклады выделенных углеводородных фрагментов. При наличии экспериментальных данных для соединений, содержащих четвертичные атомы углерода, уравнение (3) следует дополнить слагаемым  $h \cdot t_{всп}^2 (C_h)$ .

В табл. 3 приведены вклады выделенных структурных фрагментов в температуру вспышки спиртов, полученные методом регрессионного анализа экспериментальных величин их температур вспышки, вида и числа структурных элементов.

Таблица 3. Вклады групп и параметры корреляции уравнения (3) для спиртов

	$Y_p$	$Y_s$	$Y_t$	$(CH)_y$	$(CH)_p$	$(CH)_s$	$(CH)_t$	n	se	R
Спирты, $Y = OH$	-6.37 $\pm 4.62$	-7.58 $\pm 2.38$	-14.34 $\pm 4.40$	3.78 $\pm 1.00$	5.15 $\pm 0.35$	6.03 $\pm 0.10$	2.90 $\pm 1.41$	23	2.0	0.9985

Примечание: n – число аппроксимированных точек, se – стандартная погрешность, рассчитываемая по формуле:

$$se = \sqrt{\frac{1}{n-2} \left[ \sum (y - \bar{y})^2 - \frac{[\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2}{\sum (x - \bar{x})^2} \right]}$$

где  $y$ ,  $\bar{y}$ ,  $x$ ,  $\bar{x}$  – выборочные и средние значения;

R – коэффициент корреляции;

Для описания и прогнозирования  $t_{всп}$  простых эфиров использовано следующее многопараметровое уравнение:

$$t_{всп} = t_{всп}(Y_p) + \delta t_{всп}(Y_{pp}) + t_{всп}(Y_s) + t_{всп}(Y_t) + t_{всп}(CH_y) + p t_{всп}(CH_p) + s t_{всп}(CH_s) + t t_{всп}(CH_t) \quad (4)$$

где  $t_{всп}(Y_p)$  – вклад в  $t_{всп}$  полярной группы, связанной с первичным атомом углерода;

$\delta t_{всп}(Y_{pp})$ ,  $\delta t_{всп}(Y_s)$  и  $\delta t_{всп}(Y_t)$  – поправки, учитывающие различия в свойствах функциональных групп, связанных с метильным радикалом, вторичным и третичным атомами углерода. Вклад функциональной группы, связанной с метильным радикалом, вторичным или третичным углеродным атомом, можно определить суммированием величин  $t_{всп}(Y_p)$  и соответствующей поправки;

$t_{всп}(CH_y)$  – вклад в температуру вспышки СН–связей атомов углерода, находящихся в первом окружении полярной группы. Первое окружение функциональной группы включает связи С–Н атома углерода, связанного с функциональной группой, и следующего за ним.  $t_{всп}(CH_p)$ ,  $t_{всп}(CH_s)$ ,  $t_{всп}(CH_t)$ , – вклады в температуру вспышки связей С–Н соответственно в метильных, метиленовых и метиновых радикалах, не входящих в первое окружение полярной группы;

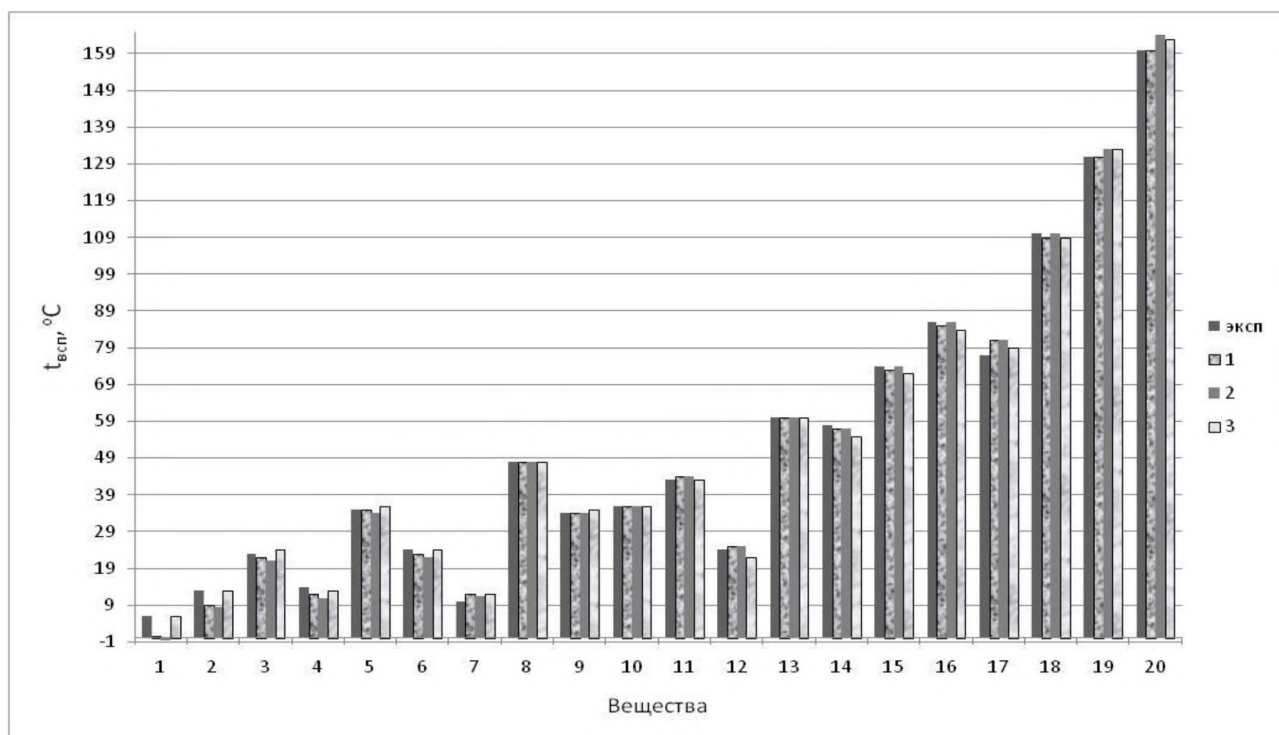
$y$ ,  $p$ ,  $s$  и  $t$  – количества выделенных структурных фрагментов в молекуле. Они определяются составом и строением молекул.

Подгоночные коэффициенты уравнения, полученные регрессионным анализом данных для 24 представителей класса простых эфиров (насыщенные симметричные и несимметричные, винил- и аллилпроизводные), приведены в табл. 4.

*Таблица 4. Вклады групп и параметры корреляции уравнения (4) для простых эфиров*

$CH_p$	$CH_s$	$CH_t$	$CH_Y$	$(-O-)_t$	$(-O-)_s$	$(-O-)_{pp}$	$(-O-)_p$
5.66	6.68	13.18	-1.32	32.80	13.1	-18.2	-19.8
$\pm 0.61$	$\pm 0.23$	$\pm 3.39$	$\pm 0.97$	$\pm 7.03$	$\pm 3.80$	$\pm 2.35$	$\pm 7.73$

На рис. 1 представлены гистограммы экспериментальных и расчетных значений  $t_{всп}$  исследованных спиртов. Видно, что наиболее точное соответствие наблюдается между расчетными по формуле 3 и экспериментальными величинами. Среднее отклонение составляет  $1,9^\circ\text{C}$ .



**Рис. 1. Экспериментальные и расчетные значения температуры вспышки (з.т.) алканолов**

Результаты расчетов  $t_{всп}$  простых эфиров представлены в табл. 5. Для данного класса органических соединений невозможно провести расчет  $t_{всп}$  по уравнению 1, так как отсутствуют значения эмпирических коэффициентов  $a$  и  $b$



(табл. 1). Кроме того, для многих эфиров отсутствуют экспериментальные значения  $t_{всп}$ , что свидетельствует об актуальности выполнения расчетов данного показателя пожарной опасности.

Таблица 5. Экспериментальные и рассчитанные по формулам (2 и 4) температуры вспышки простых эфиров

№ п/п	Название эфира	Справочные значения [6, 7]			$t_{всп}$ (расч), °С	
		$t_{кип}$ , °С	$t_{всп}$ , °С (эксп.)	$t_{всп}$ , °С (расч.)	По фор- муле 2	По форму- ле 4
1.	Дигептиловый	258,1	105		111	110
2.	Этилбутиловый	91,4	-1		-5	-1
3.	Диизопропиловый	68,4	-21		-16	-21
4.	Диамиловый	186,8	57		63	57
5.	Дигексиловый	223	77		87,1	84
6.	Диоктиловый	291,8	111		133,2	127
7.	Этилпропениловый	70	-11		-10	-12
8.	Винилбутиловый	92	-5		1,3	-5
9.	Винил-2-этилгексиловый	177,5	47		58	50
10.	Винилаллиловый	67	-20		-13	-16
11.	Диаллиловый	94,3	-7		4,4	-5
12.	Метилэтиловый	6,8	-	-57	-57	-57
13.	Метилпропиловый	39	-	-32	-35,5	-29
14.	Этилпропиловый	63	-	-19	-19,5	-20
15.	Диметилловый	-24,8	-	-70	-78	-75
16.	Дипропиловый	89,5	-	-2	-1,8	-4
17.	Диизоамиловый	172,5	-	54	54	54
18.	Метил-трет-бутиловый	54	-33		-25	-31
19.	Диэтиловый	34,5	-41		-38	-39
20.	Дибутиловый	142	25		33	30
21.	Винилэтиловый	37	-40		-35	-30
22.	Винилизопропиловый	56	-32		-22	-20
23.	Винилизооктиловый	175	60		57	58
24.	Дивиниловый	39	-30		-32	-28

Из табл. 5 видно, что наиболее точные результаты дает расчет температуры вспышки по формуле 4.

Проведенный анализ показал, что при расчетах  $t_{всп}$  наиболее точные результаты дает аддитивно-групповой метод, предложенный в работах [3, 4, 5].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: ФЗ от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ. М.: 2008.
2. ГОСТ 12.1.044-89\*. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Система стандартов безопасности труда. Введ. 1991-01-01.
3. Батов Д.В., Петров А.В., Мочалова Т.А. Применение аддитивно-группового метода для расчета характеристик горения кетонов / Вестник Ивановского института ГПС МЧС России. 2008. №1. С. 46 - 49.
4. Батов Д.В., Петров А.В., Мочалова Т.А. Описание и прогнозирование температур вспышки сложных эфиров в рамках аддитивно - группового метода. Пожаровзрывобезопасность. 2010 - Т. 19, № 2. – С.15 – 18.
5. Батов Д.В., Петров А.В., Мочалова Т.А. Использование аддитивно - группового метода для расчета температуры вспышки спиртов, кетонов и сложных эфиров. Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. Вып. 1. С. 55 – 60.
6. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения. Справочник: в 2-х частях. Часть 1. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. 713 с.
7. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения. Справочник: в 2-х частях. Часть 2. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. 713 с.
8. Шебеко Ю.Н., Навеця В.Ю., Копылов С.Н. и др. Руководство «Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов». Согласовано с ГУГПС МЧС России, исх. № 30/4/1808 от 25.06.2002 г. и утверждено ФГУ ВНИИПО МЧС России 30.08.2002 г.

УДК 544.355 – 122:532.00

**Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина, Ю. А. Филатова**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ СМЕСЕЙ АЛКАНОЛ – АЛКАН

Для бинарной смеси деканол-1 – н-декан экспериментально определены значения и проведен расчет температуры вспышки. Показано, что температура вспышки смеси близка в пределах точности эксперимента температуре вспышки легколетучего компонента (н-декана) при его содержании в смеси интервале 0-0,5 мольной доли. Ряд расчетных методик прогнозируют температуру вспышки изученной смеси с очень большой погрешностью в сторону завышения значения.

**Ключевые слова:** температура вспышки, бинарные смеси горючих жидкостей, растворители.

*T. A. Mochalova, O. E. Storonkina, Y. A. Filatova*

## DESIGN METHOD FOR DETERMINING THE FLASH POINT OF ALKANOL-ALKAN MIXTURES

**Abstract:** a binary mixture of decanol-1-n-decane was experimentally determined and the flash point was calculated. It is shown that the flash point of the mixture is close within the experimental accuracy to the flash point of the volatile component (n-decane) with its content in the mixture of 0-0.5 molar fraction. Several calculation methods predict the flashpoint of the studied mixture with a very large error in the direction of overestimation.

**Keywords:** flash point, binary mixtures of combustible liquids, solvents.

В связи с тем, что нередко происходят аварии при производстве, хранении и транспортировке горючих жидкостей, такие как взрывы на бензозаправочных станциях, аварии при перевозке и т.д., то обеспечение безопасности является одной из важнейших задач. Пожарная опасность жидкостей, прежде всего, характеризуется их температурой вспышки. В целях повышения эффективности проведения мероприятий по оценке пожарных рисков предприятий, а также категорировании помещений по пожарной опасности необходимы точные сведения о температуре вспышки смесей жидкостей, находящихся на объекте. Температура вспышки смеси является критическим свойством, но экспериментальные данные для многих смесей отсутствуют, а получение таких данных дорого и отнимает много времени. Поэтому актуальность приобретают расчетные методы.

Целью работы является анализ и выявление наиболее точных расчетных методик по определению температуры вспышки смесей горючих жидкостей, а также пополнение баз данных по данному показателю пожаровзрывоопасности.

Для расчета температуры вспышки использовали уравнения, приведенные в отечественных источниках [1, 3].

1) Расчет по уравнению 1 [3]

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

где  $\Delta_{\text{исп}} H_i^T$  ( $\Delta_{\text{исп}} H_1^T$ ,  $\Delta_{\text{исп}} H_2^T$ ) – энтальпия испарения  $i$ -компонента при заданной температуре, кДж/моль;

$t_{\text{всп},i}$  ( $t_{\text{всп},1}$ ,  $t_{\text{всп},2}$ ) – температуры вспышки  $i$ -компонента и смеси, °С.

2) Расчет по уравнению 2 [1].

Определение температуры вспышки заключается в определении температуры, при которой выполняется следующее условие:

$$P_{всп.см.} = P_{см.} \quad (2)$$

где  $P_{см}^T$  – давление насыщенного пара при температуре  $T$ , которое для бинарной смеси рассчитывается по формуле (2.1);

$P_{всп.см.}$  – парциальное давление насыщенного пара смеси при температуре вспышки, которое рассчитывается по формуле (2.2).

$$P_{см}^T = \sum_{i=1}^k (X_i P_i^T) = X_1 P_1^T + X_2 P_2^T \quad (2.1)$$

где  $X_i$  ( $X_1, X_2$ ) – мольная доля компонента  $i$  в жидкости;

$P_i^T$  – давление насыщенного пара  $i$ -го компонента, рассчитанное по формуле Антуана (2.3).

$$P_{всп.см.} = \frac{\phi_{н.см} P_0}{100} \quad (2.2)$$

где  $\phi_{н.см.}$  – нижний концентрационный предел для смеси, % об.

$$P_i^T = 10^{A - \frac{B}{T+C}} \quad (2.3)$$

где  $A, B, C$  – константы уравнения Антуана.

3) Расчет по уравнению 3 [1].

Для смесей нефтепродуктов и других органических жидкостей может использоваться следующая формула:

$$t_{всп} = \frac{\omega_{вк} t_{вк} + \omega_{нк} t_{нк} - f(t_{вк} - t_{нк})}{100} \quad (3)$$

где  $\omega_{вк}$  – массовый процент высококипящего компонента смеси, %;

$t_{вк}$  – температура вспышки высококипящего компонента смеси, °С;

$\omega_{нк}$  – массовый процент низкокипящего компонента смеси, %;

$t_{нк}$  – температура вспышки низкокипящего компонента смеси, °С;

$f$  – коэффициент, зависящий от состава смеси.

Измерения температуры вспышки исследованных жидкостей выполняли с помощью автоматического регистратора температуры вспышки нефтепродуктов «Вспышка-А».

Результаты измерений температуры вспышки смесей деканол-1 – н-декан представлены в табл. 1.

Таблица 1. Температуры вспышки в закрытом тигле смесей деканол-1–н-декан (2)

$X_2$	$t_{всп.1}$	$t_{всп.2}$	$t_{всп.3}$	$t_{всп}$
0,00	110	110	110	110 ± 0
0,20	61	61	61	61 ± 0
0,40	53	52	50	52 ± 1
0,50	49	49	49	49 ± 0
0,60	51	51	51	51 ± 0
0,80	49	49	49	49 ± 0
1,00	47	46	47	47 ± 1

Примечание:  $t_{всп.1}$ ,  $t_{всп.2}$ ,  $t_{всп.3}$  и  $t_{всп}$  – экспериментальные результаты и среднее значение температуры вспышки.

По данным табл. 1 видно, что в исследованной нами двухкомпонентной смеси деканол-1 – н-декан в интервале  $1 \div 0,5$  мольной доли легколетучего компонента (н-декана) температура вспышки смеси изменяется мало, ее значения близки к температуре вспышки н-декана.

В табл. 2, 3, 4 приведены результаты расчета температуры вспышки исследованной бинарной смеси.

Таблица 2. Расчетные значения температуры вспышки смесей деканол-1 – н-декан по формуле (1)

$t, ^\circ\text{C}$	Мольная доля второго компонента						
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
47	0,01	0,21	0,40	0,60	0,80	0,90	1,00
52	0,01	0,28	0,55	0,81	1,08	1,21	1,35
57	0,02	0,37	0,73	1,08	1,44	1,62	1,80
62	0,03	0,50	0,97	1,44	1,91	2,14	2,37
67	0,04	0,66	1,27	1,89	2,50	2,81	3,11
72	0,06	0,86	1,66	2,46	3,26	3,65	4,05
77	0,09	1,12	2,15	3,18	4,21	4,72	5,24
82	0,14	1,45	2,77	4,08	5,40	6,06	6,71
87	0,20	1,87	3,54	5,21	6,88	7,72	8,55

$t, ^\circ\text{C}$	Мольная доля второго компонента						
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
92	0,29	2,40	4,50	6,61	8,71	9,77	10,82
97	0,42	3,05	5,69	8,33	10,96	12,28	13,60
102	0,59	3,87	7,15	10,43	13,71	15,35	16,99
107	0,82	4,88	8,94	12,99	17,05	19,08	21,11
110	1,00	5,59	10,19	14,78	19,38	21,68	23,97
$t_{\text{всп}}$	110	75	63	55	51	49	47

Расчет по формуле (2) позволяет определить нижний температурный предел распространения пламени ( $t_{\text{н}}$ ). Взаимосвязь между температурой вспышки и нижним температурным пределом распространения пламени выражают соотношения (4.1) и (4.2):

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{н}} + 2 \quad (4.1)$$

$$t_{\text{всп}} = \frac{t_{\text{н}} + 2}{0,875} \quad (4.2)$$

где  $t_{\text{н}}$  – нижний температурный предел распространения пламени,  $^\circ\text{C}$ .

В настоящей работе для расчета температуры вспышки использовано соотношение (4.1). Кроме того, для расчета нижнего температурного предела распространения пламени (НТПР) деканола-1 использована величина НКПР, равная 0,3%. Величина НКПР, приведенная в справочнике [2] равная 0,7%, не позволяет получить согласующееся со справочными данными значение НТПР.

Полученные результаты расчета приведены в табл. 3.

*Таблица 3. Расчетные температуры вспышки смесей  
деканол-1 – н-декан по формуле (2)*

$X_{\text{декана}}$	$t, ^\circ\text{C}$	47	57	67	77	87	97	107	110	$t_{\text{н,см}}$	$t_{\text{всп}}$
0	$P_{\text{см}}$	0,08	0,20	0,46	0,98	1,97	3,74	6,78	8,03	102	104
	$P_{\text{всп,см}}$	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32		
0,2	$P_{\text{см}}$	0,55	0,86	1,33	2,06	3,23	5,08	8,01	9,17	86	88
	$P_{\text{всп,см}}$	2,44	2,55	2,71	2,91	3,16	3,44	3,72	3,80		
0,4	$P_{\text{см}}$	1,02	1,51	2,19	3,14	4,49	6,43	9,24	10,31	71	73
	$P_{\text{всп,см}}$	2,34	2,39	2,46	2,55	2,68	2,85	3,05	3,11		
0,6	$P_{\text{см}}$	1,49	2,17	3,06	4,22	5,75	7,77	10,47	11,45	59	61
	$P_{\text{всп,см}}$	2,31	2,33	2,36	2,41	2,47	2,56	2,68	2,72		

$X_{\text{декана}}$	$t, ^\circ\text{C}$	47	57	67	77	87	97	107	110	$t_{\text{н,см}}$	$t_{\text{всп}}$
0,8	$P_{\text{см}}$	1,96	2,83	3,93	5,31	7,01	9,11	11,70	12,60	51	53
	$P_{\text{всп,см}}$	2,29	2,30	2,31	2,33	2,36	2,39	2,44	2,46		
0,9	$P_{\text{см}}$	2,20	3,16	4,36	5,85	7,64	9,78	12,32	13,17	48	50
	$P_{\text{всп,см}}$	2,28	2,29	2,29	2,30	2,31	2,33	2,35	2,36		
1	$P_{\text{см}}$	2,43	3,48	4,80	6,39	8,27	10,45	12,93	13,74	45	47
	$P_{\text{всп,см}}$	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28		

В табл. 4 приведены результаты расчета по формуле (3).

Таблица 4. Расчетные температуры вспышки смесей  
деканол-1 – н-декан по формуле (3)

$X_{\text{вк}}$	$\omega_{\text{вк}}$	$f$	$t_{\text{всп}}$
0	0,00	0,0	47
0,2	15,86	9,7	51
0,4	33,44	18,7	56
0,6	53,07	26,9	64
0,8	75,09	30,5	75
1	100,00	0,0	110

По данным таблиц видно, что все использованные методики дают высокие значения погрешности (достигают  $20^\circ\text{C}$ ). Обращает на себя внимание и тот факт, что все проанализированные нами методики дают завышенные величины температур вспышки смесей жидкостей. С практической точки зрения это является весьма опасным, так как занижается возможность воспламенения и взрыва исследованных смесей жидкостей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бронштейнский Б.П., Шандыба В.А. Специальная химия. Учебное пособие М.: Учебно-методический кабинет, 1979. 117с.
2. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения. Справочник: в 2-х частях. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. 713 с.
3. Шебеко Ю.Н., Навценя В.Ю., Копылов С.Н. и др. Руководство. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов / согласовано с ГУ ГПС МЧС России, исх. № 30/4/1808 от 25.06.2002, и утверждено ФГУ ВНИИПО МЧС России 30.08.2002.

УДК 614.841.411:667.637

*С. Н. Наконечный, Д. С. Репин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД, ОБРАБОТАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ОГНЕЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ**

Данная работа посвящена изучению процесса воспламенения необработанных, обработанных разработанным огнезащитным составом и суперфосфатной обмазкой образцов древесины лиственных и хвойных пород с использованием стандартной установки по определению групп воспламеняемости строительных материалов «ВСМ».

**Ключевые слова:** огнезащита, суперфосфатная обмазка, древесина, сосна, дуб, тепловой поток.

*S. N. Nakonechnyy, D. S. Repin*

## **COMPARATIVE INVESTIGATION OF THE PROCESS OF IGNITION OF SPECIES OF WOOD OF CONIFEROUS AND FROZEN ROCKS PROCESSED BY VARIOUS FIRE PROTECTION COMPOSITIONS**

This work is devoted to the study of the process of ignition of unprocessed, processed flame retardant and superphosphate coating of hardwood and softwood samples with the use of a standard installation for the determination of flammability groups of building materials «VSM».

**Keywords:** fire protection, superphosphate coating, wood, pine, oak, heat flow.

Целью данной работы является изучение процесса воспламенения необработанных и обработанных разработанным огнезащитным составом образцов древесины сосны и дуба и исследование разницы в их поведении при воздействии высоких температур с использованием стандартной установки по определению групп воспламеняемости строительных материалов «ВСМ». Работа является продолжением исследований в области изучения процессов воспламенения и самовоспламенения древесины лиственных и хвойных пород [2, 3].

Как показано в предыдущих работах [2, 3] в состав разработанного огнезащитного средства был включен сульфат аммония (в виде антипирена, содержание компонентов 48,5% мас.об.), аммофос (48,5%), ортофосфорная кислота (до 3,0%) и раствор аммиака. Данные компоненты должны обеспечивать хоро-



шие огнезащитные свойства и являться относительно экологичными при применении.

Кроме разработанного огнезащитного средства также были проведены испытания образцов древесины, обработанных классическим раствором суперфосфата. Состав суперфосфатной обмазки и расход компонентов на  $1\text{ м}^2$  защищаемой поверхности приведены в таблице.

*Таблица. Содержание суперфосфатной обмазки*

Наименование компонентов	Содержание компонентов, % мас.	Расход компонентов на $1\text{ м}^2$ поверхности, г
Суперфосфат (ГОСТ 5956-78)	70,0	1120
Вода	30,0	480
Итого:	100,0	1600

Для изучения процесса воспламенения образцов древесины лиственных и хвойных пород были проведены испытания по методике, определенной ГОСТ 30402-96 [1]. Сущность метода состоит в определении параметров воспламеняемости материала (КППТП, время воспламеняемости) при заданных стандартом уровнях воздействия на поверхность образца лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания.

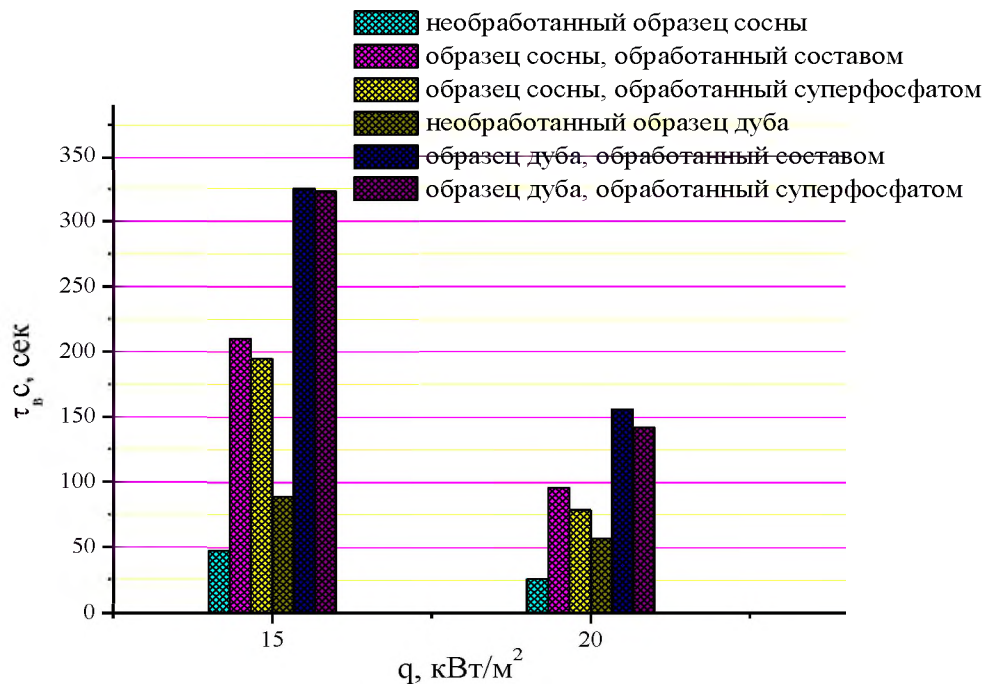
В ходе испытаний применялась установка «ВСМ» для определения воспламеняемости строительных материалов, весы (с точностью 0,01 г.), ИПП-2 (измеритель плотности теплового потока), секундомер, влагомер (для измерения значений показателя влажности образцов). Данное оборудование позволило провести исследования по изучению поведения образцов древесины.

Испытания образцов древесины сосны и дуба при изучении параметров воспламеняемости проводили на 3-х образцах для каждой контрольной точки, характеризуемой определенным значением поверхностной плотности теплового потока (температуры).

Образцы древесины изготавливались в виде квадратного бруска с габаритами  $165 \times 165 (\pm 5)$  мм и толщиной не более 70 мм. Первоначально мы провели градуировку испытательного оборудования (установки «ВСМ») с помощью измерителя плотности теплового потока ИПП-2. Более подробно подготовка образцов к испытаниям и градуировка описана в предыдущей работе [3].

Далее в качестве образцов были исследованы необработанные образцы сосны и дуба, а также обработанные образцы древесины с расходом разработанного огнезащитного состава  $400\text{ г/м}^2$ . Для более полной оценки влияния огнезащитного состава на поведение древесины, мы провели серию испытаний образцов на воспламеняемость при тепловых потоках  $q = 15$  и  $q = 20\text{ кВт/м}^2$ . Температура окружающей среды составляла  $t_{\text{oc}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Проведя испытания по изучению процессов воспламенения образцов древесины хвойных и лиственных пород с учетом обработки разработанным огнезащитным составом, последним этапом нашей работы было исследование влияния сравниваемой суперфосфатной обмазки на поведение образцов древесины. Результаты испытаний сведены на рисунке.



**Рисунок.** Результаты испытаний на воспламеняемость необработанных и обработанных разработанным огнезащитным составом и суперфосфатной обмазкой образцов древесины лиственных и хвойных пород  $\tau_{вс}$ , сек =  $f(q, \text{кВт/м}^2)$

Полученный массив экспериментальных данных в ходе испытаний отличался сходимостью и воспроизводимостью, при этом погрешность результатов измерений не превышала 15%.

Полученные данные, отображенные на рис. 1 показали, что образцы древесины как хвойных, так и лиственных пород, обработанные разработанным огнезащитным составом, имеют большие значения как времени воспламенения, так и плотности тепловых потоков, при которых происходит воспламенение образцов по сравнению с образцами, обработанными классической суперфосфатной обмазкой. Это связано с механизмом совместного огнезащитного действия азота и фосфора, в отличие от суперфосфата  $((\text{CaH}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ , действие которого заключается на основе фосфоросодержащего соединения. Фосфоразотсодержащие огнезащитные средства при нагревании создают кислую среду, которая дополнительно катализирует процесс дегидратации по-

лисахаридов, входящих в состав древесины. Поэтому снижается выход горючих летучих продуктов и повышается выход угольного остатка.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.

2. Кусаев А.А., Фарахов А.Р., Наконечный С.Н. Изучение процессов воспламенения и самовоспламенения древесины образцов древесины лиственных и хвойных пород // Обеспечение безопасности жизнедеятельности : проблемы и перспективы: сб. материалов XII междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Минск: УГЗ, 2018. – 462 с. ISBN 978-985-590-030-7.

3. Наконечный С.Н. Исследование процесса воспламенения образцов древесины ели // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 9 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/09/84264> (дата обращения: 04.09.2017).

УДК 614.841.411:667.637

***С. Н. Наконечный, Ф. Р. Сулейманов, Е. С. Дерябкина***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЫМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД**

Данная работа посвящена исследованию процесса дымообразования при изучении процесса воспламенения необработанных образцов древесины лиственных и хвойных пород с использованием стандартной установки по определению групп воспламеняемости строительных материалов «ВСМ».

**Ключевые слова:** древесина, сосна, дуб, тепловой поток, дымообразование

***S. N. Nakonechnyy, F. R. Suleimanov, E. S. Deryabkina***

### **INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF SMOKE FORMATION AT THE STUDY OF THE PROCESS OF IGNITION OF SAMPLES OF WOOD OF CONIFEROUS AND FROZEN ROCKS**

This work is devoted to the study of the process of smoke formation when studying the process of ignition of unprocessed hardwood and coniferous wood samples using a standard installation for determining the flammability classes of building materials «VSM».

**Keywords:** wood, pine, oak, heat flow, smoke.

Целью данной работы являлось получение показателей, характеризующих процесс дымообразования при изучении процесса воспламенения необработанных образцов древесины лиственных и хвойных пород (сосны и дуба) с использованием стандартной установки по определению групп воспламеняемости строительных материалов «ВСМ». Работа является продолжением исследований в области изучения процессов воспламенения и самовоспламенения древесины лиственных и хвойных пород [2, 3].

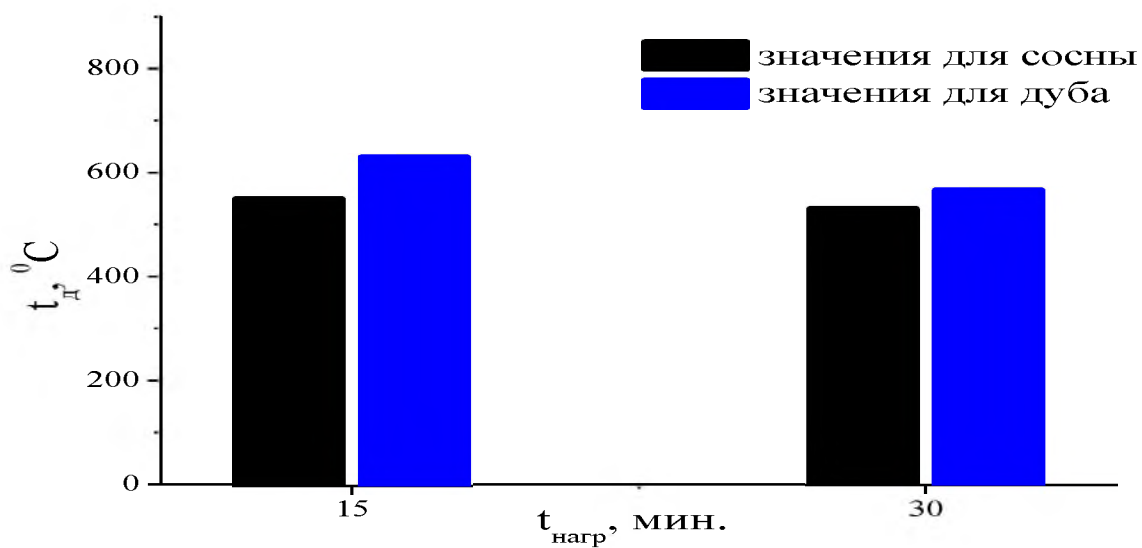
При пожаре опасность составляет не только огневое, но также и тепловое воздействие, заключающееся в увеличении температуры окружающей среды с течением времени. При этом прирост температуры (в зависимости от различных условий – величины пожарной нагрузки, факторов микроклимата помещения и т.д.) порой отличается от условий стандартного режима, поэтому в данной работе, при изучении процесса воспламенения образцов древесины, мы рассмотрели несколько режимов увеличения температуры со временем. В данной работе решили исследовать характер воспламенения образцов древесины хвойных и лиственных пород при различной интенсивности нагрева до  $T = 1000^{\circ}\text{C}$  – при 15- и 30-минутном нагреве.

Для изучения процесса воспламенения образцов древесины лиственных и хвойных пород были проведены испытания по методике, определенной ГОСТ 30402-96 [1]. Сущность метода состоит в определении параметров воспламеняемости материала (КПТП, время воспламеняемости) при заданных стандартном уровнях воздействия на поверхность образца лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания.

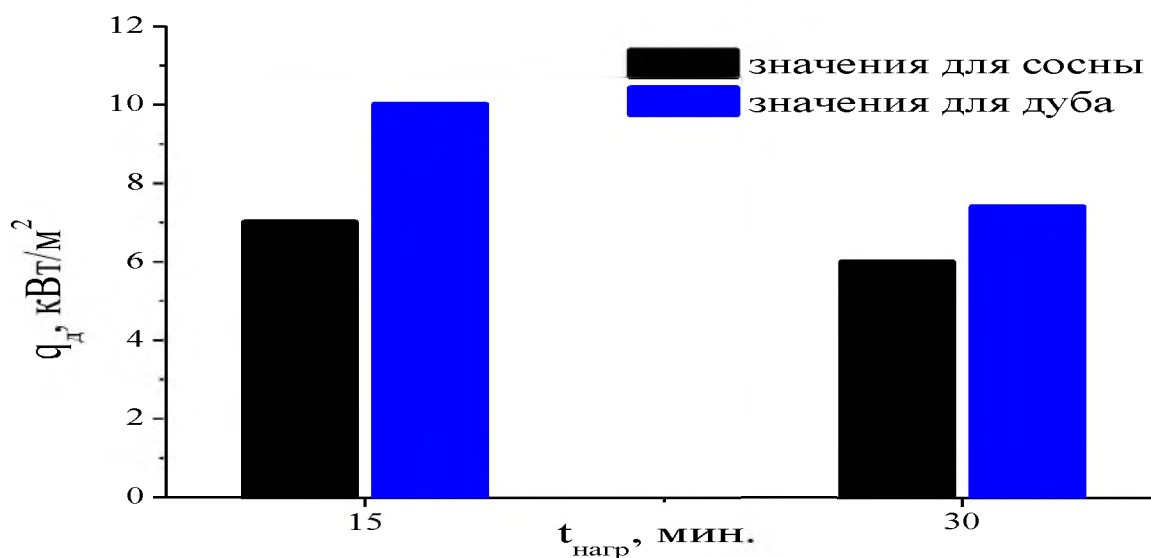
В ходе испытаний применялась установка «ВСМ» для определения воспламеняемости строительных материалов, весы (с точностью 0,01 г.), ИПП-2 (измеритель плотности теплового потока), секундомер, влагомер (для измерения значений показателя влажности образцов). Данное оборудование позволило провести исследования по изучению поведения образцов древесины. Подготовка образцов к испытаниям и градуировка испытательного оборудования более подробно описана в работе [3].

В процессе работы был изучен процесс дымообразования для древесины лиственных и хвойных пород, нагретых тепловым потоком до  $T = 1000^{\circ}\text{C}$  в двух режимах – за 15 и 30 минут. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

До появления устойчивого пламенного горения поверхность испытуемых образцов обугливалась, появлялся белый дым, активно выделялась горючая паровоздушная смесь (рис. 3).



**Рис. 1.** Результаты наблюдений наступления активного дымовыделения при испытаниях необработанной древесины лиственных и хвойных пород  
 $t_d, ^\circ\text{C} = f(t_{\text{нагр}}, \text{МИН.})$



**Рис. 2.** Результаты наблюдений наступления активного дымовыделения при испытаниях необработанной древесины лиственных и хвойных пород  
 $q_d, \text{кВт/м}^2 = f(t_{\text{нагр}}, \text{МИН.})$



**Рис. 3.** Выделение горючей паровоздушной смеси при испытаниях

Таким образом, в ходе испытаний было установлено, что образцам древесины лиственных пород (дуб) соответствуют большие значения плотности теплового потока, при которых начинается активное дымовыделение.

В соответствии с работой [4] вещества, экстрагируемые из древесины, являются наименее термостабильными, по сравнению с другими основными компонентами. Экстрактивные вещества участвуют в образовании кокса, влияют на образование дыма. Хвойные породы отличаются более высоким содержанием экстрактивных веществ, что приводит к активному дымовыделению при меньших значениях плотности теплового потока.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.

2. *Наконечный С.Н.* Исследование процессов воспламенения и самовоспламенения огнезащищенных образцов древесины хвойных пород // Проблемы и перспективы пожарно-технической экспертизы и надзора в области пожарной безопасности: сборник трудов секции № 11 XXVIII Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь», 22 марта 2018 года. – ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2018. – 72 с.

3. *Наконечный С.Н.* Исследование процесса воспламенения образцов древесины ели // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 9 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/09/84264> (дата обращения: 04.09.2017).

4. *Серков Б.Б., Асеева Р.М., Сивенков А.Б.* Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины (Часть 1). Интернет-журнал «Технологии технологической безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). Выпуск № 6 (40) – декабрь 2011 г.

УДК 699.812.3

*Н. М. Панёв, А. Л. Никифоров, И. Ю. Шарабанова, О. Г. Циркина*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОГНЕЗАЩИТНОГО ПРОПИТОЧНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

В ходе данной работы проведено изучение литературных данных об основных ингредиентах огнезащитных пропиток для древесины, выделены наиболее популярные из таковых, а также с помощью оценки кислородного индекса образцов древесины обоснована возможность создания рецептуры огнезащитного пропиточного средства системы «антипирен-растворитель-закрепитель» и роли каждого из выделенных веществ в структуре огнезащитной композиции.

**Ключевые слова:** древесина, индивидуальные антипирены, неорганические соли, кислородный индекс.

*N. M. Panyov, A. L. Nikiforov, I. Yu. Sharabanova, O. G. Tsirkina*

## OPTIMIZATION OF COMPOSITION OF FIRE RETARDANT IMPREGNATION FOR WOOD

In the course of this work, the study of the literature data about the main ingredients of fire-retardant impregnations for wood was carried out, the most popular ones were identified, and the possibility of creating a formulation of a fire-retardant impregnating system «fire retardant-solvent-fixer» and the role of each of the selected substances in the structure of the fire-retardant composition was justified by evaluating the oxygen index of wood samples.

**Keywords:** wood, individual fire retardants, non-organic salts, oxygen index.

Древесина, являясь лёгким материалом с хорошей теплоизолирующей способностью, всегда привлекала к себе внимание строителей. Сегодня в мире развиваются новые технологии производства и применения конструкционных материалов из цельной древесины, что открывает перспективы строительства зданий и сооружений различного назначения.

Одной из отраслей народного хозяйства, в которой древесина издревле широко применяется, является строительство жилья. До сих пор в нашей стране и за её пределами при строительстве большинства зданий и сооружений используются те или иные конструктивные элементы, выполненные из дерева. Здания жилого фонда, в особенности, частные домовладения, зачастую выполняются более чем на 70% из древесины и материалов на её основе.

Одной из наиболее актуальных проблем применения деревянных конструкций в строительстве является необходимость снижения пожарной опасности конструкционного материала. Исходя из мирового исследовательского опыта [1-6], можно утверждать, что требуемый уровень пожарной безопасности исследуемого материала можно обеспечить только с помощью применения вспучивающихся огнезащитных средств (ОЗС), а также огне- и огнебиозащитных составов для поверхностной и глубокой пропитки древесины. Все эти виды огнезащиты характеризуются как положительными, так и отрицательными сторонами.

Стоит отметить тот факт, что сегодня рынок наводнён средствами защиты древесины различной степени эффективности, производство подобных составов налажено почти в каждом регионе России. Разработка рецептур новых ОЗС на сегодняшний день является одним из приоритетных направлений научно-исследовательской деятельности организаций, занимающихся организацией и проведением работ и оказанием услуг в области пожарной безопасности. К сожалению, сегодня очень многие огнезащитные средства содержат в своём составе большое количество ингредиентов, которые не всегда влияют на эффективность готового продукта, но всегда ведут к усложнению производства. На наш взгляд, структуру огнезащитной композиции, которая, можно оптимизировать таким образом, чтобы готовое средство не уступало существующим аналогам по эффективности и существенно превосходило их по простоте производства.

Для выполнения поставленной задачи необходимо провести анализ компонентов ОЗС, производимых в России и за рубежом. Такая работа проводилась авторами исследования ранее, например, в работе [7], поэтому здесь можно лишь привести краткие результаты проведённого поиска (табл. 1).

*Таблица 1. Краткий обзор патентов и авторских свидетельств на антипирены*

№ п/п	Состав огнезащитной композиции	Документ
1	Бишофит - 310-370 г/л, ацетат магния - 3-9 г/л, шавелевая кислота - 3-5 г/л, гидроокись двухвалентного железа - 0,5-1,5 г/л, вода – остальное.	Патент на изобретение №2469843(19) RU «Огнезащитный состав для обработки древесины»
2	Кремнефтористый аммоний – 80-90%, ингибитор (карбамид и фосфорная кислота при молярном соотношении 2:1) – 10-20%	Патент РФ №2032531
3	Фосфорная кислота - 9,1-10,2%, карбамид - 11,4-18,4%, вода - 56,3-68,4%	Патент РФ №2133191 «Композиция для защиты древесины и способ ее приготовления»
4	Жидкое стекло - 75-82%, минеральное связующее - 0,5-0,62%, едкий натр - 2,4-3,3%, вода - остальное.	Патент РФ №2140948



№ п/п	Состав огнезащитной композиции	Документ
5	Анизометричный наноразмерный наполнитель - 4-5%; жидкое стекло - остальное. При этом в качестве анизометричного наноразмерного наполнителя используют наноксид алюминия с размером неорганических слоев порядка 220-300 нм в длину и 1-5 нм в толщину.	Патент на изобретение №2458951
6	- в первом варианте выполнения огнезащитный состав для древесины, включающий бишофит, добавку и воду, согласно изобретению содержит в качестве добавки ортофосфорную кислоту при следующем соотношении компонентов, мас. %: бишофит - 70-90, ортофосфорная кислота - 0,5-3, вода – остальное; - во втором варианте выполнения огнезащитный состав для древесины, включающий бишофит, добавку и воду, согласно изобретению содержит в качестве добавки ортофосфорную кислоту и сульфат аммония при следующем соотношении компонентов, мас. %: бишофит - 70-90, сульфат аммония - 7-29,5, ортофосфорная кислота - 0,5-3.	Патент РФ №2197374
7	Кальцийцинкфосфатнитратное связующее – 20-50%; аминосодержащее соединение – 4-20%; диаммонийфосфат – 2-18%; фторид щелочного металла или аммония – 2-6%; вода – остальное.	Патент РФ №2538256 «Композиция для огнебиозащитной пропитки древесины»
8	Диаммонийфосфат – 5-20%; борная кислота – 10-30%; аминоспирт – 2-10%; функциональная добавка (полиглюкозиды жирных кислот, например, глюкопон) – 0,1-1%; вода – 39-82,9%.	Патент РФ № 2486051 «Способ получения огнебиозащитного состава»
9	Жидкое стекло - 30-70%; молотый вермикулит - 5-25%; молотый кварцевый песок – остальное.	Патент на изобретение №2148066
10	Бишофит 400-490 г/л; гидрокарбонат натрия 2-9 г/л; окислитель 3-7 г/л; вода-остальное.	Патент РФ №2307735
11	Жидкое стекло – 55-65%; карбонат кальция – 8-13%; каолин – 7-10%; вспененный вермикулит – 10-15%; зола-унос ТЭС – 8-12%.	Патент РФ №2140400

Таким образом, путём анализа данных, приведённых в табл. 1, можно выделить 5 индивидуальных антипиренов:

- 1) жидкое стекло;

- 2) диаммонийфосфат;
- 3) карбамид (мочевина);
- 4) сода пищевая (гидрокарбонат натрия);
- 5) бишофит.

Затем для оценки собственной эффективности каждого из веществ были проведены испытания образцов древесины, пропитанных водными растворами приведённых ингредиентов в концентрациях от 10 до 200 г/л (1-20%), на приборе по определению кислородного индекса (далее – КИ) согласно методике, описанной в [8]. Результаты проведённого эксперимента приведены в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2. Значения КИ, полученные в результате вычислений по [8]

г/л Вещество	$C_{в-ва}$ 10	30	50	100	150	200
Мочевина (карбамид)	19,5	20,4	20,7	21,2	22,1	24,4
Диаммонийфосфат	18,7	20,4	22,7	24,4	28,3	29,5
Жидкое стекло	20,1	20,4	21,3	22,4	25,3	25,4
Бишофит	22,2	23,4	24,5	27,5	36,3	42,4
Сода пищевая	26,1	26,3	26,4	26,5	27,2	27,8

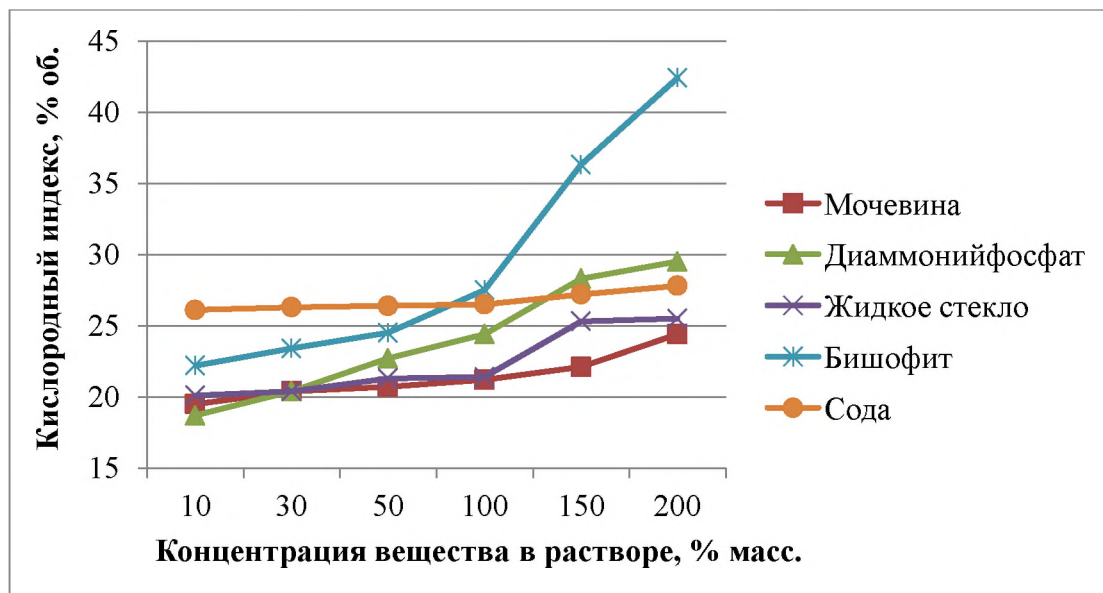


Рис. 1. Значения КИ для индивидуальных антипиренов

Как видно из представленных данных, для каждого вещества можно выбрать ту концентрацию, выше которой не наблюдается столь быстрого роста кислородного индекса, как до её достижения. К тому же можно утверждать, что слишком большая концентрация действующего вещества в растворе приведёт к чрезмерному удорожанию готового продукта.

В качестве оптимальных концентраций были выбраны:

- 1) для мочевины – 200 г/л (20%);
- 2) для диаммонийфосфата – 200 г/л (20%);
- 3) для бишофита – 200 г/л (20%);
- 4) для жидкого стекла – 100 г/л (10%);
- 5) для пищевой соды – 200 г/л (20%).

Таким образом, можно говорить о том, что структура перспективного огнезащитного средства с оптимизированным составом будет иметь вид, представленный на рис. 2.

Жидкое стекло, как известно, является плёнкообразующим и, таким образом, может быть использовано в качестве закрепителя. К тому же в самостоятельном виде данная субстанция может использоваться в качестве огнезащитного покрытия и является устойчивой к вымыванию. Существуют реальные примеры того, как покрытие из жидкого стекла, нанесённое на деревянные конструкции, сохранялось в течение 50 лет без потери эксплуатационных свойств.

В качестве растворителя выступает вода, так как она имеет ряд преимуществ перед органическими растворителями: она доступнее любых органических веществ и не может оказать негативного влияния на показатели горючести древесины.

Остальным рассматриваемым в данном исследовании веществам в структуре перспективной огнезащитной композиции будет отведена главная роль – роль действующего огнезащитного вещества, в качестве которого будет выступать одно из рассматриваемых веществ.

Исходя из вышеизложенного, можно представить структуру ОЗС оптимизированного состава в виде схемы, изображённой на рис. 3.

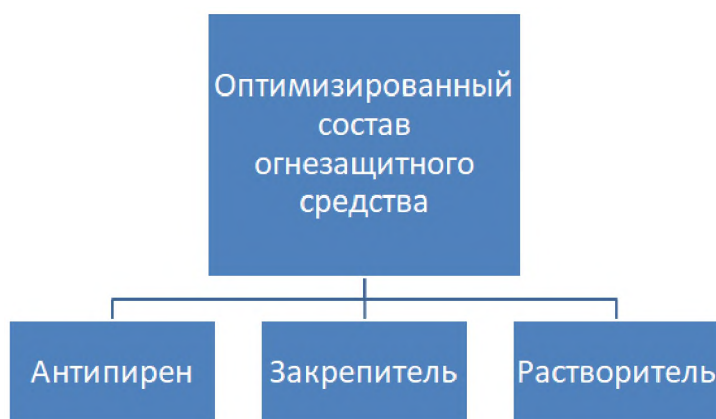


Рис. 2. Предлагаемая структура огнезащитной композиции



Рис. 3. Оптимизированный состав ОЗС

Таким образом, можно говорить о принципиальной возможности разработки и создания ОЗС с включением в состав 20% одного из антипиренов (бишофит, диаммонийфосфат, карбамид (мочевина), пищевая сода), 10% жидкого стекла в качестве закрепителя и воды как растворителя.

ОЗС такой рецептуры не будет уступать существующим рыночным аналогам по себестоимости, огнезащитной эффективности, а также простоте производства и применения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асеева Р.М. Горение древесины и ее пожароопасные свойства [Текст] / Р.М. Асеева, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков // Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2010. – 262 с.
2. White R.H. Fire resistance of wood with members with directly applied protection. Proceedings of 11th International Conference and Exhibition «Fire and Materials 2009». UK, London, Interscience Communications, 2009. 971 p.
3. White R.H. Analytical methods for determining fire resistance of timber members [Текст]. In: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, New York, Springer, 2016.
4. Changjiang Zhu, Mingshan He, Yu Liu, Jianguang Cui, Qilon Tai, Lei Song, Yuan Hu. Synthesis and application of a mono-component intumescent flame retardant for polypropylene [Текст]. In: Polymer Degradation and Stability Volume 151, May 2018.
5. Еремينا Т.Ю., Гравит М.В., Дмитриева Ю.Н. Особенности и принципы построения рецептур огнезащитных вспучивающихся композиций на основе эпоксидных смол // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 7.

6. *Гравит М.В.* Разработка рецептур огнезащитных вспучивающихся покрытий. Основные компоненты // Промышленные покрытия. 2012. № 9-10.

7. *Панев, Н.М.* Перспективные вещества для использования в качестве антипиренов для древесины / Н.М. Панев, А.А. Александров, А.А. Воронцова, А.Л. Никифоров, С.Н. Животягина // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность», посвященной году Пожарной Охраны России. – Иваново. – 2016. – С. 145-147.

8. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 12.12.89 № 3683).

УДК 544.355 – 122: 532.00

*Ю. С. Парфенова, О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## РАСЧЕТНОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ДВОЙНЫХ СМЕСЕЙ ПРЕДЕЛЬНЫЙ УГЛЕВОДОРОД–ПРЕДЕЛЬНЫЙ КЕТОН

Расчитаны и определены экспериментально температуры вспышки бинарной (n-декан – метилизобутилкетон) смеси горючих жидкостей. Показано, что минимума на зависимости температуры вспышки от состава смеси не наблюдается. Температура вспышки смеси, содержащей до 0,6 мольных долей низкокипящего компонента близка к его температуре вспышки.

**Ключевые слова:** температура вспышки, двойная смесь, межмолекулярные взаимодействия, расчетные методики.

*J. S. Parfenova, O. E. Storonkina, T. A. Mochalova*

## DESIGN AND EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE TEMPERATURE OF FLASH OF DOUBLE MIXTURES LIMITED HYDROCARBON–LIMITED KETONE

The flare temperatures of the binary (n-decane-methylisobutyl ketone) mixture of combustible liquids were calculated and experimentally determined. It is shown that the minimum on the dependence of the flash temperature on the composition of the mixture is not observed. The flash point of the mixture containing up to 0.6 mole fractions of the low boiling point component is close to its flash point.

**Keywords:** flash point, double mixture, intermolecular interactions, calculation methods.

Исследование параметров пожарной опасности смесей растворителей является актуальной задачей в связи широким использованием таких жидкостей в различных областях техники, науки и в быту.

Для многих соединений экспериментальные данные о показателях пожарной опасности отсутствуют, кроме того изучение свойств смесей растворителей оборачивается необходимостью выполнения огромного объема экспериментальных исследований. Анализ литературных данных [1, 2] по температурам вспышки смешанных растворителей показал, что для неидеальных растворов на зависимостях температуры вспышки от состава могут существовать минимумы и максимумы. Поэтому актуальным является использование расчетных методик для прогнозирования физико-химических свойств смесей растворителей, а также показателей их пожарной опасности.

В настоящей работе проведено экспериментальное исследование температуры вспышки бинарных смесей жидкостей и анализ различных методов расчета температуры вспышки на примере исследованных систем.

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

В работе измерены температуры вспышки двойной (н-декан-метилизобутилкетон) смеси горючих жидкостей. Приготовление смесей проводили весовым методом.

Для оценки имеющихся методов расчета температуры вспышки была использована методика из работы [3]. Эта методика рекомендуется для расчета температуры жидких нефтепродуктов и других органических жидкостей. По мнению авторов, эта методика представляет «простой и надежный метод», выражаемый уравнением (1).

$$t_{\text{всп}} = \frac{\omega_{\text{вк}} t_{\text{вк}} + \omega_{\text{нк}} t_{\text{нк}} - f(t_{\text{вк}} - t_{\text{нк}})}{100} \quad (1)$$

Здесь  $\omega_{\text{вк}}$  и  $t_{\text{вк}}$ ,  $\omega_{\text{нк}}$  и  $t_{\text{нк}}$  - массовый процент и температура вспышки, соответственно, высококипящего и низкокипящего компонента смеси.  $f$  – коэффициент, зависящий от состава смеси, значения которого приведены в табл. 1.

*Таблица 1. Значения коэффициента f для уравнения 1*

$\omega_{\text{вк}}$	<b>f</b>	$\omega_{\text{вк}}$	<b>f</b>	$\omega_{\text{вк}}$	<b>f</b>
0	0	35	19,4	70	30,3
5	3,3	40	21,7	75	30,4
10	6,5	45	23,9	80	29,2

$\omega_{\text{вк}}$	<b>f</b>	$\omega_{\text{вк}}$	<b>f</b>	$\omega_{\text{вк}}$	<b>f</b>
15	9,2	50	25,9	85	26,0
20	11,9	55	27,6	90	20,0
25	14,5	60	29,0	95	12,0
30	17,0	65	30,0	100	0

Массовый процент высококипящего компонента смеси, исходя из его мольной доли, рассчитывали по формуле (2).

$$\omega_{\text{вк}} = \frac{100X_{\text{вк}}M_{\text{вк}}}{X_{\text{вк}}M_{\text{вк}} + (1 - X_{\text{вк}})M_{\text{нк}}} \quad (2)$$

Результаты экспериментального и расчетного определения температуры вспышки в системе изобутилметилкетон - декан представлены в табл. 2.

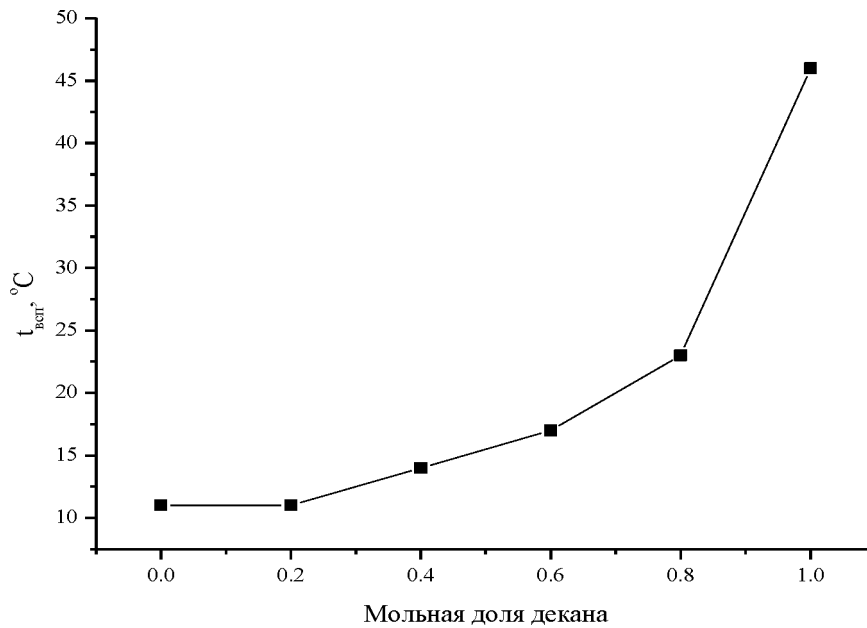
**Таблица 2. Экспериментальные и расчетные температуры вспышки смесей метилизобутилкетон–декан**

$X_{\text{д}}$	$\omega_{\text{д}}$	$t_{\text{всп,1}}$	$t_{\text{всп,2}}$	$t_{\text{всп,3}}$	$t_{\text{всп}}$	$f$	$t_{\text{всп}} \text{ (расч)}$
0,0	0,0	11	11	11	11	0	11
0,2	26,2	11	11	11	11	15,10	15
0,4	48,6	14	14	14	14	25,36	19
0,6	68,1	17	17	17	17	32,69	23
0,8	85,0	23	23	23	23	26	32
1,0	100,0	46	46	46	46	0	46
среднее отклонение расчетных величин $\Delta_{\text{ср}} = (\sum \Delta_i)/4$							6

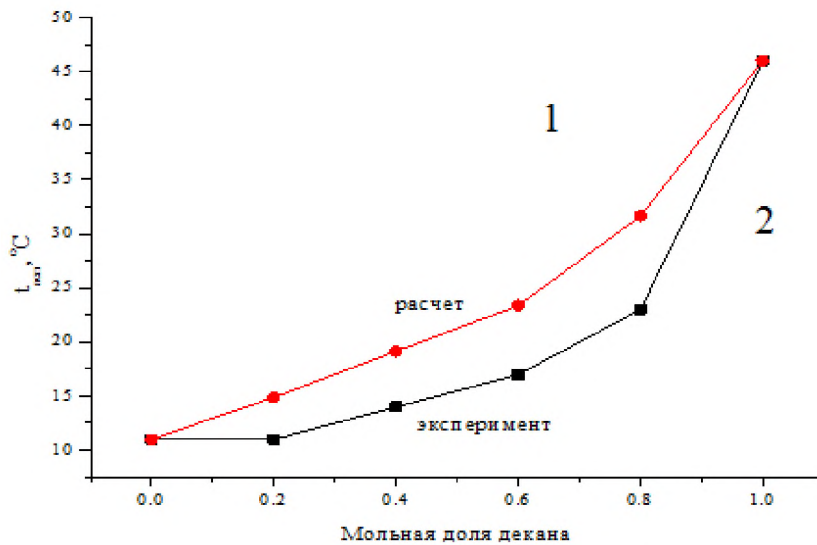
Примечание.  $t_{\text{всп,1}}$ ,  $t_{\text{всп,2}}$ ,  $t_{\text{всп,3}}$ ,  $t_{\text{всп}}$  - экспериментальные (1, 2, 3) и среднее значения температуры вспышки.

Сравнение величин из табл. 2 и литературных данных показывает, что измеренные нами температура вспышки декана хорошо согласуются между собой. Отклонение в 1°С для декана также находится в пределах погрешности измерений прибора «Вспышка-А» в данном температурном интервале. Измеренные температуры вспышки компонентов смесей хорошо согласуются со справочными величинами 13°С для метилизобутилкетона и 47°С для н-декана [4].

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют, что в исследованной системе метилизобутилкетон - декан температура вспышки смеси равна температуре вспышки легколетучего компонента в интервале 1 ÷ 0,6 его мольной доли. При дальнейшем уменьшении содержания метилизобутилкетон температура вспышки смеси плавно приближается к температуре вспышки декана (см. рис. 1). На рис. 2 сопоставлены расчетные и экспериментальные температуры вспышки смеси.



**Рис. 1.** Концентрационная зависимость температуры вспышки смеси метилизобутилкетон - декан



**Рис. 2.** Концентрационные зависимости температуры вспышки смеси метилизобутилкетон – декан (кривая 1 –  $t_{всп}$  (расч), кривая 2 –  $t_{всп}$  (эксп))

Приведенные данные показывают, что использованная расчетная методика плохо прогнозирует температуру вспышки изученной смеси метилизобутилкетон - декан.

В исследованной системе метилизобутилкетон - декан температура вспышки смеси равна температуре вспышки легколетучего компонента в ин-



тервале  $1 \div 0,6$  его мольной доли. При дальнейшем уменьшении содержания метилизобутилкетона температура вспышки смеси плавно приближается к температуре вспышки декана. Так при концентрации декана 0,8 м.д. отклонения расчета превышают 10 градусов. Такие различия расчета и эксперимента обусловлены существенным отклонением исследованной смеси метилизобутилкетон - декан от идеального раствора и вероятно, большим положительным отклонением от закона Рауля.

При использовании на практике протестированных в настоящей работе методик следует привлекать дополнительные данные по парожидкостному равновесию или эффектам смешения для более обоснованных выводов по результатам расчета.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Liaw, H. J.* A mathematical model for predicting the flash point of binary solutions. / H. J. Liaw, Y. H. Lee, C. L. Tang. // J. Loss Prev. Proc. Ind. - 2002. - Vol. 15. - № 6. - P. 429 – 438.
2. *Liaw, H.-J.* The prediction of the flash point for binary aqueous-organic solutions. / H.-J. Liaw, Y.-Y. Chiu // J. Hazard Mater. - 2003. - № 101. - P. 83–106.
3. *Бронишевский, Б. П.* Специальная химия: учебное пособие / Б. П. Бронишевский, В.А. Шандыба - М.: Учебно-методический кабинет, 1979. – 117 с.
4. *Корольченко, А. Я.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко - М.: Асс. «Пожнаука», 2004, - Ч. 1. - 713 с.

УДК 678.743:547.979-386

*А. В. Петров<sup>\*</sup>, С. А. Кувшинова<sup>\*\*</sup>, Ж. Ф. Гессе<sup>\*</sup>, Т. В. Фролова<sup>\*</sup>*

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет, НИИ Макрогетероциклических соединений

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАКРОГЕТЕРОЦИКЛОМ

Проведено исследование пленочных образцов, синтезированных на основе комплексов замещенных фталоцианинов меди. Экспериментально определен кислородный индекс исследованных материалов.

**Ключевые слова:** макрогетероцикл, модификация, физико-механические свойства, кислородный индекс.

A. V. Petrov, S. A. Kuvshinova, G. F. Gesse, T. V. Frolova

## RESEARCH OF THERMAL STABILITY OF THE POLYMERIC MATERIALS MODIFIED BY THE MACROHETEROCYCLE

The research of the film samples synthesized on the basis of complexes of the replaced copper ftalotsianin is conducted. The oxygen index of the studied materials is experimentally defined.

**Keywords:** macroheterocycle, modification, physicommechanical properties, oxygen index.

Одной из приоритетных задач научных исследований является создание функциональных материалов с заданными свойствами. Для этой цели одними из перспективных объектов признаются макрогетероциклы (МГЦ) – порфирины, фталоцианины и их металлокомплексы.

Уникальные свойства фталоцианинов привлекают внимание ученых и практиков уже не одно десятилетие. Возрастающий интерес к фталоцианинам и родственным соединениям обусловлен наличием у них ряда интересных с научной точки зрения и важных в плане практического использования характеристик, что позволяет использовать вещества подобного рода в качестве материалов различного назначения, в том числе красителей и пигментов, катализаторов, сенсбилизаторов и др. [1]. Зачастую практическое использование фталоцианинов сдерживается либо их нерастворимостью, либо чрезвычайно низкой растворимостью в органических растворителях. Введение объемистых заместителей в молекулы этих соединений, например, *трет*-бутильных, обеспечивает им хорошую растворимость, что существенно расширяет возможности их применения [2].

В данной работе представлены результаты исследования одного из важнейших для практического применения физико-механического параметра поливинилхлоридных (ПВХ) пленок - кислородного индекса.

В качестве полимера для получения пленок использовали суспензионный поливинилхлорид, полисульфон и полиметилметакрилат.

Измерение кислородного индекса проводилось по ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» на приборе для определения индекса воспламеняемости - кислородного индекса (UCFT-OI). Технические данные: расход газа через колонку составлял 17 nl/min (нормолитр в минуту, нормолитр = объем газа при нормальном атмосферном давлении и температуре +20°C). Подача газа: 99.5% кислород и чистый азот при 2.6 бар. Анализатор кислорода: диапазон: 0 - 100% O<sub>2</sub>. Воспроизводимость (близость результатов измерения) (стандартная): ± 0.1% O<sub>2</sub>. Линейность (точность по всему диапазону измерения) (стандартная): ± 0.1% O<sub>2</sub>.

Структура макрогетероцикла, выступавшего модификатором, приведена на рисунке.

Были исследованы следующие образцы:

1) образец 1 – ПВХ пленка, модифицированная макрогетероциклом;

2) образец 2 – Полисульфон, модифицированный макрогетероциклом;

3) образец 3 – Полиметилметакрилат, модифицированный макрогетероциклом.

Для сравнения, также представлены данные для чистого поливинилхлорида (образец 4).

Полученные результаты представлены в таблице.

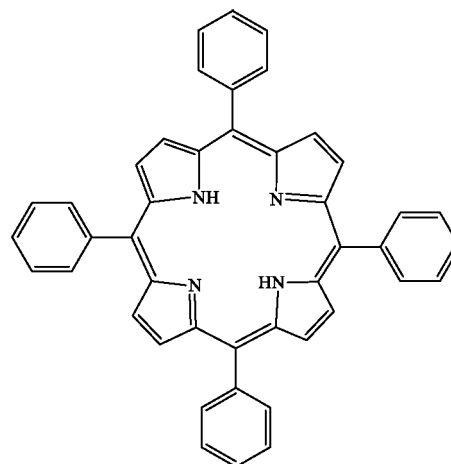


Рисунок. Структура модификатора

Таблица. Результаты измерения кислородного индекса

Номер образца	Исследуемый материал	Кислородный индекс, %
1	ПВХ + МГЦ	26.9
2	Полисульфон + МГЦ	20.5
3	Полиметилметакрилат (ПММА+МГЦ)	25.3
4	ПВХ	24.1

На основании полученных результатов можно отметить, что наименьшим значением кислородного индекса, и, следовательно, наибольшей пожарной опасностью, обладает полисульфон, модифицированный макрогетероциклом. Наибольшее значение кислородного индекса имеет такой материал как поливинилхлорид, модифицированный макрогетероциклом. Для сравнения приведены данные для немодифицированного поливинилхлорида, которые показывают, что модифицирование фталоцианином приводит к увеличению значения кислородного индекса полимерного материала, и, как следствие, уменьшению его пожарной опасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шапошников Г.П., Кулинич В.П., Майзлиш В.Е. Модифицированные фталоцианины и их структурные аналоги. М.: Красанд, 2012. 480 с.
2. Кувшинов Г.В., Майзлиш В.Е., Кувшинова С.А., Бурмистров В.А., Койфман О.И. Комплексы трет-бутилзамещенных фталоцианинов меди и никеля как модификаторы пленок на основе поливинилхлорида и адсорбентов для газовой хроматографии // Макрогетероциклы. 2016. Т. 3. № 9. С. 244-249.

УДК 621.643.414

*П. В. Пучков, В. Е. Иванов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

В данной статье пойдет речь о исследовании влияния высоких температур на прочность резьбового соединения типа шпилька-гайка. Также в статье представлен характер разрушения витков метрической резьбы при воздействии на нее осевой растягивающей силы.

**Ключевые слова:** резьба метрическая, тепловое воздействие, разрывная машина, прочность.

*P.V. Puchkov, V. E. Ivanov*

## **INVESTIGATION OF STRENGTH PROPERTIES OF NON-UNIFOLD COMPOUNDS AT HIGH TEMPERATURES**

In this article we will talk about the investigation of the influence of high temperatures on the strength of a threaded connection of the hairpin-nut type. Also, the article presents the character of the destruction of the threads of the metric thread when the axial tensile force is applied to it.

**Keywords:** metric thread, thermal action, breaking machine, strength.

Авария на Саяно-Шушенской ГЭС - индустриальная техногенная катастрофа. В результате аварии погибло 75 человек, оборудованию и помещениям станции нанесен серьезный ущерб. Работа станции по производству электроэнергии была приостановлена. Последствия аварии отразились на экологической обстановке акватории, прилегающей к ГЭС, на социальной и экономической сферах региона. В результате проведенного расследования Ростехнадзор непосредственной причиной аварии назвал разрушение шпилек крепления крышки турбины. Авария на данный момент является крупнейшей в истории катастрофой на гидроэнергетическом объекте России и одной из самых значительных в истории мировой гидроэнергетики а причиной таких серьезных последствий стало разрушение всего лишь крепежного элемента - шпильки.

Из описанной выше крупной техногенной катастрофы, случившейся в энергетической области можно сделать вывод, что крепежным элементам конструкции следует уделять более важное внимание.

Резьбовые соединения находят самое широкое применение в различных областях техники. В современных машинах количество резьбовых деталей, как правило, численно превышает количество не резьбовых деталей (60 % общего числа деталей). Резьбовые соединения имеют ряд достоинств перед другими способами соединения деталей, что делает их незаменимыми элементами конструкций, механизмов, машин и приборов.

Резьбовые соединения имеют ряд преимуществ перед другими видами разъемных и неразъемных соединений. Резьбовые соединения имеют сравнительно простую конструкцию и очень удобны как для сборки, так и разборки соединения. Они полностью взаимозаменяемы, выгодны для массового производства и не очень дороги. С их помощью можно образовывать самотормозящие и не самотормозящие, подвижные и неподвижные компактные соединения. К недостаткам этих соединений следует отнести: неравномерность нагружения сопряженных витков, низкий КПД и значительная концентрация напряжений, снижающих их прочность.

Концентраторами напряжений у резьбовых соединений являются канавки между витками резьбы. Высокая концентрация напряжения на дне резьбовой канавки происходит вследствие малых радиусов скругления. Углы во впадинах являются сильными концентраторами напряжений, что резко снижает усталостную прочность винта. По этой причине резьба применяется ограниченно в малонагруженных передачах.

Основным критерием работоспособности резьбовых соединений является прочность. Разрушение элементов резьбового соединения может происходить по одной из следующих причин:

- во-первых, разрыв стержня по резьбе или по переходному сечению у головки;
- во-вторых, повреждение или разрушение резьбы;
- в-третьих, разрушение головки.

Для изготовления крепёжных резьбовых деталей используются самые различные материалы, сплавы цветных металлов (дюралюминий, бронзу, латунь, и др.) и чёрные металлы (углеродистые и легированные стали). Тем не менее, основная масса потребляемых промышленностью резьбовых изделий изготавливается из сталей. При затяжке резьбового соединения и в процессе его последующей работы в деталях соединения действуют самые разнообразные напряжения. Так, например, под действием осевой силы в болтовом соединении сечение тела болта нагружено растягивающими напряжениями, в переходной области между телом и головкой возникают касательные напряжения, а в витках резьбы напряжения изгиба, смятия и среза одновременно. Таким образом, прочность элементов резьбового соединения является основным критерием работоспособности.

Все стандартные винты (болты, шпильки) изготавливают равнопрочными по каждому из названных критериев. В этой связи стандартные резьбовые соединения обычно рассчитываются только по одному главному критерию рабо-

тоспособности – прочности нарезанной части их стержня. Кроме того, большая часть резьбовых соединений, применяемых в машиностроении, работает со значительной силой начальной затяжки, что практически позволяет ограничиться лишь расчетами на статическую прочность.

Вызывает особый интерес изучение вопроса влияния высоких температур на прочность резьбовых соединений. Испытания проводились для резьбового соединения типа шпилька М8 - гайка. К данному резьбовому соединению была приложена только внешняя осевая растягивающая сила, предварительная затяжка резьбового соединения отсутствовала. Статические испытания резьбовых соединений проводились на разрывной машине Р-5. Растягивающая нагрузка плавно увеличивалась вплоть до полного разрушения резьбового соединения. Величина максимальной нагрузки фиксировалась с помощью силоизмерителя разрывной машины.

Для проведения опытов было изготовлено специальное приспособление для фиксации резьбового соединения в губках разрывной машины Р-5. Данное приспособление представлено на рис. 1.

Для проведения эксперимента были подготовлены образцы шпильки М8 и гайки М8 со стандартной метрической резьбой. Часть образцов была подвергнута нагреванию в высокотемпературной электрической печи ПЛ-10/12,5 от температуры 400°C с шагом в 100 °C до температуры 900°C. Образцы для испытаний представлены на рис. 2.



Рис. 1. Приспособление для испытания резьбовых соединений на прочность, закрепленное в губках разрывной машины Р-5

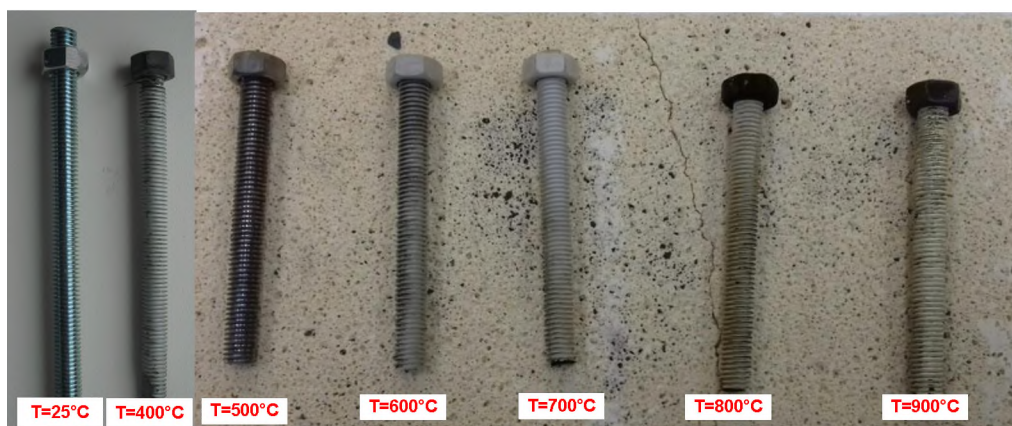


Рис. 2. Резьбовая пара шпилька М8-гайка при различных температурах нагрева

После проведения испытаний резьбовых соединений на прочность был построен график зависимости деформации резьбы от приложенной растягивающей осевой силы (см. рис. 3) и график зависимости максимальной приложенной осевой силы к резьбовому соединению от температуры нагрева (см. рис.4).

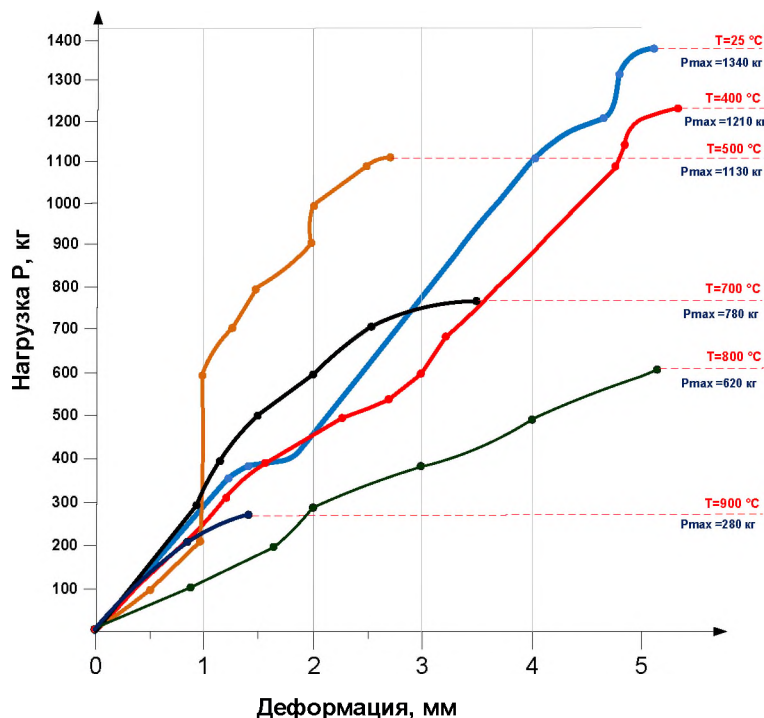


Рис. 3. График зависимости деформации резьбы от приложенной осевой силы после воздействия высоких температур

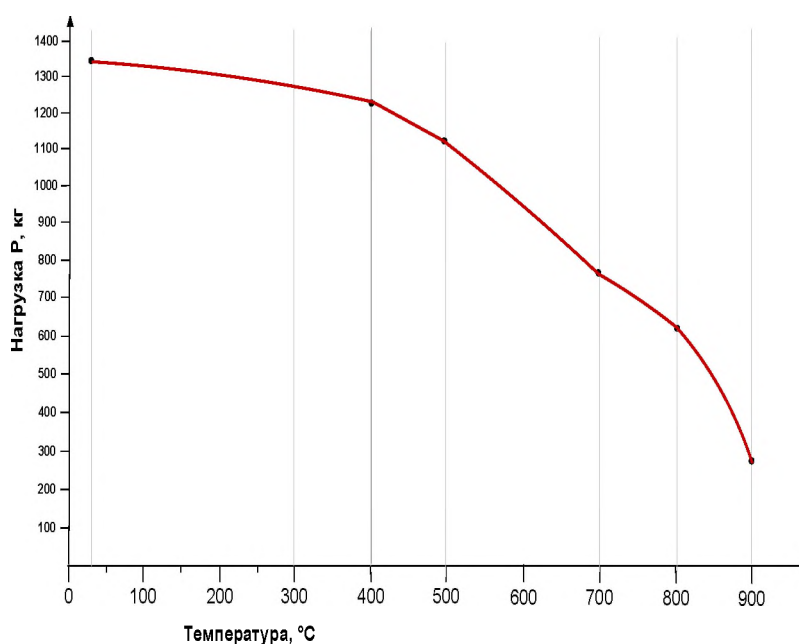


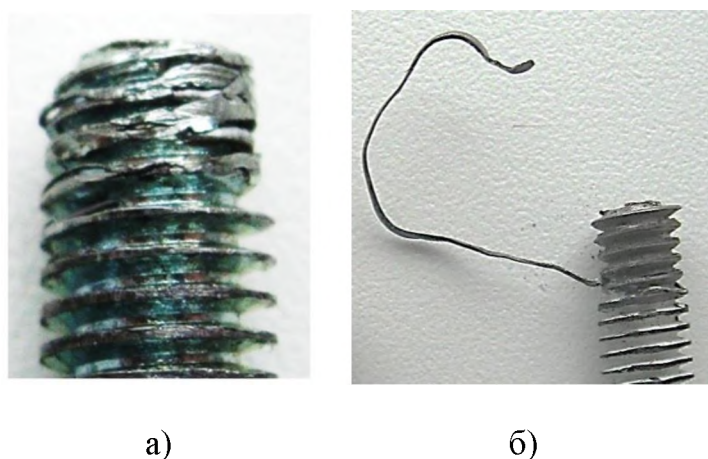
Рис. 4. График зависимости максимальной приложенной осевой силы к резьбовому соединению от температуры нагрева



На графике видно, что резьбовые пары шпилька М8 - гайка, подвергнутые нагреванию от температуры  $T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $T = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$  разрушались при меньших значениях осевой растягивающей силы, нежели резьбовые пары шпилька М8 - гайка, которые тепловому воздействию подвергнуты не были.

Также в результате эксперимента было выявлено, что характер разрушения резьбы этих образцов различен см. рис. 5. Следует отметить, что разрушение витков резьбы во всех случаях происходило на шпильке, а резьба гайки оставалась без видимых повреждений и деформаций.

Проанализировав характер разрушения резьбовой поверхности шпильки М8 можно проследить следующую закономерность: после воздействия высоких температур на резьбовую пару шпилька М8 - гайка при его разрушении происходит срез витков резьбы на шпильке (см. рис. 5б), а у резьбовой пары шпилька - гайка, работающей при нормальных температурах, произойдет смятие витков резьбы на шпильке см. рис. 5а.



**Рис. 5.** Шпилька М8 с поврежденными витками: а - испытание в холодном состоянии; б - испытание после теплового воздействия

Характер разрушения рассматриваемых резьбовых соединений можно объяснить следующим образом. В современном мире с целью оптимизации технологии изготовления изделий и снижения себестоимости выпускаемой продукции резьбу на метизах неотвественного назначения не нарезают с помощью резьбонарезного инструмента, а накатывают. Данная технология изготовления резьбовых соединений обеспечивает очень высокую производительность и невысокую стоимость готовой продукции. Причем при накатывании резьбы поверхностный слой изделия приобретает наклеп, т.е. упрочняется вследствие пластической деформации. При воздействии на резьбовые соединения из углеродистой стали высокой температуры, а именно температур выше  $727^{\circ}\text{C}$  (температура фазовых превращений) происходит отжиг стали. После отжига сталь становится пластичной, значительно снижается прочность и твердость стали.

Подводя итог вышесказанному, необходимо отметить тот факт, что воздействие высоких температур на резьбовые соединения из углеродистых сталей приводит к снижению их прочности, что в свою очередь снижает в целом надежность и долговечность конструкции (строительной) или механизма, в котором они установлены.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Перспективы применения магнито-жидкостных устройств в пожарной и аварийно-спасательной технике.// Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. - №2. – С. 63–64.
2. Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В. Разрушение строительных металлоконструкций в условиях пожара.// Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. - №3. – С. 29–32.
3. Пучков П.В. Влияние высоких температур на механические свойства резьбовых соединений. Научно – популярный журнал NovaInfo №72, 2017 г. Том 1 С. 25-30.
4. Пучков П.В., Масленников В.В., Суконщиков. А.А. Влияние теплового воздействия на механические свойства крепежных резьб. Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 29–30 ноября 2017 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С.501-504.

УДК 677.494.675

*О. В. Рева, Д. В. Криваль*

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ ПОЛИАМИДНЫХ ВОЛОКОН, ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ АММОНИЙНЫМИ МЕТАЛЛОФОСФАТАМИ

Проведено изучение механизма процесса термоокислительной деструкции как исходных полиамидных волокон, так и огнезащищенных аммонийно-металлофосфатными композициями в различных вариантах обработки.

**Ключевые слова:** огнестойкие волокна, неорганические замедлители горения, термоокислительная деструкция.

*O. V. Reva, D. V. Krival*

## RESEARCH OF REGULARITIES OF THERMAL DECOMPOSITION OF POLYAMIDE FIBERS, FLAMEPROOF AMMONIUM METALLOPHOSPHATES

The study of the mechanism of the process of thermo-oxidative degradation of both the initial polyamide fibers and fire-resistant ammonium-metal phosphate compositions in different treatment options is carried out.

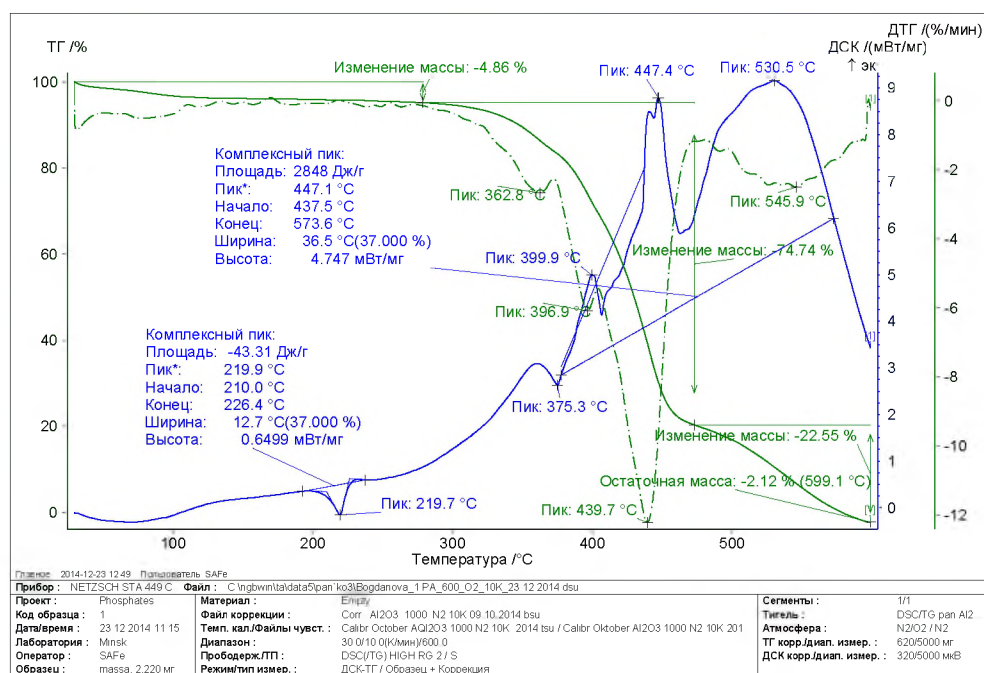
**Keywords:** fire-resistant fibers, inorganic flame retarders, thermo-oxidative destruction.

Огнезащищенные синтетические волокна часто получают путем введения в их состав замедлителей горения [1,2]. Как правило, эти соединения имеют в своем составе атомы фосфора, совместно фосфора и азота, галогенов (хлора или брома, редко фтора), реже – сурьмы и висмута. Введение антипиренов можно осуществлять на стадии синтеза исходных полимеров, также применяется метод прививки мономеров с функциональными группами. Другой способ – введение антипиренов в состав прядильного расплава или раствора при формовании, хотя это ухудшает физико-механические свойства полимеров. Поэтому огнезащитная обработка волокон и тканей чаще всего совмещается с процессами отделки готовых полотен, что технологически рационально. В литературе приводится ряд составов для придания полиамидным нитям и тканям огнезащитных свойств, однако до настоящего времени не разработан метод получения негорючего неплавкого волокна на основе алифатических полиамидов с высокими физико-механическими характеристиками [3].

Многие свойства систем, где в полимерную матрицу вносится неорганический модификатор, очень плохо прогнозируемы и определяются экспериментально, несмотря на обилие накопленных данных и новейшие теории синтеза композиционных материалов с заданными свойствами [4]. Недостаток же поверхностных обработок огнезащитными модификаторами – их быстрое вымывание в результате стирки, после которой материал теряет огнезащитные свойства. Для обработки многих химически инертных полимеров пользуются приемом «химической микросборки» [5], суть которого заключается в ориентированной хемосорбции соединений, имеющих функциональные группы разного типа, с образованием привитых к подложке пространственных структур с ориентированными наружу группами, способными к взаимодействию с ионами металлов и полярными группировками. Благодаря наличию структурных функциональных групп на поверхности носителя, происходит его химическое связывание с прививаемым веществом (модификатором), называемое реакцией иммобилизации [5]. Ступенчатая технология такой обработки полиамидных волокон, разработанная нами, описана в работе [6]. Вопрос о том, как многостадийная огнезащитная обработка, включающая стадии активации поверхности, обработка влияет на состав приповерхностной зоны полимера и на закономерности его термодеструкции совершенно не изучен, в отличие от массивных материалов с внесенной в расплав огнезащитной композицией.

Целью данной работы было детальное изучение механизма процесса термоокислительной деструкции как исходных полиамидных волокон, так и модифицированных аммонийно-металлофосфатными огнезащитными композициями, представляющими собой сложносочиненные мелкодисперсные и коллоидные системы. Исследования методом дифференциальной сканирующей калориметрии проводили на приборе NETZSCH STA 449 C с одновременной регистрацией на спектре кривых подъема температуры, потери массы образца и поглощения/выделения теплоты на единицу массы.

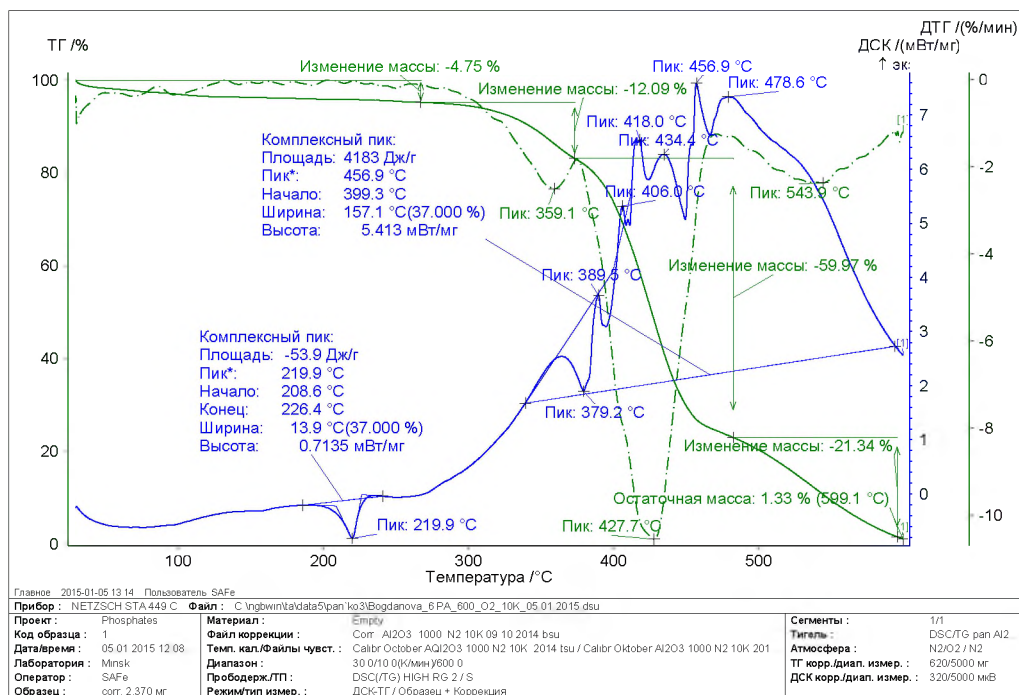
При детальном изучении механизма процесса термоокислительной деструкции исходных полиамидных волокон, рис. 1, было установлено, что, расплавление полимера в процессе нагрева начинается при  $219,7^{\circ}\text{C}$  без потери его массы, что для необработанного полотна требует весьма незначительных энергетических затрат  $\sim 0,65$  мВт/мг. Потеря массы исследуемым образцом, т.е. процесс термоокисления и выделение газообразных продуктов термодеструкции, начинается при температуре  $\sim 280^{\circ}\text{C}$ , причем наблюдается несколько последовательных выбросов продуктов термодеструкции явно различного состава при  $375,3$  и  $399,9^{\circ}\text{C}$ , сопровождающихся  $\sim 78$  %-ной потерей массы твердого образца.



**Рис. 1.** Термогравиметрические кривые для необработанного полиамидного волокна

При дальнейшем повышении температуры при  $437^{\circ}\text{C}$  начинается активное пламенное горение газообразных продуктов разложения полиамида. Следует особенно отметить сложный механизм пламенного горения с несколькими пиками: вначале явно происходит сгорание более мелких «осколков» мономера капрона при  $447,7^{\circ}\text{C}$  с относительно небольшим выделением тепла  $\sim 4,74$  мВт/мг, и только при  $530,5^{\circ}\text{C}$  происходит сгорание более крупных (возможно аминокaproновой кислоты) с более значительным выделением тепла – до  $8,46$  мВт/мг. После сгорания полиамидного волокна остаточная коксовая масса составляет всего  $2,12$  % от исходной. В случае нанесения на протравленное полиамидное волокно огнезащитной композиции с использованием интермедиативного подслоя соединений олова плавление твердого полимера начинается практически при той же темпе-

ратуре (219-220°C) и с такими же небольшими энергетическими затратами – 0,5-0,65 мВт/мг, что и для необработанного волокна. Термодеструкция твердого образца протекает явно более сложно, с несколькими отчетливо выраженными пиками, рис. 2.



**Рис. 2.** Термогравиметрические кривые для огнезащищенного полиамидного волокна

Термодеструкция твердого образца после ступенчатой огнезащитной обработки становится более пролонгированной, для нее наблюдается несколько последовательных пиков и ступенчатое уменьшение массы: вначале на 3-4 % при ~360°C, затем на 9-12 % в области температур от 418 до 430°C. Вероятно, проведенная огнезащитная обработка приводит к затруднению отщепления дефектных участков макромолекул и концевых групп и к выделению из расплава более крупных «осколков», деструкция которых продолжается в газовой фазе. Завершение многоступенчатой термодеструкции смещается к более высоким температурам – 456,9-464,1°C в зависимости от конкретных условий обработки. Потеря массы твердым полиамидом к этому моменту составляет 60-56 % против 78 % в необработанном материале.

Пламенное горение газообразных продуктов деструкции также начинается при большей температуре чем в случае необработанного волокна и характеризуется несколькими пиками. Пик сгорания более крупных осколков расширяется, максимум его смещается к более высоким температурам ~540°C, количество выделенного при этом тепла на единицу массы не превышает 5,5 мВт/мг.

Таким образом, результаты дифференциальной сканирующей калориметрии свидетельствуют, что в результате многостадийной огнезащитной обработки полиамидного волокна с нанесением интермедиативного подслоя из наноразмерных частиц соединений двухвалентного олова, служащих для хемопривязки аммонийно-металлофосфатных неорганических антипиренов, происходит существенное изменение механизма термодеструкции и сгорания полимера.

Очень важным результатом огнезащитной обработки является усложнение, и соответственно, замедление процесса термодеструкции полиамида, смещение максимума пламенного горения газообразных продуктов деструкции в область более высоких температур, а также падение количества выделяемого тепла на единицу массы при горении полиамида, что в свою очередь замедляет теплоперенос в твердом образце и скорость его саморазогрева. Можно предположить, что при горении огнезащищенного полиамида из тонкой пленки расплавленной приповерхностной зоны полимера по сравнению с обычным материалом не только поступает меньше тепла в твердую зону, что замедляет его расплавление, но и затруднен выход газообразных продуктов деструкции. Более крупные «осколки» молекул капрона сами должны быть деструктированы перед воспламенением, что обедняет зону пламенного горения «топливом».

Также в присутствии антипирена и продуктов его терморазложения происходит смещение максимума пламенного горения газообразных продуктов деструкции капрона в область более высоких температур, и падение количества выделяемого тепла на единицу массы полимера, что, в свою очередь, замедляет теплоперенос в твердом образце и скорость его саморазогрева. Эти результаты полностью коррелируют с результатами огневых испытаний полиамидных волокон и открывают новое направление получения перманентно огнестойких синтетических волокон и текстильных материалов.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Кричевский Г. Е.* Химическая технология текстильных материалов / Г.Е. Кричевский // М.: ВЗИТЛП, 2000, т. 1, – 436 с.; 2001, т. 2, – 540 с.; 2001, т. 3, – 298 с.
2. *Chemistry of the Textiles Industry.* Ed. C.M. Carr. London: Blackie Academic & Professional, 1992, – 361 p.
3. *Перепёлкин К. Е.* Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности / К. Е. Перепёлкин / Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). т. XLVI, № 1, 2002. – С. 31-48.
4. *Берлин А.А., Вольфсон С.А., Ошмян В.Г., Ениколопан Н.С.* Принципы создания композиционных материалов. – М.: Химия, 1990. – 923 с.
5. *Лисичкин Г.В.* Химия привитых поверхностных соединений / Г.В. Лисичкин // М.: Физматлит. 2003. – 589 с.
6. *Рева О. В., Криваль Д. В.* Химическая привязка неорганических огнезащитных композиций к полиамидным волокнам / О. В. Рева, Д. В. Криваль // Вестник Ком.-инж. инст-та МЧС Респ. Беларусь. Вып. 1(21) : Минск. – 2015. – С. 68-74.

УДК 677.494.675

*О. В. Рева, А. Н. Назарович, В. В. Богданова*  
Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

### **ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ, ХЕМОСОРБИРОВАННЫХ НА ПОЛИЭФИРНОМ ВОЛОКНИСТОМ МАТЕРИАЛЕ, НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ**

Изучена зависимость закономерностей термоокислительной деструкции композиционной нанослоистой системы на основе полиэфирного волокнистого утеплителя с химически привитыми неорганическими антипиренами от химического и гранулометрического состава огнезащитной композиции.

**Ключевые слова:** нетоксичные замедлители горения, огнестойкие полиэфирные волокна, аммонийные металлофосфаты.

*O. V. Reva, A. N. Nazarovich, V. V. Bogdanova*

### **INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF INORGANIC COMBUSTION SLAGS HEMOSORBED ON POLYESTER FIBER MATERIAL, ON THE REGULARITY OF ITS THERMODESTRUCTION**

The dependence of the thermo-oxidative degradation regularities of composite nano-layered system, based on polyester fiber insulation with chemically grafted to it inorganic flame retardants, from the chemical consist and particle size distribution in the burning protection composition was investigated.

**Keywords:** nontoxic flame retardants, flame protected polyester fibers, ammonium metal phosphates.

Полиэфирные волокна обладают высокими техническими характеристиками, но серьезным недостатком этих материалов является высокая горючесть, причем закономерности термодеструкции и горения полиэфиров существенно отличаются не только от характеристик других полимерных материалов, но и для разных типов ПЭ [1].

Часто придание огнестойкости волокнистым полиэфирным материалам осуществляется пропиткой или опрыскиванием растворами и суспензиями антипиренов, однако большинство таких обработок неустойчиво к стирке и недолговечно. Для закрепления ЗГ на поверхности тканей и волокон используют плазменную обработку,  $\beta$ - и  $\gamma$ - облучение (что эффективно только в случае веществ, способных к радиационно-привитой сополимеризации), клеящие компо-

зиции и поверхностно-активные вещества [2]. Достаточно эффективными методами огнезащиты являются: внесение ЗГ в расплав полимера и модификация химического состава монозвеньев полиэфира. В результате такой модификации при термодеструкции начало термоокислительного распада макромолекул существенно смещается в область более высоких температур путем блокирования обычных для полиэфиров реакций отщепления концевых групп и распада сложноэфирных группировок с образованием радикалов, а также связывания кислородсодержащих радикалов [3]. Весьма продуктивным способом огнезащиты синтетических волокон является крейзинг-модификация. Однако многие перспективные антипирены при такой обработке разрушаются, а полиэфирные волокна теряют упругость и механическую прочность. Органические производные галогенов, фосфора, азота, сурьмы и висмута обладают наилучшими способностями ингибировать процесс горения полимерных материалов как в газовой, так и в конденсированной фазах. Однако большинство из них высокотоксичны.

Эффективными нетоксичными замедлителями горения являются неорганические соли азота и фосфора; особенно хорошо предотвращают вторичное тление волокнистых горючих материалов комплексные нестехиометрические металлофосфаты аммония [4]. Эти соединения весьма разнообразны по химическому и фазовому составу; а условия синтеза и диспергирования этих веществ определяют их физико-химические и огнезащитные свойства [4]. Термоллиз их происходит с постадийным или параллельным выделением в газовую фазу воды и аммиака и поликонденсацией фосфат-ионов, причем выход  $H_2O$  и  $NH_3$  в газовую фазу может продолжаться до  $400-450^\circ C$  [4,5]. Особо важным является синергическое действие производных азота и фосфора по отношению к ингибированию горения различных материалов, в том числе тлеющих, в газовой и конденсированной фазе.

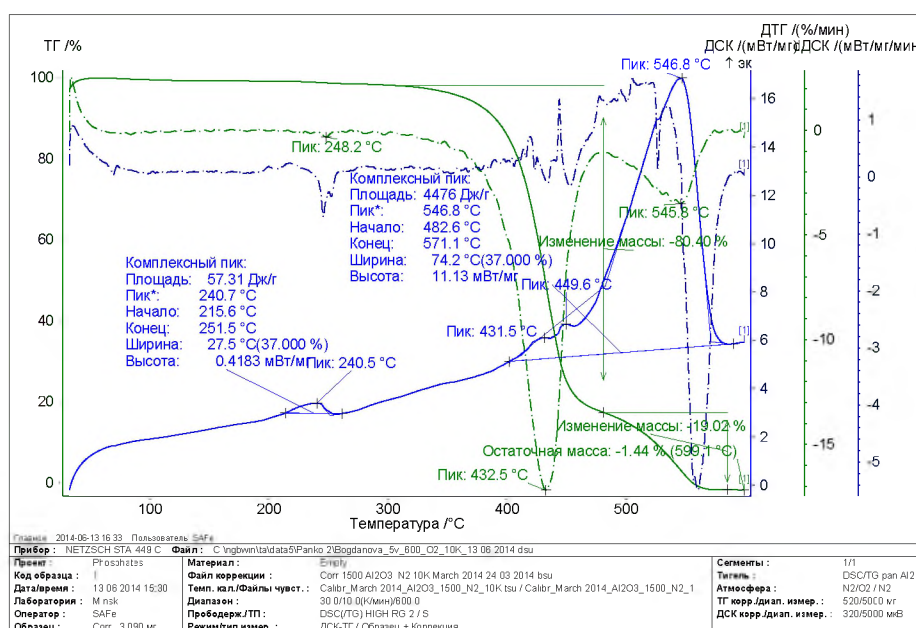
Нами разработан метод химической пришивки неорганического антипирена к поверхности полиэфирного материала с использованием коллоидных частиц соединений Sn(II) и получением нанослоистой композиционной системы, обеспечивающей полиэфирному волокнистому материалу перманентную огнестойкость [6]. Механизм взаимодействия неорганического антипирена с полимером при его поверхностной химической прививке очень мало изучен, и совершенно неясно влияние комплексного и гранулометрического состава сложносочиненных неорганических замедлителей горения на закономерности процессов термодеструкции и горения полиэфиров, огнезащищенных по методу «химической микросборки».

Целью данной работы было исследование влияния состава применяемых аммонийно-фосфатных неорганических замедлителей горения на закономерности процесса термоокислительной деструкции огнезащищенных полиэфирных волокнистых материалов.



Многостадийная огнезащитная обработка нетканого объемного полиэфирного утеплителя согласно методике [6] завершалась пропиткой огнезащитными композициями АН-10, CuАНS-10 и CuАН 6.5-20, представляющими собой сложносочиненные мелкодисперсные системы на основе фосфатов двух- и трехвалентных металлов-аммония различного химического и гранулометрического состава. Традиционная после сушки стадия термофиксации не проводилась, поскольку тонковолокнистый воздушно наполненный утеплитель при этом оплавляется, теряет упругость и геометрические характеристики. Дифференциальный термогравиметрический и калориметрический анализ (ДСК) исходного и огнезащищенного полиэфирного утеплителя проводили на приборе NETZSCH STA 449 C с одновременной регистрацией на спектре кривых подъема температуры, потери массы образца и поглощения/выделения теплоты на единицу массы.

Установлено, что для исходного полиэфирного утеплителя, расплавление без потери массы начинается при  $240,5^{\circ}\text{C}$ , что требует достаточно незначительных энергетических затрат,  $\sim 57,31$  Дж/г, как показывает кривая теплообмена, рис. 1.



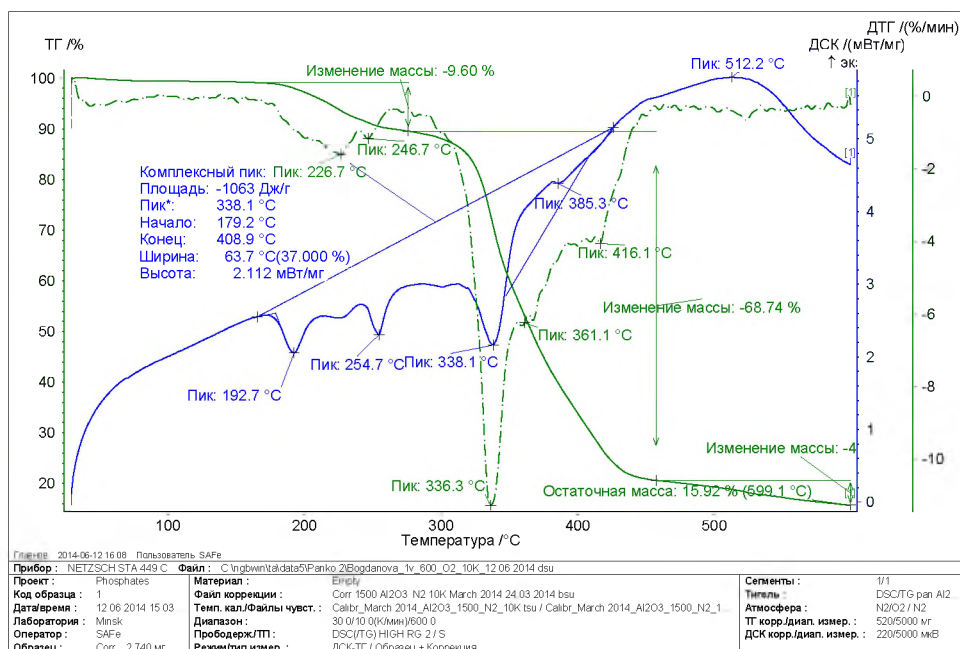
**Рис. 1.** Термогравиметрические кривые для нетканого полиэфирного утеплителя без огнезащитной обработки

Потеря массы полиэфирным материалом за счет отщепления мономеров и дефектных концевых групп начинается при температуре  $\sim 320^{\circ}\text{C}$ . Процессы образования газообразных продуктов за счет полной термодеструкции макромолекул полиэфира и разрушения мономеров с очень значительной потерей массы  $\sim 80\%$  резко интенсифицируются при достижении  $420^{\circ}\text{C}$ . При  $546,8^{\circ}\text{C}$  начи-



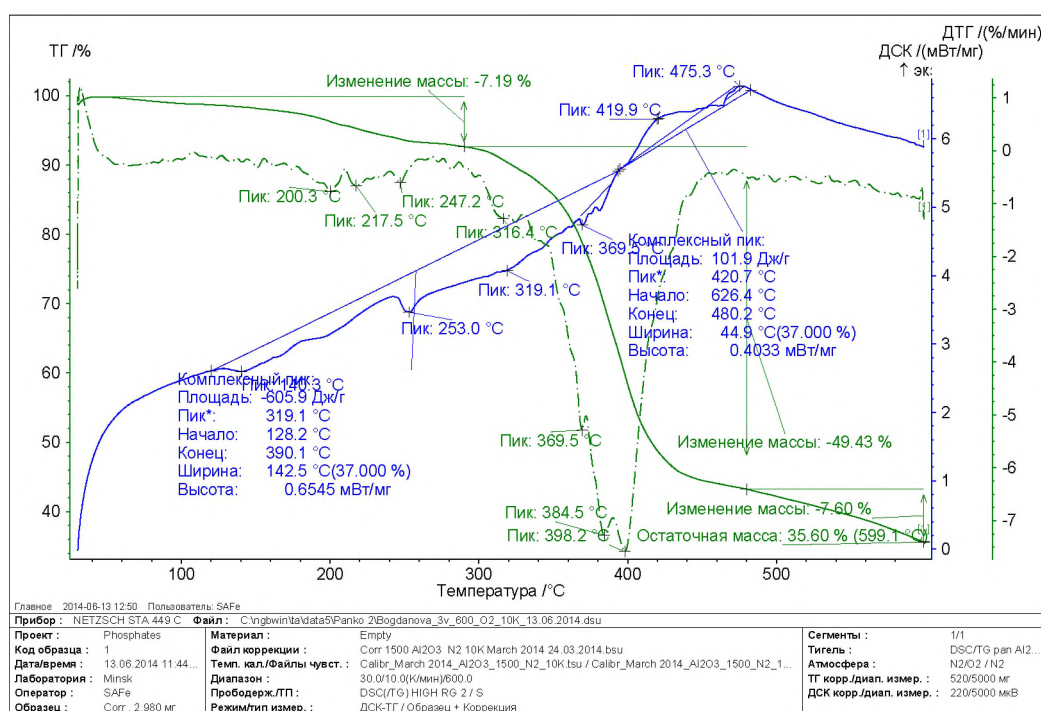
нается активное пламенное горение газообразных продуктов разложения полиэфира со значительным выделением тепла – 4476 Дж/г, Рис. 1; остаточная коксовая масса составляет всего 1,44 % от исходной.

В случае ступенчатого нанесения на полиэфирный материал тонкодисперсной огнезащитной композиции CuAHS-10, содержащей коллоидную фазу и хорошо закрепляющейся на полиэфирном материале, наблюдается принципиальное изменение механизма термодеструкции материала, Рис. 2. Несмотря на то, что потеря массы образцом начинается при более низкой температуре 180° С, этот эффект соответствует скорее началу разложения огнезащитной композиции, чем полиэфира, поскольку к 360° С потеря массы образца составляет всего 9,6 %. Сложный вид дифференциальной кривой в области температур 190-385° С, включающей несколько отчетливых минимумов при 192, 254.7, 338.1 °С, вне сомнения, отражает процессы расплавления и разложения компонентов огнезащитной композиции с поглощением значительного количества тепла (-1063 Дж/г), которые блокируют процесс деструкции полиэфира. Активное разложение полиэфира на мономеры и их разрушение с потерей массы 68,74 % начинается только после достижения 385° С; причем пламенное горение продуктов деструкции отсутствует – выделения соответствующего количества теплоты не зафиксировано вплоть до 600° С, рис. 2. Остаточная коксовая масса – 15,92 % – практически в 10 раз превышает таковую для исходного полиэфирного утеплителя.



**Рис. 2.** Термогравиметрические кривые для полиэфирного утеплителя, ступенчато обработанного этанольным раствором SnCl<sub>2</sub> и огнезащитной композицией CuAHS-10

В связи с тем, что огнезащитная композиция CuAH 6,5-20 дополнительно к аммонийным металлофосфатам содержит клеящий агент, нами было сделано предположение, что огнестойкость обработанного им полиэфирного нетканого утеплителя должна быть наивысшей. Исследование показало, что подобно полиэфирному материалу, обработанному композицией CuAHS-10, для утеплителя с антипиреном CuAH 6,5-20 в области температур 140-400° С происходят сложные процессы одновременного расплавления антипирена и полиэфира и, возможно, их взаимодействия в жидкой фазе, рис. 3.



**Рис. 3.** Термогравиметрические кривые для полиэфирного утеплителя, ступенчато обработанного этанольным раствором SnCl<sub>2</sub> и огнезащитной композицией CuAH 6.5-20

Хотя эндотермические пики на дифференциальной кривой выражены не столь явно, как в случае огнезащитной композиции CuAHS-10, разрушение полимера и выход продуктов деструкции в газовую фазу еще более замедлены, Рис. 3. Активная потеря массы образцом за счет распада полимерного скелета и деструкции крупных мономеров начинается при 380° С, пламенное горение продуктов деструкции полиэфира отсутствует, а остаточная коксовая масса достигает 35,5 %. Для грубодисперсной огнезащитной композиции АН-10, в которой отсутствуют ионы многовалентных металлов, закономерности термодеструкции и горения модифицированного образца очень мало отличаются от необработанного материала, что объясняется отсутствием химической привяз-

ки замедлителя горения к полиэфирной матрице и соответствует очень малому количеству закрепленного антипирена.

Установлено, что в случае химического закрепления на полиэфирном волокне неорганического аммонийно-металофосфатного антипирена в результате ступенчатой огнезащитной обработки наблюдается принципиальное изменение механизма термодеструкции и окисления материала. Доказано, что поверхностная «химическая сшивка» антипирена с полимером приводит не только к замедлению термодеструкции полиэфира и сдвигу ее в область более высоких температур на 50-60 °С, затруднению выхода продуктов расщепления молекул полиэфира в газовую фазу; но и к формированию массивного коксового слоя на границе раздела фаз (в 10-15 раз большего, чем для исходного материала), и, как следствие, исчезновению пламенного горения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Булгаков В.К.* Моделирование горения полимерных материалов / В.К. Булгаков, В.Н. Кодолов, А.М. Липанов. – М.: Химия, 1990. –238 с.
2. *Гоношилов Д.Г.* Новые пропиточные огнезащитные составы на основе фосфор- боросодержащего олигомера полиакриламида / Д.Г. Гоношилов, В.Ф. Каблов, Н.А. Кейбал, С.Н. Бондаренко // *Фундаментальные исследования.*– 2011, № 8.– С. 627-630.
3. *Кокорева О.Н.* Влияние фосфорсодержащих реакционноспособных замедлителей горения на термическую деструкцию полиэфиров / О.Н. Кокорева, Н.Г. Кузина, М.В. Виноградов, Л.Н. Машляковский // Л.: НИИТЭХИМ, 1988.– 10 с.
4. *Богданова В.В.* Синтез и физико-химические свойства фосфатов двух- и трехвалентных металлов-аммония (Обзор) / В.В. Богданова, О.И. Кобец // *Журн. прикл. химии*, 2014.– Т 87, Вып.10.– С. 1385-1399.
5. *Touaiher M., Bettach M., et al.* // *Annales de Chimie – Science des Materiaux.*– 2001.– V. 26, N 3.– P. 49-54.
6. *Рева О.В., Лукьянов А.С.* Определение оптимального метода создания наноструктурированных композиций на основе полиэфирных матриц, обладающих перманентной огнестойкостью // *Вестник КИИ МЧС.*– 2015, № 2 (22).– С.35-43.

УДК 614.841.1

*Г. А. Соколик, С. Л. Лейнова, С. Ф. Свирщевский,  
С. Я. Рубинчик, Д. И. Клевченя*

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

## ТОКСИЧНОСТЬ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ЗАЩИТНО-ОТДЕЛОЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ

Проведен сравнительный анализ результатов исследования токсичности и состава продуктов горения защитно-отделочных строительных композиций. Показано, что токсичность продуктов горения штукатурок, шпатлевок и грунтовок определяется, главным образом, входящими в их состав вяжущими.

**Ключевые слова:** токсичность продуктов горения, состав продуктов горения, штукатурка, шпатлевка, грунтовка

*G. A. Sokolik, S. L. Leinova, S. F. Svirshevsky, S. Ya. Rubinchik, D. I. Klevchenya*

## TOXICITY OF COMBUSTION PRODUCTS OF PROTECTIVE-FINISHING BUILDING COMPOSITIONS WITH VARIOUS CONTENT OF ORGANIC COMPONENTS

Comparative analysis of the results of a study of the toxicity and composition of combustion products for protective-finishing building compositions have been carried out. It is shown that the toxicity of combustion products for plasters, putties and primings is determined mainly by their astringent constituents.

**Keywords:** toxicity of combustion products, plaster, putty, priming.

Применение защитно-отделочных композиций (штукатурок, шпатлевок, грунтовок) в настоящее время стало неотъемлемой частью любых строительных работ. Каждый из материалов используется для решения определенных задач: штукатурки предназначены для создания отделочных слоев на поверхности различных конструктивных элементов зданий, выравнивания этих поверхностей и придания им определенной формы и фактуры; шпатлевки наносятся на поверхности с целью устранения мелких дефектов перед нанесением декорирующих покрытий; грунтовки обеспечивают лучшую адгезию отделочных материалов и выполняют защитную функцию.

Материалы, используемые для внутренней отделки любых помещений, особенно тех, в которых предполагается массовое присутствие людей, должны быть безопасны как в обычных условиях их эксплуатации, так и при возникно-

вении чрезвычайных ситуаций – пожаров. Показатель токсичности продуктов горения, отражающий токсическую опасность газов, выделяющихся при возгорании применяемых материалов, является одним из важнейших параметров пожарной безопасности, поскольку в большинстве случаев причиной гибели людей на пожарах является отравление токсичными газообразными продуктами, образующимися при возгорании материалов. В состав штукатурок, шпатлевок и грунтовок в обязательном порядке входят вяжущие (связующие), наполнители и модифицирующие добавки. При изготовлении этих материалов используют цемент, гипс и различные органические вещества (синтетические полимеры на основе акрила, латекса, полиэфиров, поливинилацетата, этилена, стирола, эпоксидные смолы, клеи, лаки, силикон, фенолы, каучук, масла и др.). Многообразные модифицирующие добавки применяют для регулирования процессов затвердения, устойчивости к внешним воздействиям, придания окраски, а также улучшения каких-либо других характеристик, которыми должна обладать данная продукция. Наличие органических компонентов в штукатурных, шпатлевочных и грунтовочных смесях является причиной образования токсичных газов в случае их возгорания.

Все защитно-отделочные композиции по составу вяжущего (связующего) классифицируются на минеральные, полимерминеральные и полимерные [1].

Минеральная композиция представляет собой смесь минеральных вяжущих, наполнителей и органических добавок. Полимерминеральная композиция – смесь минерального и полимерного (или полимерминерального) вяжущего, наполнителей и добавок. Полимерная композиция – смесь полимерного вяжущего, наполнителей и добавок.

Все виды минеральных композиций, а тем более, полимерминеральных и полимерных, содержат органические вещества, что свидетельствует о том, что в их состав входят компоненты, наличие которых влияет на их пожарную опасность, в том числе, на токсичность газообразных продуктов, образующихся при горении.

Контроль защитно-отделочных композиций осуществляется в соответствии с требованиями, изложенными в следующих нормативных документах, действующих на территории Республики Беларусь: ТКП 45-2.02-142-2011, СТБ 1263-2001, ТР 2009/013/ВУ.

Цель настоящей работы – проведение сравнительного анализа токсичности и состава продуктов горения полимерных, полимерминеральных и минеральных защитно-отделочных строительных композиций. Для этого были использованы результаты, полученные при исследовании токсичности и состава продуктов горения на установке, созданной в БГУ, и позволяющей определять токсичность продуктов горения биологическим методом в соответствии с [2] и одновременно анализировать их состав в соответствии с разработанной методикой выполнения измерений [3].

Было исследовано 365 защитно-отделочных строительных композиций, среди которых 204 были отнесены к полимерным, 112 к полимерминеральным и 49 к минеральным.

Результаты исследования токсичности и состава газовой смеси, образующейся при возгорании исследованных материалов показали, что основными токсичными газами среди продуктов горения минеральных материалов являются CO, CO<sub>2</sub>, полимерминеральных и полимерных – CO, CO<sub>2</sub>, акролеин и формальдегид.

На основании полученных результатов были разработаны расчетные модели, предназначенные для оценки показателя токсичности продуктов горения расчетно-экспериментальным методом. Показано, что при оценке токсичности минеральных материалов необходимым и достаточным является учет содержания в образующейся газовой смеси CO, CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>, полимерминеральных и полимерных – CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, акролеина и формальдегида. При исследовании токсичности продуктов горения полимерминеральных и полимерных композиций отсутствует необходимость определять содержание остальных газов, которые рекомендуется контролировать в соответствии с [4]: HCN, SO<sub>2</sub>, HCl, HBr, HF, а минеральных – также акролеина и формальдегида.

Для каждой пробы были оценены удельные выходы контролируемых газов, представляющих собой отношение концентрации контролируемого газа к исходной массе анализируемой пробы ( $Выход C_{газ}$ , мг/г).

На рис. 1-4 приведены результаты, полученные при определении показателя токсичности, массовой доли летучих веществ, образующихся при возгорании указанных материалов, и удельные выходы основных токсичных газов, рассчитанные на основании данных об их содержании в продуктах горения.

На рис. 1 приведены минимальные и максимальные значения показателя токсичности продуктов горения, зарегистрированные для минеральных, полимерминеральных и полимерных штукатурок, шпатлевок и грунтовок. Анализ представленных на рис. 1 результатов свидетельствует, что самыми токсичными материалами среди исследованных материалов являются полимерные грунтовки, а наименее токсичными – минеральные штукатурки и шпатлевки.

Следует отметить, что все исследованные типы шпатлевок были отнесены к группе токсичности Т1, среди штукатурок были обнаружены также и материалы, относящиеся к группе токсичности Т2, а для грунтовок в отдельных случаях была зарегистрирована группа токсичности Т3.

На рис. 2 приведены минимальные и максимальные значения массовой доли летучих веществ, образующихся при термическом разложении исследуемых материалов. Из представленных на рис. 2 данных видно, что массовая доля летучих веществ уменьшается в следующем ряду материалов: «полимерные – полимерминеральные – минеральные». Так, минимально зарегистрированная массовая доля летучих веществ характерна для минеральных шпатлевок (0,8 %)

и минеральных штукатурок (1,0 %), а максимальная доля летучих веществ – для полимерных грунтовок (99,9 %).

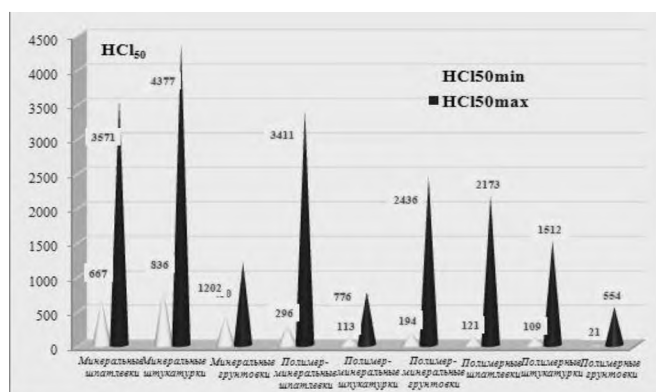


Рисунок 1 – Минимальные и максимальные значения показателя токсичности, зарегистрированные для разных типов шпатлевок, штукатурок и грунтовок

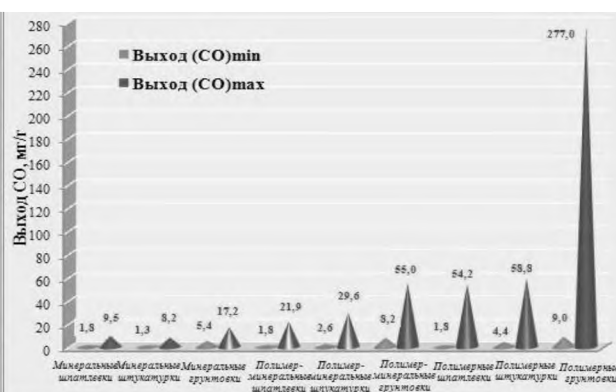


Рисунок 3 – Значения выходов оксида углерода CO, зарегистрированные для разных типов шпатлевок, штукатурок и грунтовок

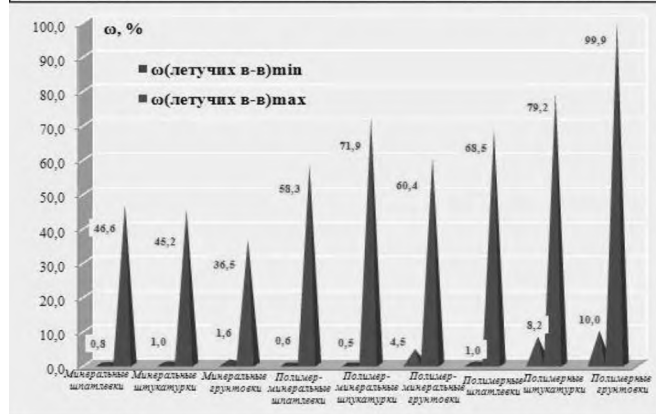


Рисунок 2 – Минимальные и максимальные значения массовой доли летучих веществ для разных типов шпатлевок, штукатурок и грунтовок

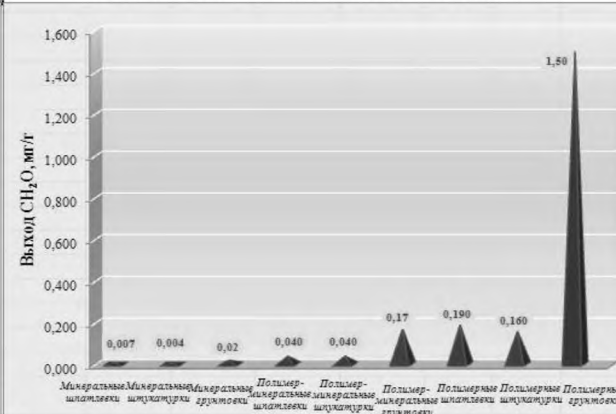


Рисунок 4 – Значения выходов формальдегида CH2O, зарегистрированные для разных типов шпатлевок, штукатурок и грунтовок

Таким образом, результаты, представленные на рис. 1 и 2, показывают, что для исследованных материалов токсичность продуктов горения тем выше, чем больше массовая доля летучих веществ, образующихся при их возгорании.

На рис. 3 представлены минимальные и максимальные значения удельных выходов CO, основного токсичного газа, определяющего токсичность продуктов горения шпатлевок, штукатурок и грунтовок. На рисунке 4 показаны максимальные выходы второго по значимости токсичного газа – формальдегида, выделяющегося при термическом разложении указанных материалов. Из рис. 3 и 4 видно, что выходы CO и формальдегида увеличиваются для всех видов исследованных материалов в ряду «минеральные – полимерминеральные – полимерные».

Замечено, что значения максимальных выходов CO для минеральных штукатурок и шпатлевок (также, как и для полимерминеральных и полимерных) были сопоставимы между собой. В то же время, максимальные значения для минеральных и полимерминеральных грунтовок были в 1,8-2,5 раза больше, чем у минеральных и полимерминеральных шпатлевок и штукатурок, а для полимерных грунтовок – в 4,7-5,1 раза больше, чем у полимерных шпатлевок и



штукатурок. Максимальные зафиксированные значения выходов СО для минеральных и полимерминеральных материалов находились в диапазоне 8,2-55,0 мг/г, а для полимерных штукатурок, шпатлевок и грунтовок – в диапазоне 54,2-277,0 мг/г.

Вторым по значимости токсичным газом, образующимся при термическом разложении исследуемых защитно-отделочных материалов, является формальдегид. Его выход для всех типов материалов был на 2-3 порядка ниже по сравнению с выходом СО. Максимальные зарегистрированные выходы формальдегида у минеральных штукатурок, шпатлевок и грунтовок были существенно ниже, чем у полимерминеральных и полимерных. Содержание формальдегида в продуктах горения минеральных материалов было в 5,7-10 раз меньше по сравнению с полимерминеральными, и в 27-75 раз меньше в случае с полимерными материалами.

Представленные результаты свидетельствуют, что среди всех исследованных материалов наибольшие выходы основных токсичных газов были зарегистрированы для полимерных грунтовок, а наименьшие – для минеральных штукатурок и шпатлевок. Это обусловлено химическим составом строительных композиций, который, в свою очередь, определяется областью их использования и теми задачами, которые решаются с их помощью.

Сравнительный анализ данных, представленных на рисунках 1-4, показывает: чем больше в составе защитно-отделочных композиций органических составляющих, тем выше массовая доля летучих веществ, образующихся при их термическом разложении, тем меньше значения показателей токсичности (т.е. тем выше токсичность) и тем меньше образуется при горении токсичных газов. Токсическая опасность продуктов, образующихся при возгорании исследованных материалов уменьшается в ряду: «полимерные – полимерминеральные – минеральные».

Таким образом, было показано, что токсическая опасность продуктов горения исследованных материалов определяется, главным образом, составом вяжущих (которые и определяют их принадлежность к тому или иному виду материалов). Влияние на токсичность образующейся при горении газовой фазы исследованных материалов оказывают и разнообразные добавки.

Полимерные шпатлевки, штукатурки и грунтовки будут более опасными при возникновении пожаров, чем минеральные. Причем, наиболее опасными среди защитно-отделочных композиций оказались полимерные грунтовки.

Полученные при проведении работы результаты внесены в Базу данных, которая зарегистрирована в Государственном регистре информационных ресурсов Республики Беларусь: № 1311607939 от 02.06.2016 г.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Композиции защитно-отделочные строительные. Технические условия: СТБ 1263-2001. – Введ.01.01.2002. – 2001. – 34 с.
2. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). – Введ. 01.01.91. – Переиздание ноябрь 2011 г. с изм. № 1, утвержденным в июле 2000 г. – С.81-86.
3. Методика определения содержания CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCN, формальдегида, акролеина, HCl, HBr, HF в газовой смеси, образующейся при горении веществ и материалов: МВИ 3763-2011. – Введ. 30.03.11. – Минск: БелГИМ, 2011. – 161 с.
4. Определение летальной токсической потенциальной опасности продуктов горения: ISO 13344:2015. – Введ.15.12.15. – ISO/TC 92/SC 3 Опасность пожара для людей и окружающей среды, 2015. – 20 с.

УДК 614.841.411

*Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров, В. Г. Спиридонова,  
И. Ю. Шарбанова, О. Г. Циркина*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ

В статье рассматривается вопрос оценки эффективности применения огнезащитных составов для текстильных материалов из целлюлозных волокон. Приведены данные по термическому исследованию образцов ткани, обработанных различными огнезащитными составами, методом термогравиметрии в диапазоне температур 70-1000 °С. Приведены результаты испытаний обработанных образцов на воспламеняемость и горючесть.

**Ключевые слова:** антипирен, ткань, термогравиметрия, огнезащита, целлюлозное волокно, огнезащитная обработка, горючесть, воспламеняемость.

*D. V. Sorokin, A. L. Nikiforov, V. G. Spiridonova, I. Yu. Sharabanova, O. G. Tsirkina*

## COMPLEX EVALUATION OF FIRE PROTECTION FIRE FIGHTING INDICATORS

In the article the question of an estimation of efficiency of application of fireproof compositions for textile materials from cellulose fibers is considered. Data on the thermal investigation of tissue samples treated with various flame retardants are given by thermo-

gravimetry in the temperature range 70-1000 ° C. The results of tests of the processed samples for flammability and flammability are given.

**Keywords:** fire retardant, fabric, thermogravimetry, fire protection, cellulose fiber, flame retardant treatment, flammability, inflammability.

Текстильные материалы из природных волокон широко применяются во всех отраслях народного хозяйства. Несмотря на многочисленные достоинства данных материалов, они обладают повышенной пожарной опасностью.

Основным и наиболее эффективным способом придания огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам является применение замедлителей горения – антипиренов. Актуальность затронутой проблемы обуславливается широкой сферой применения текстильных материалов, с заданными огнезащитными свойствами [1].

В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент замедлителей горения отечественного и иностранного производства, однако достаточно сложно оценить их эффективность исходя из технической документации на защитный состав.

Целью работы является оценка эффективности применения замедлителей горения, представленных на рынке Ивановской области, для целлюлозных текстильных материалов.

Для проведения исследования нами был выбран материал Брезент с поверхностной плотностью 380 г/м<sup>2</sup> и отобраны наиболее популярные нетоксичные замедлители горения: Пекофлам, Пироватекс, Тезагран Л-3 и ОСКЛ (огнезащитный состав, разработанный и используемый на ОАО «Кохма-лен»), которые применяли в концентрациях, рекомендуемых для огнезащитной отделки.

Учитывая низкую капиллярность брезента, аппретирование образцов проводили с предварительным выдерживанием в течение 180 с в лабораторной пропиточной ванне и последующим 100 %-ным отжимом в плюсовке. Далее ткань высушивалась до кондиционной влажности и подвергалась термической обработке (термофиксации) при температуре 170 °С в течение 180 с.

Испытания на воспламеняемость и огнестойкость производились в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50810-95 «Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация» [2] и ГОСТ 11209-2014 «Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний» [3].

Первый этап испытания на воспламеняемость образцов, при воздействии открытого пламени с положением горелки под углом 90° к исследуемому образцу, показал следующие результаты: самостоятельное горение после удаления источника зажигания наблюдалось только у образца без пропитки и составило 48 сек. Прогорание до кромки также было отмечено только у образца без пропитки – 795 сек. Длина обугленного участка для образцов пропитанных ог-

незащитными составами составила: Пекофлам – 96 мм, Пироватекс – 130 мм, Тезагран ЛЗ – 122 мм, ОСКЛ – 115 мм. На основании полученных результатов образец без пропитки можно классифицировать как легковоспламеняемый, данный образец был исключен из дальнейших испытаний.

Второй этап испытания на воспламеняемость образцов, при воздействии открытого пламени горелки под углом  $60^\circ$  к исследуемому образцу в течение 15 сек., показал отсутствие самостоятельного горения, прогорания до кромки, воспламенения хлопчатобумажной ваты, поверхностной вспышки у всех четырех исследуемых образцов. Время остаточного тления было зафиксировано для образца с пропиткой Пекофлам – 150 сек. и образца с пропиткой Пекофлам – 73 с. Длина обугленного участка всех образцов соответствует требованиям [1].

На основании проведенного испытания можно сделать вывод, что все испытываемые образцы с огнезащитной пропиткой являются трудновоспламеняемыми.

Результаты испытаний образцов на огнестойкость, в соответствии с ГОСТ 11209-2014 [2], представлены в табл. 1.

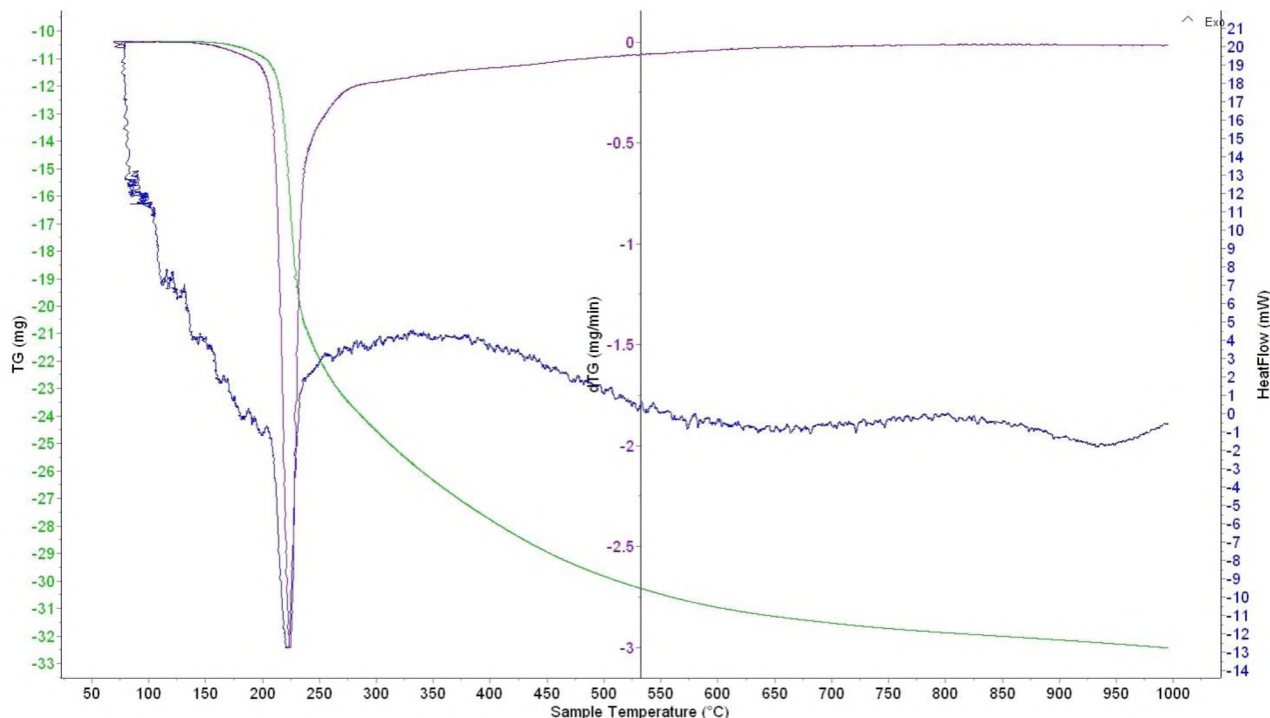
*Таблица 1. Результаты испытания образцов на огнестойкость*

Материал с пропиткой	Длительность остаточного горения пробы, с	Длительность остаточного тления пробы, с	Длина обугленного участка пробы, мм	Термическая усадка пробы
Пекофлам	-	62	78	незнач.
Пироватекс	-	-	127	незнач.
Тезагран ЛЗ	-	-	76	незнач.
ОСКЛ	1	92	112	знач.

На основании результатов проведенного испытания можно классифицировать как огнестойкий только материал с пропиткой Тезагран ЛЗ, остальные образцы не прошли по ряду показателей.

С целью определения влияния огнезащитных составов на процесс термического разложения ткани нами были проведены термические испытания на термическом анализаторе SETSYS Evolution в режиме дифференциальной сканирующей калориметрии.

Типичный вид полученных термогравиметрических кривых представлен на рис. 1, где: зеленая кривая – термогравиметрическая зависимость (TG, мг), фиолетовая – дифференциальная термогравиметрическая зависимость (DTG, мг/мин), синяя – тепловой поток (mB).



**Рис. 1.** Типичный вид термогравиметрических кривых

При обработке полученных результатов были определены температуры, при которых образцы ткани теряли в массе 1, 30, 50, 60 и 65% (табл. 2).

*Таблица 2.* Температуры, при которых образцы ткани теряли в массе

Обработка	Температура потери массы, °С				
	1%	30%	50%	60%	65%
Пекофлам	189.2	234.9	374.4	543.3	873.6
Пироватекс	187	302.2	463.9	866.3	-
Тезагран ЛЗ	154.45	288.9	400.4	663.4	927.8
ОСКЛ	166.1	274.9	352.4	462.6	615.7
Без обработки	236.8	332.9	347.7	356.4	365.9

Из представленных данных видно, что на начальном этапе потери массы (0-30 %) выбор огнезащитной пропитки практически не влияет на температуру, при которой достигается данная потеря массы. Однако, температура потери 50 % массы и более для образцов с огнезащитной пропиткой становится значительно выше, чем для ткани без обработки. Наибольшие различия наблюдаются для ткани, пропитанной Пироватексом. Для данной ткани процент потери массы равный 65% не достигается при увеличении температуры до 1000 °С.

В табл. 3 представлены данные, полученные из кривых дифференциальной термогравиметрии. Приведена температура, при которой достигается максимальная скорость разложения.

*Таблица 3. Результаты дифференциальной термогравиметрии*

<b>Обработка</b>	<b>DTG, Peak max, °C</b>
Пекофлам	224.211
Пироватекс	301.376
Тезагран ЛЗ	288.804
ОСКЛ	264.671
Без обработки	344.408

Из представленных результатов, видно, что наименьшей температурой, при которой достигается максимальная скорость разложения обладает образец обработанный пекофламом, а наибольшей – образец без огнезащитной обработки.

В табл. 4 приведены данные по общей потере массы образцами тканей при нагреве до 1000 °C.

*Таблица 4. Потеря массы при нагреве до 1000 °C*

<b>Обработка</b>	<b>Общая потеря массы, %</b>
Пекофлам	66.08
Пироватекс	62.29
Тезагран ЛЗ	66.30
ОСКЛ	69.00
Без обработки	76.82

Наименьшая общая потеря массы наблюдалась у образца с обработкой пироватексом, а наибольшая у образца без обработки. Разница в потере массы за счет использования огнезащитной пропитки Пироватекс составляет более 14 %.

На рис. 2 приведена зависимость убыли массы образцов в зависимости от вида препарата.

Результаты проведенного исследования показывают принципиальную возможность использования термогравиметрии при оценке эффективности огнезащитных пропиток для ткани. В ходе исследования установлено, что наибольшее влияние на термическую устойчивость текстильных материалов из целлюлозных волокон оказывает обработка огнезащитным составом Пироватекс. Более низкие температуры начала убыли массы образцов, обработанных огнезащитными составами, могут быть вызваны тем, что при нагреве происхо-

дит испарение летучих компонентов пропитки, а разложение ткани происходит при более высокой температуре.

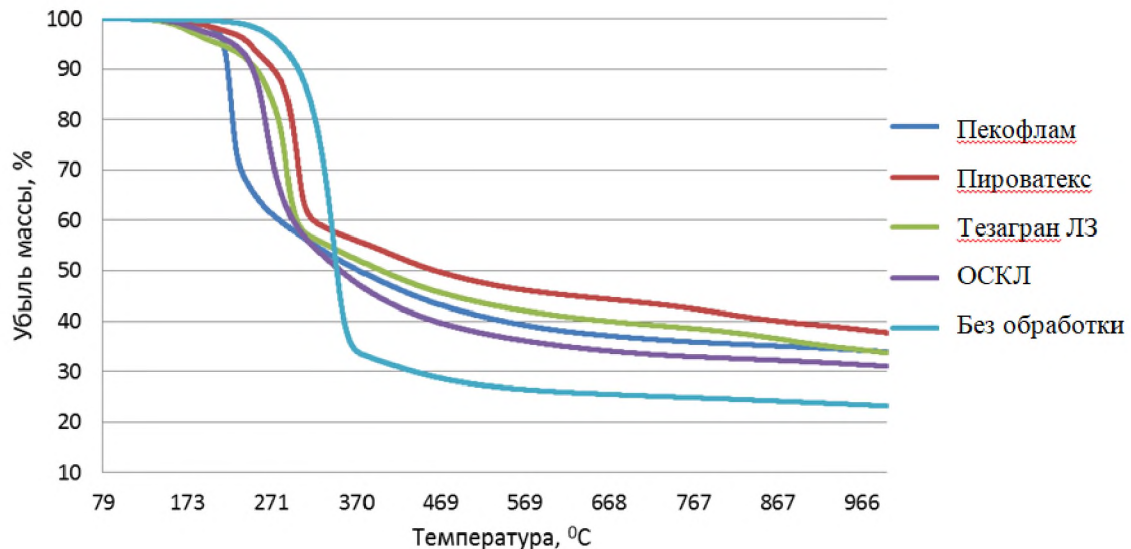


Рис. 2. Зависимость убыли массы образцов

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин А. А., Орлик И. Б. Состав для огнестойкой отделки текстильных материалов // Химические волокна. – 1998, № 5. С. 13...15
2. ГОСТ Р 50810-95 Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация.
3. ГОСТ 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний.

УДК 614.841.1

**С. А. Сырбу, А. Х. Салихова, А. С. Федоринов**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЕКОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Возгорание текстильных материалов, используемых в оформлении интерьеров современных помещений, является причиной большого количества пожаров в жилых и общественных зданиях. Вопрос снижения пожарной опасности декоративных текстильных материалов является своевременным и актуальным. Данная работа посвя-

щена разработке эффективного метода огнезащитной обработки тканей композициями на основе Афламмит SAP с добавлением различных веществ в качестве сшивающих агентов. По результатам исследования показателей пожарной опасности материалов после обработки антипиреном и термогравиметрического анализа выбран оптимальный состав.

**Ключевые слова:** антипиррирующий эффект, термофиксация, ткань, испытание образца ткани, Афламмит, огнезащитный состав.

*S. A. Syrbu, A. H. Salikhova, A. S. Fedorinov*

## **THE DEVELOPMENT OF FLAME RETARDANT TEXTILE MATERIALS FOR DECORATIVE PURPOSES**

Ignition of textile materials used in the interiors of modern buildings, is the cause of a large number of fires in residential and public buildings. The issue of reducing fire hazard decorative textile materials is both timely and relevant. This work is dedicated to the development of an efficient method of flame retardant textile treatment compositions on the basis of Aflamil SAP with the addition of various substances as crosslinking agents. According to the study of fire hazard indices of materials after treatment with flame retardant and thermogravimetric analysis selected the optimal composition.

**Keywords:** antipyrine effect, thermofixation, the tissue, the test tissue sample, Aflammit, flame retardant.

Для декора помещений используются различные текстильные материалы, как натуральные, так и синтетические. В последние годы приобретает все большую актуальность проблема придания огнезащитных свойств текстильным материалам различной природы и назначения. Это обусловлено тем, что они являются серьезным источником опасности во время пожаров, легко воспламеняются, способствуют распространению пламени и при горении выделяют большое количество дыма и газов. В данной работе для исследования были подготовлены образцы ткани из хлопкового волокна, используемые для пошива штор и декоративной отделки мебели для оформления интерьера помещений. Хлопковое волокно является одним из самых распространенных природных волокон и относится к легковоспламеняющимся материалам, поэтому придание ему огнестойкости имеет большое значение [1].

Широкое практическое применение для огнезащитной отделки целлюлозо-содержащих тканей нашли антипирены на основе органических азотнофосфорных соединений. Аффламмит SAP - Тетраakis(оксиметил)фосфоний хлорид (далее ТФХ) относится к таким соединениям. Но в настоящий момент существует проблема закрепления ТФХ на тканом материале. Рассмотрим подробнее способ нанесения ТВХ на ткань и отрицательные стороны процесса [2].

Существующая технология отделки Афламмит SAP:

1. Ткань проходит через ванну с раствором, и одномерные молекулы малых размеров заполняют все пространство внутри волокон и между ними.
2. Ткань высушивается на сушильно-ширильной машине.
3. Ткань проходит через герметичную емкость, где под воздействием газообразного аммиака Афламмит SAP превращается в трехмерный полимер.
4. Ткань проходит через ванну с окислителем, где нейтрализуются излишки аммиака.
5. Ткань проходит через ряд промывочных ванн, где происходит удаление незафиксированного препарата Афламмит SAP.
6. Ткань подвергается окончательной сушке.

Отрицательные стороны существующей технологии отделки Афламмит SAP

1. Многостадийность и трудоемкость процесса нанесения и фиксации.
2. Повышенная экологическая и пожаровзрывоопасность (аммиак, его опасное действие при аварии, при производстве, при утилизации).
3. Снижение прочности ткани на разрыв

Исходя из вышесказанного, поиск антипиррирующих составов, имеющих сшивающие агенты, альтернативные аммиаку, является весьма актуальным. Таким образом, задачами нашего исследования являются:

- поиск и синтез сшивающих агентов для Афламмита SAP;
- разработка методик нанесения на ткань микрогранул диоксида кремния;
- испытание огнезащитных свойств составов;
- испытания обработанных образцов ткани к действию теплового потока.

Для проведения исследования использовались образцы плотной, прочной хлопчатобумажной ткани усиленного сатинового переплетения с поверхностной плотностью 250 г/м<sup>2</sup>. В качестве сшивающего агента, альтернативного аммиаку, был использован 1,4-дибромбутан. Частицы диоксида кремния (коммерческий препарат марки «Ковелос») были добавлены в композицию для усиления термостойкости и теплоотражающих свойств.

В дальнейшем исследовании был предложен способ закрепления антипиррена ТВХ на ткани с помощью 9,22 масс. %-вого раствора 1,4-дибромбутана в тетрахлорметане. Антипиррирующий состав на основе водного раствора ТФХ наносился на образцы ткани методом плюсования. Для приготовления раствора брали 600 г ТФХ и 1000 г Н<sub>2</sub>О. Нанесенные составы подвергали термофиксации при температуре 150°С в течение 15 минут. Далее шпателем на образцы тканей наносили 9,22 %-ный раствор 1,4-дибромбутана в тетрахлорметане с добавлением 1 и 3,5 масс. % SiO<sub>2</sub> (кремнезем добавлялся в раствор для улучшения теплоотражающих свойств исследуемого материала) соответственно и сушили на воздухе. Следует отметить, что привес ткани с нанесенным коммерческим препаратом «Ковелос» составил 10,1 масс. %. Соответственно, были приготовлены 3 рабочих состава:



- Состав №1 - 600 г препарата ТВХ, 1000 г H<sub>2</sub>O, 9,22 масс. %-ный раствор 1,4-дибромбутана в тетрахлорметане.
- Состав №2 – 600 г препарата ТВХ, 1000 г H<sub>2</sub>O, 9,22 масс. %-ный раствор 1,4-дибромбутана в тетрахлорметане, содержащий 1 масс. % SiO<sub>2</sub> (коммерческого препарата «Ковелос»).
- Состав №3 – 600 г препарата ТВХ, 1000 г H<sub>2</sub>O, 9,22 масс. %-ный раствор 1,4-дибромбутана в тетрахлорметане, содержащий 3,5 масс. % диоксида кремния SiO<sub>2</sub> (коммерческого препарата «Ковелос»).

Полученные текстильные материалы испытывались на воспламеняемость согласно методике [3]. Результаты испытаний показали наличие эффекта огнезащиты.

Для определения термостойкости, величины эффективной энергии активации процесса термического разложения можно использовать данные динамической термогравиметрии (ТГ). Кривые термогравиметрического анализа (ТГА) были получены на дифференциальном сканирующем калориметре Q-500 фирмы INTEC. Измерения проводились в режиме нагревания в диапазоне температур от 0°C до 700°C. Обработка кривых проведена методом модуляционных стандартов.

Термогравиметрический анализ проводился при следующих условиях: Среда-воздух; Скорость нагрева 3°C/мин; масса исследуемого образца 6-9 мг. Для обработки ТГА данных применялось программное обеспечение с использованием элементов статистической обработки данных и расчета характеристик ТГА. По кривым ТГА фиксировались максимально возможные характеристики: потеря массы в % при фиксированных значениях температуры (50,100,150...450°C); температуры (°C) потери 5, 10, 20, 50 % массы; коксовый остаток, (%) при температуре окончания процесса деструкции; точки максимумов динамической термогравиметрии кривой (T°C, A %/мин); время выхода на максимальную скорость, с; температуры начала разложения (°C).

Данные, полученные в ходе анализа для образцов, обработанных тремя составами и необработанных образцов приводятся в табл. 1, значения характеристик – в табл. 2.

*Таблица 1. Данные термического анализа*

Температура °C	Потеря массы масса в %			
	База	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3
50	2,12	2,46	3,14	2,06
100	3,66	3,6	4,2	3,21
150	3,88	6,99	7,45	6,24
200	3,92	11,9	12,42	11,47
250	4,38	17,27	17,78	17,4
300	8,91	44,12	42,3	40,61
350	76,64	51,81	50,52	48,94

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ  
ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

Температура °С	Потеря массы масса в %			
	База	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3
400	82,76	57,84	55,65	53,8
450	91,17	65,43	61,25	58,91
500	99,47	77,37	68,94	66,06

*Таблица 2. Данные дифференциального термического анализа*

Параметр	База	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3
Усредненная температура начала термического разложения (°С)	309,39	265,83	276,28	292,44
Минимальная энергия активации (кДж/моль)	113,2	137,5	132,0	136,4
Температура, при которой наблюдается максимальная скорость деструкции (°С) / Время (мин).	325,73/ 101,6	288,25/ 89,3	289,62/ 89,6	292,44/ 90,6
Коксовый остаток, (%)	4,31	2,48	2,59	4,7
точки максимумов ДТГ кривой (Т °С, А %/мин)				
1 стадия	325,73/257,5	155,44/13,2	152,62/13	156,15/13
2 стадия	464,05/34,4	288,25/94,1	289,62/82	292,44/77,3
3 стадия	-	495,83/26,6	490,18/16,4	495,83/15,7

Методом ТГА подтверждена термическая устойчивость предложенных антипиррирующих композиций [1, 2, 4].

Анализ данных таблицы 1 показывает, что появление в составе антипиррирующей композиции диоксида кремния приводит к уменьшению потери массы образца при его нагревании до температуры 500 °С. Следует отметить также, что увеличение содержания диоксида кремния с 1 до 3.5 масс. % приводит к еще меньшим потерям массы образцов при термическом воздействии. В большей степени указанный эффект проявляется при температурах от 300 до 500 °С.

Заслуживает внимания еще один обнаруженный экспериментальный факт. Повышение концентрации микрогранул диоксида кремния в составе огнезащитной композиции приводит к повышению термической стойкости образца. Как следует из данных таблицы 2, образцы ткани, обработанные раствором Афламмита, начинают разлагаться при температуре 265,83 °С, образцы ткани, пропитанные раствором Афламмита с закрепленным Ковелосом в количестве 1 масс. %, - при температуре 276,28 °С, образцы ткани, пропитанные раствором

Афламмита с закрепленным Ковелосом в количестве 3.5 масс. %, - при температуре 292,44°C.

Таким образом, для огнезащиты ткани декоративного назначения из хлопкового волокна можно рекомендовать состав №3, содержащий 3.5.масс. % диоксида кремния в растворе препарата Афламмит SAP.

### ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований получены огнезащитные составы для ткани декоративного назначения из хлопкового волокна на основе Афламмит SAP с использованием в качестве сшивающего агента 1,4-дибромбутана и добавок диоксида кремния (коммерческий препарат «Ковелос») для усиления теплоотражающего эффекта и повышения термостойкости. Рецепт состава, обеспечивающего выполнение предъявляемых требований: 600 г препарата Афламмит SAP, 1000 г H<sub>2</sub>O, 9,22 масс. %-ный раствор 1,4-дибромбутана в тетрахлорметане, содержащий 3,5 масс. % диоксида кремния (коммерческий препарат «Ковелос»). Предложенная композиция позволяет предотвращать воспламенение тканого материала и ослаблять плотность теплового потока при прохождении его через материал.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Болодьян Г.И.* Комплексный подход к созданию пожаробезопасных текстильных материалов и изделий: Дис. ...канд. техн. наук: 05.26.03 : М., 2003. 177 с.
2. *Сырбу С.А., Салихова А.Х., Федоринов А.С.* Огнезащита текстильных материалов. -Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – 73 с.
3. ГОСТ Р 50810-95. Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. М.: ИПК «Издательство стандартов», 1995.
4. *Сырбу С.А., Салихова А.Х., Федоринов А.С.* Разработка огнезащитных составов на основе Афламмит SAP для текстильных материалов // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb/2014-5/2014-5.html>.) Выпуск № 5 (57) 2014 г.

УДК 66.011

*С. В. Федосов*<sup>\*</sup>, *М. О. Баканов*<sup>\*\*</sup>, *С. Н. Никишов*<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ДИНАМИКА МАКРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНОСТЕКЛА ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

В работе проводится математическое моделирование тепловых процессов в ходе высокотемпературной обработки сырьевой смеси при получении пеностекла. Показано, что нерациональный процесс нагрева сырьевой смеси может привести к ухудшению свойств готового материала.

**Ключевые слова:** пеностекло; математические модели; термическая обработка; теплоперенос.

*S. V. Fedosov, M. O. Bakanov, S. N. Nikishov*

## DYNAMICS OF MACROPHYSICAL PARAMETERS OF THE RECEIVING OF A FOAMGLASS AT HIGH TEMPERATURE THERMAL TREATMENT

In the work, mathematical modeling of thermal processes is carried out during high-temperature processing of the raw material mixture in the production of foam glass. It is shown that the irrational process of heating the raw mix can lead to deterioration of the properties of the finished material.

**Keywords:** foam glass; mathematical models; heat treatment; heat transfer.

Сравнительный анализ теплофизических и эксплуатационных свойств современных теплоизоляционных материалов показал, что к числу наиболее эффективных относится пеностекло [5, 12], которое является экологически безопасным материалом. Его отличает от всех используемых материалов низкая теплопроводность (0,05–0,07 Вт/м·К), химическая и биологическая устойчивость. Перечисленные свойства дают основание говорить о высокой конкурентной способности данного материала [7].

На сегодня наиболее распространенным является порошковый способ производства пеностекла, так как он позволяет получать готовый продукт с различными свойствами в зависимости от состава и соотношения исходного сырья и газообразователя [17, 18]. Принципиальная схема технологического процесса производства пеностекла порошковым способом представлены на рис. 1.



Рис. 1. Технологическая схема производства пеностекла

При данном способе производства применяют порошок мелкого помола способный пройти сквозь сито с размерами 2500 – 6500 отв./см<sup>2</sup>, что позволяет получать более равномерную структуру материала, с малым объемным весом, низким коэффициентом теплопроводности и высокой прочностью [6]. Однако, несмотря на то, что пеностекло обладает более высокими теплоизоляционными характеристиками по сравнению с другими теплоизоляторами, все же остается мало востребованным из-за своей высокой стоимости. Связано это, прежде всего с тем, что технология производства пеностекла достаточно энергоемкая, поэтому особое внимание ученых привлекает математическое моделирование процессов термической обработки при получении пеностекла [11, 14], с целью подбора рационального температурного режима, способного сократить энергозатраты, при этом, не снижая качество продукции.

Одним из наиболее распространенных подходов при моделировании процессов термической обработки являются методы на основе теории теплопереноса, позволяющие учитывать влияние макрофизических параметров друг на друга [19]. Безусловно, не стоит упускать тот факт, что исходный материал до воздействия на него необходимой температуры имеет пористую структуру, в которой в качестве пор выступают микропространства не заполненные измельченным стеклом и газообразователем, представляющие собой хаотическую структуру [3].

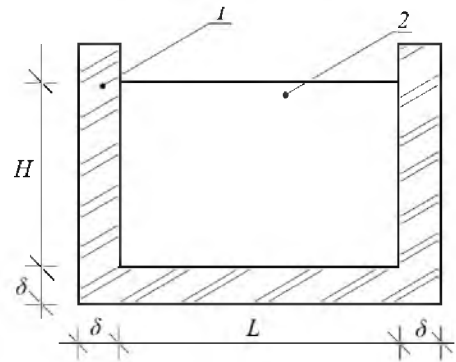
Стоит отметить, что наличие некоторого количества влаги в сырьевой смеси приводит к тому, что для создания адекватной математической модели необходимо учитывать не только теплоперенос, а еще и массоперенос в совокупности. Теоретической основой исследований процессов тепломассопереноса в результате воздействия высокой температуры на материал, является система

дифференциальных уравнений, полученная А.В. Лыковым, и разработанные им физические представления о механизме удаления влаги [4].

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t}{\partial \tau} &= a \nabla^2 t + \frac{r^* \rho \varepsilon}{c_p} \frac{\partial U}{\partial \tau} \\ \frac{\partial U}{\partial \tau} &= k_m \nabla^2 U + k_m \delta_T \nabla^2 t \\ \frac{\partial p}{\partial \tau} &= k_p \nabla^2 p + k_p \delta_T \nabla^2 t \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $t, U, p$  – соответственно потенциалы переноса тепла, массы и давления;  $\varepsilon$  – критерий фазового превращения ( $\varepsilon=0 \div 1$ );  $\delta_T$  – коэффициент термодиффузии,  $1/K$ ;  $r^*$  – теплота парообразования для жидкости, Дж/кг.

Процессы переноса влаги в теле делает очень сложными аналитические решения задач взаимосвязанного тепло-массо-переноса, а многообразие определяющих факторов приводит к необходимости использования упрощенных моделей, поэтому на первых этапах моделирования целесообразно задавать граничные условия и решать плоскую задачу для одной из координат. На рис. 2 представлена геометрическая модель используемая для постановки задачи.



**Рис. 2.** Модель сырьевая смесь (2) – металлическая форма (1)

В этих условиях краевая задача тепло-переноса в сырьевой смеси, находящейся в металлической форме, запишется следующим образом [15]:

$$\rho c \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}; \tau > 0; 0 \leq x \leq \frac{L}{2} \quad (2)$$

здесь:  $\rho, c, \lambda$  – соответственно: плотность, теплоемкость и теплопроводность сырьевой смеси.

Начальное условие:

$$t(x, \tau)|_{\tau=0} = t_0(x) \quad (3)$$

Граничные условия, соответственно, первого и второго рода:

$$t(x, \tau)|_{x=0} = f_n(\tau) \quad (4)$$

$$\left. \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=\frac{L}{2}} = 0 \quad (5)$$

Начальное условие (3) показывает, что в момент времени, принимаемый за начало отсчета, в сырьевом материале имеется произвольное распределение температур по координате.

Граничное условие (4) показывает, что в зоне контакта стенок металлической формы для вспенивания, принимается равенство значений температуры формы и материала, от которой отсчитывается координата  $x$ . Условие (5) показывает, что задача может рассматриваться как симметричная.

Введем безразмерные переменные:

$$T(\bar{x}, Fo) = \frac{t(x, \tau) - t_0}{t_n - t_0}; \quad Fo = \frac{a\tau}{(L/2)^2}; \quad \bar{x} = \frac{x}{(L/2)} \quad (6)$$

И тогда задача (2) – (5) примет вид:

$$\frac{\partial T(\bar{x}, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 T(\bar{x}, Fo)}{\partial \bar{x}^2}; \quad Fo > 0; \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1 \quad (7)$$

$$T(\bar{x}, Fo) = \frac{t(x, \tau) - t_0}{t_n - t_0} = T_0(\bar{x}) \quad (8)$$

$$T(\bar{x}, Fo) \Big|_{\bar{x}=0} = \frac{t_n - t_0}{t_n - t_0} = 1 \quad (9)$$

$$\left. \frac{\partial T(\bar{x}, Fo)}{\partial \bar{x}} \right|_{\bar{x}=1} = 0 \quad (10)$$

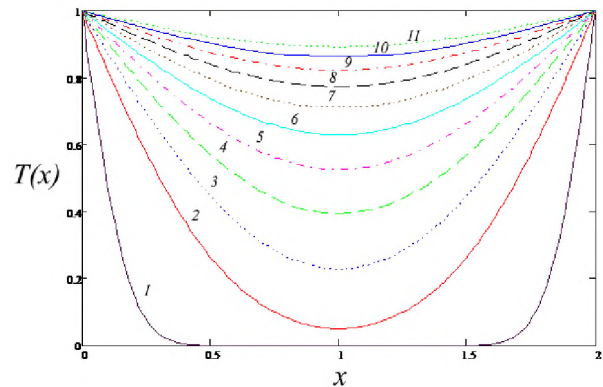
Опуская несложные, но громоздкие преобразования, приведем окончательное решение краевой задачи в области оригиналов:

$$T(\bar{x}, Fo) = 1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)} \sin \left[ \frac{\pi}{2} (2n-1) \bar{x} \right].$$

$$\begin{aligned} & \cdot \exp\left[-\frac{\pi^2}{4}(2n-1)^2 Fo\right] + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \sin\left[\frac{\pi}{2}(2n-1)x\right] \cdot \int_0^1 T_0(\xi) \cdot \\ & \cdot \sin\left[\frac{\pi}{2}(2n-1)\xi\right] d\xi \cdot \exp\left[-\frac{\pi^2}{4}(2n-1)^2 Fo\right] \end{aligned} \quad (11)$$

Результаты расчетов по выражению (11) приведены на рис. 3 в виде кривых, иллюстрирующих изменение безразмерных температур по безразмерной координате в зависимости от безразмерного времени процесса.

График распределения температурных полей в сырьевой смеси на рис. 3 показывает, что при малых значениях числа Фурье первыми начинают оплаиваться приповерхностные слои, находящиеся в непосредственном контакте с металлическими гранями формы для вспенивания, и несколько позже (по времени) центральная часть материала. Это говорит о том, что в случаях, когда время выдержки сырьевой смеси при вспенивании будет недостаточным, для того чтобы зерна стекла оплавились по всему объему материала, центр засыпки не успеет оплавиться и тем самым остается непоризованными, что скажется на качестве и теплофизических свойствах конечного продукта.



**Рис. 3.** Иллюстрация расчетов по выражению (11).

$Fo$ : 1) 0,01; 2) 0,1; 3) 0,2; 4) 0,3; 5) 0,4; 6) 0,5; 7) 0,6; 8) 0,7; 9) 0,8; 10) 0,9 11) 1

Однако, когда время вспенивания значительно превышает время плавления зерен стекла, в этих случаях происходит спекание приповерхностных слоев сырьевой смеси т.к. источники газообразования посредством прогрева полностью выгорают, а вязкость стекла уменьшается, и поверхностное натяжение не позволяет задержать выделенную газовую фазу в образовавшихся сферах пор, которая выходит в камеру печи для вспенивания, в таких случаях центральная часть засыпки становится более поризованной, чем в приповерхностных слоях сырьевой смеси.

Для определения оптимального температурного режима требуется разработка математической модели способной учитывать не только распределение температурных полей, но и условия для равномерного формирования пор по объему материала [6]. Такие условия можно создать, например, посредством различных технических средств и технологий, позволяющих в реальном време-



ни воздействовать на сырьевую смесь. К таким решениям можно отнести, применение вибрационных платформ или использование ультразвукового воздействия, а также использование порошков с различными газовыделительными свойствами (активностью). Для большего эффекта возможно применение комбинации этих или каких-то иных воздействий. Однако стоит отметить, что экспериментально определить эффективность рассмотренных вариантов достаточно проблематично, для упрощения такой задачи требуется разработка математической модели процесса роста пузырька в сырьевой смеси, это позволит учесть множество факторов, таких как химический, физический и количественный состав материалов, участвующих в процессе вспенивания.

Анализируя результаты работ по формированию пористой структуры пеностекла, предлагается использовать уравнение (16), которое описывает рост единичной поры [20]:

$$\frac{dR_1}{dt} = \frac{\frac{3V_{ж} + R_1^3}{4\pi}}{4\mu \frac{3V_{ж}}{4\pi}} ((p_v - p_n) \cdot R_1 - 2\sigma), \quad (12)$$

где  $R_1$  – внутренний радиус пор [м];  $V_{ж}$  – объем расплава стекла в оболочке поры;  $\sigma$  – коэффициент поверхностно натяжения [Н/м];  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости жидкости [Па·с];  $p_v$  – давление газа внутри поры [Па];  $p_n$  – давление на внешней (наружной) границе расплава стекла [Па].

Для проведения расчетов и графической интерпретации уравнения (16) применяли метод Рунге-Кутты IV порядка [1] в программе MathCAD.

Показатели динамической вязкости рассчитывали по методике изложенной в работах Сангадиева С.Ш. и Лакатоса Т. [10, 21].

Изменение значений коэффициента поверхностного натяжения рассчитывали по методике описанной в работе [22].

Изменение температуры по времени задавали следующим образом:

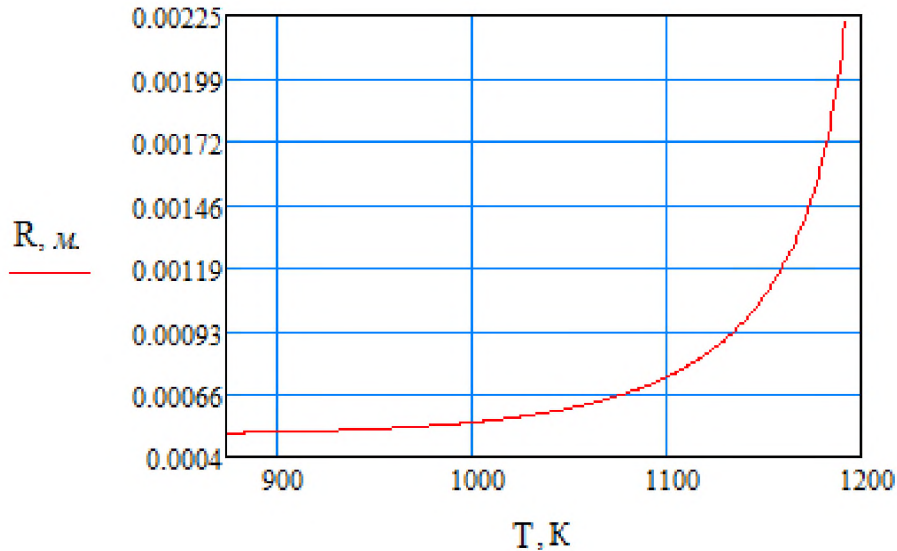
$$T = T_0 + k \cdot t, \quad (13)$$

где  $k$  – коэффициент учитывающий скорость нагрева,  $t$  – время [с].

Результаты расчетов представлены на рис. 4. Полученный график показывает, что рост радиуса поры начинается при воздействии на сырьевую смесь температуры в 1000 К (726 °С). Это позволяет сделать вывод, что до температуры в 1000 К (726 °С) температурный режим нагрева сырьевой смеси не влияет на формирование конечных свойств пеностекла.

В процессе дальнейшего нагрева сырьевой смеси необходимо учитывать равномерность прогрева по всему объему засыпки и только после этого повышать температуру со скоростью позволяющей осуществлять прогрев, как было ранее отмечено, не только приповерхностных слоев, но и центра. Уравнение (15), в общем случае, позволяет смоделировать этот температурный режим.

Очевидно, что при вспенивании происходит переход сырьевой смеси из твердого сыпучего состояния в оплавленное (жидкое), что приводит к значительным изменениям основных параметров, которые сложно учесть в выше указанных решениях.



**Рис. 4.** График роста радиуса поры в зависимости от температуры

Для дальнейшего развития и совершенствование предложенных математических моделей возможно применение зонального метода расчета [8]. Данный метод описан С.П. Рудобаштой в работе [9]. Однако, для возможности всестороннего подхода при разработке модели необходимо зональный метод расчета использовать в совокупности с методом «микропроцессов» [13]. Данный метод основан на представлении времени всего процесса в цепочку малых промежутков времени «микропроцессов»:

$$\tau_{np} = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \Delta \tau_i . \quad (14)$$

Теплофизические параметры фаз в течение каждого периода принимаются постоянными, что позволяет свести нелинейную задачу к нескольким линейным задачам тепломассопереноса.

Однако потребуется проведение ряда математических расчетов, так как при малых значениях числа Фурье потребуется учитывать в расчетах не несколько первых членов ряда, а значительно больше. Применение численного решения с методом интегрального преобразования Лапласа позволит значительно увеличить точность расчетов [2].

Применение интегральных преобразований приведет краевые задачи теплопереноса к функциональной зависимости вида [16]:

$$T = f(Lu, Bi, Ko, Pn, Po, Re, Pr, Fo, E) \quad (15)$$

В настоящее время в литературе отсутствуют решения таких краевых задач для области малых значений чисел Фурье, поэтому требуется более детальное изучение данного направления.

Таким образом, применив метод «микропроцессов», можно свести нелинейную задачу к задаче с постоянными коэффициентами в пределах выбранного промежутка времени. Дальнейшим развитием этого метода является применение понятий «псевдоисточников» теплоты и массы вещества, с принятием которых система уравнений взаимосвязанного тепломассопереноса преобразуется в две независимые задачи переноса теплоты и массы с действующими «псевдоисточниками».

Применение предложенного метода позволит разработать модель, которая будет наиболее адекватно описывать динамику распределения температурных полей в материале на этапах вспенивания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бахвалов Н.С.* Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения). М.: Наука, 1975. 632 с.
2. *Беляев Н.М., Рядно А.А.* Методы теории теплопроводности: учебное пособие для вузов. Ч. 2. М.: Высш. шк., 1982. 304 с.
3. *Демидович Б.К.* Пеностекло. Минск: Наука и техника, 1975. 248 с.
4. *Лыков А.В., Михайлов Ю.А.* Теория тепло- и массопереноса. Москва-Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1963. 536 с.
5. *Максименко А.Т., Казимирова Е.В.* Анализ рынка теплоизоляционных материалов в России // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XIII международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2018. С. 85-87.
6. Математическая модель динамики процесса порообразования при термической обработке пеностекольной шихты / С.В. Федосов [и др.] // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. Вып. 3. С. 73-79.
7. Пеностекло – современный эффективный неорганический теплоизоляционный материал / Н.И. Минько [и др.] // Фундаментальные исследования. 2013. № 6-4. С. 849-854.
8. *Романков П.Г., Фролов В.Ф.* Теплообменные процессы химической технологии. Л.: Химия, 1982. 288 с.
9. *Рудобахта С.П.* Массоперенос в системах с твердой фазой. М., 1980. 248 с.
10. *Сангадиев С.Ш., Мункуева С.Б., Сандитов Д.С.* Определение параметров уравнения Фогеля-Фульчера-Таммана для температурной зависимости вязкости в об-

ласти перехода жидкость-стекло // Вестник бурятского государственного университета. 2009. № 3. С. 153-156.

11. *Стиридонов Ю.А., Орлова Л.А.* Проблемы получения пеностекла // Стекло и керамика. 2003. № 10. С. 10-11.

12. *Степанова М.Н.* Разработка состава и технологии теплоизоляционного композита на основе пеностекла с защитно-декоративным покрытием: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2009. 17 с.

13. *Федосов С.В.* Процессы термической обработки дисперсных материалов с фазовыми и термическими превращениями: дис. д-ра техн. наук. Л., 1987. 350 с.

14. *Федосов С.В., Баканов М.О.* Разработка комплексного подхода к математическому моделированию процесса термической обработки пеностекляной шихты. Ч. 1. Физические представления о процессе // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2017. № 2. С. 95-100.

15. *Федосов С.В., Баканов М.О., Никишов С.Н.* Вариативность подходов к математическому моделированию процессов термической обработки пеностекляной шихты // Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». 2017. №11. С. 110-116.

16. *Федосов С.В., Кисельников В.Н., Шертаев В.У.* Применение методов теории теплопроводности для моделирования процессов конвективной сушки. Алма-Ата: Гылым, 1992. 168 с.

17. *Федосов С.В., Щепочкина Ю.А., Баканов М.О.* Композиционный материал на основе пеностекла с защитно-декоративным покрытием // Строительство и реконструкция. 2012. № 6 (44). С. 109-113.

18. *Федосов С.В., Щепочкина Ю.А., Баканов М.О.* Особенности получения композиционного строительного материала на основе пеностекла с защитно-декоративным покрытием // Строительство и реконструкция. 2013. № 3 (47). С. 77-81.

19. *Цой П.В.* Методы расчета отдельных задач тепломассопереноса. М.: Энергия, 1971. 384 с.

20. *Fedosov S.V., Bakanov M.O., Nikishov S.N.* Kinetics of Structural Transformations at Pores Formation During High-Temperature Treatment of Foam Glass // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. Volume 14. Issue 2. P. 158-168.

21. *Lakatos T., Johansson L.-G. and Simmingsköld B.* Viscosity temperature relation in the glass system  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O-CaO-MgO}$  in the composition range of technical glasses. Glass Technol., 13(3):88-95, 1972.

22. *Scholze H.* Glas Natur, Struktur und Eigenschaften. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York. 1988.

УДК 694.14:536.255

*С. В. Федосов, В. Г. Котлов, М. А. Иванова*

ФГБОУ ВО Поволжский государственный технологический университет

## **ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НАГЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В статье рассматривается динамика процессов теплопереноса в нагельных соединениях строительных деревянных конструкций под воздействием перепадов температурно-влажностных параметров среды эксплуатации. Поставлены и решены краевые задачи теплопроводности и влагопроводности для болтового нагельного соединения элементов конструкции. Представлены результаты экспериментальных исследований процессов тепло- и влагопереноса по поверхности древесины нагельных соединений.

**Ключевые слова:** строительные деревянные конструкции, нагельные соединения, теплоперенос, теплопроводность, влагопроводность.

*S. V. Fedosov, V. G. Kotlov, M. A. Ivanova*

## **DYNAMICS OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES AND STRESS-STRAIN STATE OF NAILED CONNECTIONS OF BUILDING STRUCTURES**

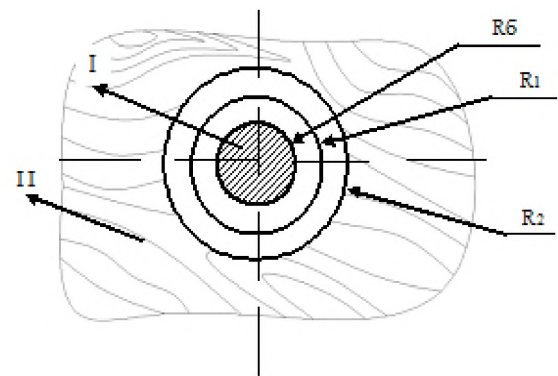
The paper studies the dynamics of heat and mass transfer processes in nailed connections of building wooden structures under the influence of differences of temperature and humidity parameters of operating environment. The boundary value problems of thermal conductivity and moisture conductivity for bolted nailed connection of the structural elements are set and solved. The results of experimental studies of heat and moisture transfer processes along the wood surface of nailed connections are presented.

**Keywords:** building wooden structures, nailed connections, heat and mass transfer, thermal conductivity, moisture conductivity.

Строительные конструкции из древесины находят свое применение при возведении зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения. Начиная с XXI века «мода» на древесину как строительный материал вновь набирает обороты, несмотря на ее пожароопасность, поскольку существует множество антипиренов, лаков, пропиток для защиты от возгорания. Для соединения элементов в конструкции применяются различные крепежные изделия. Одним из таких видов соединений являются нагельные соединения, которые образуются путем соединения элементов болтами, гвоздями, глухарями,

винтами или шурупами. В процессе эксплуатации нагельные соединения деревянных строительных конструкций находятся в условиях постоянного воздействия температурно-влажностных параметров среды. На сегодняшний день их действие учитывается при проектировании и расчете деревянных конструкций коэффициентом  $m_g$ , который задается в виде единого значения в зависимости от выбранного класса условий эксплуатации [1]. Но в процессе эксплуатации температура и относительная влажность воздуха постоянно меняются. Вследствие их постоянных перепадов происходят изменения состояния нагельных соединений, их разрушение и деформация, биологическое гниение древесины, наглядно показанные в работе [2].

Анализ деформированного состояния слоев древесины вокруг нагеля показал, что механическое внедрение нагеля в структуру древесины приводит не только к ее деформационным изменениям, но и к изменению теплофизических характеристик. Рассмотрим болтовой вид соединения элементов деревянных конструкций, показанный на рис. 1.



**Рис. 1.** Болтовой вид соединения элементов деревянных конструкций: I – нагель в виде болта, II – древесина

При соотношении  $\frac{R_6}{R_1} < 0,5$  краевая

задача теплопроводности может быть рассмотрена в системе неограниченных пластин [3]. Запишем краевую задачу теплопроводности для рассматриваемого случая:

$$\frac{\partial t(r, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(r, \tau)}{\partial r^2}; \tau > 0; R_6 \leq r \leq R_1 \quad (1)$$

$$t(r, \tau)|_{\tau=0} = t_{1,0}(r) \quad (2)$$

$$t(r, \tau)|_{r=R_6} = t_{6,1} \quad (3)$$

$$t(r, \tau)|_{r=R_1} = t_{R_1} \quad (4)$$

где  $a$  - коэффициент температуропроводности древесины,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $R_6$  - радиус болта, м.

Для упрощения анализа введем в рассмотрение безразмерные переменные вида:

$$T(\bar{r}, Fo) = \frac{t(r, \tau) - t_{R,1}}{t_{\delta,1}}; \bar{r} = \frac{r}{R_1 - R_{\delta}}; Fo = \frac{\alpha \tau}{(R_1 - R_{\delta})^2} \quad (5)$$

Перепишем краевую задачу теплопроводности с учетом введенных безразмерных переменных:

$$\frac{\partial T(\bar{r}, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 T(\bar{r}, Fo)}{\partial \bar{r}^2}; Fo > 0; 0 \leq \bar{r} \leq 1 \quad (6)$$

$$T(\bar{r}, Fo) \Big|_{Fo=0} = T_{1,0}(\bar{r}) \quad (7)$$

$$T(\bar{r}, Fo) \Big|_{\bar{r}=0} = T_{R_1} \quad (8)$$

$$T(\bar{r}, Fo) \Big|_{\bar{r}=1} = 0 \quad (9)$$

Решение данной задачи имеет следующий вид:

$$T(\bar{r}, Fo) = T_{R_1} \left[ (1 - \bar{r}) - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin(\pi n \bar{r}) \cdot \exp(-\pi^2 n^2 Fo) \right] + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \sin(\pi n \bar{r}) \int_0^1 T_{1,0}(\xi) \sin(\pi n \xi) d\xi \cdot \exp(-\pi^2 n^2 Fo) \quad (10)$$

В случае понижения температуры воздуха ниже температуры точки росы в нагельном соединении выпадет конденсат в виде влаги. Запишем краевую задачу влагопроводности для рассматриваемого случая:

$$\frac{\partial W(r, \tau)}{\partial \tau} = k \frac{\partial^2 W(r, \tau)}{\partial r^2}; \tau > 0; R_{\delta} \leq r \leq R_1 \quad (11)$$

$$W(r, \tau) \Big|_{\tau=0} = W_{1,0} \quad (12)$$

$$W(r, \tau) \Big|_{r=R_{\delta}} = W_H \quad (13)$$

$$W(r, \tau) \Big|_{r=R_1} = W_P, \quad (14)$$

где  $k$  - коэффициент влагопроводности, м<sup>2</sup>/с;  $W_H$  - относительная влажность слоя древесины, прилегающего к болту, кг влаги/кг сухого;  $W_p$  - относительная равновесная влажность древесины, кг влаги/кг сухого.

Для упрощения анализа введем в рассмотрение безразмерные переменные вида:

$$U(\bar{r}, Fo_m) = \frac{W(r, \tau) - W_p}{W_p}; \bar{r} = \frac{r}{R_1 - R_6}; Fo_m = \frac{k\tau}{(R_1 - R_6)^2} \quad (15)$$

Перепишем краевую задачу теплопроводности с учетом введенных безразмерных переменных:

$$\frac{\partial U(\bar{r}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 U(\bar{r}, Fo_m)}{\partial \bar{r}^2}; Fo_m > 0; 0 \leq \bar{r} \leq 1 \quad (16)$$

$$U(\bar{r}, Fo_m)_{Fo_m=0} = U_{1.0}(\bar{r}) \quad (17)$$

$$U(\bar{r}, Fo_m)_{\bar{r}=0} = U_H \quad (18)$$

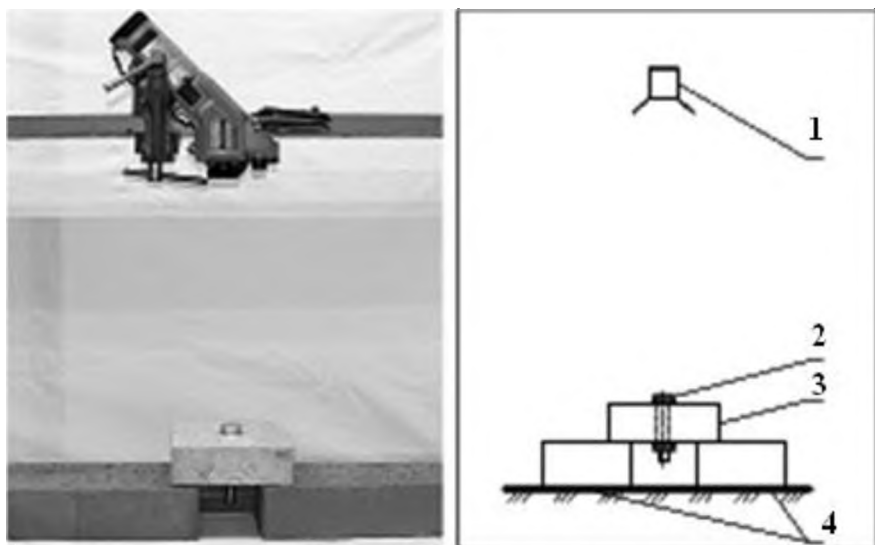
$$U(\bar{r}, Fo_m)_{\bar{r}=1} = 0 \quad (19)$$

Решение данной задачи имеет следующий вид:

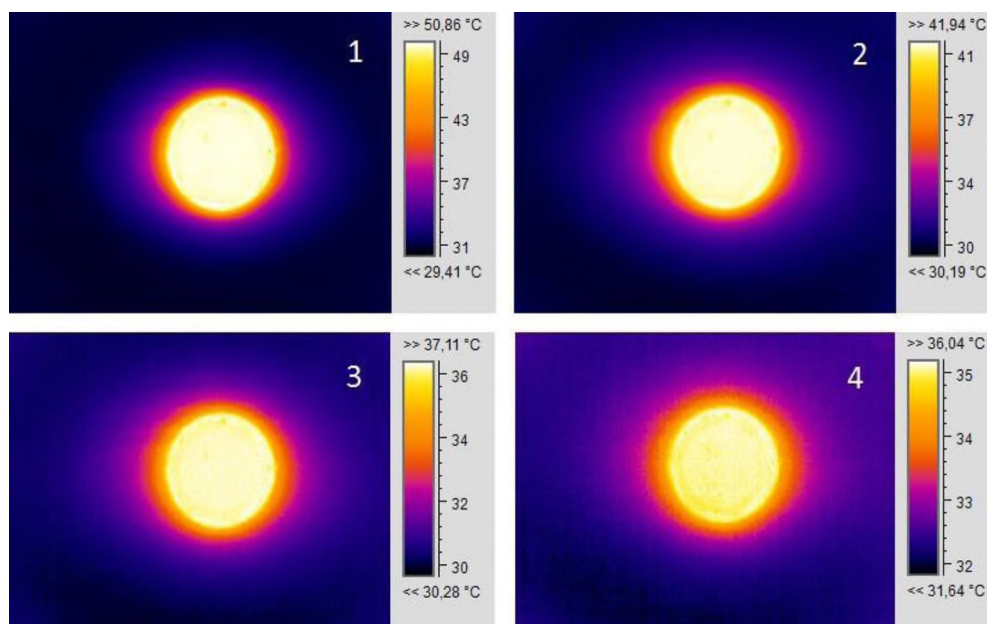
$$U(\bar{r}, Fo_m) = U_H \left[ (1 - \bar{r}) - \frac{2}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \sin(\pi m \bar{r}) \cdot \exp(-\pi^2 m^2 Fo_m) \right] + \\ + 2 \sum_{m=1}^{\infty} \sin(\pi m \bar{r}) \int_0^1 U_{1.0}(\xi) \cdot \sin(\pi m \xi) d\xi \cdot \exp(-\pi^2 m^2 Fo_m) \quad (20)$$

Экспериментальные исследования процессов теплопереноса и влагопереноса по древесине элементов нагельного соединения проводились на образцах из древесины сосны. Экспериментальное исследование теплопереноса в древесине заключалось в моделировании процесса нагрева болта в древесине элемента при повышении температуры в чердачном помещении [4]. Над деревянным бруском со стальным болтом поместили нагревательную пленку, с помощью которой происходило нагревание. Тепловизором фиксировали распределение температур по поверхности деревянного бруска. Схема установки показана на рис. 2. Полученные данные о распределении температур по поверхности древесины представлены на рис. 3.





**Рис. 2.** Схема установки для исследования теплопереноса в древесине нагельного соединения: 1 – тепловизор; 2 – болт; 3 – деревянный брусок; 4 – опоры



**Рис. 3.** Распределение температур по поверхности древесины при нагревании в течение: 1 – 5 минут; 2 – 10 минут; 3 – 20 минут; 4 – 30 минут

Экспериментальное исследование влагопереноса проводилось на прямоугольном деревянном элементе с высверленными отверстиями под иглы влагомера [5]. Образец помещался в емкость с водой, после чего начинался процесс влагопереноса. Через равные промежутки времени фиксировалось значение влажности древесины в отверстиях. Схема установки показана на рис. 4. Полученное распределение влажности по высоте образца показано на рис. 5.

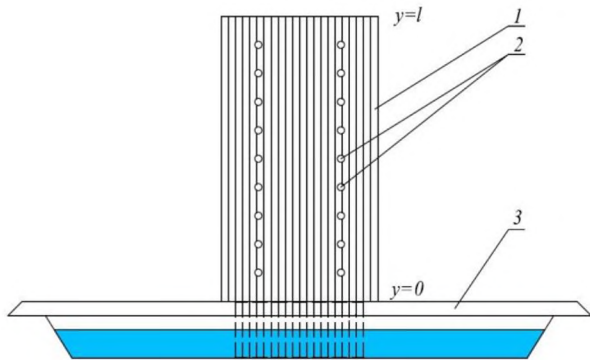


Рис. 4. Схема установки для исследования влагопереноса: 1 – образец; 2 – места установки игл влагомера; 3 – емкость с водой

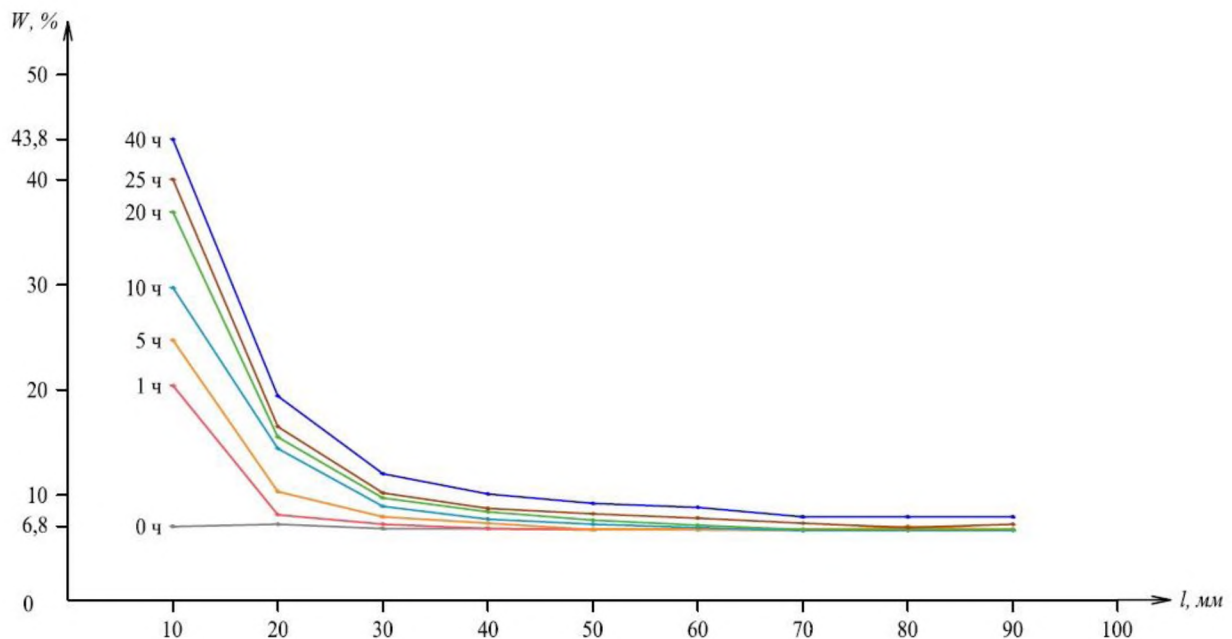


Рис. 5. Распределение влажности по высоте образца на расстояниях 10-90 мм от нижнего края

Таким образом, разработаны математические модели теплопереноса и влагопереноса в нагельных соединениях строительных деревянных конструкций. Проведено экспериментальное исследование теплопереноса в древесине нагельного соединения, выполненного с помощью болта, в результате которого получены данные о распределении температуры по поверхности древесины около болта. Проведено экспериментальное исследование влагопереноса по древесине элемента конструкции, в результате которого получены данные о распределении влаги по высоте деревянного элемента в определенные периоды времени. Проведенные исследования открывают перспективы для выполнения дальнейших научных изысканий и разработки практических рекомендаций по мониторингу состояния строительных деревянных конструкций с нагельными соединениями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – М.: Минстрой России, 2017. – 97 с.
2. Федосов С.В. Моделирование тепломассопереноса в системе газ-твердое при нагельном соединении элементов деревянных конструкций. Часть 1. Общая физико-математическая постановка задачи / С.В. Федосов, В.Г. Котлов, Р.М. Алоян, Ф.Н. Ясинский, М.В. Бочков // Строительные материалы. – 2014. – № 7. – С. 86-91.
3. Бочков М.В. Процессы тепломассопереноса в нагельных соединениях элементов деревянных стропильных конструкций при циклических режимах эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13 / Бочков Михаил Владимирович. – Иваново, 2017. – 151 с.
4. Федосов С.В. Экспериментальное исследование теплопереноса в болтовом нагельном соединении / С.В. Федосов, В.Г. Котлов, Р.М. Алоян, М.В. Бочков, Р.А. Макаров // Строительные материалы. – 2016. – № 12. – С. 83-85.
5. Федосов С.В. Методика экспериментального исследования массопроводных характеристик волокнистых и древесно-волокнистых материалов / С.В. Федосов, В.Г. Котлов, Р.М. Алоян, М.В. Бочков, М.А. Иванова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 5. – С. 90-93.

УДК 54.061, 54.062

*Т. В. Фролова, Е. С. Захватов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

В работе рассмотрены методы, используемые для идентификации полимерных материалов при проведении пожарно-технической экспертизы.

**Ключевые слова:** полимеры, инструментальные методы, идентификация.

*T. V. Frolova, E. S. Zachvatov*

## METHODS OF IDENTIFICATION OF POLYMER MATERIALS AT THE PRODUCTION OF FIRE-TECHNICAL EXPERTISE

The paper describes the methods used to identify polymeric materials during the fire-technical examination.

**Keywords:** polymers, instrumental methods, identification.

Наибольшую опасность в условиях пожара представляют природные и синтетические материалы. Поэтому в настоящее время снижение воспламеняемости и горючести полимеров, а также создание пожаробезопасных материалов является актуальной проблемой.

Полимерные материалы, используемые в повседневной жизни, не являются индивидуальными химическими веществами. Для придания тех или иных эксплуатационных свойств в них добавляют наполнители, мягчители, пластификаторы и другие компоненты. Они придают полимерам нужные физико-механические свойства, но при этом повышают горючесть материалов. Данные о составе, структуре, свойствах обугленных остатков полимеров и их взаимосвязи с условиями горения весьма малочисленны [1].

В настоящее время широко применяются такие полимерные материалы как полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид, пенополиуретан, всевозможные тканевые материалы. Именно поэтому, на месте пожара, вероятней всего, будут обнаружены их обгоревшие остатки, которые дознавателю и инженеру ИПЛ, как техническому специалисту, необходимо будет идентифицировать.

Место возгорания является сложным объектом экспертного исследования. Проведение пожарно-технической экспертизы неразрывно связано с применением специальных знаний и современных инструментальных методов [2]. Базовыми инструментальными методами, используемыми при установлении причины пожара, являются [3]:

- при обнаружении и исследовании остатков ЛВЖ и ГЖ при поджогах – газожидкостная хроматография, флуоресцентная спектроскопия (вспомогательное оборудование – электронные и химические газоанализаторы);

- при обнаружении и исследовании остатков зажигательных составов - реактивные индикаторные средства, жидкостная хроматография, элементный анализ;

- при исследовании электротехнических объектов – металлография, оптическая и электронная микроскопии, элементный анализ, рентгеновская интроскопия.

Универсальной методики установления природы карбонизированного органического вещества не существует. В монографии [4] приведена наиболее вероятная аналитическая схема решения данного вопроса. К настоящему времени экспериментально доказана возможность использования в исследованиях некоторых полимеров метода измерения электросопротивления, термогравиметрического и дифференциального термического анализа, инфракрасной спектроскопии и некоторых других [1].

Для ряда полимеров, зависимость изменения удельного электросопротивления обугленных остатков в зависимости от температуры и длительности процесса карбонизации такие же, как и у древесины. Электросопротивление последовательно снижается с увеличением температуры и длительности теплового воздействия. Однако эта зависимость проявляется только у тех полимеров, ко-

торые при сгорании образуют карбонизированный остаток. Данный метод информативен для материалов на основе поливинилхлорида, полистирола, фенолформальдегидных смол и некоторых других полимеров. Но для материалов на основе пенополиуретана (в частности поролонов), получить четкие корреляционные зависимости электросопротивления от температуры пиролиза не удастся, так как твердый остаток образуется в небольших количествах, и по свойствам отличается от обычных углеродных коксовых остатков [1].

Метод инфракрасной спектроскопии позволяет определить наличие в материалах определенных компонентов и оценить степень термического поражения данных веществ на качественном и количественном уровне. По ИК-спектрам коксовых остатков можно определить ряд качественных признаков, подтверждающих принадлежность коксового остатка к определенному термическому интервалу и классу исследуемых полимеров. Полосы поглощения, пригодные для идентификации теплового воздействия, специфичны для каждого материала. Однако метод ИК-спектроскопии применим в температурном режиме от 200-300 °С до 400-500 °С (в зависимости от состава и термостойкости материала). Нижняя граница обусловлена потерей визуальных признаков, по которым можно установить степень теплового воздействия на материал, верхняя – выгоранием органической составляющей.

Методы термогравиметрии (ТГ) и дифференциального термического анализа (ДТА) наиболее широко используются для исследования процессов, происходящих в веществах и материалах при нагревании. Данными методами исследуется кинетика процессов термической деструкции, а по полученным данным рассчитываются их эффективные кинетические параметры и энергия активации [5]. При термоаналитических исследованиях коксовых остатков полимеров первоначальную информацию о их нагреве можно получить, анализируя завершенность стадий процесса деструкции материала по ТГ-кривой.

Пиролитическая газовая хроматография используется для определения термостабильности материалов (в частности полимеров). По информативности данный метод не уступает ДТА, а по чувствительности превосходит его на несколько порядков.

Из вышесказанного следует, что исследование полимерных материалов после пожара не является однозначной задачей. Методы, которые подходят для одних полимеров, являются не информативными для других групп полимеров. Поэтому необходимо для каждой группы полимеров (в том числе и пенополиуретанов) выбрать направления и методы исследования, которые дадут наиболее полную информацию о данном объекте исследования при экспертизе пожаров [1].

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Бесчастных А. Н.* Экспертное исследование продуктов термоокислительной деструкции строительных материалов и элементов интерьера из пенополиуретанов: дисс. ... канд. техн. наук: СПб., 2002. - 121 с.

2. Чешко И. Д. Технические основы расследования пожаров. М. ВНИИПО, 2002. - 330с.

3. Чешко И. Д., Антонов А. О., Кондратьев С. А. и др. Методология судебной пожарно-технической экспертизы: основные принципы. М.: ФГБУ ВНИИПО, 2013. - 23 с.

4. Чешко И. Д. Экспертиза пожаров. СПб.: СПбИПБ МВД России, 1997. 560 с.

5. Павлова С. С-А., Журавлева И. В., Толчинский Ю. Н. Термический анализ органических и высокомолекулярных соединений. М.: Химия, 1983. - 117 с.

УДК 677.027

***О. Г. Циркина<sup>\*</sup>, Е. Л. Владимирцева<sup>\*\*</sup>, А. Л. Никифоров<sup>\*</sup>, Л. В. Шарнина<sup>\*</sup>***

<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

<sup>\*\*</sup> ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕСТОЙКОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Предложены способы интенсификации огнестойкой отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов с применением низкотемпературной плазмы тлеющего разряда (НТП) и токов высокой частоты (ТВЧ). Отмечено, что активация материалов НТП повышает гидрофильность суровых тканей и улучшает их сорбционные свойства, применение ВЧ-полей позволяет повысить степень фиксации отделочных препаратов на волокне за счет более полного прохождения реакции сшивки, что заметно повышает устойчивость отделки к мокрым обработкам

**Ключевые слова:** низкотемпературная плазма тлеющего разряда (НТП); токи высокой частоты (ТВЧ); текстильные материалы; антипирены; огнестойкая отделка.

***O. G. Tsirkina, E. L. Vladimirtseva, A. L. Nikiforov, L. V. Sharnina***

## **INCREASE OF EFFICIENCY OF FIRE-RESISTANT FINISHING FOR TECHNICAL TEXTILE MATERIALS**

In the given work ways of an intensification of fire resistant finish of fabrics are offered with its preliminary processing in low temperature plasma environment of decaying category (LTP) and at use of material dielectric heating in a field of high frequency fields (HF). It is marked that activation of low temperature plasma raising on textile material's wetting property, facilitates the subsequent impregnation by its finishing structures. It is proved, that application of high frequency fields considerably allows to increase a degree of finishing preparation's fixing on a fibre for the account of more full course of cross linking reactions and resinifications. The qualitative characteristics of finishing materials are considerably raises.

**Keywords:** low temperature plasma (LTP); high frequency fields (HF); textile materials; flame retardants; fire resistant finish.

Обеспечение пожарной безопасности текстильных материалов во все времена являлась важной технологической задачей. Наиболее распространенным вариантом в снижении горючести является введение антипиренов в готовые текстильные материалы на стадии отделочного производства. Для придания полотнам огнезащитных свойств используется широкий ассортимент препаратов, выпускаемых как российскими, так и зарубежными фирмами.

Обычно технология нанесения антипиренов на ткань включает такие операции как плюсование материала отделочным составом и последующая фиксация его на волокне [4]. При этом в целях уменьшения себестоимости выпускаемой продукции обработке подвергаются суровые или расшлихтованные ткани, имеющие низкую гидрофильность и, следовательно, плохую смачиваемость. В силу этих причин качество отделки у таких полотен заметно снижается. Кроме того, вследствие наличия большого количества нецеллюлозных примесей и, в первую очередь, крахмальной шлихты на нитях основы затруднено равномерное распределение антиперена по поверхности и в объеме текстильного материала, что также снижает качество огнестойкой отделки.

Решением проблемы повышения смачиваемости суровых материалов без трудоемких операций подготовки, может стать предварительная обработка текстильного материала низкотемпературной плазмой тлеющего разряда (НТП). Применение плазменной активации для улучшения гидрофильности текстильных материалов известно и широко описано в научно-технической литературе [1,5].

В представленной работе в качестве объектов исследования использованы суровые ткани с поверхностной плотностью  $>250 \text{ г/м}^2$ , характеристики которых приведены в табл. 1.

*Таблица 1. Гидрофильные характеристики материалов, обработанных НТП*

Ткань	Переплетение	Состав	Капиллярность, мм/ч		Смачиваемость, с	
			Исх.	Обраб.	Исх.	Обраб.
плащевая арт. 3030	саржевое	Хл:ПЭТФ 50:50	0	125	>600	1–2
саржа арт.6915	саржевое	Хл.	0	145	400	1
парусина полупульняная арт.3	полотняное	Лен:хл.: ПЭТФ 50:30:20	0	86	150	1

После плазменной обработки образцы пропитывались огнезащитной композицией российского производства серии ФОГИНОЛ на основе фосфоросодержащих соединений с добавлением сшивающего агента. Отделке подвергались суровые ткани (I), подготовленные по традиционной технологии (стандартные) [4] (II), активированные НТП (при плотности тока разряда  $\approx 1,5$  мА/см<sup>2</sup>, давлении газа 100-130 Па) (III). В табл. 2 приведены результаты испытания полученных образцов к вертикальному пламени газовой горелки (10 мм) и прожиганию металлическим стержнем ( $\sim 360-420$  °С). Из приведенных данных видно, что материалы, прошедшие предварительную активацию в НТП, имеют более высокие показатели огнестойкости по сравнению с суровыми и стандартными образцами за счет повышения их гидрофильности и, как следствие, большего количества поглощенного технологического раствора. Однако проведенные впоследствии испытания выявили факт низкой устойчивости полученной огнестойкой отделки к мокрым обработкам.

*Таблица 2. Режимы обработки и показатели качества  
Огнестойкой отделки тканей*

Вид обработки	Показатели	Текстильные материалы		
		плащевая арт. 3030	саржа арт.6915	парусина полульняная арт.3
I	время остаточного горения, с	Образец полностью сторел		
	высота обугливания, мм			
	время прожигания, с	5	3	3
II	время остаточного горения, с	5	5	8
	высота обугливания, мм	20	18	25
	время прожигания, с	83	75	88
III	время остаточного горения, с	2	3	2
	высота обугливания, мм	12	10	15
	время прожигания, с	91	78	87
IV	время остаточного горения, с	0	0	0
	высота обугливания, мм	10	10	10
	время прожигания, с	132	114	156



Проблема более полной фиксации антипирена волокном за счет введения в предложенный аппретирующий состав сшивающего агента может быть решена использованием нагрева текстильных полотен в поле токов высокой частоты (ТВЧ), эффективность которого для процессов отделочного производства была доказана ранее [2,3]. После активации НТП материал пропитывали аппретирующим составом и обрабатывали в поле ТВЧ на лабораторной установке с частотой 40 МГц (режим IV) (см. табл. 2).

При оценке эффективности ВЧ-обработки для фиксации препаратов для огнестойкой отделки, изучен процесс диффузионного проникновения антипирена и сшивающего агента в целлюлозу в поле ТВЧ.

При моделировании диффузионных процессов использовались многослойные целлофановые мембраны с питающей инертной подложкой, которые обрабатывались в ВЧ-поле в течение 20 секунд. В качестве образцов сравнения использовали аппретированные образцы, обработанные по традиционной технологии (3 мин при температуре 150 °С). Распределение препарата по слоям мембраны определяли по содержанию общего формальдегида в материале (рисунок), где 1 – ВЧ-нагрев, 2 – конвективный нагрев. Выявлено, что глубина проникновения отделочного препарата при фиксации в поле ТВЧ близка к термофиксационному способу.

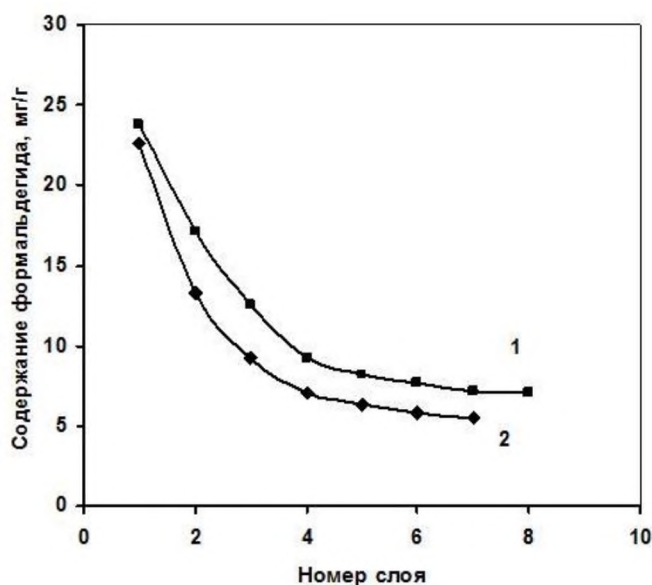


Рисунок. Глубина проникновения отделочного препарата по слоям мембраны

Однако с точки зрения эффективности протекающего процесса ВЧ-технология предусматривает заметное сокращение времени обработки. Процесс фиксации антипирена в ткани под действием поля ТВЧ протекает со скоростью в десятки раз превышающей скорость процесса при традиционных способах подвода тепла [2, 3].

При реализации процесса высокочастотной фиксации антипирена за счет сшивающего агента оптимальным является время обработки текстильных полотен в течение 10-12 сек. При этом улучшается устойчивость огнезащитной отделки к мокрым обработкам, а также возрастает время прожига материала, что очень важно для тканей указанного ассортимента. Эти эффекты обусловлены более равномерным прогревом материала по всему объему и, как было выявлено ранее [6], увеличением количества поперечных сшивок между макромолекулами волокна, внутри которых иммобилизован антипирен.

Таким образом, одним из наиболее действенных путей повышения качества огнестойкой отделки является применение плазменной активации и нагрева в поле ТВЧ в технологии специальной отделки тканей.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания (проектная часть), проект № 4.1929.2017/4.6*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Блиничева И.Б., Мельников Б.Н.* Современные способы подготовки текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1998. № 5. С. 49-57.
2. *Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Циркина О.Г.* Заключительная отделка гидрофобных тканей. Решение проблем пропитки и фиксации аппрета // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2009. № 5. С. 49-54.
3. *Кулыгин Ю.Н., Циркина О.Г., Никифоров А.Л., Мельников Б.Н.* Особенности энергетики технологических процессов облагораживания целлюлозосодержащих тканей в ВЧ/СВЧ-полях. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. № 2. С. 72-74.
4. Отделка хлопчатобумажных тканей: Справочник / под ред. Б.Н. Мельникова. Иваново.: «Талка», 2003. 484 с.
5. *Шарнина Л.В., Телегин Ф.Ю.* Текстильный материал как объект плазменной обработки. Гидрофилизация поверхности // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2008. Т. 51. № 3. С. 86-90.
6. *Шубина Е.В., Никифоров А.Л., Циркина О.Г.* Изучение особенности воздействия высокочастотного нагрева на процессы малосминаемой отделки целлюлозосодержащих тканей // Деп. в ВИНТИ. Москва. 15.07.2003. № 1387-В2003.

УДК 691.328:614.841.343

**С. А. Швырков, Я. И. Юрьев**  
ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

## **К ОЦЕНКЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ СТЕН РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ**

Обоснован углеводородный режим пожара и представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по нахождению теплотехнических и прочностных характеристик тяжелого бетона, торкрет бетона и фиброторкрет бетона, необходимые для оценки огнестойкости проектируемых на их основе ограждающих стен резервуарных парков.

**Ключевые слова:** резервуарный парк, ограждающая стена, огнестойкость

*S. A. Shvyrkov, Ya. I. Yuryev*

## ASSESSMENT OF FIRE RESISTANCE OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE ENCLOSING WALLS OF THE TANK FARMS

The hydrocarbon fire regime is proved. The results of theoretical and experimental researches on the finding of thermal and strength characteristics of heavy concrete, sprayed concrete and the concrete fibroconcrete are presented. The results are necessary for the assessment of fire resistance of enclosing walls of the tank farms designed on their basis of the above concrete.

**Keywords:** tank farm, enclosing wall, fire resistance.

Для предотвращения катастрофического развития аварий, обусловленных проливами нефти или нефтепродуктов (ННП) при разрушениях вертикальных стальных цилиндрических резервуаров (РВС), в соответствии с п. 5 ст. 70 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», в резервуарных парках следует предусматривать дополнительные мероприятия, требования к которым установлены ГОСТ Р 53324-2009 «Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности». Так, по периметру отдельно стоящего РВС или каждой группы наземных РВС необходимо предусматривать замкнутое ограждение, в качестве которого могут использоваться ограждающая стена или ограждающая стена с волноотражающим козырьком. Такие ограждения должны быть сплошными по периметру, выполняться из негорючих материалов и иметь предел огнестойкости не менее  $E 150$ .

Известно, что под пределом огнестойкости строительной конструкции (СК) понимается промежуток времени от начала огневого испытания при стандартном температурном режиме пожара (СТРП) до наступления одного из нормированных для данной СК предельных состояний по огнестойкости. В связи с этим, возникает вопрос о корректности применения для определения предела огнестойкости ограждающих стен такого метода испытаний, так как температурный режим пожара пролива ННП при авариях РВС имеет ряд существенных отличий от СТРП [1]:

- пожарная нагрузка (ННП) с максимальной среднеповерхностной температурой пламени 1200 °С;
- быстрый рост температуры пожара за счет сгорания большого количества ННП и поддержание ее до полного выгорания ННП;
- пожар пролива ННП на открытой местности (в границах ограждения) с постоянным и неограниченным доступом кислорода;
- непосредственное воздействие пламени пожара пролива ННП на ограждающую стену.

При этом важно отметить, что в мировой практике при определении предела огнестойкости СК, используемых, в частности, при строительстве объектов нефтехимического производства, туннелей и других сооружений производственных объектов, широко применяются температурные режимы пожаров, существенно отличающиеся от СТРП [2]. Кроме этого, все большее применение для обустройства, в том числе и противопожарных преград, находят новые виды бетонов, в частности, торкрет бетон (ТБ) и фиброторкрет бетон (ФТБ). Это обусловлено тем, что в отличие от традиционного тяжелого бетона (Б), они способны на порядок успешнее работать на растяжение и изгиб, а также ударные нагрузки [3, 4], что особенно важно при проектировании ограждающих стен с волноотражающим козырьком. Однако вопросам огнестойкости СК из ТБ и ФТБ в условиях воздействия углеводородного пожара до настоящего времени уделено недостаточно внимания.

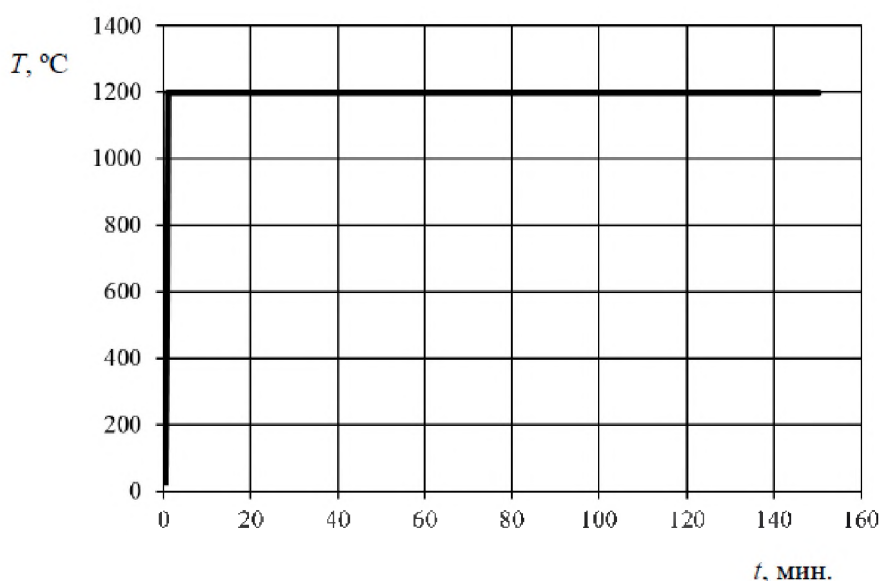
В связи с вышеизложенным, с целью возможности выполнения расчетов по оценке огнестойкости ограждающих стен резервуарных парков были проведены теоретические и экспериментальные исследования, направленные на:

- обоснование углеводородного режима пожара пролива НПП при разрушении РВС;
- определение теплотехнических и прочностных характеристик Б, ТБ и ФТБ в условиях воздействия углеводородного режима пожара;
- верификацию полученных теплотехнических показателей на основе численного моделирования и сопоставления с результатами огневых испытаний;
- построение номограмм для определения температуры в слое конструкции ограждающей стены различной толщины при одностороннем воздействии углеводородного пожара.

Так, на основе анализа особенностей возникновения и развития пожаров проливов НПП при разрушениях РВС [1,5], рассмотрения температурных режимов пожаров, применяемых в мировой практике для определения предела огнестойкости СК [2], а также используя общий подход к их построению, обоснован углеводородный режим пожара – *hydrocarbon curve oil spill (HCOS)*, необходимый для оценки огнестойкости ограждающих стен резервуарных парков (рис. 1).

*HCOS* характеризуется следующими временными значениями:

- время выхода на постоянную температуру горения – не более 1 мин.;
- минимальное время продолжительности горения – не менее 150 мин.;
- условное максимальное время продолжительности горения (при обосновании возможности реализации затяжных пожаров) – не более 600 мин.



**Рис. 1.** Общий вид зависимости углеводородного режима пожара пролива ННП (HCOS)

Для возможности выполнения расчетов по оценке огнестойкости ограждающих стен необходимо также иметь данные по теплотехническим и прочностным характеристикам рассматриваемых видов бетонов в условиях воздействия высоких температур углеводородного пожара, то есть иметь зависимости вида  $\lambda = f(T)$ ,  $a = f(T)$ ,  $c_p = f(T)$  и  $\rho = f(T)$ , на нахождение которых и были направлены дальнейшие исследования (здесь:  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $a$  – коэффициент температуропроводности, мм<sup>2</sup>/с;  $c_p$  – коэффициент удельной теплоемкости, Дж/(кг·К);  $\rho$  – плотность (объемная масса), кг/м<sup>3</sup>).

Предварительно были изготовлены заготовки кубической формы со стороной грани 0,15 м, отлитые из бетонов соответственно по классической технологии, методом торкретирования и торкретирования с добавлением стальной фибры диаметром 0,4 мм и длиной 20 мм. При подготовке бетонной смеси для всех заготовок применялся цемент марки М400 с заполнителем из гранитной крошки, с размером фракции не более 5 мм. Далее из заготовок были сделаны цилиндрические образцы диаметром  $12,5 \pm 0,1$  мм и высотой  $3,0 \pm 0,1$  мм. Начальная плотность при температуре 20 °C составляла для образцов из Б –  $2080 \pm 0,04$  кг/м<sup>3</sup>, ТБ –  $2116 \pm 0,04$  кг/м<sup>3</sup>, ФТБ –  $2330 \pm 0,05$  кг/м<sup>3</sup>.

Для исследования калориметрических эффектов и изменения массы в образцах использовался синхронный термоаналитический комплекс *STA 449 C Jupiter*, сочетающий методы дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрии в одном измерении [6]. Измерения параметра температуропроводности образцов бетонов проводились методом лазерной вспышки с использованием универсального прибора высокой точности *LFA 457 Micro-Flash* [7].

Далее определяли значения коэффициентов теплопроводности образцов бетонов в исследуемом диапазоне температур по формуле [8]:

$$\lambda(T) = a(T)c_p(T)\rho(T).$$

Полученные данные обрабатывались методом регрессионного анализа с использованием программы *STATGRAPHICS*, в результате чего были найдены эмпирические зависимости для определения теплотехнических параметров рассматриваемых видов бетонов, общий вид которых представлен в таблице.

**Таблица. Эмпирические зависимости для определения теплотехнических параметров Б, ТБ и ФТБ в температурном диапазоне от 20 до 1100 °С**

Вид бетона	Эмпирические зависимости вида: $a = f(T)$ , мм <sup>2</sup> /с; $c_p = f(T)$ , Дж/(кг·К); $\rho = f(T)$ , кг/м <sup>3</sup> ; $\lambda = f(T)$ , Вт/(м·К)
Б	$a = 1/(-0,037 + 0,48\ln(T - 273))$ ; $c_p = 382,352 + 34,1068\sqrt{T}$ ; $\rho = 2090,64 - 0,43(T - 273) + 0,00019(T - 273)^2$ ; $\lambda = \sqrt{0,71 + 32,92/(T - 273)}$
ТБ	$a = 1/(-0,056 + 0,49\ln(T - 273))$ ; $c_p = 440,563 + 32,6772\sqrt{T}$ ; $\rho = 2119,91 - 0,46(T - 273) + 0,0002(T - 273)^2$ ; $\lambda = \sqrt{0,73 + 29,28/(T - 273)}$
ФТБ	$a = 1/(0,11 + 0,44\ln(T - 273))$ ; $c_p = 339,727 + 26,9526\sqrt{T}$ ; $\rho = 2345,8 - 0,65(T - 273) + 0,00035(T - 273)^2$ ; $\lambda = \sqrt{0,66 + 20,3/(T - 273)}$

С целью определения прочностных параметров исследуемых видов бетонов, влияющих на несущую способность нагреваемой конструкции в условиях одностороннего огневого воздействия *HCOS*, были проведены две серии экспериментов. Первая серия выполнялась при температуре окружающей среды 20 °С для нахождения начальной прочности в образцах из исследуемых видов бетонов, имеющих как кубическую (150×150×150 мм), так и призматическую (150×150×600 мм) форму, а также для нахождения между этими формами образцов переводных коэффициентов. В результате этой серии экспериментов установлено, что переводной коэффициент с образцов кубической формы на образцы призматической формы, независимо от вида бетона, составил 0,7. При этом образцы призматической формы, выполненные из Б и ТБ, имели идентичный характер разрушения, сопоставимый с характерным разрушением образцов из обычного тяжелого бетона. Иной характер разрушения имели образцы призматической формы, выполненные из ФТБ. Так, при приложении максимальных значений нагрузки до трети образца взрывалось, что свидетельствует о высоких прочностных характеристиках этих образцов, сравнимых с образцами из высокопрочных бетонов.

Вторая серия экспериментов выполнялась для нахождения прочностных характеристик образцов из исследуемых видов бетонов, предварительно ступенчато прогретых в течение 8 ч. в горизонтальной муфельной печи до 300, 500, 600 и 1100 °С соответственно. Затем образцы остывали до температуры окружающей среды внутри печи в течение суток. Далее образцы доставлялись в лабораторию, где и производились итоговые испытания на прочность исследуемых образцов бетонов кубической формы. Для определения прочности образцов призмной формы использовался переводной коэффициент, найденный при ранее выполненных экспериментах.

На рис. 2 представлены результаты выполненных исследований по изменению призмной прочности ( $R_{пр}$ ) образцов из рассматриваемых видов бетонов при их нагреве в диапазоне от 20 до 1100 °С, которые и рекомендуются к использованию при расчетном определении пределов огнестойкости СК в условиях воздействия *HCOS*.

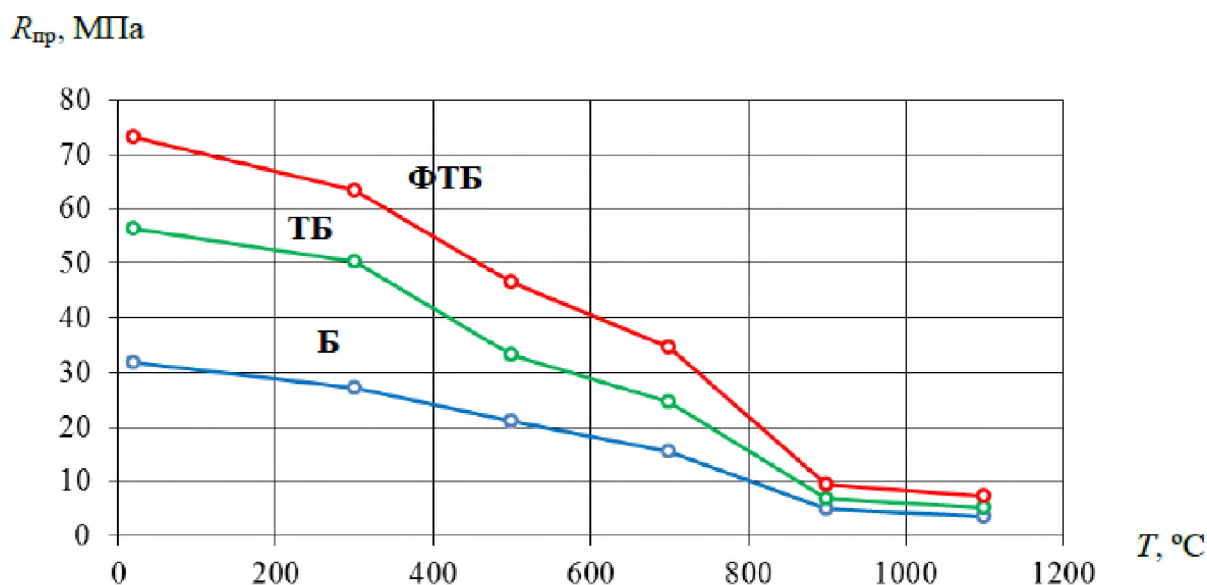


Рис. 2. Графическое отображение экспериментальных данных по изменению призмной прочности в образцах бетонов от температуры

Далее, используя в качестве исходных данных результаты экспериментальных исследований теплотехнических характеристик бетонов было выполнено в программном комплексе *ANSYS CFX* численное моделирование процесса прогрева аналогичных образцов в условиях *HCOS*, но имеющих размеры 250×250×400 мм, что позволяло с достаточной точностью передать процессы теплопередачи, присущие рассматриваемым ограждениям. Выбор таких размеров также обусловлен идентичностью принятых размеров образцов для дальнейших натурных испытаний.

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что образец из ФТБ на расстояниях до 0,2 м от нагреваемой поверхности в течение всего периода исследования прогревался несколько интенсивнее, чем образцы из Б и ТБ, что обусловлено, по всей видимости, его большей плотностью из-за наличия равномерно распределенной стальной фибры. Образец из ТБ по сравнению с остальными образцами прогревался несколько медленнее. Скорость прогрева образца из Б на расстояниях до 0,2 м от нагреваемой поверхности практически соответствовала скорости прогрева образца из ТБ, а на остальных расстояниях, была несколько интенсивнее, чем у образцов из ТБ и ФТБ.

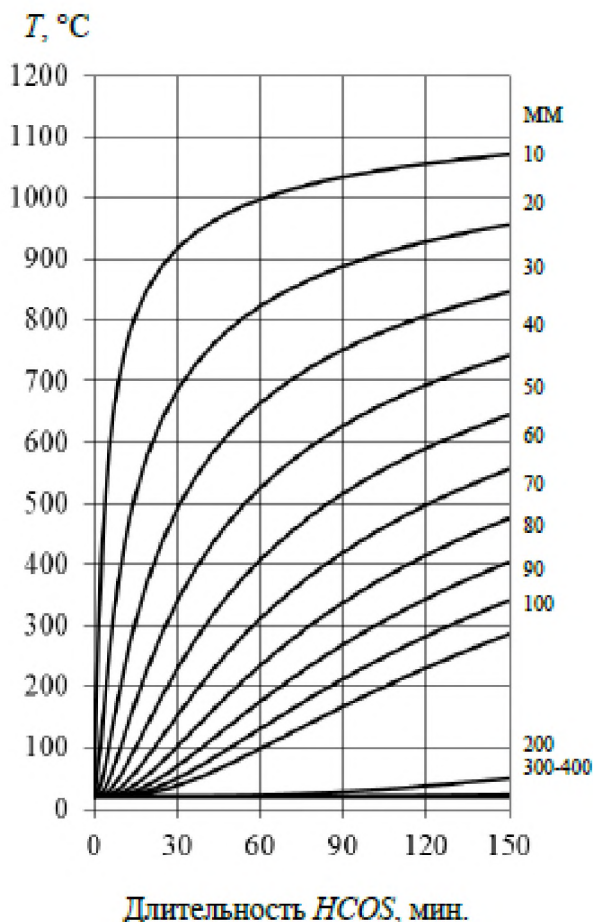
С целью проведения сравнительного анализа с результатами численного моделирования изучаемого процесса были выполнены натурные экспериментальные исследования на образцах бетонов с теми же геометрическими размерами. В результате экспериментов установлено, что в образцах из Б на 3–5 минуте их прогрева наблюдалось интенсивное откалывание фрагментов. Данный факт подтверждает возможность взрывного отталкивания бетонов с высокой влажностью при резком высокотемпературном воздействии. У образцов из ФТБ обогреваемая сторона оплавилась и стала похожей на вспененную субстанцию. Появление оплавленного слоя дает возможность предположить исключение трещинообразования в образцах из ФТБ. В образцах из ТБ при испытаниях откалывание фрагментов, как и образование оплавленного слоя, не наблюдалось.

В результате выполненной оценки погрешностей измерений температуры в контрольных точках образцах бетонов получено, что максимальное расхождение данных при проведении серий экспериментов, от данных полученных в результате численного моделирования изучаемого процесса, не превышало 20,5 %. Таким образом, на основе удовлетворительной сходимости результатов численных и экспериментальных исследований прогрева образцов на основе Б, ТБ и ФТБ в условиях углеводородного режима пожара показано, что полученные ранее эмпирические зависимости для определения теплофизических свойств этих видов бетонов (см. таблицу) могут использоваться для выполнения расчетов по оценке пределов огнестойкости ограждающих стен резервуарных парков, проектируемых на основе рассматриваемых видов бетонов.

По результатам выполненных исследований для практического применения с целью определения фактического предела огнестойкости ограждающих стен резервуарных парков, проектируемых на основе Б, ТБ и ФТБ, разработаны номограммы для определения температуры прогрева ( $T$ ) в слое ( $a_t$ ) соответствующего вида бетона при толщине конструкции от 400 до 1000 мм с учетом одностороннего воздействия  $HCOS$  до 600 мин. На рис. 3 в качестве примера представлен общий вид разработанной номограммы для определения температуры прогрева Б в ограждающих стенах РВС толщиной 400 мм при одностороннем воздействии  $HCOS$  до 150 мин. Предел огнестойкости по потере несущей способности устанавливается по точке пересечения горизонтальной пря-



мой на уровне критической температуры ( $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) с кривой прогрева слоя бетона толщиной  $a_t$  от обогреваемой поверхности до оси растянутой арматуры.



Таким образом, по результатам теоретических и экспериментальных исследований обоснован углеводородный режим пожара, получены теплотехнические характеристики и прочностные свойства Б, ТБ и ФТБ в температурном диапазоне от  $20$  до  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а также разработаны номограммы для определения температуры в слое СК толщиной от  $0,4$  до  $1,0$  м при одностороннем воздействии НСОС до  $600$  мин., которые могут использоваться на практике для оценки фактического предела огнестойкости ограждающих стен резервуарных парков для хранения нефти и нефтепродуктов.

**Рис. 3.** Температура прогрева Б в ограждающих стенах РВС толщиной  $400$  мм при одностороннем огневом воздействии ( $10\text{--}400$  – глубина прогрева бетона от нагреваемой поверхности, мм)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швырков С.А., Юрьев Я.И. Температурный режим пожара для определения предела огнестойкости ограждающих стен нефтяных резервуаров [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 4. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-4/20-04-16.ttb.pdf>.
2. Хасанов И.Р., Гравит М.В., Косачев А.А., Пехотиков А.В., Павлов В.В. Гармонизация европейских и российских нормативных документов, устанавливающих общие требования к методам испытаний на огнестойкость строительных конструкций и применению температурных режимов, учитывающих реальные условия пожара // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – № 3. – С. 49–57.
3. Henager, C.H. A New Wrinkle – Shotcrete Containing Steel Fibers // Concrete Construction. – 1975. – V. 20. – № 8. – P. 345–347.
4. Ahmed S. Eisa, Khaled S. Ragab Behaviour of steel fiber reinforced high strength self-compacting concrete beams under combined bending and torsio // International journal of civil and structural engineering. – 2014. – V. 4 – № 3. – P. 315–331.

5. Швырков С.А. Пожарный риск при квазимгновенном разрушении нефтяного резервуара: монография / Швырков Сергей Александрович. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 289 с.

6. STA 449 C Jupiter [Электронный ресурс]: описание и технические характеристики прибора (разр. Компания NETZSCH). – Режим доступа: <https://www.speciation.net/Database/Instruments/NetzschGeraetebau-GmbH/STA-449-C-Jupiter-Thermomicrobalance-;i2006>. (Дата обращения 02.07.2018 г.)

7. LFA 457 MicroFlash [Электронный ресурс]: описание и технические характеристики прибора (разр. Компания NETZSCH). – Режим доступа: <https://www.netzsch-thermal-analysis.com/ru/produkty-reshenija/temperaturoprovodnost-i-teplopro-vodnost/lfa-457-microflash>. (Дата обращения 02.07.2018 г.)

8. Лыков А.В. Теория теплопроводности: учебное пособие / А.В. Лыков. – М.: Высшая Школа, 1967. – 600 с.

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 614

*А. А. Апарин, С. Л. Воронцов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно- спасательная академия ГПС МЧС России

**ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ  
СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ И ЗРЕНИЯ ПОЖАРНЫХ**

Средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД) как техническое устройство прошло, на данный момент времени, довольно длинный путь развития, изменяя свои формы и функциональные характеристики. В статье отображены наиболее интересные и значимые моменты истории становления СИЗОД.

**Ключевые слова:** средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения пожарного, дыхательный аппарат пожарного, история развития СИЗОД.

*A. A. Aparin, S. L. Vorontzov*

**THE HISTORY OF FORMATION AND DEVELOPMENT OF MEANS  
OF INDIVIDUAL PROTECTION OF RESPIRATORY ORGANS  
AND SIGHT OF THE FIREMAN**

Means of individual protection of respiratory organs and sight as a technical device has passed, at the moment, quite a long way of formation and development, changing its shape and functional characteristics. The article shows the most interesting and significant moments of the history of the formation of personal protective equipment of respiratory and vision of firefighters.

**Keywords:** means of individual protection of respiratory organs and fireman's vision, fireman's breathing apparatus, history of development of means of individual protection of respiratory organs and sight of the fireman.

В самом начале пути человечества огонь стал для людей, как незаменимым помощником, так и лютым врагом. Его добывали самостоятельно, но в тоже время остерегались. Ему поклонялись как божеству и одновременно пытались защититься от него. Ведь огонь без контроля со стороны человека спо-

собен сам вершить историю, стирая с лица Земли города, народы и цивилизации. Спутником огня является дым, соответственно и один из опаснейших для жизни человека и животных его компонент- монооксид углерода, или другими словами,- угарный газ, способный убить живой организм [2].

Возможно поэтому, до сих пор среди задач, связанных с разработкой и совершенствованием способов и средств противопожарной защиты объектов экономики, а также с повышением эффективности работы пожарных, вопросы борьбы с дымом занимают одно из основных мест [1].

В XIX веке процессы индустриализации и урбанизации обусловили появление крупных промышленных центров, густонаселенных городов, развитие промышленной логистики- на морских и речных судах транспортировалось много разного рода компонентов, необходимых для производства горючего сырья, в портах на складах и хранилищах находилось много пожароопасных материалов. Пожары становились причиной гибели большого количества людей, а также приносили колоссальные экономические потери. Пострадавших просто невозможно было спасти по путям эвакуации из-за незащищенности участников тушения пожара. Люди гибли от падения с высоты, выбрасываясь из окон, задыхались угарным газом,- редко кому удавалось выжить. Вплоть до конца первой четверти XIX столетия проникновение в горящее здание и проведение в нем аварийно- спасательных работ и работ по тушению пожара было осложнено из-за смертельной опасности нахождения в непригодной для дыхания среде (далее- НДС). Ситуация начала меняться в 1823 году, когда был получен один из первых патентов на устройство для дыхания в НДС Джона и Чарльза Дина, явившееся прототипом создания более технически совершенных дыхательных аппаратов, предназначенных для пожаротушения.

Толчком создания первых средств защиты стала тяжелая обстановка с пожарами на судах одной из английских верфей, где работал 23-летний Джон Дин. Он и предложил способ защиты человека, приближающегося к очагу пожара.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания, а точнее то, что по функциональному предназначению было близко к ним, претерпели ряд принципиальных изменений: от бороды, смоченной водой, через элементы защитной одежды с источником подачи воздуха до полноценных дыхательных аппаратов пожарных. Более подробно остановимся на основных, по нашему мнению, этапах становления СИЗОД.

### **Естественный способ защиты органов дыхания**

С древнейших времен единственным элементом защиты органов дыхания пожарного являлся волосяной покров, то есть густые усы и борода. Стоит отметить, что о защите органов зрения на данный момент речи не шло.

Царь Алексей Михайлович Романов издал указ от 30 апреля 1649 года «Наказ о градском благочинии», который стал отправной точкой организации первых пожарных общин. Что стало началом зарождения профессиональной пожарной охраны, а с ней и пожарного дела. Указ подразумевал строгий порядок, дисциплину в рядах пожарных общин. Пожарным было разрешено наказывать жителей за неосторожное обращение с огнём. В те далёкие времена одним из основных правил при трудоустройстве в такую пожарную общину было наличие усов, и чем усы были пышнее, тем лучше. Чтобы не угореть на пожаре, пожарные того времени смачивали усы слюной и засовывали себе в нос, таким образом частично предохраняя органы дыхания от продуктов горения. Так же роль примитивного респиратора могла выполнять густая борода: предварительно смочив водой и закрыв ею рот пожарный мог на очень короткое время (счет которому шел на секунды) вбежать в горящее здание. Долго с таким «респиратором» находиться в дыму было нельзя из-за слабых абсорбирующих свойств воды, которая все равно пропускала вредные вещества в легкие.

Существует мнение, что преемницей бороды и воды стала губка, смоченная уксусом. За счет охлаждения вдыхаемого воздуха и фильтрации раскаленных частиц она позволяла некоторое время находиться в дыму, но была бессильна против образующихся при горении газов и совсем не защищала глаза. По этой причине губкой пользовались лишь в крайних случаях, да и то лишь смельчаки.

### **Защитный элемент обмундирования – пробораз шлангового дыхательного аппарата**

Один из самых ранних зарегистрированных случаев использования «дыхательного аппарата» отмечен из Англии. В 1818 в Уитстэйбле, прибрежном городе к юго-востоку от Лондона, загорелся сарай на ферме. В сарае находилось несколько лошадей и другой домашний скот. Фермер использовал маленький ручной насос в попытке погасить пламя, но струя воды было недостаточно мощной. Густой дым мешал спасти животных. Тогда 18-летний помощник фермера, Джон Дин, взял шлем от старых доспехов, и надел на голову фермеру. Вместо воды, с помощью ручного насоса, Джон подавал воздух в шлем, чтобы фермер мог дышать. Экипированный таким образом, хозяин смог спасти своих лошадей, выведя их из горящего сарая [3].

С течением времени Дин устроился на верфь Барнарда. Он стал свидетелем тяжелой ситуации с пожарами на судах, когда тушение пожаров на них было трудноосуществимым по причине невозможности достаточного приближения пожарных к очагу горения. В 1823 году Джон предложил конструкцию дыхательного аппарата - дымового шлема. Шлем выбрасывал плохой воздух, и наполнялся свежим через рукав, который шел от задней части шлема к воздушному насосу, расположенному в незадымленной зоне. Джон и его брат, Чарльз Дин, получили один из первых патентов на устройство для защиты органов дыхания пожарных от дыма. На данном этапе развития СИЗОД можно

говорить о создании защитного элемента экипировки пожарного, позволяющего с большей безопасностью для жизни (в плане изоляции от продуктов горения) приближаться к очагу пожара, а также совершать поиск и спасение пострадавших (о появлении дыхательного аппарата говорить, по нашему мнению, еще рано).

В 1827 году началось промышленное производство усовершенствованных дымовых шлемов Дина. Когда компания Siebe Gorman приобрела права на изобретение, то внесла в конструкцию ряд существенных дополнений, необходимых для надежного функционирования защитного устройства в условиях НДС. У шлема было три обзорных стекла, позволявшие пожарному наблюдать обстановку вокруг. На передней части шлема был небольшой вентиль. При открытом вентиле, владелец шлема мог свободно разговаривать и вдыхать окружающий воздух. После закрытия вентиля, воздух мог поступать только от специальных мехов. Воздух поступал по воздушному шлангу, крепившемуся к задней части шлема. При поступлении он обдувал обзорные стекла, что предотвращало их запотевание. Выход отработанного воздуха из шлема производился через небольшой шланг, прикрепленный сзади.

Несмотря на техническое новаторство, защитные устройства со шланговой системой подачи воздуха имели ряд существенных недостатков: ограниченность действий пожарного длинной воздуховодного шланга, а также возможность негерметичного соединения элементов конструкции и случайное попадание непригодного для дыхания воздуха в насос, вследствие порывов ветра; возможность механического повреждения шланга и прекращения подачи пригодного для дыхания воздуха. Все это подталкивало развитие научной мысли в направлении создания технических средств, способных работать надежно и автономно.

Техническая оснащенность пожарных Российской Империи и первых лет Советской власти сильно отставала от ведущих стран Европы и США. Так, в наиболее оснащенной пожарной охране страны- ленинградской, до 1920-х годов стояли вооружении такие защитные устройства как вуали Винклера, представляющие собой сетку, уплотненную материей, смоченной раствором соды. Интересно отметить, что в странах Запада аналогичные средства защиты заменяли на более современные уже в первой половине XIX века.

### **Технический переворот. Изобретение дыхательных аппаратов, работающих автономно**

В 1850 году Бенджамин Лэйн из Массачусетса получил первый известный патент на респиратор со снабжением сжатым воздухом. Его цель состояла в том, чтобы позволить пользователю «входить в здания и суда, заполненные дымом или загрязненным воздухом, а также в коллекторы, шахты, колодцы и другие места, заполненные вредными газами с защитой человека от удушья».

Идея, а, главное, готовый технический проект такого средства индивидуальной защиты стали хорошей основой для последующих технических разработок.

Ранее упомянутая компания Siebe Gorman Co, Ltd. стала известным производителем дыхательных аппаратов для наземных работ. Первый из них, разработанный Генри Флейсом в 1870-е годы, состоял из маски, выполненной из прорезиненной ткани и закрывающей все лицо, дыхательного мешка, связанного с маской с помощью шлангов, а также медного кислородного цилиндра. Также в конструкцию был включен абсорбент углекислого газа, наполненный волокнами, пропитанными едким калием, что позволяло использовать выдыхаемый воздух несколько раз. Аппарат Флейса доказал свои преимущества во время серии операций по спасению шахтеров, проведенных в Англии, начиная с 1880 года. Компания Siebe Gorman и главные проектировщики Флейс и Роберт Дэвис оказали большое и продолжительное влияние на конструкцию респираторов. Разработки западных конструкторов, основанные на замкнутом цикле работы и многократном использовании находящегося в аппарате кислорода легли в основу принципа функционирования и технического устройства советских дыхательных аппаратов на сжатом кислороде «КИП». Первый аппарат серии появился в Советском Союзе в 1930-м году (через 60 лет после создания английского прототипа).

Момент появления изолирующих дыхательных аппаратов, работающих автономно стал некой чертой отделяющей начальный этап развития средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения пожарных от этапа модернизации и конструктивного совершенствования, который продолжается и по сей день.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Грачев В.А., Тербнев В.В., Покровский Д.В.* Газодымозащитная служба: Учеб.-метод. пособие.- Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.:ООО «Изд-во «Калан», 2012. - 280 с.
2. *Апарин А.А.* Система работы звена ГДЗС на основе передовых технологий / А.А. Апарин, О.Г. Волков, Д.Ю. Захаров, А.Н. Бочкарев // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. Воронеж, 2016. Т. 1. № 1 (7). С. 296-298
3. История средств защиты органов дыхания и зрения. Часть 2 Устройства с подачей воздуха по шлангу ([nucfps.ru](http://nucfps.ru))

УДК 614.847.9

*А. А. Апарин, Д. Ю. Захаров*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РАСШИРЕНИЕ ТАКТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЫХАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА СЖАТОМ ВОЗДУХЕ**

В данной статье рассматривается один из методов повышения тактических возможностей СИЗОД, за счет разработки многокомпонентного химического индикаторного газоопределителя, работающего в комплекте с АП «Омега».

**Ключевые слова:** индикаторный химический газоопределитель, повышение тактических возможностей спасательных формирований, дыхательный аппарат АП «Омега».

*A. A. Aparin, D. Y. Zaharov*

## **ENLARGEMENT OF COMBAT CAPABILITIES, A BREATHING APPARATUS ON COMPRESSED AIR**

This article describes one of the methods to improve the tactical capabilities of the means of individual protection of respiratory organs and sight, through the development of multi-component chemical tracer gas detector, rabotayuschego complete with AP «Omega».

**Keywords:** indicator chemical atopclair, increasing the tactical capabilities of rescue teams, breathing apparatus AP «Omega».

Дыхательный аппарат со сжатым воздухом (далее ДАСВ) - это изолирующий резервуарный аппарат, в котором запас воздуха хранится в баллонах в сжатом состоянии. Дыхательный аппарат работает по открытой схеме дыхания, при которой вдох осуществляется из баллонов, а выдох - в атмосферу. Или, другими словами, это: «автономный изолирующий резервуарный аппарат, в котором запас воздуха хранится в баллонах в сжатом состоянии. При работе аппарата вдох осуществляется из баллонов, а выдох в атмосферу» [1]. В статье будут рассматриваться характеристики дыхательного аппарата АП «Омега».

ДАСВ, исходя из конструктивных особенностей и целевого назначения имеет области с различным давлением сжатого воздуха на узлы аппарата. Баллоны дыхательного аппарата находятся под высоким давлением, которое нормируется заводом - изготовителем от 10 до 300 атмосфер или, используя шкалу манометра АП «Омега»: от 1 до 30 МПа [2].



Сжатый воздух, выходя из области высокого давления, попадает в редуктор, который, в рассматриваемой модели аппарата имеет поршневое устройство, в процессе приведения в состояние равновесия поршневой пружины редуктора формируется «новое», редуцированное давление: 0,5 - 0,9 МПа, которое и поступает далее, в воздухопроводную систему.

Воздух в сжатом состоянии - это ни что иное, как сжатый газ, обладающий определенными физическими свойствами, позволяющими использовать его как рабочее тело в различных пневмосистемах.

Сфера применения сжатого воздуха сегодня охватывает следующие области: кузнечно-штамповое и литейное производство, металлургическую промышленность, угольно-добывающую и горную сферу, машиностроение, нефтедобывающую, химическую, энергетическую и полиграфическую промышленность. Не менее востребован сжатый воздух в морском, авиационном и военном деле, строительстве, в области связи и транспорта, холодильной и пищевой промышленности, а также используется в измерительной технике, устройствах автоматического регулирования.

На основании универсальности сжатого воздуха как рабочего тела, рассмотрим возможность применения его механических свойств в технических средствах контроля состояния окружающей среды.

В чрезвычайных ситуациях, связанных с выбросами (или разливами) вредных и ядовитых веществ, а также при их ликвидации, с помощью газоанализаторов можно оценить степень опасности, направление и скорость перемещения загрязнителя в воздухе, уровень загрязнения и глубину проникновения загрязнителя в почву. Если произошел выброс (разлив) одного вещества или смеси веществ известного состава, например, бензина, то значение концентрации, измеренное (или, если газоанализатор отградуирован по другому компоненту, рассчитанное) с помощью газоанализатора сравнивается с предельно допустимой концентрацией рабочей зоны бензина [3].

При выбросах (разливах) неизвестного вещества или смеси веществ на основании показаний газоанализатора можно определить опасность пребывания человека в зоне аварии (если показания превышают 150 – 200 ед.); проследить изменение концентрации во времени и т.д. [4].

Также при актуальности индикаторных газоопределителей, следует сделать акцент на дороговизне проводимых измерений, стоимость 1 замера одним из самых бюджетных комплектов составляет около 300 рублей. Из этого стала необходимость разработки более экономичного комплекта (газоопределитель и индикаторные трубки).

На данный момент идет теоретическое и конструктивное проектирование многокомпонентного химического индикаторного газоопределителя, работающего в комплекте с ДАСВ АП «Омега».

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ Р 53255-2009 Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом с открытым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний;
2. Аппарат дыхательный АП «Омега». Руководство по эксплуатации: 9В2.930.393 РЭ – М., КАМПО, 2005. – 48 с.: ил;
3. *Кнутов М.С., Бочкарев А.Н., Апарин А.А.* «Использование газоанализаторов в России для обеспечения безопасности населения». Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации сборник статей победителей V Международной научно- практической конференции в 4 частях. 2017. - С.56-58.
4. Нефтеперерабатывающий завод «Уфанефтехим» как источник загрязнения среды обитания. Уфа, 2007 — С. 10-12.

УДК 614.896

*А. А. Апарин, М. С. Кнутов, А. Н. Бочкарев*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно- спасательная академия ГПС МЧС России

### **ПЕРЧАТКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ. ТРЕБОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА, КОНСТРУКТИВНЫЕ НЕДОСТАТКИ И ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Средства индивидуальной защиты рук (далее- СИЗР) пожарных- спасателей и спасателей- это немаловажный элемент обмундирования, обеспечивающий комфорт и безопасность кистей рук при выполнении различного рода задач. От СИЗР напрямую зависит уровень эффективности действий крупной и мелкой моторики рук.

**Ключевые слова:** перчатки (краги) пожарного- спасателя, СИЗР, защита рук пожарного.

*А. А. Aparin, M. S. Knutov, A. N. Bochkarev*

### **GLOVES TO CONDUCT RESCUE OPERATIONS. REQUIREMENTS OF THE NATIONAL STANDARD, STRUCTURAL DEFECTS AND PROBLEMS OF OPERATION**

Personal protective equipment fire - rescue and emergency services is an important item of clothing, providing comfort and safety of the hands when performing various tasks. From CPH directly depends on the level of effectiveness of large and small motor hands.

**Keywords:** gloves (gauntlets) fire rescue, plant protection products, hand protection fire.

Средства индивидуальной защиты рук пожарных (СИЗР) предназначены для защиты кистей рук пожарных от вредных факторов окружающей среды, возникающих при тушении пожаров и проведении связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ (повышенных температур, теплового излучения, контакта с нагретыми поверхностями, механических воздействий: прокола, пореза и т.п., воздействия воды и растворов поверхностно активных веществ (далее- ПАВ), а также от неблагоприятных климатических воздействий (отрицательных температур, осадков, ветра). СИЗР используются в комплекте с боевой одеждой пожарных [1].

На мировом рынке пожарно- спасательного снаряжения и оборудования представлен широкий спектр средств индивидуальной защиты рук. Свою продукцию предлагают самые различные компании, некоторые из них имеет более чем вековой опыт производства СИЗР высокого уровня качества. Они способны на некоторое время защитить руки от прямого воздействия огня и химических веществ, благодаря особым тонкостям процесса производства, объединяющим традиционные и современные технологии и материалы; а также являются устойчивыми к механическому воздействию извне и водонепроницаемыми. Такими словами можно охарактеризовать перчатки одного из самых именитых английских производителей специализированных перчаток и краг- компанию Southcombe Gloves, основаную в 1847 году и до сих пор находящуюся в небольшой деревеньке Stoke-sub-Hamdon (Сток-саб- Хамдон) на юго- востоке Англии.

На данный момент в Российской Федерации нет харизматичной и ведущей фирмы, производящей средства индивидуальной защиты рук пожарных-спасателей высокого уровня надежности и комфорта. Эти слова подтверждены в частности и сотрудничеством между ОАО «ПТС» и чешской компанией HOLLK, производящей экипировку для пожарных достаточно хорошего качества, в продвижении на российском рынке своей продукции, у которой, к сожалению, отсутствует достойная отечественная альтернатива.

В основном, СИЗР выполняются в виде перчаток или рукавиц. Масса одной пары изделия должна составлять не более 0,6 кг.

Также выделяют следующие конструктивные элементы. Краги- часть СИЗР, которая расположена выше запястья и обеспечивает дополнительную защиту от тепловых факторов и механических воздействий, а также фиксацию изделия на кисти руки.

Напалок – элемент конструкции СИЗР, предназначенный для дополнительной защиты пальца от тепловых факторов и механических воздействий.

Фурнитура СИЗР – детали и комплектующие изделия (в том числе из металла и текстильных материалов), используемые в качестве застежек, накладок, дополнительных креплений и отделки СИЗР.

### **Теоретические основы конструирования СИЗР для пожарных-спасателей**

Рассмотрим теоретические основы конструирования перчаток пожарного-спасателя с крагами, приведенные в уже вышеупомянутом методическом пособии «Боевая одежда и снаряжение пожарного» [1].

Пакет материалов и тканей, используемых для изготовления СИЗР, состоит из материала верха, водонепроницаемого слоя, теплоизоляционной подкладки и внутреннего слоя. Допускается совмещение материала верха и водонепроницаемого слоя (материал с полимерным покрытием); водонепроницаемого слоя, теплоизоляционной подкладки и внутреннего слоя.

Материал верха СИЗР – это наружный слой пакета материалов и тканей. Он обеспечивает защиту кистей рук пожарных от высоких температур окружающей среды, контакта с нагретыми поверхностями и открытым пламенем, а также от воды и агрессивных сред.

Водонепроницаемый слой СИЗР предназначен для защиты теплоизоляционной подкладки и внутреннего слоя от попадания воды и жидких агрессивных сред.

Теплоизоляционная подкладка обладает низкой теплопроводностью и предназначена для защиты кистей рук от конвективного тепла, а также от неблагоприятных климатических воздействий. Внутренний слой предназначен для обеспечения гигиенических свойств изделия и выполняет функцию подкладки.

Для ладонной части СИЗР допускается использовать в качестве накладки дополнительный слой материала. Конструкция и используемые материалы защищают от проникновения во внутреннюю поверхность СИЗР воды, поверхностно-активных веществ и агрессивных сред. Швы на материале верха СИЗР выполняются герметизированными.

Конструкция верхней части СИЗР (краги) совместима с конструкцией нижней части рукавов куртки (напульсников) боевой одежды пожарных и не создает неудобств при надевании изделий и выполнении в них различных видов работ.

Конструкция и материалы СИЗР обеспечивают комфортные условия для кистей рук пожарного независимо от погодных условий. Если краги в конструкции изделия не предусмотрены, верхние СИЗР должны заходить за линию сгиба запястья не менее чем на 40 мм. Фурнитура, расположенная на материале верха, не должна соприкасаться с внутренним слоем изделия. В конструкции

СИЗР предусматриваются элементы, обеспечивающие фиксацию изделия на запястье.

Конструкция СИЗР позволяет пожарному выполнять все необходимые виды работ при тушении пожаров, а также обеспечивать возможность управления средствами индивидуальной защиты органов дыхания. СИЗР обеспечивает возможность свободного движения кистей рук пожарного, захвата и удержания предметов. Материалы ладонной части СИЗР обладают повышенной износостойкостью и стойкостью к механическим воздействиям. При необходимости, для усиления ладонной части могут использоваться накладки.

Накладка на ладонную часть обеспечивает дополнительную защиту рук от механических воздействий, порезов и проколов. Она изготавливается из материалов, обладающих повышенной износостойкостью.

### **Требования стандарта**

Межгосударственный стандарт «Система стандартов безопасности труда «Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки». Общие технические требования. Методы испытаний» устанавливает общие технические требования к производству различного рода рабочих перчаток, в том числе и для пожарных-спасателей. Согласно стандарту продукция должна соответствовать следующим положениям:

- конструкция и изготовление перчаток должны быть таковыми, чтобы при использовании перчаток по назначению они обеспечивали необходимые защитные и эксплуатационные свойства;
- перчатки и материал, из которого они изготовлены, не должны оказывать вредного воздействия на кожу рук работающих;
- если в конструкции перчатки используются швы, то материалы и прочность швов не должны отрицательно влиять на свойства перчаток;
- при производстве сигнальных изделий следует использовать световозвращающие материалы, из которых должно быть выполнено более 50% тыльной поверхности перчатки.

Пункт 7 данного стандарта устанавливает требования к материалам перчаток: «помимо указанных выше показателей качества перчаток, определяемых на изделиях в целом, должны устанавливаться показатели качества, характеризующие основные защитные свойства материалов, из которых они изготовлены. В зависимости от назначения перчаток и использованных материалов требования к показателям качества и методы их определения должны соответствовать ГОСТ 12.4.183» [2].

ГОСТ 12.4.183 «Система стандартов безопасности труда. Материалы для средств защиты рук. Технические требования» распространяется на ткани различного сырьевого состава, искусственные и натуральные кожи, пленочные полимерные материалы, трикотажные и нетканые холстопрощивные полотна, асбестовые ткани, предназначенные для изготовления средств защиты рук на производстве и устанавливает общие технические требования к ним. Соответ-

ственно, стандарт распространяется и на процесс выбора материала для производства перчаток для пожарных- спасателей [3].

### **Основные недостатки распространённой продукции**

На данный момент в пожарно- спасательных подразделениях довольно распространены пятипалые перчатки с крагами (производителя упоминать не будем) по причине стандартного комплектования ими данных подразделений. Перчатки отличаются недороговизной (по этой причине и происходит комплектация) и, к сожалению, недолговечностью и неизносостойкостью используемых материалов. Данные перчатки являются бюджетной копией (причем больше по внешним признакам, чем по практическому устройству) английских моделей «Firemaster Gloves», изготавливаемых компанией Southcombe Gloves. Верхний слой, защищающий от механических воздействий, бюджетного варианта перчаток, довольно быстро приходит в негодность, влеча тем самым, и нарушение функций нижерасположенных слоев. Так как верхний слой становится больше неспособным выдерживать механическое воздействие, то вслед за ним частично рвется и водонепроницаемый слой, становясь вполне «водопроницаемым». Далее поступающая вода или другое огнетушащее вещество пропитывает теплоизолирующий и гигиенический слои, осложняя тем самым выполнение работ по тушению пожаров, особенно в период отрицательных температур.

Исходя из вышесказанного, следует задуматься над вопросом создания отечественного варианта практичных, надежных и оправданно экономически затратных средств индивидуальной защиты рук пожарных- спасателей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Поповский Д.В., Охломенко В.Ю. Боевая одежда и снаряжение пожарного: Методическое пособие. Под общей редакцией В.А. Грачева – М.: Академия ГПС МЧС России 2004 –86 с.;
2. ГОСТ 12.4.252-2013 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки. Общие технические требования. Методы испытаний;
3. ГОСТ 12.4.183 Система стандартов безопасности труда. Материалы для средств защиты рук. Технические требования.

УДК 621.39 : 614.8

*А. Е. Балашова, Н. Е. Егорова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОБЗОР МОБИЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Проведен анализ научно-технических разработок для мобильных телефонов по предупреждению чрезвычайных ситуаций. Данный анализ позволяет определить степень прогресса в предупреждении и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера.

**Ключевые слова:** разработка, информационная система, предупреждение, ликвидация, ЧС.

*A. E. Balashova, N. E. Egorova*

## **A REVIEW OF MOBILE DEVELOPMENT IN PREVENTION OF EMERGENCY SITUATIONS**

The analysis of scientific and technical developments for mobile phones for the prevention of emergencies. This analysis allows determining the degree of progress in preventing and eliminating the consequences of natural and man-made disasters.

**Keywords:** development, information system, warning, liquidation, emergency situations.

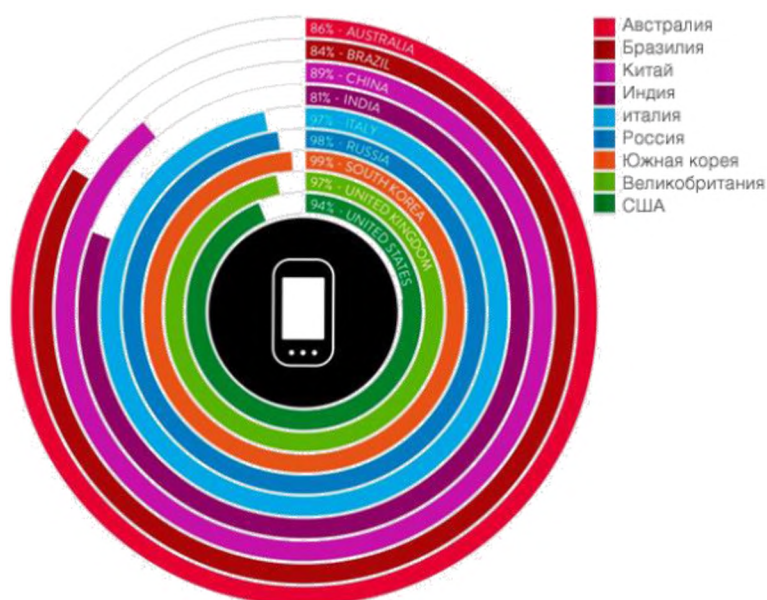
Целью данной работы является анализ научных достижений и информационных разработок в системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации и Соединённых Штатах Америки.

Изучается концепция разработки мобильного приложения для координирования эвакуацией при пожаре в зданиях с большим количеством людей. Представлены и подтверждены данные по использованию мобильных информационных технологий в разных странах, возможности применения данных технологий для увеличения эффективности контроля эвакуации.

Предложено сокращенное описание действия приложения по контролю эвакуацией. Представлен «алгоритм мобильной эвакуации». Даны итоги исследования по установлению функциональности телефонов в условиях высоких температур. Показано, что опытные экземпляры долгое время сохраняют существенную функцию – возможность передачи сигнала, по которому возможно узнать местоположение человека.

Удобный интерфейс, понятный для широкого пользователя и определение и построение маршрута при следовании в точку назначения сыграет важную роль в случае возникновения ЧС [1]. Учитывая группы людей с разной степенью мобильности, а также отдельно отмечая психологические особенности пожилых людей, которые могут в случае чрезвычайного положения затрудниться найти аварийный выход, можно предположить, что эвакуация людей в случае возникновения экстренного случая, даже при наличии управляющих систем и оповещения, вызывает серьезные трудности. На основе данной гипотезы аналитическое агентство «Nielsen» провело опрос жителей 10 стран, в том числе и в нашей стране, составило подробную статистическую картину уровней проникновения мобильных телефонов в жизнь людей этих стран в 2014 году (рис. 1).

«Алгоритм мобильной эвакуации» (см. рис. 2) реализуется следующим образом: при попадании человека на территорию объекта защиты и обнаружении его телефона (при наличии нашего приложения) будет выслано сообщение о необходимости загрузить план эвакуации и действия на случай экстренных обстоятельств. Такие сообщения – push - нотификации поддерживаются большинством мобильных операционных систем [2]. Пользователь, получивший данное сообщение, запустит наше приложение, которое укажет план эвакуации и алгоритм действия по каналам связи (GSM или Wi-Fi).



**Рис. 1.** Статистическая картина уровня проникновения мобильных телефонов в жизнь людей



**Рис. 2.** Интерфейс мобильного приложения по контролю за эвакуацией



Преимущества системы локального позиционирования представлены на рис. 3.

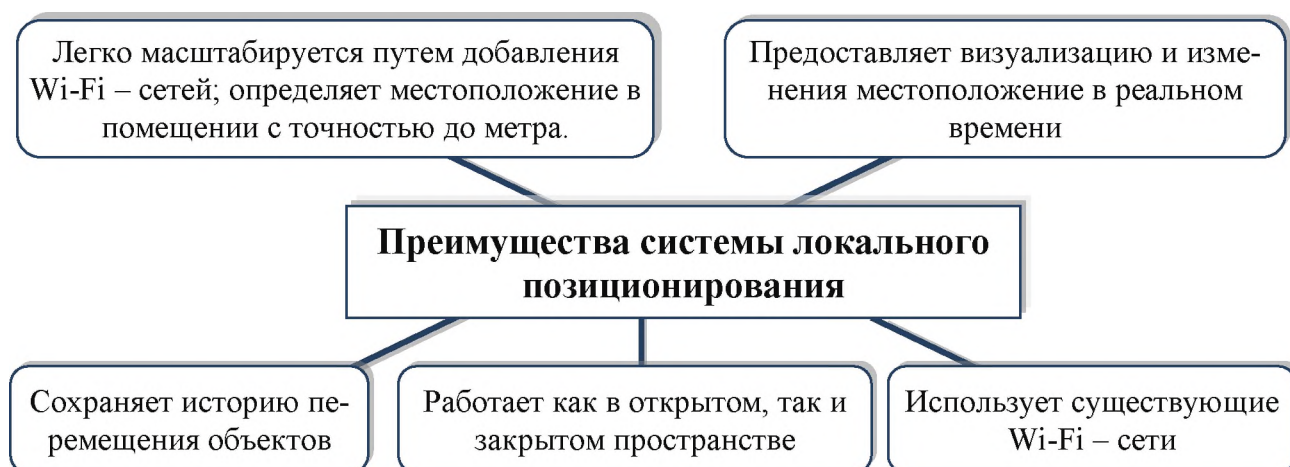


Рис. 3. Преимущества системы локального позиционирования

Отдельно стоит отметить, что существует требуемое время эвакуации людей при пожаре, которое определяется на основании математических расчетов и построения специальных моделей [3].

На основе предыдущего эксперимента, в России также рассмотрена идея создания приложения «Мобильный спасатель» [4, 5], содержащее в себе подробные действия по спасанию людей и оказанию первой помощи пострадавшим (рис. 4).



Рис. 4. Интерфейс мобильного приложения «Мобильный спасатель»

Итак, в настоящее время важную роль в снижении тяжести последствий от пожара путем его раннего обнаружения и оперативной передачи сообщения о нем, играют специально разрабатываемые информационные и технические средства. Подобные разработки широко ведутся как отечественными учеными, так и их зарубежными коллегами.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Здьюмаева Т.С., Арбузова А.А.* К вопросу об использовании трехмерного моделирования реальных объектов // Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции «Социально-экономические и естественно-научные парадигмы современности» / Южный Университет (ИУБиП). – Ростов-на-дону, 2018 г. Ч 1. – С. 424-428.

2. *Пшанов А. П., Егорова Н. Е.* Информационное обеспечение оперативной дежурной смены учебного центра управления в кризисных ситуациях академии / Актуальные вопросы естествознания: сб. материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (5 апреля 2018) С. 220 – 222

3. *Артамонов В.С., Минкин Д.Ю., Терехин С.Н., Юшеров К.С.* Использование информационных систем оповещения и управления эвакуацией при пожаре на объектах с массовым пребыванием людей // «Пожаровзрывобезопасность» 2016, №12. – С. 37-45.

4. *Зыков В.И., Поляков Ю.А., Федоров А.В., Кокшин В.В.* Беспроводные системы мониторинга и оповещения населения о пожарах и чрезвычайных ситуациях // «Пожаровзрывобезопасность» 2016, №10. – С. 67-73.

5. *Калинова А.А., Арбузова А.А.* Обзор обучающих электронных ресурсов по программированию // сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы естествознания» / «ИПСА ГПС МЧС России. – Иваново, 2017 г. - С. 180-183.

УДК 621.391

***А. Р. Барсегян, И. В. Костерин***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ В ЗДАНИЯХ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Рассмотрена проблематика детерминированного подхода к расчету пожарного риска, поставлена цель разработки программы оценки вероятности эвакуации сме-

шанных потоков людей при пожаре из зданий торговых центров на основе стохастической природы процессов эвакуации людей.

**Ключевые слова:** эвакуация, детерминированный подход, стохастическое моделирование.

*A. R. Barseghyan, I. V. Kosterin*

## NEW APPROACHES TO THE CALCULATION OF PARAMETERS OF EVACUATION OF PEOPLE AT FIRE IN THE BUILDINGS OF VARIOUS FUNCTIONAL PURPOSE

The problem of the deterministic approach to the calculation of fire risk is considered, the goal is to develop a program for estimating the probability of evacuation of mixed flows of people in a fire from shopping center buildings based on the stochastic nature of human evacuation processes.

**Keywords:** evacuation, deterministic approach, stochastic modeling.

В настоящее время, в особенности в городах, имеется четкая тенденция увеличения объемов строительства многофункциональных зданий с массовым пребыванием людей, в том числе с ограниченной мобильностью (детей, пожилых людей, инвалидов, людей с вещами и багажом) – торгово-развлекательных комплексов, театров, вокзалов, аэропортов, а также культовых зданий и сооружений. Обеспечение безопасности людей путем эвакуации в случае пожара является одной из важнейших задач.

Анализ индустрии строительства [1] показывает, что в дальнейшем масштабы возведения многофункциональных зданий с массовым пребыванием людей будут только увеличиваться (см. рис. 1 и рис. 2).

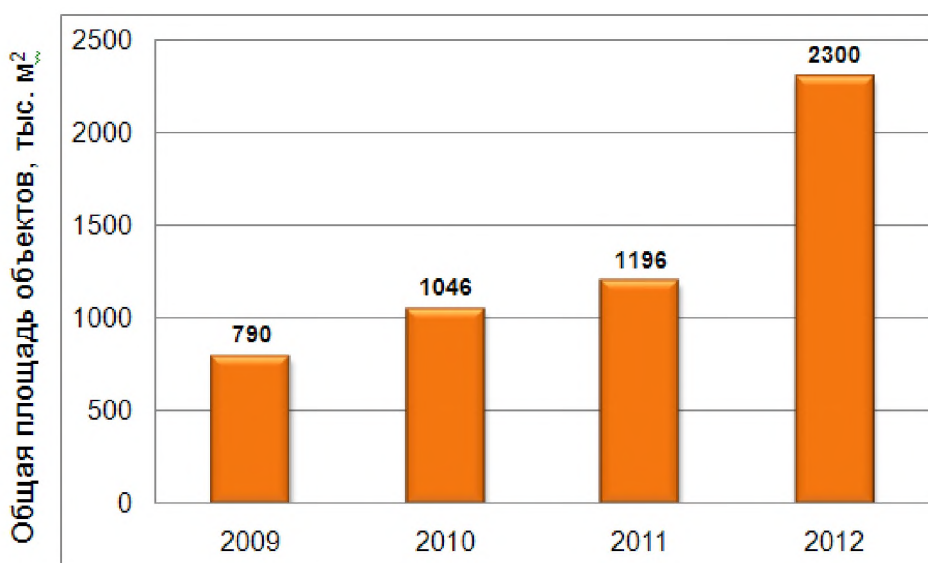
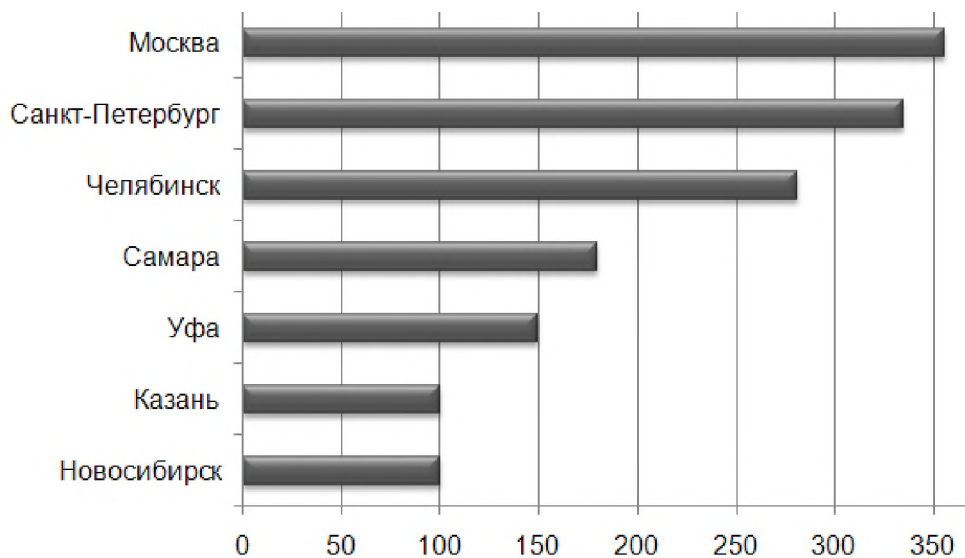


Рис. 1. Динамика ввода объектов торговой недвижимости по годам в России

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**



**Рис. 2.** Объемы торговых площадей в некоторых городах России, введенные в эксплуатацию в 2013 г. (тыс. м<sup>2</sup>)

Кроме того, в связи с вступлением в силу Федерального закона [2], актуальным вопросом является проведение расчетов пожарного риска на объектах защиты. Как известно, для определения вероятности эвакуации необходимо знать время эвакуации людей при пожаре, учитывая при этом время возможного скопления людей на путях эвакуации, и время блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара (ОФП).

Стандартизованный метод расчета времени эвакуации  $t_p$  основывается на большом объеме экспериментальных данных [3,4] о движении людей по различным участкам эвакуационного пути и широко используется соответствующим кругом специалистов.

Однако он, по умолчанию, предполагает, что эвакуируются только люди без ограничений по мобильности и, кроме того, данный метод обладает рядом других недостатков.

Данный подход используется в России последние десятилетия и основан на экспертных представлениях о пожарном риске.

Можно отметить следующие особенности существующей Методики [3]:

- входные величины ( $t_{из}$ ,  $t_{бл}$ ,  $t_p$ ) носят детерминированный характер;
- не учитывается стохастическая природа процесса распространения ОФП при пожарах в зданиях.

Что же касается природы стохастичности, то она определяется имеющимися в реальных условиях случайным разбросам в количестве, виде и расположении горючих материалов, месте очага пожара, количестве, расположении и составе эвакуирующихся на момент пожара, естественными колебаниями в эф-

фективных значениях входных факторов и т.п. В то же время, при определении величин пожарного риска, а именно для оценок вероятности эвакуации людей при пожарах из уникальных, особо сложных зданий, зданий с массовым пребыванием людей необходимо повышение обоснованности и достоверности проводимых расчетов.

Интересным направлением исследований на наш взгляд является возможность определения времени эвакуации  $t_p$  при эвакуации смешанного потока.

Данная работа имеет также своей целью разработку программы оценки вероятности эвакуации смешанных потоков людей при пожаре из зданий торговых центров на основе стохастической природы процессов эвакуации людей.

С этой целью предлагается использовать метод статистических испытаний, сочетающий физические представления об успехе эвакуации с большим (порядка нескольких десятков тысяч) объемом статиспытаний в одном расчете, учитывающих широкий спектр условий, встречающихся в конкретных расчетных пожарах для уникальных зданий с многоуровневыми атриумами, а также для экспертизы качества проектных решений для отдельных объектов, по которым у надзорных органов возникают спорные вопросы.

Для стохастического моделирования процесса эвакуации предлагается учитывать:

- количество эвакуирующихся с учетом их подвижности;
- скорость движения людей каждой группы;
- время начала эвакуации с учетом наличия маломобильных категорий посетителей.

Решая вопрос об обосновании закона изменения и установлении области значений случайных факторов, были учтены данные нормативно-технических документов, а также результаты экспериментальных исследований в данной области. В настоящей работе принято описание стохастических входных факторов, учитываемых при моделировании эвакуации людей при пожаре в зданиях, усеченным нормальным законом.

Известно, что корректность использования классического нормального распределения достигается при  $m_x \pm 3\sigma$ .

При малых значениях  $m_x$  и большом  $\sigma$  может возникать ситуация, когда плотность распределения «покрывает» своей левой ветвью область отрицательных значений. Таким образом, нормальное распределение, являясь общим случаем распределения случайной величины в диапазоне  $(-\infty; \infty)$ , лишь при определенных условиях может быть использовано для решения прикладных задач.

В качестве усеченного нормального распределения в работе принято распределение, получаемое из классического нормального, при ограничении интервала возможных значений  $x$ .

Применение данной модели позволит варьировать различными значениями скорости движения людского потока, временем начала эвакуации и количеством эвакуирующихся с учетом их подвижности.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. <http://malls.ru/rus/news/71073.shtml>
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»: офиц. текст. – М.: Российская газета. Федеральный выпуск № 4720 от 1 августа 2008 г.
3. Приказ МЧС РФ от 30.06.2009 №382 (с изменениями) «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
4. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования».

УДК 699.812:666.972.16+691.6

***В. Б. Бубнов, Н. А. Мухин***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА ОПОРОЖНЕНИЯ ЕМКОСТИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩУЮСЯ ЖИДКОСТЬ**

Разработана математическая модель нестационарного процесса опорожнения емкости, содержащей легковоспламеняющуюся жидкость. Процесс состоит из трех стадий: истечение жидкости, истечение газожидкостной смеси и истечение газа. Математическая модель положена в основу предлагаемой методики расчета процесса аварийного опорожнения.

**Ключевые слова:** массовый расход, время опорожнения, газожидкостная смесь, критическое истечение, легковоспламеняющаяся жидкость.

***V. B. Bubnov, N. A. Mukhin***

### **MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE NON-STATIONARY PROCESS OF EMPTYING A CAPACITY CONTAINING A FLAMMABLE LIQUID**

A mathematical model of the non-stationary process of emptying the tank, containing flammable liquid. The process consists of three stages: the expiration of a liquid, the expiration of a gas-liquid mixture and the expiration of a gas. The mathematical model is the basis for the offered method of calculation of process of emergency depletion.

**Keywords:** mass flow, emptying time, gas-liquid mixture, critical flow, flammable fluid.

Одним из способов предотвращения развития пожара является аварийный слив огнеопасных жидкостей из технологических аппаратов и трубопроводов, оказавшихся в опасной зоне.

При аварийном опорожнении емкости, в которой находится легковоспламеняющаяся жидкость, например сжиженный газ, давление в ней уменьшается до давления насыщения при данной температуре и начинает выделяться газовая фаза. Если процесс опорожнения происходит достаточно долго, то вся жидкость, оставшаяся в емкости, может перейти в газовую фазу. Таким образом, рассматриваемый процесс является нестационарным, состоящим из трех стадий: истечение жидкости, истечение газожидкостной смеси и истечение газа. Каждая из этих трех стадий описывается различными закономерностями.

Будем рассматривать процесс как многостадийный с шагом по времени  $\Delta\tau$ . Номер шага обозначим  $k$ .

При истечении жидкости массовый расход на шаге  $k$  равен [1]:

$$m^k = \mu\omega\sqrt{2\rho^k(p^k - p_o)}, \quad (1)$$

где  $p^k$  и  $p_o$  – давление в емкости на шаге  $k$  и давление окружающей среды,  $\rho^k$  – плотность жидкости в емкости на шаге  $k$ ,  $\omega$  и  $\mu$  – площадь сечения отверстия, через которое происходит истечение и его коэффициент расхода.

Параметры жидкости на шаге  $k+1$ :

Масса жидкости в емкости

$$M^{k+1} = M^k - m^k\Delta\tau, \quad (2)$$

Плотность жидкости в емкости

$$\rho^{k+1} = M^{k+1}/V, \quad (3)$$

где  $V$  – объем емкости.

Давление в емкости

$$p^{k+1} = p^k - E(\rho^k - \rho^{k+1})/\rho^k, \quad (4)$$

где  $E$  – изотермический объемный модуль упругости жидкости.

Как только давление, рассчитанное по формуле (4) достигнет давления насыщения  $p_s$ , в емкости произойдет вскипание содержащейся в ней жидкости и появится газовая фаза. Процесс истечения в этом случае может происходить по двум различным вариантам:

Вариант 1. Отверстие расположено далеко от верха емкости и не является малым (его эквивалентный диаметр не менее 0.1 высоты емкости). В этом случае наступит стадия истечения газожидкостной смеси;

Вариант 2. Отверстие находится в верхней части емкости и является малым. В данном случае выделяющийся из жидкости газ скапливается в верхней части емкости и происходит истечение газовой фазы, объем которой в емкости постоянно увеличивается за счет испарения жидкой фазы.

В обоих вариантах давление в емкости остается постоянным и равным давлению насыщения. Изменением температуры смеси внутри емкости пренебрегаем, считая, что ее уменьшение вследствие адиабатного расширения газа компенсируется теплообменом с окружающей средой.

При реализации первого варианта возможны два режима: критический, когда отношение давлений  $y = p_o/p^k$  меньше критического  $y_c$ , и докритическое.

Существует несколько методик расчета фазового состояния углеводородных смесей и расчета теплофизических свойств их компонентов исходя из их состава. Мы рекомендуем пользоваться методикой [2], а для расчета величины  $y_c$  – методикой [3].

Массовый расход истечения газожидкостной смеси [4]:

$$m^k = \mu \omega \sqrt{\frac{2k_a}{k_a - 1} p_s \rho_m^k \left( y^{\frac{2}{k_a}} - y^{\frac{k_a+1}{k_a}} \right)}, \quad (5)$$

где  $k_a$  и  $\rho_m^k$  – показатель адиабаты и плотность газожидкостной смеси.

$$\rho_m = \frac{1}{\frac{x_g}{\rho_g} + \frac{x_l}{\rho_l}}, \quad (6)$$

где  $x_g$  и  $x_l$  – массовые концентрации газовой и жидкой фазы в газожидкостной смеси,  $\rho_g$  и  $\rho_l$  – их плотности.

При  $y < y_c$  в формуле (5) принимается  $y = y_c$ .

В процессе истечения газожидкостной смеси давление в емкости можно считать постоянным равным  $p_s$ . Изменяется только фазовое состояние смеси: увеличивается  $x_g$ , а  $x_l$  уменьшается ( $x_g + x_l = 1$ ). Величину  $x_g^{k+1}$  можно найти из балансового уравнения

$$\frac{M^k - m^k \Delta \tau}{V} = \rho_g x_g^{k+1} + \rho_l (1 - x_g^{k+1}) \quad (7)$$

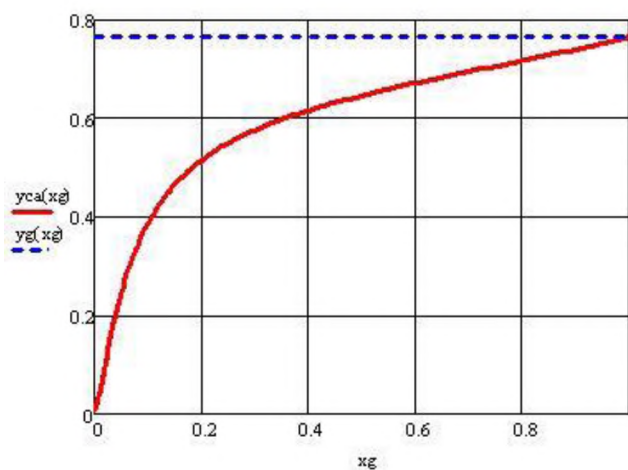
При реализации второго варианта расчет массового расхода истечения производится по формуле (5), в которой плотность газожидкостной смеси надо заменить плотностью газовой фазы, а критическое отношение давлений расчи-



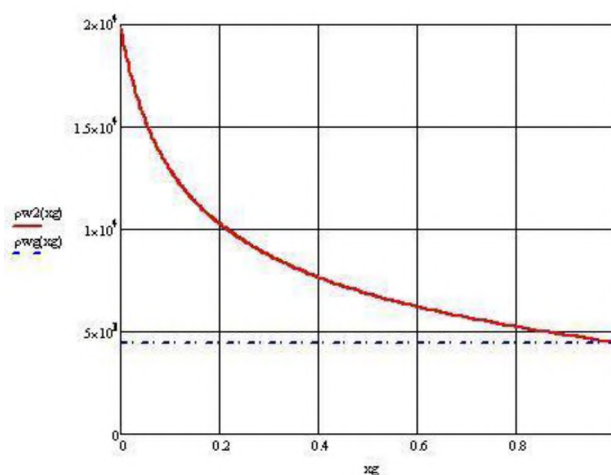
тывать по известной формуле [4]. На рис.1 представлено сравнение величин критического отношения давлений для газожидкостной смеси и для газа. Расчеты выполнены для плотности жидкой фазы  $600 \text{ кг/м}^3$ , плотности газа  $40 \text{ кг/м}^3$  и показателе адиабаты 1,436.

Как и следовало ожидать, при массовой доле газа, равной 1, расчетные величины  $y_c$  совпадают.

На рис. 2 представлены результаты расчетов массовой скорости истечения по двум вариантам: истечение газожидкостной смеси и истечение газа. Очевидно, что в первом варианте расход истечения на начальной стадии значительно больше, чем во втором, но затем он постепенно уменьшается. Расчеты выполнялись для давления насыщения 1.4 МПа и величинах плотностей фаз таких же, как для рис. 1.



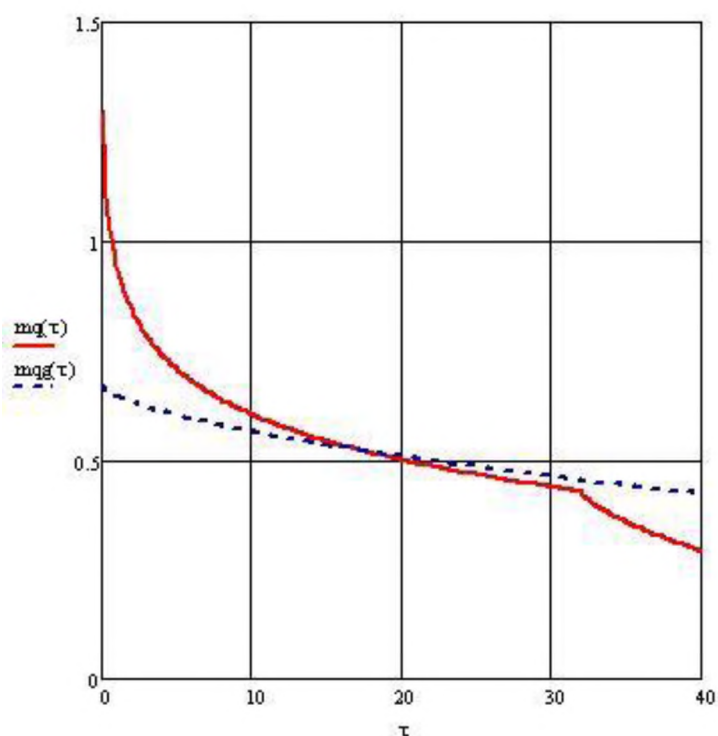
**Рис. 1.** Зависимость критического отношения давлений от массовой доли газовой фазы



**Рис. 2.** Зависимость массовой скорости истечения от массовой доли газовой фазы: 1 – истечение газожидкостной смеси; 2 – истечение газа

На рис. 3 представлены результаты расчетного моделирования процесса аварийного опорожнения стандартной цистерны, перевозящей сжиженные углеводородные газы (СУВ) объемом  $55,7 \text{ м}^3$  при начальном давлении 2,0 МПа через отверстие диаметром 0,01 м при тех же параметрах смеси, которые использовались для рис. 1 и 2.

Первая стадия процесса (истечение жидкости), по окончании которой давление в цистерне снизилось до давления насыщения, оказалась настолько кратковременной, что заметить ее на графике рис. 3 невозможно. Излом на кривой 1 соответствует переходу от второй стадии (истечение газожидкостной смеси) к третьей стадии (истечение газа).



**Рис. 3.** Динамика массового расхода при аварийном опорожнении емкости: 1 – истечение газожидкостной смеси; 2 – истечение газа

Пытаться определить время полного опорожнения емкости, по нашему мнению, не имеет практического смысла, так как исследуемый процесс является асимптотическим, при котором расход истечения приближается к нулю в течение очень длительного времени.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брилл Дж. П., Мукерджи Х. Многофазный поток в скважинах. Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. - 384 с.
2. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Л.: Химия. Ленинградское отд., 1982. - 592 с.
3. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отд., 1982. - 672 с.
4. Ashford F.E., Pierce P.E. Determining multiphase pressure drops and flow capacities in downhole safety valves. JPT (September 1975). 1145.

УДК 677.03.004.182

*Е. В. Виноградова<sup>\*</sup>, Т. В. Шмелева<sup>\*\*</sup>, Е. В. Зарубина<sup>\*\*\*</sup>, М. А. Колбашов<sup>\*\*\*</sup>,  
В. С. Еловский<sup>\*\*\*</sup>, А. В. Волков<sup>\*\*\*</sup>*

<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

<sup>\*\*</sup> ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет  
им. В.И. Ленина

<sup>\*\*\*</sup> ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ МЕДИЦИНСКОЙ ЛЬНОСОДЕРЖАЩЕЙ ГИГРОСКОПИЧЕСКОЙ ВАТЫ И НЕТКАНОГО ПОЛОТНА ИЗ ОТХОДОВ ЭТОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В статье рассматривается метод построения уравнений баланса сырья и энергии, служащих для анализа регенерации отходов, применительно к линиям по производству медицинской ваты.

**Ключевые слова:** лен, медицинская вата, технологическая линия, баланс сырья, непрерывная регенерация сырья.

*E. V. Vinogradova, T. V. Shmelyova, E. V. Zarubina, M. A. Kolbasov,  
V. S. Elovskiy, A. V. Volkov*

### **PROCESSING LINE FOR DEVELOPMENT MEDICAL LNOSODERZHASHCHY HYGROSCOPIC COTTON WOOL AND THE NONWOVEN CLOTH FROM WASTE OF THIS PRODUCTION**

In article the method of creation of the equations of balance of raw materials and the energy serving for the analysis of regeneration of waste in relation to lines of production of medical cotton wool is considered.

**Keywords:** flax, medical cotton wool, technological line, balance of raw materials, continuous regeneration of raw materials.

Сотрудники МЧС России занимаются тем, что помогают людям, оказавшимся в экстренных условиях, спасая их. Например, сотрудники МЧС пребывают на места крушения самолетов или при стихийных бедствиях. Они работают в команде, спасая жизни многих людей.

Спасатели должны уметь все: вытащить человека из огня или достать из проруби, выволить из обломков и спасти от террористов.

Сотрудники МЧС - это и водители и пожарные и медицинские рабочие одновременно. Чаще всего у спасателей службы МЧС от трех профессий.

В данной работе [1] предлагается универсальная технологическая линия переработки льна и пеньки различного качества в однотипное и модифицированное волокно, в том числе и вату. Вату, которая всегда находит свое применение, при оказании неотложной первой и последующей медицинской помощи.

Производство ваты из льна сопряжено со значительными потерями хорошего прядогого волокна в отходы практически на всех стадиях ее выработки. Это связано с тем, что короткое льноволокно (отходы трепания или волокно после обработки короткостебельной льнотресты), а так же чесаный лен и очёсы имеют в своем составе значительное количество сорных примесей, пороков, которые по технологии производства ваты подлежат отделению от волокна и удалению из волокнистого потока.

На выполнение этих операций направлено разрыхлительно-очистительное, трепальное и чесальное оборудование, в котором непосредственное участие принимают конденсорные устройства.

Для данной технологической линии применим метод построения уравнений баланса сырья предложенный в статьях [2,3].

$$X_{\text{вых}} = \frac{X_1 \cdot \prod_{i=1}^6 (1 - \alpha_i) \cdot \sum_{j=7}^{12} [\beta_j \cdot (1 - \alpha_j)]}{\sum_{k=7}^{12} \beta_k}, \quad (1)$$

где  $X_{\text{вых}}$  - масса волокна на выходе технологической линии;

$X_1$  - масса волокнистого потока на входе 1-ой машины технологической линии;

$\alpha_i$  - доля отходов по массе на  $i$  - ой машине технологической линии;

$\beta_j$  - коэффициент, учитывающий разделение волокон потока на составляющие параллельные потоки по чесальным машинам.

$$\sum_{k=7}^{12} \beta_k \leq 1$$

Коэффициент выхода продукта из смеси

$$B = \frac{X_{\text{вых}}}{X_{\text{вх}}}, \quad (2)$$

где  $X_{\text{вх}} = X_1$

$$B = \frac{\prod_{i=1}^5 (1 - \alpha_i) \cdot \sum_{j=7}^{12} [\beta_j \cdot (1 - \alpha_j)]}{\sum_{k=7}^{12} \beta_k}, \quad (3)$$

Так как на данной линии не решен вопрос использования отходов собственного производства, рассмотрим линию предназначенную для получения медицинской гигроскопической ваты из отбеленного короткого льноволокна и нетканого полотна из отходов этого производства [4]. Для обеспечения полной сохранности прядомого волокна в волокнистом потоке, проходящем через очистительное оборудование в технологическом процесса, альтернативой является организация параллельно основному технологическому процессу, процесса непрерывной регенерации волокна из отходов, включающего сбор отходов от мест их выделения в агрегате, очистку от сорных примесей и пороков, получение регенерированного из отходов волокна и возвращение его в свой технологический процесс. При этом целесообразно использовать оборудование, выполненное с учетом физико-механических и структурных характеристик отходов.

Для технологической линии для выработки медицинской льносодержащей гигроскопической ваты и нетканого полотна из отходов этого производства применим метод построения уравнений баланса сырья и энергии, служащих для анализа регенерации отходов, предложенный в статьях [2,3].

Без учета регенерируемого волокна уравнение баланса сырья имеет вид:

$$X_{вых}^o = \frac{X_1 \cdot \prod_{i=1}^2 (1 - \alpha_i) \cdot \prod_{j=4}^5 (1 - \alpha_j) \cdot \sum_{k=6}^{10} [\beta_k (1 - \alpha_k)]}{\sum_{m=6}^{10} \beta_m}, \quad (4)$$

где  $\beta_k$  – коэффициент, учитывающий разделение волокон потока на составляющие параллельные потоки по разрыхлительно-чесальным машинам,

$$\sum_{k=6}^{10} \beta_k \leq 1,$$

С учетом использования отходов собственного производства уравнение баланса сырья примет вид:

$$X_{вых} = X_{вых}^o + X_{вых}^{\Delta}, \quad (5)$$

где

$$X_{вых}^{\Delta} = \frac{\left( \sum_{i=1}^2 X_i \alpha_i + \sum_{j=4}^{10} X_j \alpha_j \right) \sum_{k=11}^{12} [\beta_k (1 - \bar{\alpha}_k)]}{\sum_{k=11}^{12} \beta_k}, \quad (6)$$

Здесь  $X_{вых}^{\Delta}$  - масса отходов собственного производства, формирующих нетканый материал;

$\bar{\alpha}_k$  – доля вторичных отходов по массе на  $k$ -ой машине технологической линии;

$$\beta_{11} + \beta_{12} \leq 1.$$

Коэффициент выхода продукта из смеси:

$$B = \frac{X_{\text{был}}}{X_{\text{ex}}} \quad (7)$$

$$\text{или } B = B_0 + B_{\Delta}, \quad (8)$$

где  $B_0 = \frac{X_{\text{был}}^0}{X_{\text{ex}}}, \quad B_{\Delta} = \frac{X_{\text{был}}^{\Delta}}{X_{\text{ex}}}.$

Так как осуществление процесса переработки собственных отходов приводит к повышению энергетических затрат на технологической линии, то используем приведенный коэффициент выхода продукта из смеси к мощности, расходуемой на выпуск единицы количества продукта.

$$R = B \cdot \eta^{tr}, \quad (9)$$

где  $R$  – приведенный коэффициент выхода продукта из смеси;

$\eta^{tr}$  – обобщенный технологический коэффициент полезного действия,

$$\eta^{tr} = \frac{N^t + N^r}{N^p}, \quad (10)$$

$N^p$  – суммарная мощность, потребляемая машинами и механизмами технологической линии, т.е. суммарная потребляемая энергия в единицу времени,

$$N^p = \sum_{i=1}^n N_i^p;$$

$N_i^p$  – мощность, потребляемая  $i$ -ой машиной технологической линии,

$$N_i^p = N_i^t + N_i^r + N_i^m \quad (11)$$

$N_i^t$  - мощность, расходуемая на совершение технологического процесса в  $i$ -ой машине технологической линии,

$$\sum_{i=1}^n N_i^t = N^t \text{ – мощность, расходуемая машинами технологической линии}$$

на совершенствование технологического процесса;

$N_i^r$  - транспортная мощность, т.е. мощность, необходимая для транспортировки волокнистой массы от  $(i-1)$ -й машины до выхода с  $i$ -ой машины,

$$\sum_{i=1}^n N_i^r = N^r \text{ – транспортная мощность технологической линии;}$$

$N_i^m$  - мощность, расходуемая на диссипативные процессы в  $i$ -ой машине технологической линии.

Переработка отходов собственного производства позволяет существенно повысить указанный приведенный коэффициент выхода продукта из смеси за счет увеличения массы готового продукта на величину массы сформированного нетканого полотна  $X_{\text{вых}}^{\Delta}$  при незначительном снижении обобщенного технологического коэффициента полезного действия.

За счет шадящей разработки волокнистого материала, происходит улучшение технологического процесса по обработке сырья, а за счет использования отходов собственного производства – экономия сырья.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безбабченко А.В., Новиков Э.В., Ковалев М.М., Пучков Е.М. Универсальная линия для переработки льна и пеньки в различные виды готовой продукции // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 54-57.
2. Зарубин В. М., Минц Б.И., Шмелева Т. В., Полякова Е. В. Регенерация волокна из отходов на агрегате «кипа-лента» и его возврат в свой технологический процесс // Изв. Ивановского отделения Петровской академии наук и искусств. - Иваново, 2006. – С. 24-45.
3. Зарубин В.М., Шмелева Т.В., Полякова Е.В. Регенерация волокна из шляпочного очеса на шляпочной чесальной машине // Изв. Ивановского отделения Петровской академии наук и искусств. - Иваново, 2006. – С. 46-53.
4. Патент 140579 РФ, МПК D01G 15/72. Разрыхлительно-чесальная машина / Зарубин В.М., Полякова Е.В., Шмелева Т.В., Терентьева И.Г. и др. Оpubл.10.05.2014. Бюл. №13.
5. Патент 140448 РФ, МПК D04H 1/02. Технологическая линия для выработки медицинской льносодержащей гигроскопической ваты и нетканого полотна из отходов этого производства / Зарубин В.М., Шмелева Т.В., Полякова Е.В., Куваева С.В. и др. Оpubл.10.05.2014. Бюл. №13.

УДК 628.143

***К. М. Волкова***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОФИЛАТИКЕ И ПОЖАРОТУШЕНИИ**

Современные средства профилактики и тушения пожаров с каждым годом совершенствуются. Вопрос о разработке новых технологий остаётся открытым. Использование робототехники ускоряет и делает более надёжным процесс защиты объекта.

**Ключевые слова:** пожар, профилактика, роботы, разработки, технологии, инновации.

*K. M. Volkova*

## **REVIEW OF MODERN FUNDS AND TECHNOLOGIES IN FIRE-FIGHTING**

Modern means of prevention and suppression of fires are perpetuated every year. The issue of developing new technologies remains open. The use of robotics accelerates and makes the process of object protection more reliable.

**Keywords:** fire, prevention, robots, development, technology, innovation.

Современные технологии никогда не стоят на месте, и такая сфере, как защита от пожаров также пополняется новой специализированной техникой, отвечающей последним разработкам.

В последнее время довольно большое количество научных и научно-популярных статей посвящено роботизированной, «умной» технике, которая позволяет сэкономить время и человеческие силы, а также повысить эффективность борьбы с пожаром[1]. Начнём наш обзор именно с подобной техники.

Роботизированная техника имеет ряд неоспоримых преимуществ в области пожаротушения, поскольку она не только позволяет эффективно локализовать и ликвидировать возгорание, но и обеспечить безопасность самих пожарных [3].

Случаи гибели сотрудников пожарной охраны при исполнении своего профессионального долга, к сожалению, не редки. Это очевидно, поскольку деятельность пожарного напрямую связана с опасностью для жизни. В особо тяжёлых случаях, в частности, при угрозе взрыва, в условиях радиоактивной атаки на помощь приходит именно пожарный робот.



Разработки и внедрение робототехники в практическую сферу МЧС активно начались в конце 90-х - начале 2000-х годов[3]. Основные тенденции шли на создание роботизированных комплексов. Одним из первых был создан РТК – мобильный робототехнический комплекс. Он был призван тушить пожары при помощи пены. Подача вещества производилась оператором дистанционно. Затем, учёные занялись созданием более совершенных модификаций РТК[4]. В начале 2000-х годов появились модели, способные тушить пожары не только на земле, но и в воздухе и под водой.

**«Умный Пожарный» наделён массой необходимых возможностей и функций:**

- мониторинг и оценка пожарной ситуации;
- контроль обстановки 7 дней/нед., 24 ч/сут.;
- ликвидация возгорания;
- эвакуация людей;
- проливка конструкций после тушения.

К настоящему времени созданы беспилотные, подводные, воздушные, дистанционно управляемые пожарные роботы. Современные противопожарные комплексы обладают также возможностью контроля расхода огнетушащего вещества. В качестве последнего, кстати, используются: вода, водопенный раствор, порошок и др[2].

Одним из главных преимуществ робота является высокий уровень точности обнаружения возгорания за минимальный срок. Такой *робот-пожарный* работает по принципу инфракрасной чувствительности, улавливая таким образом тепловое излучение на самой ранней стадии возгорания.

Как правило, с роботом непосредственно связан оператор, который может задавать настройки по своему усмотрению, управлять системой на расстоянии.

Помимо роботов для оперативного и эффективного тушения пожаров разрабатываются и другие средства пожаротушения нового поколения, обзор которых приводится ниже.

### **Современные средства пожаротушения**

Поговорка «всё новое – это хорошо забытое старое» полностью применима и к нашей теме, поскольку многие современные установки пожаротушения созданы на базе ранних разработок. Мобильность и охват большой территории – ещё несколько важных критериев, которым должны соответствовать продукты современных технологий создания средств пожаротушения. В частности, таким требованиям отвечают *установки автоматического пожаротушения*. Эффективность таких установок варьируется в зависимости от конкретной модификации, в частности, от мощности подачи струи, от типа распыскителя. Установки могут применяться на больших площадях пожара в целях локализации и оперативной ликвидации огня[4]. Они характеризуются сравнительно малым весом, удобны в транспортировке, имеют значительный срок эксплуатации (не менее 10 лет).

Новые модификации *пожарных автомобилей* также пользуются сегодня высокой популярностью у подразделений по борьбе с ЧС, поскольку показали свою эффективность на практике. Хорошим примером является АПП – автомобиль первой помощи – передвижной комплекс пожаротушения.

Запас огнетушащего вещества для такого автомобиля достигает примерно 450 литров. Могут использоваться в тушении пожаров различного происхождения, даже при наличии горючих материалов и веществ. Огнетушащее вещество может подаваться струёй на расстояние до 30 метров[2]. Такие автомобили созданы на базе, так называемой, «Газели».

Более мощной современной модификацией пожарного автомобиля является АЦ- автоцистерна, созданная на базе КАМАЗа или Урала. Машина используется в целях ликвидации огня, способом вертикальной подачи вещества, и проведения спасательных мероприятий. Автомобиль характеризуется большей вместительностью: бак заполняется примерно на 5-6 тонн воды.

Для ликвидации пожаров на большой высоте, куда с земли добраться крайне сложно, наиболее эффективна современная модификация *противопожарного вертолётa*. Такие установки имеют довольно большой запас огнетушащего вещества, около 700 литров[3].

Пожарный вертолёт на базе Ка-32 нашёл успешное применение в случаях возгорания на последних этажах высотных зданий и городских небоскрёбов. Примечательно, что расстояние, на которое может подаваться струя, составляет от 60 до 80 метров, что позволяет вертолёту оперативно локализовать пламя и подбираться ближе к очагу пожара.

Успешное развитие работ по созданию новых высокоэффективных технических средств пожаротушения на базе отечественных высоких технологий и их внедрение позволит перевооружить подразделения пожарной охраны МЧС России новейшей техникой, уменьшить риск возникновения и развития крупных пожаров, в особенности на потенциально опасных предприятиях и объектах, повысить противопожарную защиту объектов подземной инфраструктуры и систем жизнеобеспечения городов и мегаполисов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Юдахин А.В. Методическое пособие. Вопросы организации БВС в процессе повседневной деятельности в частях ВВС. 2011.
2. Учебное пособие. Безопасность жизнедеятельности.2012.
3. Терёбнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Возможности пожарных подразделений. Москва. «Пожаротехника» 2004 г.
4. [https://secandsafe.ru/stati/pojarnaya\\_bezopasnost/obzor\\_sovremennykh\\_sredstv\\_i\\_tekhnologiy\\_v\\_pozharotushenii](https://secandsafe.ru/stati/pojarnaya_bezopasnost/obzor_sovremennykh_sredstv_i_tekhnologiy_v_pozharotushenii)
5. <https://qwizz.ru/новые-технологии-в-пожаротушении/>

УДК 620.193

*С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

## **КОРРОЗИЯ, СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ И МЕТОД ЕЕ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ**

В статье рассмотрены проблемы, главными причинами которых вызвана коррозией всех видов нефтеперерабатывающего оборудования, хранения и транспортировки нефтепродуктов топливно-энергетического комплекса.

**Ключевые слова:** коррозия, методы защиты, антикоррозионная обработка, методы раннего обнаружения.

*S. V. Voronin*

## **CORROSION, METHODS OF PROTECTION AND METHOD OF ITS EARLY DETECTION**

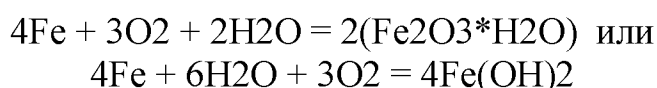
The article deals with the problems, the main causes of which are caused by corrosion of all types of oil refining equipment, storage and transportation of petroleum products of the fuel and energy complex.

**Keywords:** corrosion, methods of protection, anticorrosion treatment, methods of early detection.

Коррозионный износ оборудования в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) является одной из распространенных причин возникновения пожара и других аварийных ситуаций, приводящих к значительным материальным потерям, угрозы жизни и здоровью людей и нанесению вреда экологии.

Коррозия металлов заключается в их разрушении из-за химического или электрохимического взаимодействия с коррозионной средой. В современном мире защита металлов от коррозии представляет собой важнейшую научно-техническую и экономическую задачу. Коррозия вызывает быстрое разрушение и износ трубопроводов, резервуаров, металлических частей оборудования. Она приводит к большим и часто не восполняемым потерям металлов, составляющим порядка 13 – 23% выпуска стали каждый год. Металл каждой шестой домны России выплавляется впустую — он превращается в ржавчину. Металлические руды, относятся к исчерпаемым природным ресурсам, поэтому сохранение их запасов наряду с защитой объектов народного хозяйства является одной из задач борьбы с коррозией. При взаимодействии с электролитами активные металлы самопроизвольно растворяются, переходя в более устойчивое окисленное состояние. Они окисляются, образуют продукты, состав которых зависит от

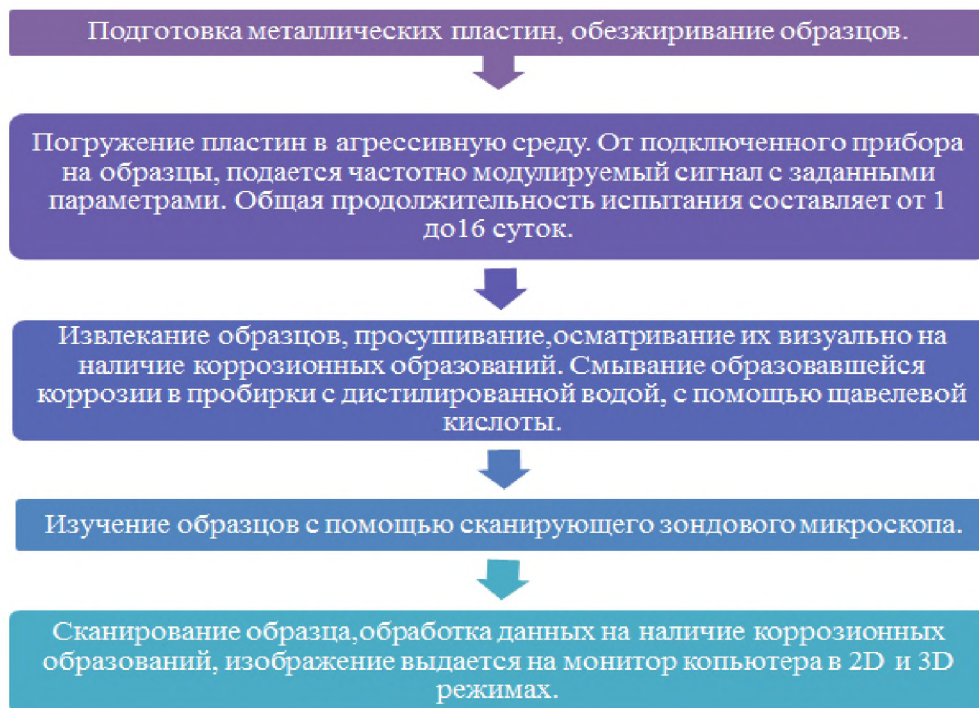
условий коррозии. В целом этот процесс можно обозначить как превращение необходимого для человека металла в бесполезные химические соединения. При этом коррозия приводит к ухудшению функциональных свойств металла и среды технической системы. Примером может служить кислородная коррозия железа в воде, в результате которой железо ржавеет. Этот сложный процесс описывают следующие уравнения:



Оборудование для добычи нефтепродуктов и газа также нуждается в защите от коррозии. Это определяется постоянным воздействием органических соединений на рабочие поверхности и на прочие узлы систем добычи углеводородного сырья, что сокращает срок службы таких элементов конструкции. Отказ любого узла оборудования объектов ТЭК может повлечь крупномасштабную аварию, способную повлечь катастрофические последствия. Во избежание этого предприятия нефтегазовой отрасли, как объекты потенциально опасного производства, должны быть защищены от коррозии с дополнительным запасом прочности. Идеальная защита от коррозии на 78 % заключается в подготовке поверхности согласно технических условий или регламента и только на 22 % качеством применяемых лакокрасочных материалов и методом их нанесения. Выделяют 3 способа защиты от коррозии: конструкционный; активный; пассивный. При защите от коррозии применяются следующие технологические операции: система холодного цинкования; газотермическое напыление; термодиффузионное цинковое покрытие; электрофизический метод защиты от коррозии [1, 2]. Антикоррозионная обработка емкостей для хранения нефтепродуктов (резервуаров для нефтяных смесей, нефтешламов и т.п.) и агрессивных реагентов является еще одним направлением использования защитных покрытий. Благодаря своей химической инертности, защитные покрытия не испытывают серьезного воздействия кислот, щелочей и растворов других химикатов. При этом защитные покрытия усиливают общую жесткость резервуаров, дополнительно обеспечивая их защиту от ударов и внешнего давления.

Наряду с различными методами защиты от коррозии, разработаны также методы раннего обнаружения коррозии как на объектах хранения, так и на объектах транспортировки нефтепродуктов по ГОСТ 2917-76\*. Оценки коррозионной активности данным методом не позволяют достаточно оперативно и точно спрогнозировать коррозионную активность веществ.

Для оперативной оценки коррозионной активности веществ разработан метод «Сканирующей Зондовой Микроскопии» (СЗМ), основанный на визуальной и качественной оценке осажденных продуктов коррозии с очень высокой точностью до 10 Нм по рельефу поверхности образца (рисунок) [3].



**Рис. 1.** Метод определения коррозионного воздействия на металлы с помощью СЗМ

Результаты, которые были получены с помощью СЗМ позволяют довольно в короткие сроки идентифицировать коррозионную активность веществ.

Этот способ позволит уменьшить опасные воздействия коррозионных процессов, спрогнозировать поведение различных конструктивных материалов в агрессивных средах.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В.* Снижение статической электризации при пневмотранспорте твердых диэлектриков при электрофизическом воздействии // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – с. 86-89.

2. *Сорокин А.Ю., Иванов А.В., Скрипник И.Л., Симонова М.А.* Нейросетевое моделирование условий обеспечения электростатической искробезопасности процессов транспортировки модифицированных углеводородных жидкостей на основе экспериментальных данных // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2018/№ 1(18), с.63-76.

3. *Мынзул Р.А., Иванов А.В., Скрипник И.Л.* Применение метода КР-спектроскопии при исследовании свойств термопластичных смазок с регулируемыми наноструктурами // Научно-аналитический журнал «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)». № 2 (10) 2014. – с. 57-63.

УДК 351.712:625.7

*Э. Гантумур*

ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

## **ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАСШИРЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ МОНГОЛИИ**

Железнодорожная сеть Монголии проложена по районам с различными географически-климатическими характеристиками. В районах расположения железнодорожного пути имеются резкие перепады высот и сезонных температур. Это накладывает большие требования к применению пожаробезопасных материалов и технологий. Необходимо создание национальной системы технического регулирования в области пожарной безопасности, совершенствование системы стандартизации и сертификации материалов и технологий.

**Ключевые слова:** Монголия, железные дороги, пожарная безопасность, материалы, технологии, стандартизация, сертификация.

*E. Gantumur*

## **PROBLEM QUESTIONS OF DEVELOPMENT OF SYSTEM OF TECHNICAL REGULATION OF FIRE SAFETY EXPANSION OF THE RAILWAY NETWORK OF MONGOLIA**

The railway network of Mongolia is laid on areas with different geographical and climatic characteristics. There are sharp changes in altitude and seasonal temperatures in the areas where the railway is located. This imposes great demands on the use of fire-safe materials and technologies. It is necessary to create a national system of technical regulation in the field of fire safety, improve the system of standardization and certification of materials and technologies.

**Keywords:** Mongolia, Railways, fire safety, materials, technologies, standardization, certification.

Железнодорожная сеть Монголии сейчас представлена двумя отдельными составляющими [3; 4]:

- 1) линия Трансмонгольской железной дороги Хойт – Замын-Унд (1111 км);
- 2) железнодорожная линия Эрэнцав-Баянтумэн (239 км).

От каждой железнодорожной линии имеются отходящие железнодорожные ветки:

К главной магистрали примыкают железнодорожные ветки:

- 1) Салхит-Хотол-Бэлэндалай-Орхонтуул-Хангал-Улаантолгой-Эрдэнэт (184 км) – к горно-обогатительному комбинату «Эрдэнэтийн овоо»;
- 2) Хонгор-Налайх (14 км) — к району угольных шахт;
- 3) Дархан-Шарынгол (64 км) – к месторождению энергетических углей;
- 4) Багахангай-Балагтай-Гунгалуут-Багануур (94 км) – к Баганурскому угольному разрезу на месторождении энергетических бурых углей;
- 5) Айрак- Бор-Ундер (60 км) - к горнообогатительному предприятию на месторождении флюорита;
- 6) Сайн-Шанд- Зуунбаян (50 км) – к месторождениям нефти и каменного угля;
- 7) Толгойт-Сонгино (20 км) - к административному району Улан-Батора (пассажирского сообщения нет).

Суммарная протяженность путей Трансмонгольской железной дороги (2215 км) на территории 5 из 21 аймака Монголии: Сэлэнгэ, Дархан-Уул, Туве, Говь-Сумбэр, Дорноговь, включая г. Улан-Батор. Весь локомотивный парк – тепловозный.

От железнодорожной линии Эрэнцав-Баянтумэн имеется ответвление железнодорожной ветки Чингисийн далан - (112 км) – к крупному урановому месторождению.

Большие географическо-климатические условия прохождения пути создают повышенные требования к обеспечению устойчивости функционирования Трансмонгольской железной дороги от очень низких до очень высоких температур. Это относится к физико-химическим и механическим свойствам всей железнодорожной сети, как к подвижному составу (локомотивам, моторным вагонам, автомотрисам, дрезинам, пассажирским и грузовым вагонам, платформам и др.) и железнодорожным путям (верхнее строение пути и нижнее строение пути), так и ко всей структуре путевого хозяйства (объектам производственного, служебно-технического и культурно-бытового назначения, линейно-путевым и промышленным предприятиям, обеспечивающим текущее содержание и ремонт пути, путе- и мостообследовательским, геофизическим и нормативно-инструкторским станциям, средствам механизации ремонтно-путевых и других работ).

Это учитывалось при строительстве и обеспечении дальнейшей нормальной эксплуатации железнодорожной магистрали, проходящей через большое количество развитых населенных пунктов и объектов экономики, с путевым хозяйством и городской инфраструктурой. Большие различия рельефных и климатических условий территории (от высоких северных гор до пустыни Гоби), учтены при оценке современной пожарной опасности и сформированных систем обеспечения пожарной безопасности поселений и дистанций пути.

Сформированные системы обеспечения пожарной безопасности учитывают техногенные и географические (рельеф, гидрографию и климат) факторы, которые влияют на планирование и организацию профилактики пожаров, их тушение и проведение спасательных работ. Эти же факторы необходимо учитывать при реализации больших планов развития новых участков железных дорог Монголии.

Вся железнодорожная сеть Монголии была создана с активным участием советских и российских железнодорожников, включая железнодорожные войска Советской Армии. Поэтому сегодняшняя безопасность железных дорог Монголии практически полностью опирается на требования нормативно-технической базы СССР и Российской Федерации, включая вопросы применения пожаробезопасных материалов и технологий.

Современные государственные планы Монголии предусматривают расширение железнодорожной сети в два-три раза. Железная дорога должна соединить все города Монголии, особенно административные центры аймаков.

Новые железнодорожные должны включать следующие участки [3; 5]:

- 1) путь Чойбалсан-Хуут-Баруун Урт-Сайншанд, через аймаки Сухэ-Батор, Дорноговь и Умнеговь;
- 2) Эрдэнэт-Овоот, через аймак Булган и Хувсгел;
- 3) Тээл-Улаангом – Ургамал – Дэлгэр – Шинэжинст – Гурвантэс – Шивээхурэн;
- 4) Нартин Сухайт - Шинэжинст – Алтай - Тсагаанхаирхан, через аймаки Баянхонгор и Говь-Алтай;
- 5) Хуут-Матад-Тамсагбулаг-Нумруг, через аймак Дорнод;
- 6) Хуут-Бичигт, через аймаки Дорнод и Сухэ-Батор.
- 7) Овоот-Арцсуурь, через аймаки Увс и Завхан.

Кроме этого, увеличивается средний вес поездов, в несколько раз ускоряется оборот вагонов, разрабатываются технико-экономические обоснования электрификации железных дорог и укладка второй колеи, что значительно увеличит пропускную способность. Это обеспечит транзитные перевозки между Российской Федерацией, европейскими странами и Китаем. Облегчится доставка монгольских грузов через российские железные дороги к морю в портах Дальнего Востока [1]. Новая железнодорожная сеть поможет увеличить в два раза добычу металлических руд в районах прохождения железнодорожных магистралей [2].

В этих условиях необходимо обеспечить сбалансированность темпов роста объемов перевозок и развитие инфраструктуры железнодорожного транспорта Монголии. Поэтому стоит вопрос о создании и внедрении в практику своей национальной системы технического регулирования в области пожарной безопасности, совершенствования системы стандартизации и сертификации материалов и технологий.



Для обеспечения безопасности на существующих и создаваемых объектах железнодорожного транспорта Монголии предлагается решить следующие основные задачи:

1) совершенствования основных положений государственной политики Монголии и нормативной правовой базы обеспечения безопасности объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта и их реализация;

2) разработки комплекса мероприятий по реализации положений государственной политики Монголии и приоритетных направлений нормативно-технического обеспечения безопасности национальной транспортной системы в области железнодорожного транспорта;

3) разработки методологии и практических методов решения задач обеспечения безопасности на объектах железнодорожного транспорта Монголии;

4) определения состава угроз безопасности объектов железнодорожного транспорта Монголии;

5) проведения категорирования и оценки уязвимости объектов железнодорожного транспорта Монголии;

6) разработки системы требований по обеспечению безопасности объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта Монголии с учетом категории и уязвимости объекта;

7) разработки и реализации национальной системы мероприятий по повышению комплексной защищенности объектов инфраструктуры, создания перечня объективных критериев для объединения объектов железнодорожного транспорта Монголии в группы с целью снижения расходов на обеспечение их безопасности за счет типизации и стандартизации;

8) разработки и адаптации новейших технологий обеспечения безопасности, в том числе пассивных и активных средств защиты критически важных и опасных объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта Монголии;

9) создания национальной автоматизированной системы мониторинга состояния и управления безопасностью критически важных и опасных объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта Монголии;

10) совершенствования материально-технического, информационно-коммуникационного, научно-технического и кадрового обеспечения безопасности железнодорожного транспорта Монголии;

11) подготовки национальных кадров для обеспечения безопасности железнодорожного транспорта Монголии;

12) осуществления автоматизированного контроля и надзора в области обеспечения безопасности железнодорожного транспорта Монголии;

13) разработки и ведения планов обеспечения транспортной безопасности категорированных объектов;

14) паспортизации категорированных объектов железнодорожного транспорта Монголии;

15) эксплуатации, технической поддержки и модернизации национальной государственной информационной системы обеспечения транспортной безопасности в части железнодорожного транспорта;

16) оснащения (модернизации) объектов железнодорожного транспорта техническими средствами защиты.

Для решения указанных задач надо разработать комплекс нормативных, организационных, экономических и технико-технологических мероприятий.

Необходима реализация мероприятий по обеспечению обороноспособности и национальной безопасности России с учетом реформирования железнодорожного транспорта.

Комплексным результатом реализации таких мероприятий будет создание эффективной системы обеспечения необходимого уровня защищенности объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта для устойчивого и безопасного функционирования транспортной системы и защиты от актов незаконного вмешательства, включая:

- снижение риска совершения акта противоправного вмешательства на 16-17 процентов;

- охват системой мониторинга состояния защищенности 100 процентов критически важных и потенциально опасных объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Так как планируемая новая железнодорожная сеть должно обеспечить связь с Российскими железными дорогами в 4 местах (Кашанта – Тсагаан нуур, Тсагаа Толгой – Артс Суур, Хойт - Кяхта, Эрэнцав - Соловьевск) и железнодорожной сетью Китая в 6 местах (Булган, Бургастай – Лаомяо, Шивээ хурэн – Секе, Гашуун сухайт – Ганц Мод, Замын-Ууд – Эрлянь, Бичигт – Зуун Хатавч, Нумруг - Аршан) [3], то требуется планирование обеспечения соответствующего межгосударственного взаимодействия при борьбе с пожарами и ЧС на железных дорогах в приграничных участках. При общенациональных крупномасштабных ЧС необходимо проведением мероприятий, аналогичных мобилизационным, как это рассмотрено в диссертации Федотова С.Б. [6].

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Батцэцэг Г.* Улан-Батор получил выход к морю через российские порты [Электронный ресурс] // Официальный сайт ООО Информационное агентство «АРД». URL: <http://asiarussia.ru/news/19852/>. (дата обращения – 21.02.2018).

2. Монголия и Россия согласовали условия транзита грузов по железной дороге [Электронный ресурс] // Официальный сайт REGNUM. URL: <https://regnum.ru/news/2429061.html>. - (дата обращения – 21.07.2018).

3. О Реконструкция Монгольской железной дороги при содействии России и Китая [Электронный ресурс] // Официальный сайт Биржи международных перевозок

«CARGOX». URL: <https://cargox.ru/publications/Economy/Plans-for-joint-reconstruction-of-the-Mongolian-Railway/> (дата обращения: 10.03.2018).

4. Самая «секретная» железная дорога Монголии // Форум «Монгол. Су». [http://mongol.su / секретная-железная-дорога-монголии/](http://mongol.su/секретная-железная-дорога-монголии/). - (дата обращения – 21.07.2018).

5. *Сосорбарам М.* Новый железнодорожный «коридор» свяжет Китай с Кызылом [Электронный ресурс] // Официальный сайт ООО Информационное агентство «АРД». – URL: <http://asiarussia.ru/news/11601/>. - (дата обращения – 21.07.2018).

6. *Федотов С.Б.* Научная проблема востребованности специальных пожарно-спасательных машин, приспособленных к работе в высокогорных условиях [Текст] / С.Б. Федотов // Материалы XXIX Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. В 2-х частях. – Балашиха: Изд-во ВНИИПО МЧС России, 2017. - С. 536-538.

УДК 629.7.017

*М. В. Гомонай, Ю. О. Беспалова, А. В. Гutowский*  
ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОЖАРАХ**

В статье дан анализ причин разрушений инженерных конструкций при пожарах на промышленных объектах и приведены экспериментальные данные по изучению закономерностей поведения материалов деталей конструкций под воздействием высоких температур.

**Ключевые слова:** инженерно-строительные конструкции, пожар, промышленный объект, воздействие пожара на прочность конструкций, экспериментальные исследования температуры, прочность.

*M. V. Gomonay, J. O. Bepalova, A. V. Gutowski*

## **ANALYSIS OF POSSIBLE CAUSES OF DESTRUCTION OF CIVIL ENGINEERING STRUCTURES IN FIRES**

The article analyzes the causes of destruction of engineering structures in fires at industrial facilities and presents experimental data on the study of the behavior of materials of structural parts under the influence of high temperatures.

**Keywords:** engineering and construction structures, fire, industrial facility, the impact of fire on the strength of structures, experimental studies of temperature, strength.

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

Инженерные конструкции в условиях пожара подвержены воздействиям высоких температур (температура может меняться от стандартной 20<sup>0</sup>С до 800<sup>0</sup>С и более, причем изменение температуры происходит в короткое время). Под воздействием температуры меняются не только физико-механические характеристики деталей конструкций, но изменяются их форма и размеры. Все это приводит к разрушению конструкции, вследствие чего и имеются случаи гибели людей и наносится ущерб предприятию.

Сведения о пожарах на объектах промышленности приведены в табл. 1

*Таблица 1. Сведения о пожарах и их последствиях за 2016 год*

<b>Наименование показателя</b>	<b>Количество пожаров, единиц</b>	<b>Прямой материальный ущерб от пожаров, тыс. руб.</b>
Производственные здания и складские помещения производственных предприятий	3369	5524401
Склады, базы и торговые помещения	3789	5202817
Административно - общественные здания	28883	1028965
Жилой сектор	100778	5244779
Строящиеся объекты	979	153147
Сооружения, установки	919	318030
Транспортные средства (морские, речные и т.д.)	20810	2573435
Железнодорожный подвижной состав	113	52543
Сельскохозяйственные объекты	2994	2275805
Горные выработки, пласты угля и т.д.	1	13081
Прочие объекты пожаров	9574	483364

Основные причины возникновения пожаров на производственных объектах приведены в табл.2.

*Таблица 2. Причины пожаров на производственных объектах за 2012-2016гг.*

<b>Основные причины</b>	<b>Количество пожаров за последние годы, ед.</b>				
	<b>2012 г.</b>	<b>2013 г.</b>	<b>2014 г.</b>	<b>2015 г.</b>	<b>2016 г.</b>
Недостаток конструкции и изготовления электрооборудования.	13	20	27	38	37
Разрушение движущихся узлов, деталей, попадание в движ. механизмы	-	-	-	1	-

Основные причины	Количество пожаров за последние годы, ед.				
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
посторонних предметов.					
Неисправность системы охлаждения аппаратов, трение поверхностей.	-	1	-	-	-
Самовозгорание веществ и материалов.	1	2	1	-	-
Нарушение ППБ при проведении электрогазосварочных работ	5	3	4	3	3
Нарушение ППБ при проведении огневых работ (отогревание труб, двигателей и пр.)	1	2	2	1	-
Недостаток конструкции и изготовления теплогенерирующих агрегатов, устройств.	1	-	-	1	3

Анализ обобщенных причин аварий и несчастных случаев со смертельным исходом показывает, что наибольшее количество пожаров на производственных объектах (48%) происходило из-за технических и технологических факторов. Увеличилось количество пожаров, возникших из-за несовершенства технологий или конструктивных недостатков технических средств(33%). 3% от числа этих пожаров произошли из-за несовершенства средств противоаварийной защиты и ещё 3%- в результате использования в технических устройствах материалов, несоответствующих требованиям проектной документации.

Развитие пожара создает угрозу взрыва или обрушения инженерных и строительных конструкций. Одновременно с тушением пожара проводятся аварийно-спасательные работы, включающие в себя действия по спасанию людей, материальных ценностей и снижению вероятности воздействия опасных факторов пожара, которые могут привести к травмированию или гибели людей, а также к увеличению материального ущерба. При ликвидации ЧС важным этапом в действии спасательных подразделений является разведка места пожара, которая позволяет оценить состояние конструкций.

Предельное состояние - состояние конструкции (сооружения), при котором она перестаёт удовлетворять эксплуатационным требованиям, то есть либо теряет способность сопротивляться внешним воздействиям, либо получает недопустимую деформацию или местное повреждение.

Температура, при которой происходит изменение внешнего вида, формы предмета или части конструкции для строительных конструкций:

из бетона - 1500... 1600<sup>0</sup>С (оплавление),

из стали - 550... 600<sup>0</sup>С (большие деформации).

Целью данной работы является определение закономерностей распространения температуры в деталях инженерных конструкциях (железобетонные, кирпичные и металлические, причем металлические детали

трубчатого и сплошного сечения) и установление зависимости влияния температуры на прочность соединений.

### 1) железобетон

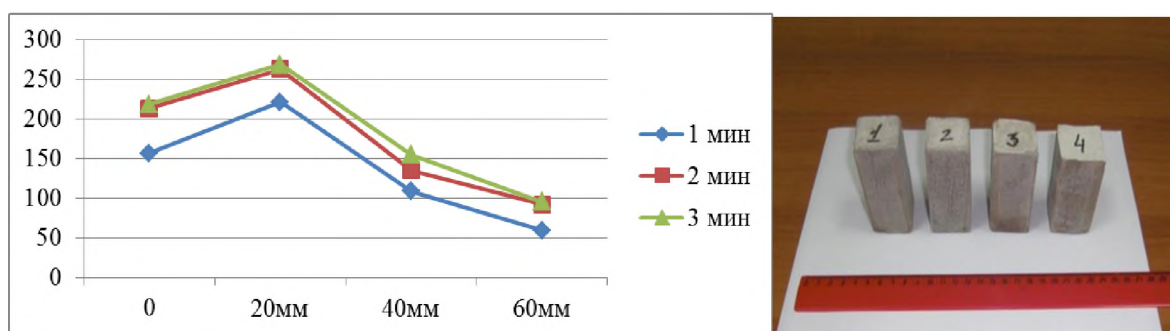
Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке, измерение температуры производилось бесконтактным инфракрасным термометром марки AR 872A, время измерялось секундомером, температура пламени в среднем составляла 800<sup>0</sup> С.

На опытные образцы наносились метки через 20 мм. Измерение температуры производилось через 1 мин, 2 мин и 3 мин. на следующих участках образцов: торец образца, на расстоянии 20 мм, 40 мм и 60 мм от торца.

*Таблица 3. Параметры образцов из железобетона*

Номер образца	Масса, г	Размеры, мм.			Объем, м <sup>3</sup>	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
		a	b	h		
1	209	36,2	35,5	81,2	0,0001043501	2002,873
2	198	34,6	34,5	79,0	0,0000943023	2099,631
3	194	35,0	35,0	75,0	0,0000918750	2111,565
4	186	36,0	35,2	73,0	0,0000925056	2010,689

Изменение температуры в сечении образцов из железобетона во времени показано на рис. 1.



**Рис. 1.** График изменения температуры в сечении образца в зависимости от времени и фрагмент опыта

Из полученных данных видно, что температура имеет максимальное значение не в зоне контакта с пламенем огня, а на расстоянии 20 мм от торца и с увеличением времени наблюдается повышение температуры во всех фиксируемых точках образцов.

2) образцы из кирпича строительного (размеры: 35x35x70 мм)  
Изменение температуры в кирпичных образцах приведено на рис. 2.

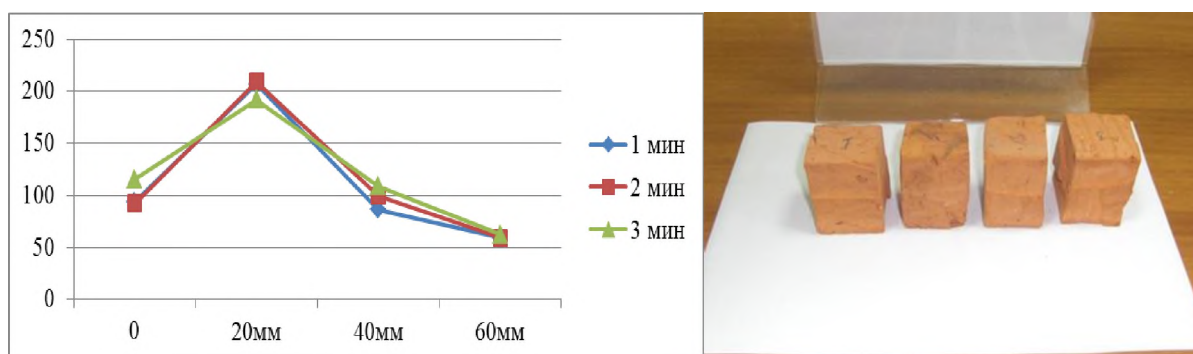


Рис. 2. График изменения температуры в сечении образца в зависимости от времени

Процесс остывания кирпича через 1 мин после окончания нагрева (начальная температура образца была равна 267<sup>0</sup>С):

- на торце образца – 64,2<sup>0</sup>С,
- на расстоянии от торца 20 мм– 152,2<sup>0</sup>С,
- на расстоянии 40 мм – 105,1<sup>0</sup>С
- на расстоянии 60 мм– 68,5<sup>0</sup>С.

Таблица 4. Влияние температуры на усилие разрушение кирпича

Площадь сечения образца, мм <sup>2</sup>	Температура, С <sup>0</sup>	Усилие разрушения, Н	Напряжение сжатия, МПа
2400	25±2	11520	4,8
2500	100±10	11500	4,6
2350	200±10	10690	4,5
2450	300±10	10800	4,4
2250	400±10	9250	4,1

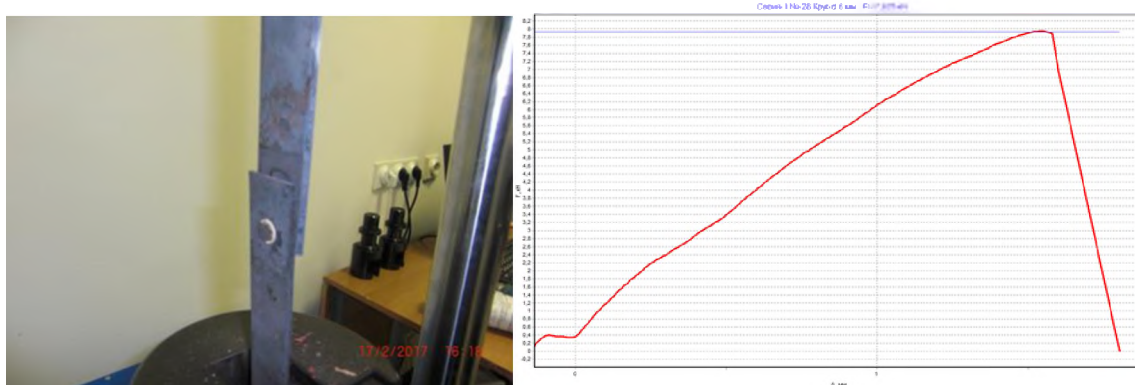
Примечание 1) предел прочность нового кирпича 7,5-35 МПа. 2) испытания проводились с кирпичом 10-летней давности (образец взят из стены здания промышленного цеха).

### 3) заклёпочное соединение

Для испытаний были изготовлены образцы из стали марки ст.3., диаметр заклепок -6мм. Образцы нагревались в печи до температуры 500<sup>0</sup>С, детали соединения после нагрева приобрели ярко-красный цвет. После нагрева образец заклёпочного соединения устанавливался в зажимы испытательной машины РМГ-50 МГ4 и проводился эксперимент. Температура заклёпочного соединения в момент испытаний составляла 362<sup>0</sup>С, в месте разрыва t=153,8<sup>0</sup>С (рис. 3).

Данные измерений:

$F_t=7,93$  кН;  $F_B=7,95$  кН (усилие полного разрушения образца);  $\sigma_t=280,04$  МПа;  $\sigma_B=281,1$  МПа;  $U=8,5$  МПа/с (скорость нагружения).



**Рис. 3.** Образец испытаний и график разрушения образца, нагретого до температуры  $500^{\circ}\text{C}$

#### **4) резьбовое соединение**

Данные по усилиям (нагрузкам) разрушения образцов болтов с резьбой М8х1,25 в зависимости от температуры приведены в табл. 5.

*Таблица 5. Значения усилия (нагрузок) разрушения образцов болтов*

Температура, $^{\circ}\text{C}$	-20	+25	+100	+200	+300	+400
Максимальное усилие разрушения, кгс	1730	1120	1125	1115	1110	1090

При конструировании соединений целесообразно подбирать однотипный материал деталей соединения и соблюдать величину зазора установки болтов в отверстия инженерных конструкций. Размеры конструктивных элементов соединения необходимо выбирать с учетом прочности материала при разной температуре, особенно при её увеличении.

#### **5) пустотелые трубы**

**образец прямоугольного сечения:**  $t_{\text{комн.}} = 18,3^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{образ.}} = 19,6^{\circ}\text{C}$ , высота сечения – 30 мм, толщина стенок – 2,0 мм, ширина сечения – 20 мм (рис. 4).


Данные эксперимента для металлического пустотелого образца прямоугольного сечения в зависимости от места расположения очага пожара приведены в табл. 6.





Рис.4. Образцы прямоугольного и круглого сечения

Таблица 6. Изменение температуры по сечению образца прямоугольной формы

Профиль образца и время нагрева, мин 	Температура образца, °С			
	у торца образца		на расстоянии 60 мм от торца	
	нижняя стенка	верхняя стенка	нижняя стенка	верхняя стенка
1	306,6	365,7	345,2	332,7
2	281,9	335,6	266,6	367,4
3	293,1	292,8	195,2	384,7

образец круглого сечения:  $t_{\text{комн.}} = 19,4^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{образ.}} = 21,7^{\circ}\text{C}$ , наружный диаметр – 27 мм, толщина стенки – 2,5 мм.

Полученные данные для пустотелого образца круглого сечения представлены в табл. 7.

Таблица 7. Изменение температуры в сечении круглого образца

Профиль образца и время нагрева, мин 	Температура образца, °С			
	у торца образца		на расстоянии 60 мм от торца	
	нижняя стенка	верхняя стенка	нижняя стенка	верхняя стенка
1	317,2	311,1	336,1	361,6
2	311,6	323,0	229,8	318,0
3	295,8	363,3	150,4	312,8

Из полученных данных видно, что нижняя стенка вне зависимости, где расположен очага пожара по отношению к длине образца, менее нагревается, чем верхняя стенка, хотя очаг пожара расположен снизу образца. Такая закономерность соблюдается и при разном времени нагрева деталей. Разность температур в сечениях деталей инженерных конструкций необходимо учитывать при выборе типа соединений деталей. Кроме этого при пожарах в зданиях и соору-

жениях целесообразно измерять температуру в верхних частях сечений деталей как наиболее нагретые зоны деталей, для того чтобы оценить риск разрушения инженерно - строительных конструкций.

Изменение температуры по длине образца при продолжительности воздействия пожара, например, в 2мин наблюдалось с  $311,6^{\circ}\text{C}$  до  $229,8^{\circ}\text{C}$ , при этом длина участка составляла 60 мм.

Согласно ГОСТ 27751 при расчете инженерных конструкций, работающих при высоких или низких температурах, в агрессивных средах, при повышенной влажности, при повторных воздействиях, следует учитывать изменение физико-механических свойств материалов во времени.

Знать скорость распространения температуры в сечениях деталей и характер изменения прочностных показателей деталей и соединений инженерных конструкций является важной задачей не только для спасательных формирований, но и для разработчиков инженерно-строительных конструкций.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Справочник «Физические величины» под редакцией И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. Энергоатомиздат, М.: 1991-1232с.
2. Кудряшов В.А., Дробыш Ф.С. «Эффективность огнезащитного состава для покрытия композитного материала». Сборник ВНИИПО МНПК «Актуальные проблемы пожарной безопасности» от 5 июля 2017г. с 265-267.
3. Флегонтов Д.В., Акулова М.В., Карасев Е.В. «Определение степени повреждения железобетонных строительных конструкций после огневого воздействия» С193-195. Сборник материалов XII МНК «Пожарная и аварийная безопасность» ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России 29-30 ноября 2017г.
4. Гомонай М.В., Беспалова Ю.О. Исследование изменения температуры в пустотелых деталях инженерно-строительных конструкциях при пожарах. Материалы XIV МНПК «Комплексные проблемы техносферной безопасности». Часть 1. Воронеж-2018г, 29-30 марта. С107-112.
5. ГОСТ 9651-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение при повышенных температурах.
6. Шонон К.Л., Кузьмичева К.А., Кисилев В.В. К вопросу влияния факторов температуры и времени нагрева на прочностные свойства металлоконструкций. Сб. матер. Межвуз. науч.-практ. семинара (21 апреля 2011 г.) Ивановского ИГПС МЧС России, Иваново, 2011, ООНИИ в ИГПС, - 195 с.
7. Пасовец В.М., Короткевич С.Г. Практическое применение систем непрерывного мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений различного назначения с целью снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций. // Чрезвычайные ситуации: образование и наука, 2013. - № 1. С. 42- 46.

УДК 614.87

*А. В. Гутовский, М. В. Гомонай, Ю. О. Беспалова*  
ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

## О СОЗДАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПОЖАРНЫХ ОТ ПОВЫШЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСНОГО ПОЖАРА

В статье рассмотрен вопрос о необходимости создания мобильных технических средств защиты пожарных, попавших в окружение огнем лесного пожара, не имеющих возможности экстренной эвакуации в безопасное место.

**Ключевые слова:** верховой пожар, элементы пожара, окружение огнем, случаи гибели, средство защиты.

*A. V. Gutovskiy, M. V. Gomonay, J. O. Bepalova*

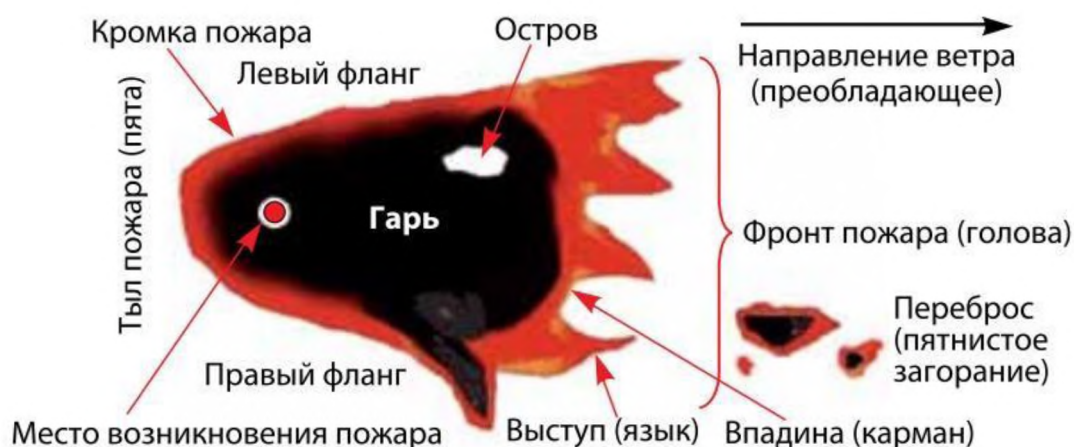
## THE CREATION OF THE TECHNICAL MEANS OF PROTECTION FIRE AGAINST HIGH THERMAL EFFECTS IN THE CONDITIONS OF A FOREST FIRE

The article deals with the need to create mobile technical means of protection of fire-fighters caught in the environment of fire forest fire, not having the possibility of emergency evacuation to a safe place.

**Keywords:** crown fire, elements of fire, surrounded by fire, the deaths, the remedy.

Как показывает практика, лесные пожары, возникающие на территории Российской Федерации, периодически достигают такой степени угрозы, что их приходится классифицировать как чрезвычайную ситуацию, для ликвидации которой используют подразделения МЧС России и другие формирования, входящие в структуру РСЧС [2]. В таких случаях привлекают аэромобильные группировки территориальных органов МЧС России [10]. При тушении кромки пожара, личный состав ближе всех находится к очагу горения и, соответственно, наиболее подвержен риску попадания в окружение лесным пожаром. Это связано с тем, что крупный пожар (свыше 25 га в районах наземной охраны лесов [3]) обладает характерной особенностью охватывать значительную площадь, сочетая в себе элементы различных видов и форм пожаров. При этом часть территории может быть пройдена верховым пожаром, а другая часть вообще не повреждена огнем, образуя, так называемые, острова (рисунок 1). В следствие чего, кромка пожара разбивается на отдельные части, образуя самостоятельные очаги пожара, распространяясь с разной скоростью и неоднократно меняя направление в зависимости от изменения ветра или наличия горючих

материалов, делая его конфигурацию настолько сложной, что становится трудно выделить основные элементы пожара – фронт, фланги и тыл. Возникает опасность обхода и окружения огнем людей, работающих на кромке пожара [12].



**Рис. 1.** Элементы лесного пожара [13]

Так же, при сильном ветре и высокой интенсивности пожар создает мощные конвекционные потоки нагретого воздуха и продуктов сгорания, которые поднимают вверх и рассеивают перед кромкой пожара горящие частицы, что приводит к возникновению многочисленных новых очагов, создавая опасность попадания в кольцо огня участников тушения пожара [7].

Не редко в подобных ситуациях оказывались пожарные различных ведомств и государств. Не обошла стороной трагедия и наших соотечественников. В 1975 г. в лесном массиве, недалеко от поселка Винзили Тюменской области, во время выполнения работ по прокладке минерализованной полосы, в следствие усиления ветра, 4 сотрудника Андреевского лесничества Тюменского лесхоза во время отступления в безопасное место, оказавшись в огненной ловушке верхового пожара, погибли, не успев пройти 50 метров до опушки леса. В 1981 г. при тушении лесного пожара неподалеку от села Ангыр в Унэгэтэйском лесничестве Бурятии, окруженные огнем, погибли семь человек и трое получили сильные ожоги. В 1996 г. в следствие ураганного ветра, пожар перешел в верховой, что привело к гибели 7 сотрудников Туранского лесхоза. В 1997 г. в Алтайском крае в огненном кольце погибло 14 человек, из которых 12 работников Федеральной службы лесного хозяйства и 2 сотрудника МЧС России. В 2010 г. при тушении лесоторфянного пожара рядом с населенным пунктом Моховое, личный состав пожарных подразделений попал под огненный шторм верхового пожара, в результате чего при исполнении служебного долга траги-

чески погиб сотрудник специализированной пожарной части № 5 МЧС России. В 2010 г. возле села Каменно-Верховка Каширского района Воронежской области, из-за сильного ветра лесной пожар перешел в верховой, создавая новые очаги возгорания, что привело к окружению, и в последствии, к гибели командира второго отделения пожарной части № 41. В 2010 г. в районе рабочего поселка Моховое Луховицкого района Московской области, при выводе подразделения из огненного кольца верхового пожара, командир отделения 4 караула 229 пожарной части получил ожоги не совместимые с жизнью, в следствие чего скончался в ожоговом центре. В 2010 г. при тушении лесного пожара в Луховицком районе Московской области, погиб приданный пожарным подразделениям МЧС России тракторист, прокладывая минерализованную полосу, окруженный огнем, попал в эпицентр пожара. В 2012 г. в республике Тыва, по причине изменения и усиления ветра, оказавшись в огненной ловушке, погибли 8 десантников Авиалесохраны Рослесхоза. В 2018 г. при тушении крупного лесного пожара, действующего на территории Курумканского района Республики Бурятия в местности «Сорюры», из-за изменения направления ветра, стремительного прохождения огнем значительных лесостепных участков и сильного задымления, попали в огненную ловушку и погибли два работника Верхне-Баргузинского лесхоза. Подобные случаи гибели пожарных, при тушении лесных пожаров, часто происходят и в других государствах. Наиболее известный – гибель в 2013 г. 19 пожарных, попавших по причине усиления и изменения направления ветра в окружение лесного пожара в окрестностях Ярнел Хилл, штат Аризона, США.

С целью предотвращения подобных случаев, при обследовании лесного пожара, одной из задач является установление путей отхода и возможных мест укрытия [9]. Как показывает практика, не всегда в зоне чрезвычайной ситуации имеются места укрытия, и не всегда удается воспользоваться путем отхода. Попав в окружение огнем, остается лишь полагаться на имеющиеся в распоряжении средства защиты от повышенных температур такие как: боевая одежда пожарного (БОП), средства защиты рук, ног и головы.

Согласно ГОСТ [4] боевая одежда пожарного должна обладать устойчивостью к воздействию теплового потока  $5 \text{ кВт/м}^2$  не менее 240 с, устойчивостью к воздействию температуры окружающей среды до  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  не менее 300 с и устойчивостью к воздействию открытого пламени не менее 15 с. Согласно ГОСТ [6] каски пожарных должны обладать устойчивостью к воздействию температуры окружающей среды  $(200 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$  в течение не менее 3 мин и устойчивостью к воздействию теплового потока мощностью  $5 \text{ кВт/м}^2$  в течение не менее 4 мин и  $40 \text{ кВт/м}^2$  не менее 5 с. Согласно НПБ [11] средства индивидуальной защиты рук пожарных должны обладать устойчивостью к воздействию температуры  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение не менее 300 с, устойчивостью к воздействию теплового потока плотностью  $5 \text{ кВт/м}^2$  в течение не менее 200 с и  $40 \text{ кВт/м}^2$  не менее 5 с, устойчивостью к воздействию открытого пламени не менее 15 с. Согласно ГОСТ [5] средства индивидуальной защиты ног пожарных должны об-

ладать устойчивостью к воздействию температуры окружающей среды 200 °С в течение не менее 300 с, устойчивостью к воздействию теплового потока 5 кВт/м<sup>2</sup> в течение не менее 300 с и устойчивостью к воздействию открытого пламени не менее 30 с.

Лесопожарными формированиями Федеральной службы лесного хозяйства так же применяются специальные огнестойкие накидки индивидуальные, обладающие способностью выдерживать влияние температуры окружающей среды 200 °С не менее 60 с, устойчивостью к воздействию теплового потока плотностью 8,5 кВт/м<sup>2</sup> не менее 180 с и устойчивостью к воздействию открытого пламени с температурой 800 °С не менее 20 с.

На сегодняшний день в Российской Федерации наиболее высокими защитными характеристиками обладает специальная защитная одежда пожарного от повышенных тепловых воздействий (СЗО ПТВ) тяжелого типа, обладающая устойчивостью к воздействию температуры 800 °С не менее 20 с, устойчивостью к воздействию теплового потока 40 кВт/м<sup>2</sup> не менее 120 с и устойчивостью к воздействию открытого пламени не менее 30 с [4]. Данное СЗО ПТВ в основном применяется при тушении техногенных пожаров на предприятиях нефтегазовой, топливной промышленности и других пожароопасных объектах.

При тушении лесных пожаров личный состав подразделений МЧС России выполняет работы в штатной экипировке, т. е в БОП. Наиболее опасными параметрами поражающих факторов обладают верховые повальные пожары. Которые способны создавать тепловой поток до 290 кВт/м<sup>2</sup> [14] и температуру до 1200 °С, в отдельных случаях 1500 °С [1]. С учетом скорости продвижения верхового пожара, ширины горящей кромки, расстояния от фронта пожара, на котором нахождение человека в боевой одежде пожарного становится опасным, при условии, что пожарный будет оставаться на месте, время действия на него повышенных тепловых потоков, превышающих допустимые нормы, составит порядка 13 мин [8].

Анализируя выше изложенный материал, можно сделать вывод, что при попадании пожарного в очаг верхового лесного пожара, рассмотренные средства защиты от тепловых воздействий, не смогут предотвратить его гибель или травмирование. С целью повышения безопасности личного состава при тушении крупных лесных пожаров, целесообразно рассмотреть вопрос создания мобильных технических средств защиты, обладающих необходимыми конструктивными параметрами по защите от повышенных тепловых воздействий. Такая работа проводится на кафедре №34 Академии гражданской защиты МЧС России при непосредственном участии автора статьи под руководством доктора технических наук, профессора Гомонай М.В.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреев Ю.А.* Профилактика, мониторинг и борьба с природными пожарами (на примере Алтае-Саянского экорегиона): справочное пособие / Ю.А. Андреев, А.В. Брюханов. – Красноярск, 2011. – 272 с.
2. *Власов К.С., Петухов А.Н., Реутт М.В., Пешков А.В.* Организация реагирования сил федеральной противопожарной службы на природные пожары // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVIII Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. Ч. II. М.: ВНИИПО, 2016. – С.394-404.
3. ГОСТ Р.22.1.09-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования. – М.: Госстандарт России, 1999. – 9 с.
4. ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытания. – М.: Стандартинформ, 2009. – 37 с.
5. ГОСТ Р 53265-2009. Техника пожарная. Средства индивидуальной защиты ног пожарного. Общие технические требования. Методы испытания. – М.: Стандартинформ, 2009. – 11 с.
6. ГОСТ Р 53269-2009 Техника пожарная. Каски пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009. – 18 с.
7. *Каницкая Л. В.* Лесная пирология : учеб. пособие / Л. В. Каницкая. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2013. – 206 с.
8. К вопросу о защите пожарных от повышенных тепловых воздействий лесного пожара / А.В. Гутовский / Сб. тр. секции № 10 «Современные проблемы транспортно-технологической и аварийно-спасательной техники в системе МЧС» XXVIII Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Химки: АГЗ МЧС России, 2018. – С.18-20.
9. Методические рекомендации по применению сил и средств для тушения лесных пожаров, утверждённые Главным военным экспертом МЧС России в 2014 г.
10. Методические рекомендации по созданию, оснащению и порядку применения аэромобильных групп территориальных органов МЧС России, утверждённые Главным военным экспертом МЧС России в 2014 г.
11. НПБ 182-99 Пожарная техника. Средства индивидуальной защиты рук пожарных. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: ГУ ГПС МВД России, ВНИИПО МВД России, 1999. – 26 с.
12. Процесс горения при лесных пожарах. Мои лекции. ру. [Электронный ресурс] URL: <http://mylektsii.ru/2-74237>. (дата обращения: 31.01.2018).
13. Тушение лесных пожаров: учебно-методическое пособие / Государственное бюджетное учреждение Архангельской области «Служба спасения», – Архангельск 2013 г. – 106 с.
14. *Butler B. W., Cohen J.D., Latham D. J., Schuette R. D., Sopko P., Shannon K. S., Jimenez D. and Bradshaw L. S.* Measurements of radiant emissive power and temperatures in crown fires.// Canadian Journal of Forest Research. – 2004. – Vol. 34, no. 8. Pp. 1577-1587.



УДК 7822.67.05

*А. Р. Дашевский, В. Е. Горский, Д. Н. Костылев, Т. Р. Асанов*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ПРИЧИНЫ ПОЛОМКИ РЕЖУЩИХ КРОМОК АВАРИЙНО СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА**

В данной статье рассмотрены виды износа режущих кромок аварийно-спасательного инструмента.

**Ключевые слова:** режущие кромки, твердость, аварийно-спасательный инструмент.

*A. R. Dashevsky, V. E. Gorsky, D. N. Kostylev, T. R. Asanov*

## **THE REASONS FOR FAILURE OF CUTTING EDGES EMERGENCY RESCUE TOOL**

This article describes the types of wear of the cutting edges of the rescue tool.

**Keywords:** cutting edges, hardness, rescue tool.

Ежедневно на территории Российской Федерации происходит более 400 пожаров. Эффективность тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ напрямую зависит в первую очередь от надежности и долговечности применяемого пожарно-технического оборудования.

Проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ с применением образцов аварийно-спасательного инструмента (АСИ) предполагает выполнение технологических операций по резке (перекусыванию) металлоконструкций и арматуры. Срок службы инструмента определяют показатели безотказной работы механизма и являются одним из критических звеньев дерева отказов. Отказы аварийно-спасательного инструмента по причине износа или разрушения (смятия, выкрашивания) режущих кромок приводят к снижению боевой готовности и оперативности пожарно-спасательных подразделений. Восстановление работоспособности инструмента требует больших материальных затрат.

В процессе эксплуатации аварийно-спасательного инструмента при ведении работ по ликвидации ЧС невозможно контролировать физико-механические процессы, происходящие в зоне контакта режущих кромок инструмента и разрезаемой металлической конструкции. В то же время изучение



вида износа режущих кромок АСИ, характера их разрушения и распределения сил, действующих на режущие кромки в процессе резания позволит выявить причины их разрушения и разработать рекомендации по повышению их надежности и долговечности.

Изучение причин и механизма разрушения (повреждения) режущих кромок АСИ позволит разработать рациональные и эффективные методы упрочнения их режущей части и как следствие повысить их долговечность.

На работоспособность режущих кромок влияют как внешние, так и внутренние факторы. К внешним факторам можно отнести агрессивное воздействие окружающей среды (повышенная влажность, грунтовое загрязнение, температурные условия и др.). К внутренним факторам относятся: марка материала, его химический состав, вид упрочняющей обработки. Сочетание внешних и внутренних факторов может вызвать многообразие причин преждевременного выхода из строя режущих кромок АСИ. Некоторые из видов разрушения режущей части АСИ представлены на рис. 1 и 2.



**Рис. 1.** Износ режущей кромки гидравлических кусачек  
(Вид дефекта: скол режущей части)



**Рис. 2.** Износ режущей части гидравлических кусачек  
(Вид дефекта: скол режущей части)

Большие величины сил разрезания вызывают сколы на режущей кромке инструмента (см. рис. 1, 2) в том случае, если угол режущего клина при вершине слишком мал, либо если материал режущей части инструмента обладает высокой вязкостью. При вышеперечисленных повреждениях положение плоскостей скола определяется направлением силы резания. К перенапряжениям такого рода очень чувствительны твердые сплавы, которые характеризуются высокой твердостью и хрупкостью и низкой вязкостью (пластичностью).

Пластическая деформация металлов и сплавов оценивается показателями пластичности материалов. Пластичность материала может быть оценена такими величинами, как относительное сужение, относительное удлинение образца при испытаниях на растяжение. Характеристикой пластичности металлов и сплавов также является показатель ударной вязкости. Природа пластической деформации может быть различной в зависимости от температуры, продолжительности действия нагрузки или скорости деформации.



**Рис. 3.** Гидравлический труборез марки «Спрут» (Смятие режущих кромок)

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что задача повышения эксплуатационной надежности режущих кромок аварийно-спасательного инструмента в настоящее время является весьма актуальной. Для инструментов, разрушение которых начинается на рабочей поверхности, разработано большое количество методов поверхностного упрочнения, основанных на нанесении покрытий или на изменении состояния (модифицировании) поверхностного слоя.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Григорьянц А.Л.* Основы лазерного термоупрочнения сплавов / А.Н. Григорьянц, А.Н. Сафонов - М.: Высшая школа. -1988. - 297 с.
2. *Малыгин Б.В.* Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин. - М.: Машиностроение -1989. -112 е., ил.
3. *Полевой С.Н.* Упрочнение металлов: Справочник / С.Н. Полевой, В.Д. Евдокимов - М.: Машиностроение. -1986. - 320 е., ил.
4. *Брюхов В.В.* Повышение стойкости инструмента методом ионной имплантации. - Томск: Изд-во НТЛ. - 2003. -120 с.

УДК: 614.847.79

*К. С. Двоеглазов, Е. М. Ермолина, А. Д. Семенов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **О ВРЕМЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ПОЖАРЕ**

Основным оборудованием, используемым для проведения аварийно-спасательных работ (АСР) стал гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ). Однако для того, что бы правильно выбрать комплект гидравлического аварийно-спасательного инструмента важно провести его оценку исходя из его пользы приносимой в ходе работы. В данной статье проанализирована методика, основанная на интегральном показателе – математическое ожидание ущерба от прекращения его работы. На элементах оборудования ГАСИ, отсутствуют устройства, позволяющие контролировать наработку инструмента. В связи с этим разработка систем контроля наработки ГАСИ, является актуальной задачей.

**Ключевые слова:** гидравлический аварийно-спасательный инструмент, надежность, ресурс работы, наработка.

*K. S. Dvoeglazov, E. M. Ermonina, A. D. Semenov*

## **ON TIME PERFORMANCE HYDRAULIC RESCUE TOOL FIRE**

The main equipment used for rescue operations was a hydraulic rescue tool. However, in order to choose the right set of hydraulic rescue tool, it is important to evaluate it based on its benefits brought in the course of work. This article analyzes a technique based on an integral indicator – the mathematical expectation of damage from the termination of its work. On elements of the equipment of hydraulic rescue tool, there are no devices allowing to control operating time of the tool. In this regard, the development of control systems operating time hydraulic rescue tool, is an urgent task.

**Keywords:** hydraulic rescue tool, reliability, service life, operating time.

В наше время очень часто возникают аварии, на которых необходимо проводить операции по спасению людей, разбирать завалы, проводить работы по деблокированию пострадавших из искореженных транспортных средств. Быстрое и оперативное проведение аварийно-спасательных работ является залогом успеха всей операции.

Основным оборудованием, используемым для проведения аварийно-спасательных работ (АСР) стал гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ).

Однако для того, что бы правильно выбрать комплект гидравлического аварийно-спасательного инструмента важно провести его оценку исходя из его пользы приносимой в ходе работы. В данной статье проанализирована методика, основанная на интегральном показателе – математическое ожидание ущерба от прекращения его работы.

Авторами [1] показано, что выбор рационального варианта комплект АСИ проводится по технико-экономической оценке их применения. В качестве критериального показателя эффективности комплекта ГАСИ принимается удельная стоимость варианта комплекта инструмента.

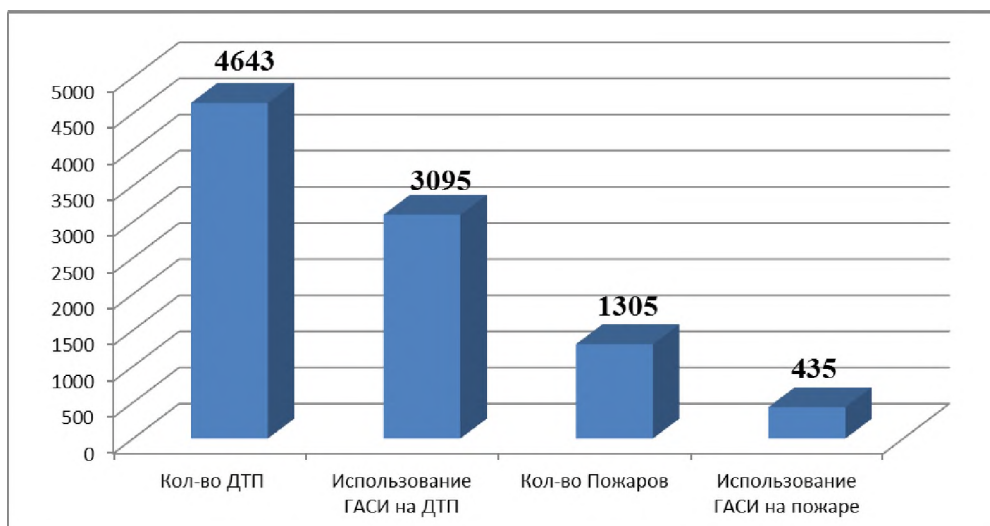
В табл. 1 представлены значения вероятностных величин ( $Q$  и  $P$ ), характеризующие эксплуатационную надёжность комплектов ГАСИ, а также вероятность того, что осуществлены основные этапы выполнения операций по деблокированию пострадавших и этапы обеспечения подготовительных работ (влияние дестабилизирующих факторов не учитывалось). Кроме того, в табл. 2 приведены результаты расчётов общей пользы и сопоставимых затрат на закупку и обслуживание сравниваемых комплектов ГАСИ (в пересчёте на 1 год) по данным Ивановского пожарно-спасательного гарнизона.

*Таблица 1. Пример использования показателей риска для выбора аварийно-спасательного оборудования [1]*

	ПЧ-1	ПЧ-2	ПЧ-3		ПЧ-4	ПЧ-9	СЧ		
	Спрут	Спрут	Спрут	Мед-ведь	Спрут	Спрут	Спрут	Простор	Амкус
Вероятность безотказной работы ( $P$ )	0,938	0,971	0,930	0,929	0,964	0,985	0,947	0,947	0,985
Вероятность отказа ( $Q$ )	0,062	0,029	0,070	0,071	0,036	0,015	0,053	0,053	0,015
Общая польза, %	15,21 5	31,33 4	13,65 0	13,440	25,17 5	53,30 7	17,60 4	17,604	55,92 6

Однако для данной методики необходимо учитывать данные по ресурсу работы ГАСИ.

Опрос экспертов показал, что гидравлический аварийно-спасательный инструмент применяется в каждом третьем случае при проведении аварийно-спасательных работ на пожаре и в каждом 2 случае из 3 при ликвидации последствий дорожно-транспортного происшествия.



**Рис. 1.** Использование ГАСИ на пожарах и ДТП в г. Иваново и Ивановской области

Из рис. 1 видно, что гидравлический аварийно-спасательный инструмент применяется на пожарах в 34% случаях, на ДТП в 60%.

Время работы инструмента при проведении АСР определяется по формуле 1. как промежутка времени необходимо количество выездов подразделения умножить на время, затрачиваемое при проведении работ гидравлическим аварийно-спасательным инструментом.

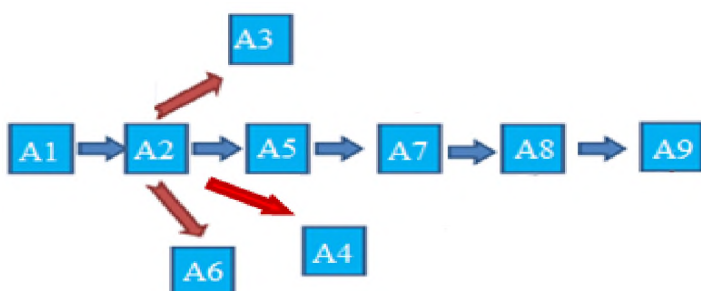
$$t_{\text{общ}} = t_{\text{операции}} \cdot n_{\text{выездов}} \quad (1)$$

где  $n_{\text{выездов}}$  - количество выездов подразделений с применением ГАСИ;

$t_{\text{операции}}$  - время операции (время затрачиваемое на проведение работ с ГАСИ).

С целью определения времени работы инструмента при чрезвычайной ситуации, рассмотрим основные этапы работ с ГАСИ проводимые на пожаре.

На рис. 2 представлена схема проведения АСР на пожаре, которая разбита на 9 этапов. Номенклатура этапов работ на пожаре представлена в табл. 2. В основном ГАСИ используют для быстрого вскрытия запертых дверей (А3) и перекусывания стальных решеток на окнах (А4), а также подъема и перемещения строительных конструкции преграждающих путь к пострадавшему.



**Рис. 2.** Схема проведения АСР на пожаре

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

*Таблица 2. Этапы работ при проведении АСР на пожаре*

<b>Операция</b>	<b>Наименование операции</b>
A1	Сбор и выезд подразделения к месту вызова.
A2	Проведение разведки, постановка задач.
A3	Работы по вскрытию запертых дверей
A4	Работы по перекусыванию стальных решеток на окнах
A5	Расчистка путей эвакуации путем подъема и перемещения элементов строительных конструкций.
A6	Работы по устранению аварийных течей (паропровода) путем пережатия труб.
A7	Работы по спасению людей материальных и культурных ценностей.
A8	Работы по тушению пожара. Проведение АСДНР.
A9	Сбор и возвращение к месту постоянной дислокации подразделения.

Анализ литературы [2-4] позволил выделить основные этапы работ с ГАСИ на пожаре и определить время работы инструмента при совершении отдельных видов операции (табл. 3)

*Таблица 3. Операции, проводимые с помощью ГАСИ, при тушении пожара*

<b>Операция</b>	<b>Наименование операции</b>	<b>Время операции</b>
A3	Вскрытие запертых металлических дверей.	~15 секунд
A4	Перекусывание решеток на окнах (арматуры).	~10 секунд
A5	Подъем и перемещение элементов строительных конструкций.	~7 секунд
A6	Работы по пережиму труб (технологической трубы).	~8 секунд

Авторами [4] установлено, что для технических систем вероятность безотказной работы во времени подчиняется экспоненциальному закону распределения случайной величины формула 2.

$$P(t) = e^{-\frac{1}{T}t_{\text{общ}}} \quad (2)$$

где  $T$  - наработка на отказ для исполнительного механизма (формула 3).

$$T = -\frac{t}{\ln P} \quad (3)$$

где  $t$  - время работы инструмента за 1 год;

$P$  - вероятность безотказной работы инструмента.

Таким образом, для определения параметров распределения (наработка на отказ, интенсивность отказа) требуется фиксация интервалов работы (ресурса работы) гидравлического аварийно-спасательного инструмента. Установление этих параметров позволит осуществлять прогнозирование поломок при эксплуатации инструмента в пожарно-спасательных подразделениях и повысить оперативную готовность.

Работоспособность оборудования в технике характеризуется надежностью, которая достигается за счет своевременного и качественного проведения регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту. Однако на элементах оборудования ГАСИ, отсутствуют устройства, позволяющие контролировать наработку инструмента. В связи с этим разработка систем контроля наработки ГАСИ, является актуальной задачей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И.В. Сараев и др. // Пожаровзрывобезопасность. 2015. № 4. с. 66–71.
2. *Богомолов, М.В.* Гидравлический аварийно-спасательный инструмент. / Богомолов М.В., Березин В.В., Федотов Е.В.: ИИГПС МЧС России, 2009. – 73 с.
3. Учебно-методический комплект для обучения в учебных центрах федеральной противопожарной службы пожарных-спасателей, участвующих в ликвидации ДТП, по оказанию необходимой помощи пострадавшим в этих происшествиях. М.: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2010. Ч. 1. – 291 с.
4. ГОСТ 50982-2009 «Инструмент для проведения специальных работ на пожарах».
5. *Байхельт, Ф.* Надежность и техническое обслуживание. Математический подход. / Байхельт Ф., Франкен П.: Пер. с нем. – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.

УДК 614.842.4

***В. С. Еловский, В. А. Комельков***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **СИСТЕМА ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ**

Представлена система противопожарной защиты трансформаторной подстанции.

**Ключевые слова:** автоматическое водяное пожаротушение, трансформаторная подстанция.



*V. S. Elovsky, V. A. Komel'kov*

## **THE FIRE PROTECTION SYSTEM OF THE TRANSFORMER SUBSTATION**

The system of fire protection of transformer substation is presented.

**Keywords:** automatic water fire extinguishing, transformer substation.

Трансформаторные подстанции представляют серьезную пожарную опасность. Пожары на подстанциях могут возникать на трансформаторах, масляных выключателях и в кабельном хозяйстве. Подстанции имеют трансформаторы, где находится большое количество трансформаторного масла. Трансформаторы и выключатели распределительных устройств устанавливаются на фундаментах, под которыми располагают маслоприемники, соединенные с аварийными емкостями. Каждый трансформатор, помещен в отдельной камере, которая соединяется монтажными проемами с помещением распределительного щита и кабельными каналами[1].

Трансформаторная подстанция, являясь сложным технологическим объектом, должна эксплуатироваться по определенным правилам и инструкциям, электротехническим персоналом высокого уровня. Необходимо помнить, что пожары на подстанциях могут приводить к полной остановке энергетического объекта.

Причин аварий и пожаров на подстанции много, некоторые случаются часто, некоторые случаи единичны. Наиболее часто встречающиеся и распространенные причины [2].

1. Ошибочные действия электротехнического персонала довольно частое явление. Возникают они из-за низкой квалификации, невнимательности, нарушения оперативной дисциплины при выполнении обязанностей. Чаще всего, это такие нарушения как подача напряжения путем включения коммутационных аппаратов, на заземленные токоведущие части. Подача напряжения на неисправное или находящееся в ремонте оборудование. Отключение либо включение нагрузки, коммутационными аппаратами не предназначенными для этого.

2. Некачественный электромонтаж или ремонт. К этим причинам можно отнести такие недоработки как плохая регулировка приводов коммутационных аппаратов, плохо протянутые контакты, заводские дефекты электрооборудования. Не затянутые контакты под нагрузкой начинают греться и гореть, возникает электрическая дуга и если защиты настроены плохо возникает пожар на подстанции.

3. Неисправности в сетях релейной защиты и автоматики могут быть следующие: неправильно настроенные токовые уставки, вследствие чего неселек-



тивное срабатывание защиты или ее отказ в момент короткого замыкания. Нарушение изоляции или обрывы проводов, в цепях оперативного тока, неисправность релейных или микропроцессорных блоков защиты.

4. Однофазные замыкания на землю в сетях 6-35кВ опасны тем, что при замыкании на землю одной из фаз, ее напряжение относительно земли снижается до нуля, в то время как напряжение «здоровых» фаз повышается до линейных. Возникающие при этом перенапряжения приводят к пробое изоляции и возникновению электрической дуги. Все это приводит к разрушению изоляторов, оплавлению шин и проводов.

5. Грозовые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях, могут стать причиной повреждения изоляции электрооборудования.

Особенности развития пожаров трансформаторов зависит от места его возникновения. При коротком замыкании в результате воздействия электрической дуги на трансформаторное масло и разложения его на горючие газы могут происходить взрывы, которые приводят к разрушению трансформаторов и масляных выключателей и растеканию горящего масла. Пожары из камер, где установлены трансформаторы, могут распространяться в помещение распределительного щита и кабельные каналы или туннели, а также создавать угрозу соседним установкам и трансформаторам. О размерах возможного очага пожара можно судить по тому, что в каждом трансформаторе содержится до 100 т масла (рис. 1).

Необходимым условием обеспечения пожарной безопасности для трансформаторных подстанций является внедрение систем противопожарной защиты [3]. Система противопожарной защиты трансформаторов проектируется соответствии с [4,5]. В качестве огнетушащих веществ в стационарных установках пожаротушения для силовых трансформаторов энергетических предприятий следует применять распыленную воду.

При разработке систем противопожарной защиты для трансформаторной подстанции возникает ряд затруднений.

На основании существующих нормативных документов регламентирующие вопросы разработки систем противопожарной защиты не ясен алгоритм пуска установки водяного пожаротушения трансформаторов. В соответствии с [5] для автоматического включения насосов, запорнопусковых устройств установок пожаротушения и сигнализации о пожаре для трансформаторов должны использоваться— дифференциальная и газовая защита. Данные типы защит сра-



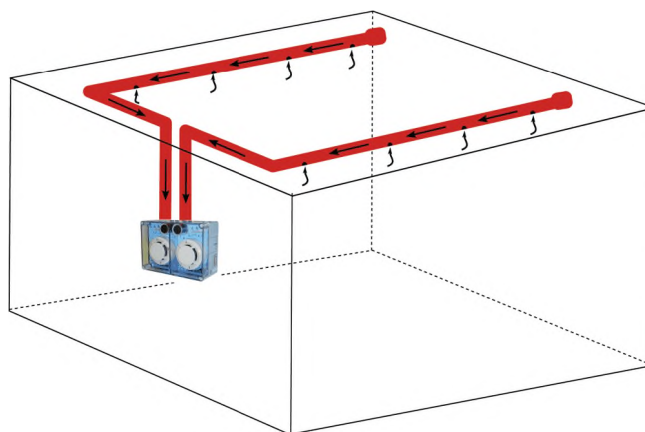
**Рис. 1. Пожар трансформатора**

батывают не только при пожаре, так например, дифференциальная защита трансформаторов применяется для предотвращения аварийных и ненормальных режимов работы при возникновении короткого замыкания между фазами, межвитковых КЗ и замыкания одной или более фаз на землю. Газовая защита применяется на трансформаторах помещенных в заполненный маслом бак с расширителем, она реагирует на все повреждения внутри бака трансформатора, при которых происходит выделение газа, ускоренное перетекание масла или смеси масла с газом из бака в расширитель, а также на снижение уровня масла. Т.е. действие данных типов защит не всегда происходит в результате пожара на трансформаторе, поэтому применять только их для сигнализации о пожаре не целесообразно.

Обнаружение пожара при помощи автоматических точечных пожарных извещателей в камерах трансформатора затруднительно, поскольку из-за повышенного электромагнитного излучения извещатели работать не будут.

Одним из вариантов решения указанных вопросов, может быть в применении для обнаружения пожара систем построенных на базе аспирационных извещателей.

Аспирационный извещатель (Рис. 2) производит принудительный забор газозадушной смеси из защищаемого объекта для последующего анализа и формирования степеней опасности по факторам развития процесса таких как повышение уровня концентрации газов (угарного газа и /или других газов), уровня задымленности и теплового фактора. При превышении функционально установленных уровней опасности или возникновении аварийной ситуации извещатель выдает сигналы управления («Тревога1», «Тревога2», «Авария») во внешние цепи.



**Рис. 2. Извещатель пожарный аспирационный**

Конструктивная особенность, которая во многих случаях делает аспирационные извещатели незаменимыми. Измерительная система извещателя - блок обработки, за счет индивидуального проектирования трубной разводки для забора воздуха, может быть расположена в любом месте, а трубки выведены именно в зоны потенциального пожара. Это дает возможность анализировать воздух в местах, которые по условиям эксплуатации или по конфигурации данной зоны исключают установку точечных извещателей. Размещение в защищаемом пространстве только сети воздухозаборных труб позволяет решить про-

блему помехозащищенности системы пожарной сигнализации. Пластиковые трубы не являются проводниками и не подвержены влиянию электромагнитных помех.

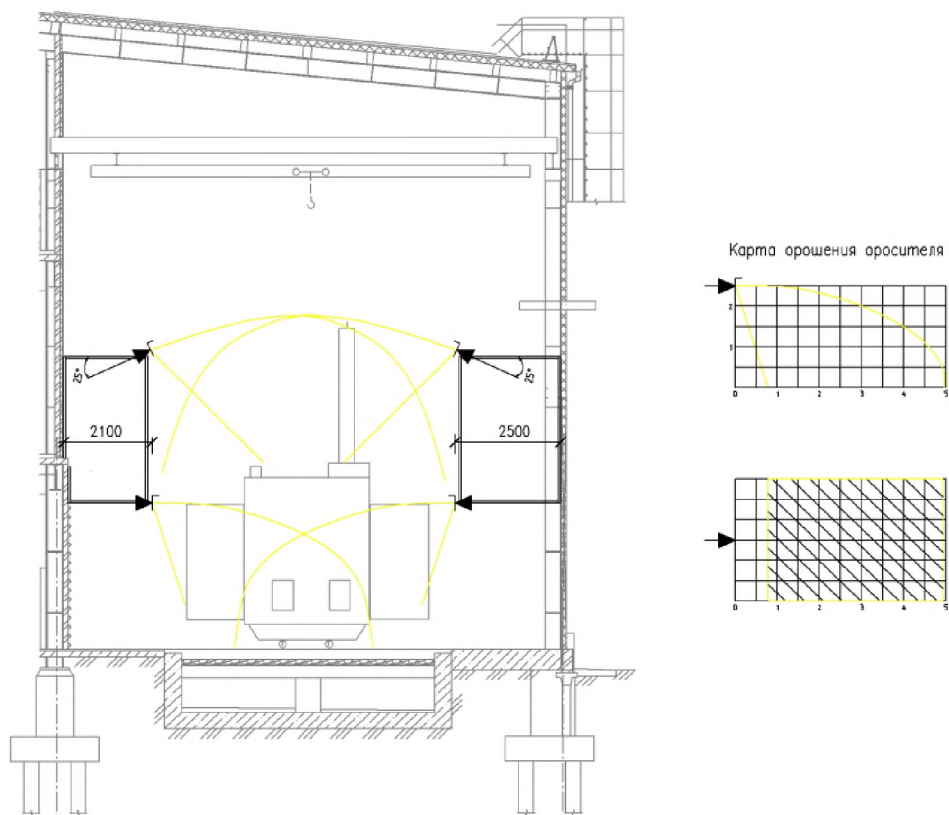
При срабатывании одного канала аспирационного пожарного извещателя, прибор приемно-контрольный пожарный и управления (ППКУП) переходит в режим «внимание», при срабатывании второго канала извещателя или срабатывании ручного пожарного извещателя, прибор переходит в режим «пожар». Происходит включение системы оповещения и отключения вентиляции. Также формируется сигнал на приборы автоматики защиты трансформатора для его отключения.

После отключения трансформатора сигналом от приборов автоматики защиты трансформатора формируется сигнал на электромагнитный клапан дренчерного контрольно-пускового узла (КПУ). КПУ срабатывает и вода подается в защищаемом направлении. При открытии КПУ срабатывает сигнализатор давления универсальный, который свидетельствует о запуске системы водяного пожаротушения. Для запуска КПУ необходимо чтобы сработала и пожарная сигнализация и автоматика защиты трансформатора.

Ручной запуск при помощи устройство ручного пуска на узле управления осуществляется персоналом после того как произведено отключение его выключателей со всех сторон электропитания. Кроме того, также необходимо предусмотреть автоматическое отключение трансформатора при срабатывании сигнализатора давления на КПУ, для того, чтобы в случае ложного срабатывания КПУ, огнетушащее вещество подавалось только на отключенный трансформатор.

Затруднения при разработке системы противопожарной защиты также может возникать при размещении дренчерных оросителей автоматической установки пожаротушения трансформаторов. В соответствии с [5] должно обеспечиваться орошение защищаемой поверхности с интенсивностью не ниже  $0,2 \text{ л/с} \times \text{м}$ , включая высоковольтные вводы, маслоохладители и маслоприемник в пределах бортового ограждения.

Размещение оросителей необходимо производить при помощи специальных металлических конструкций, которые позволяют удерживать трубопроводы и оросители в нужном положении, например как это показано на рис. 3. Расположение оросителей и их количество должно уточняется по картам орошения.



**Рис. 3.** План размещения дренчерных оросителей

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://elektrika-24.narod.ru/>
2. <http://pandia.ru/>
3. Федеральный закон от 22.07.08 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»
5. РД 153-34.0-49.101-2003 Инструкция по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий.

УДК 614.847.79

*В. С. Еловский, А. П. Сизов, В. А. Комельков,  
М. А. Колбашов, Е. В. Зарубина*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## УВЕЛИЧЕНИЯ ДЕМПФИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА В УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ

Предлагается в конструкцию магнитожидкостного амортизатора для гашения колебаний ввести элемент обеспечивающий компенсирования статической нагрузки обусловленной массой защищаемого объекта с одновременным гашением колебаний объекта.

**Ключевые слова:** магнитожидкостное устройство, амортизатор, демпфирующий эффект.

*V. S. Elovsky, A. P. Sizov, V. A. Komel'kov, M. A. Kolbashov, E. V. Zarubina*

## INCREASE THE DAMPING EFFECT IN DEVICES FOR DAMPING OSCILLATIONS

It is proposed in the design of the magnetic liquid damper for damping oscillations is to introduce an element providing the compensation of the static load due to weight of the protected object with simultaneous damping of oscillations of an object.

**Keywords:** magnetic fluid device, shock absorber, damping effect.

Одними из важнейших элементов в технике различного рода являются устройства для гашения колебаний – амортизаторы.

В настоящее время распространение получили магнитожидкостные амортизаторы, содержащие корпус, в котором установлена магнитная система создающая магнитный поток воздействующий на магнитовосприимчивую жидкость являющуюся диссипативным элементом при её течении и деформации под действием сил возникающих при колебаниях защищаемого объекта.

Известен магнитожидкостный амортизатор для гашения колебаний, содержащий корпус из двух жестко закрепленных коаксиальных цилиндрических элементов, внутренний из которых выполнен в виде сплошного цилиндра, с образованием открытой полости и размещенной в ней с возможностью осевого и вращательного перемещения поршня, причем зазоры между корпусом и поршнем заполнены магнитоактивной жидкостью, а цилиндрические элементы корпуса и поршня закреплены на магнитных переходниках, а поршень выполнен в виде набора сопряженных цилиндрических элементов представляющих собой магнитопроводы и обмотка возбуждения магнитного поля расположенных меж-

ду последними. При этом с торцов во внутреннем цилиндрическом элементе выполнены полости образованные вращением вокруг его оси криволинейной образующей, один конец которой лежит на торцах цилиндра, а второй в точках пересечения оси поперечным сечениям, проходящим через внутреннюю край внешних цилиндрические элементов при соответствующих положениях поршня.

Недостатком известного устройства является сложность осуществления работы при восприятии статической нагрузки из-за необходимости работы с магнитной жидкости имеющий высокий предел текучести обеспечивающий компенсирование статической нагрузки.

С целью исключения указанного недостатка и усиления демпфирующего эффекта при восприятии демпфером статической нагрузки обусловленной массой защищаемого объекта при его колебаниях предлагается в конструкцию магнитожидкостного амортизатора для гашения колебаний ввести элемент обеспечивающий компенсирования статической нагрузки обусловленной массой защищаемого объекта с одновременным гашением колебаний объекта.

Указанная цель достигается тем, что магнитожидкостный амортизатор содержащий корпус заполненный магнитной жидкостью, шток с магнитной системой подвижный в осевом направлении и размещенный в корпусе дроссирующие каналы соединяющие полости корпуса, постоянные магниты создающие магнитный поток в дроссирующих каналах.

Целью изобретения является увеличение демпфирующих характеристик магнитожидкостного амортизатора. Указанная цель достигается тем, что в магнитожидкостном амортизаторе в корпусе заполненном магнитной жидкостью, шток с магнитной системой подвижный в осевом направлении и размещенный в корпусе, дроссирующие каналы соединяющие полости корпуса, постоянные магниты создающие магнитный поток в дроссирующих каналах шток с магнитной системой подвижной в осевом направлении на штоке, выполненном из немагнитного материала установлен эластичный элемент воспринимающий статическую нагрузку, постоянным магнитом и в корпусе демпфера установлен другой постоянный магнит противоположной полярности с введенным в его магнитного шунта.

На рисунке представлена схема предлагаемого устройства. В корпусе 1 - выполненном из немагнитного материала установлен шток 2 и статический демпфер 3 - выполненный из эластичного материала. На штоке 2 установлен постоянный магнит 4- фиксированный на штоке от осевых перемещений с помощью шайбы 5 и гайки 6. В корпусе 1 установлена дроссирующая шайба 7 разделяющая пространства в корпусе 1 на две полости А и Б, и выполненная из магнитных материалов между торцевой и поверхностью магнита 4 и шайбы 7 образован неравномерный зазор  $\delta$ . В корпусе 1 установлен постоянный магнит 8 намагниченный в осевом направлении полярности противоположному магниту 4.



Полости А и Б и зазор  $\delta$ , заполнены магнитной жидкостью 9. Защищаемый объект 10 устанавливается на шток 2.

Амортизатор работает следующим образом. При установке на штоке 2 объекта подлежащего защите от колебаний статическая нагрузка определенная массой объекта компенсируется за счет жесткости эластичного элемента 3. При возникновении колебаний защищаемого объекта 10 происходит деформация статического демпфера 3 и возникает колебания внутри эластичного элемента которые передаются на шток 2 закрепленный жестко в элементе 3. Эти же колебания передаются на магнитную жидкость 10 которая начинает перетекать через зазоры дроссирующей шайбы 7 пронизанные магнитным потоком от совместного взаимодействия постоянных магнитов 4 и 8.

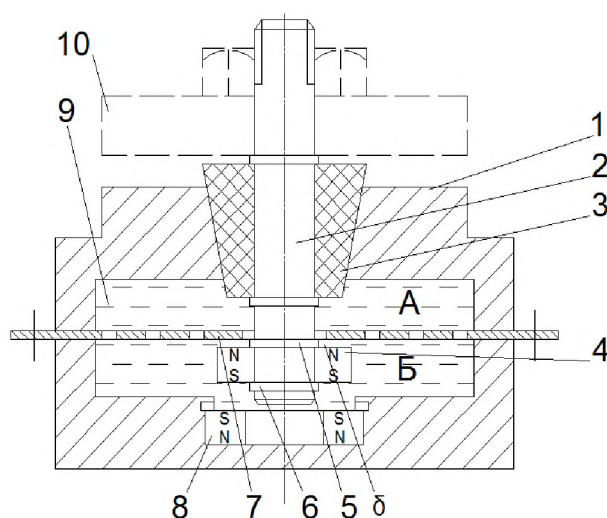


Рисунок. Магнитожидкостный амортизатор

В результате перетекания магнитной жидкости через отверстия образованные в дроссирующей шайбе происходит диссипация энергии выделяющейся при колебаниях объекта 10.

Диссипации энергии при колебаниях объекта защиты способствует так же изменение формы распределения магнитного потока созданного совместным действием магнитов 4 и 8 имеющих встречную полярность. Намагничивание магнитов 4 и 8 встречной полярности способствует изменению жесткости статического демпфера 3 который так же становится энергопоглощающим за счет изменения длины молекул вещества образующего эластичный материал статического демпфера. Осевое перемещение штока 2 не ограничиваются жесткостью связью дроссирующей шайбы 7 и штока 2 путем создания торцевого зазора  $\delta$ , между постоянным магнитом 4 и дроссирующей шайбы 7 и этот зазор выполнен неравномерным для увеличения перепада давления воздействующего на него магнитную жидкость при ее перетекании через отверстия в дроссирующей шайбе в плоскости перпендикулярной оси.

УДК: 614.847.79

*Е. М. Ермонина, А. Д. Семенов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА**

Эффективность использования гидравлического аварийно-спасательного инструмента (ГАСИ) в большой степени зависит от технического состояния единичной элементов оборудования. Техническое состояние оборудования в процессе эксплуатации изменяется в сторону ухудшения, в связи с износом узлов и агрегатов. Работоспособность оборудования в технике характеризуется надежностью, которая достигается за счет своевременного и качественного проведения регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту. Однако на элементах оборудования ГАСИ, отсутствуют устройства, позволяющие контролировать наработку инструмента. В связи с этим разработка систем контроля наработки ГАСИ, является актуальной задачей.

**Ключевые слова:** гидравлический аварийно-спасательный инструмент, эксплуатация.

*E. M. Ermonina, A. D. Semenov*

## **ON THE EFFICIENCY OF OPERATION OF HYDRAULIC RESCUE TOOL**

The effectiveness of the use of hydraulic rescue tools to a large extent depends on the technical condition of a single piece of equipment. The technical condition of the equipment during operation changes in the direction of deterioration, due to wear of components and assemblies. Performance of equipment in the technique is characterized by reliability, which is achieved through timely and quality of routine maintenance and repair. However on elements of the equipment of hydraulic rescue tools, there are no devices allowing controlling operating time of the tool. In this regard, the development of control systems operating time hydraulic rescue tools is an urgent task.

**Keywords:** hydraulic rescue tools, exploitation.

Эффективность использования гидравлического аварийно-спасательного инструмента (ГАСИ) в большой степени зависит от технического состояния единичной элементов оборудования. Техническое состояние оборудования в процессе эксплуатации изменяется в сторону ухудшения, в связи с износом узлов и агрегатов. Динамика изменения технического состояния элементов ГАСИ, в зависимости от различных условий, режимов эксплуатации, квалифика-



ции спасателя, наработки с начала эксплуатации и имеет различную величину. Т.е. в зависимости от технического состояния, оборудование входящие в комплект ГАСИ может обладать различными индивидуальными особенностями.

Анализ литературы [1-3] показал, что особенностью ГАСИ является и то, что при неисправном техническом состоянии оборудование может быть работоспособным, а следовательно, участвовать в процессе эксплуатации.

Работоспособность оборудования в процессе эксплуатации определяется требованиями надежности и возможностью поддерживать их в исправном состоянии.

Исправность – определенное состояние объекта, при котором данный объект соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией (НТД). Неисправность – определенное состояние объекта, при котором объект не соответствует хотя бы одному из требований, установленных нормативно-технической документацией. Работоспособность – определенное состояние объекта, при котором объект способен выполнять некоторые заданные функции, сохраняя основные параметры в пределах, установленных нормативно-технической документации. Основные параметры представляют собой функционирование объекта при выполнении некоторых поставленных задач и устанавливаются в нормативно-технической документации [4].

Таким образом, проанализировав различные показатели готовности техники согласно нормативно-технической документации [4, 5], делаем вывод о том, что своевременное обслуживание приводит к более долгому сроку работы технических систем, что так немаловажно в случае работы аварийно-спасательным инструментом.

Эксплуатация ГАСИ заключается в контроле его технического состояния и обеспечении готовности для производства аварийно-спасательных работ (АСР). Содержание и ремонт ГАСИ - это комплекс мероприятий, направленных на поддержание и восстановление первоначальных эксплуатационных качеств и обеспечение постоянной эксплуатационной готовности.

Эксплуатационное содержание включает в себя работы, направленные на обеспечение функционального назначения элементов ГАСИ, а также мероприятия по проверке и оценке их состояния, а именно:

- систематический контроль (инспектирование с проверкой работоспособности);
- детальный осмотр, контроль, в том числе инструментальный, и выполнение работ по содержанию;
- выполнение регламентных работ.

Систематический контроль включает мероприятия, необходимые для проверки и оценки эксплуатационного состояния ГАСИ, как плановые - ежедневная проверка работоспособности при приеме дежурства, так и внеплановые, т.е. вызванные аварийными и другими обстоятельствам - осмотр и проверка работоспособности после проведения АСР.

Ремонт, заключается в устранении дефектов, с целью восстановления работоспособности ГАСИ, а затем и достижение полной исправности. Работа с аварийно-спасательными инструментами требует определенного обучения и навыка [5, 6]. Поддержание аварийно-спасательного инструмента в исправном состоянии достигается своевременным проведением работ по техническому обслуживанию, однако данные по наработке ГАСИ в подразделениях не всегда являются достоверными для определения временных показателей ремонта и технического обслуживания.

Таким образом, на вооружении пожарно-спасательных подразделений МЧС России находится целый спектр комплектов гидравлического аварийно-спасательного инструмента. Несмотря на многообразие зарубежных и отечественных фирм-изготовителей ГАСИ, все они предлагают комплекты и наборы с определенным перечнем наименований образцов техники, которые включают в себя рабочий инструмент, рабочее оборудование, вспомогательные и дополнительные изделия и принадлежности. При этом особенность проводимых работ ГАСИ при ликвидации последствий ДТП можно рассматривать как комплекс управленческих решений и оперативно-тактических действий, направленных на спасение и сохранение жизни людей. Исходя из технологического порядка операций проведения АСР, ликвидация последствий ЧС является сложным процессом, который включает в себя несколько видов действий: обработка вызова, выезд и следование к месту вызова, разведка ситуации, развертывание. Действия, направленные на спасение пострадавших. Таким образом, от исправности гидравлического инструмента будут зависеть временные показатели проведения аварийно-спасательных работ.

Работоспособность оборудования в технике характеризуется надежностью, которая достигается за счет своевременного и качественного проведения регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту. Однако на элементах оборудования ГАСИ, отсутствуют устройства, позволяющие контролировать ресурс работы инструмента. В связи с этим разработка систем контроля наработки ГАСИ, является актуальной задачей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Салихов Р.Ф. Повышение эффективности и технической эксплуатации парка дорожно-строительных машин / Салихов Р.Ф., Иванов В.Н. // Омский научный вестник. - 2004. - № 1 (24). - с. 92-94.
2. Андронов А.А. Разработка системы показателей эффективности эксплуатации транспортных и технологических машин лесного хозяйства / Андронов А.А. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование – 2010. - № 3. – с. 111-114.

3. Репин С.В. Методология совершенствования системы технической эксплуатации строительных: Авторефер. диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук: 05.05.04 / С.В. Репин. - Санкт-Петербург 2008. - 46 с.

4. *Богомолов М.В.* Гидравлический аварийно-спасательный инструмент./Богомолов М.В., Березин В.В., Федотов Е.В.М.: ИИГПС МЧС России,2009.

5. ГОСТ 50982-2009 «Инструмент для проведения специальных работ на пожарах».

6. *Малкин В.С.* Надежность технических систем и техногенный риск. / В.С. Малкин. – Ростов н/Д.: Феникс, 2010.

7. *Солодников В.В.* Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. / Солодников В.В. [и д.р.] – М.: Машиностроение, 1976.

8. *Степанов А.С.* Гидравлический аварийно-спасательный инструмент в схемах и таблицах. / А.С. Степанов- М.: 2008.

УДК 669.058

***В. П. Зарубин***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **УЛУЧШЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛАХ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В работе приведены результаты исследований, направленных на улучшение триботехнических характеристик пластичных смазочных материалов, используемых в подшипниковых узлах пожарной и аварийно-спасательной техники.

**Ключевые слова:** надежность, износ, трение, пластичная смазка.

***V. P. Zarubin***

## **IMPROVEMENT OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF LUBRICANTS USED IN BEARING UNITS OF FIRE EQUIPMENT**

The paper presents the results of research aimed at improving the tribological characteristics of plastic lubricants used in bearing units of fire and rescue equipment.

**Keywords:** reliability, wear, friction, grease.

Пожарная и аварийно-спасательная автомобильная техника кроме транспортного режима, свойственного большинству транспортных автомобилей, эксплуатируется еще и в стационарном режиме. В стационарном режиме мощность передается на исполнительные агрегаты. Это может приводить к повы-

шенному износу узлов трения пожарных автомобилей и, как следствие, ухудшать технические характеристики узлов и механизмов.

Согласно существующей статистике, одной из причин выхода из строя пожарной и аварийно-спасательной техники и постановки ее на ремонт, являются поломки подшипниковых узлов. Одним из способов повышения надежности и долговечности подшипниковых узлов является улучшение качества применяемых смазочных материалов. Свойства смазочных материалов играют важную роль в обеспечении оптимальных условий трения и показателей надёжности подшипниковых узлов пожарной и аварийно-спасательной техники. Поэтому смазочные композиции необходимо совершенствовать. Одним из направлений улучшения свойств смазки является добавление в базовый смазочный материал химически активных присадок и добавок. Основным назначением вводимых в базовую смазку присадок является улучшение, прежде всего, противоизносных и антизадирных свойств.

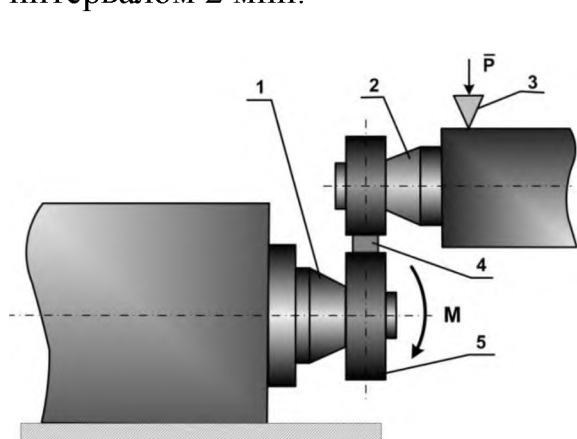
В специальной пожарной и аварийно-спасательной технике применяются различные смазочные материалы – это жидкие масла и пластичные смазки. Сегодня различными фирмами-производителями предлагается весьма широкий ассортимент трибодобавок, призванных улучшить триботехнические характеристики узлов трения. Ранее описывалась комбинированная смазка [1] для применения в качестве присадки к жидким маслам с комбинированным наполнителем в виде медно-оловянного комплекса и мелкодисперсного порошка искусственного серпентина. Использование этих добавок позволило значительно повысить триботехнические характеристики исследованных смазочных материалов. Снижение коэффициента трения составило 10 – 12 %, а интенсивность изнашивания удалось снизить на 30 % при оптимальной концентрации трибоактивной присадки, вводимой в исследованные смазочные материалы. Результаты исследований данной присадки приведены в работе [2].

Целью данной работы являлось разработка и исследование трибоактивной добавки на основе солей мягких металлов и порошка искусственного серпентина для пластичных смазок, используемых в пожарной и аварийно-спасательной технике. Ранее экспериментально было доказано, что совместное действие вышеупомянутых компонентов приводит к значительному снижению износа в зоне трения, за счет более интенсивного осаждения мягких металлов на поверхностях трения.

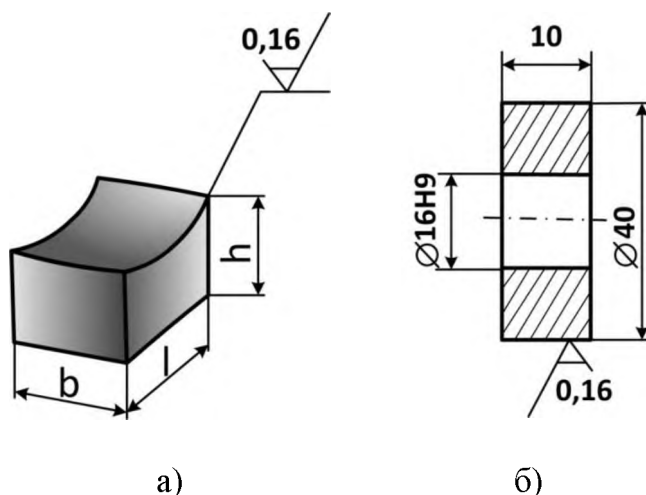
Технология приготовления новой смазочной композиции заключается в механическом смешивании в определенной пропорции двух наполнителей: медно-оловянного комплекса и порошка искусственного серпентина. Особое внимание уделялось процессу смешивания компонентов присадки, которое проводилось при помощи ультразвукового диспергатора. Разработанный наполнитель вводили в натриевую смазку ЯНЗ-2, которая широко используется для смазки подшипников ступиц колес и подшипника ведущего вала коробки

передач. Для изучения влияния разработанного наполнителя на триботехнические свойства смазки ЯНЗ – 2 была выбрана стандартная методика, применяемая на машинах трения СМТ-1 с парой трения «диск – частичный вкладыш» (рис. 1).

Детали пары трения (рис. 2) изготавливались из углеродистой стали с последующей термообработкой. Твердость поверхности деталей пары трения составляла 42 HRC. Проводилась финишная обработка поверхностей трения испытуемых образцов пары трения. Шероховатость поверхностей трения составляла  $Ra = 0,15$ . Скорость скольжения диска по вкладышу была выбрана 1 м/с. Нагрузка на испытуемые образцы увеличивалась ступенчато, модифицированный смазочный материал к трущимся поверхностям подавался периодически с интервалом 2 мин.



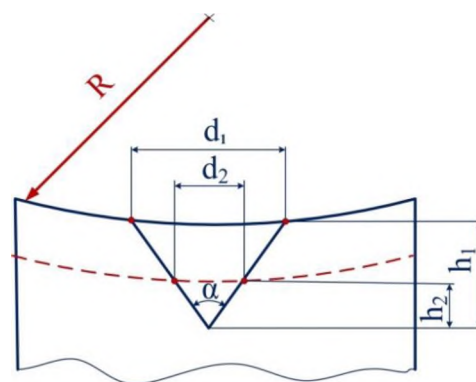
**Рис. 1.** Принципиальная схема машины трения: 1 – рабочий вал; 2 – стойка; 3 – нагрузка, прикладываемая к диску; 4, 5 – трущиеся детали



**Рис. 2.** Стальной вкладыш (а) и стальной ролик (б) используемые в качестве пары трения при испытаниях

Кроме момента трения определялась степень износостойкости испытуемых образцов. В данной работе использовались методы определения линейного износа образцов. Схема определения линейного износа представлена на рис. 3.

Для определения интенсивности износа на поверхности вкладыша пары трения наносились отпечатки коническим твердосплавным индентером. Размеры отпечатков измерялись до проведения испытаний и после испытаний с помощью микроскопа.



**Рис. 3.** Размерные величины, необходимые для определения износа пары трения

Одной из решаемых задач данного исследования являлась определение оптимальной концентрации разработанной смазочной композиции в испытуемой смазке. Для определения оптимальной концентрации разработанной трибоактивной добавки для подшипниковых узлов пожарной и аварийно-спасательной техники использовался метод планирования эксперимента. Результаты расчетов показали, что оптимальной концентрации исследуемой смазочной композиции является концентрация 1,5 мас.%. Это значение концентрации присадки в смазке также было подтверждено статистической обработкой результатов, учитывающей влияние случайных погрешностей [3].

Результаты проведенных исследований триботехнических характеристик модифицированной смазочной композиции представлены на рис. 4, 5.

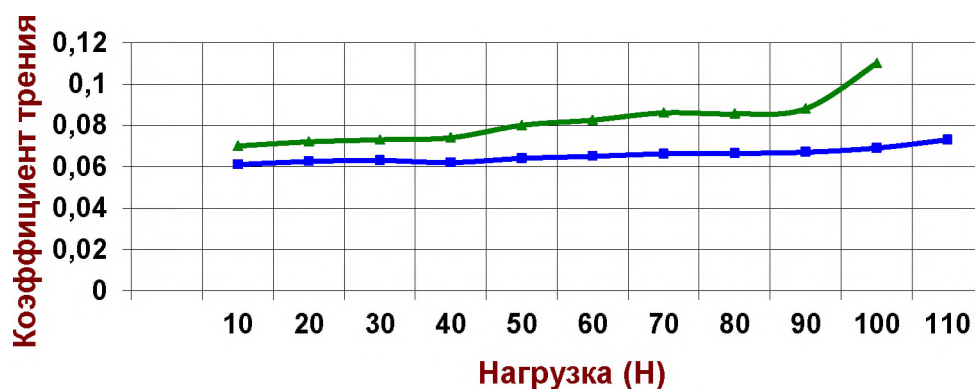


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения от нагрузки:  
▲ – для смазки ЯНЗ-2; ■ – для смазки ЯНЗ-2 разработанной присадкой

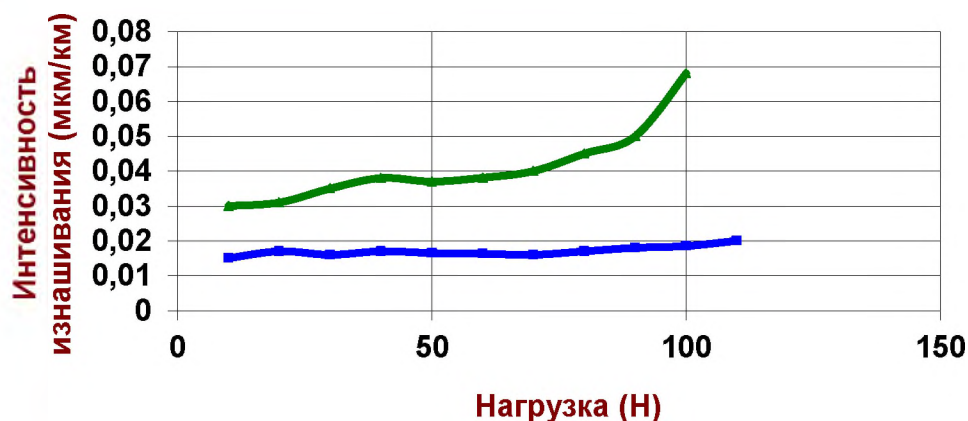


Рис. 5. Зависимость интенсивности износа от нагрузки:  
▲ – для смазки ЯНЗ-2; ■ – для смазки ЯНЗ-2 разработанной присадкой

Анализируя результаты исследований можно сделать вывод, что применение комбинированной смазочной композиции положительно влияет на триботехнические свойства смазки ЯНЗ – 2. Из графиков видно, что разработанная композиция обладает и антифрикционными и противоизносными свойствами. Используя такую смазку в стальной паре трения, во всем диапазоне нагрузок наблюдается снижение коэффициента трения на 10 – 15%, а интенсивности изнашивания на 20 – 25%. Кроме снижения коэффициента трения и интенсивности изнашивания стоит отметить, что при использовании разработанной композиции нагрузочная способность смазки увеличивается. Если при использовании смазки ЯНЗ – 2 без наполнителя предельная нагрузка составляла 100 Н, то при добавки в смазку разработанной композиции рабочая нагрузка составила 110 Н. При этом отсутствует катастрофическое увеличение коэффициента трения и износа. Получение такого эффекта можно объяснить совместной работой искусственного серпентина и медно-оловянного комплекса. Попадая в зону трения, частицы серпентина разрушаются с выделением большого количества тепла. В размягченные слои металла поверхности трения внедряются частицы серпентина, образуя прочный композиционный металлокерамический слой. На подготовленную таким образом поверхность за счет избирательного переноса высаживается мягкий антифрикционный металла заполняющий микронеровности поверхности трения и снижающий удельную нагрузку.

Применение разработанной трибоактивной добавки в качестве наполнителя консидентных смазок, используемых в подшипниках качения пожарной и аварийно-спасательной техники, позволит повысить их ресурс и долговечность.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Зарубин В.П., Киселев В.В., Пучков П.В., Топоров А.В.* Улучшение эксплуатационных характеристик автотранспортной техники за счет применения высокоэффективных присадок. – Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2014. – Т. 3. – № 1 (19). – С. 56-62.
2. *Зарубин В.П., Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В., Мельников А.А.* Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике. – Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22. – № 5. – С. 65-70.
3. *Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.* Повышение надёжности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – № 3. – С. 24-28.
4. *Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.* Перспективы применения магнитожидкостных устройств в пожарной и аварийно-спасательной технике. – Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – № 2. – С. 63-64.
5. *Пучков П.В., Топоров А.В., Киселев В.В.* Разработка конструкции трибологически безопасного резьбового соединения. – Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2012. – № 1. – С. 28-31.

УДК 628.1

*Е. В. Зарубина, А. В. Волков, М. А. Колбашов, В. С. Еловский*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В статье представлены цели и задачи проведения экспертизы соответствия существующей системы противопожарного водоснабжения требованиям нормативных документов. Разработка рекомендаций.

**Ключевые слова:** противопожарный водопровод, гидравлический расчет, экспертиза соответствия.

*E. V. Zarubin, A. V. Volkov, M. A. Kolbasov, V. S. Elovskiy*

## **TO THE QUESTION OF IMPROVING THE RELIABILITY OF THE FIRE FIGHTING WATER SYSTEM**

The article presents the goals and objectives of the examination of compliance of the existing fire water supply system with the requirements of normative documents. Development of recommendations.

**Keywords:** fire-fighting water supply, hydraulic calculation, conformity assessment.

Внутренний противопожарный водопровод (ВПВ) - это обязательная часть системы пожарной безопасности практически всех объектов. Но как часто проверка выявляет его нерабочее состояние. А в современном мире, в результате повседневной автоматизации всевозможных процессов в промышленности, увеличивается пожарная нагрузка в виде проводов, кабелей и т. д. И в связи с данной особенностью остро стоит задача противопожарной защиты зданий и помещений. Комплекс мероприятий включает в себя: обработку огнезащитными составами, создание системы обнаружения, системы дымоудаления и системы противопожарного водоснабжения.

Все системы имеют как преимущества, так и недостатки, но наиболее эффективная система – противопожарное водоснабжения. Противопожарное водоснабжение применяется практически на всех защищаемых помещениях за исключением специальных помещений, таких как серверные, электрощитовые и т. д.



В данной статье мы хотели бы заострить внимание на системах внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ), т. к. данная система применяется практически во всех существующих зданиях и сооружениях. Но именно при проверке ВПВ чаще всего выявляется его неработоспособность. Для начала необходимо разобраться, а что же это такое - система внутреннего противопожарного водопровода.

ВПВ - совокупность трубопроводов и технических средств, обеспечивающих подачу воды к пожарным кранам, - и есть установка внутреннего противопожарного водопровода. Из определения видно, что система ВПВ - это не только пожарные краны, но и насосная установка, и система автоматизации, и система трубопроводов. Несмотря на всю их кажущуюся на первый взгляд простоту, данные системы редко проектируются, монтируются и в дальнейшем эксплуатируются согласно требованиям нормативных документов.

И мы бы хотели согласиться с, рассмотренными недочетами в системах ВПВ указанными в статье журнала «Алгоритм безопасности», разделе – «Пожаротушение», №2 за 2017 год, которые представил начальник отдела технологического оборудования ООО «Плазма-Т» Федосеев Вадим Геннадьевич.

Первый главный недостаток систем ВПВ - ненадлежащее техническое обслуживание, которое приводит к неудовлетворительному состоянию, в первую очередь, насосных агрегатов и автоматики, управляющей насосными агрегатами, а также электрозадвижкой на байпасной линии водомерного узла (при наличии таковой).

Данная ситуация объясняется довольно просто: так как насосная установка для систем ВПВ практически никогда не работает, к ней и относятся по остаточному принципу. Решить данную проблему возможно еще на этапе проектных работ путем совмещения двух насосных установок различных систем в одну насосную установку (совмещенная установка хозяйственно-питьевого водопровода - (ХПВ) и ВПВ). Такое решение позволяет сократить затраты на поставку и монтаж насосной установки, так как устанавливается одна система вместо двух. Соответственно, сокращаются затраты на техническое обслуживание. При этом увеличивается ресурс работы установки ХВС, так как вместо необходимого числа насосов для удовлетворения потребностей хозяйственно питьевого водоснабжения устанавливается большее число насосов с целью увеличения расхода установки из учета потребностей ХВС и ВПВ.

Все насосные агрегаты совмещенной насосной установки, в свою очередь, находятся в работе в определенный период времени, согласно времени наработки каждого насоса в отдельности. Данная система работы установки позволяет избежать «прикипания» подвижных частей насосного агрегата, что довольно часто встречается на насосных агрегатах систем ВПВ из-за длительного простоя насосного агрегата.

Но при совмещении насосных установок системы ХВС и ВПВ необходимо помнить, что согласно требованию ГОСТ 53325-2012, п. 7.2.14: «Прибор не должен выполнять функций, не связанных с противопожарной защитой, за ис-

ключением функций, связанных с охранной сигнализацией». Другими словами, запрещено использование одного и того же контролера для управления инженерными системами и противопожарной защитой. В шкафу управления насосной установки должно применяться два отдельных прибора, которые будут управлять одними и теми же насосными агрегатами, но в различных режимах работы: режиме хозяйственно питьевого водоснабжения и режиме «Пожар». В настоящий момент на российском рынке появились установки, способные выполнить данные требования.

Вторая ситуация, приводящая к неработоспособности системы ВПВ, - несанкционированные сработки насосной установки. И можно понять обслуживающий персонал, который отключает насосную установку. Но почему возникают данные проблемы? Основная причина - это несанкционированное нажатие на кнопки дистанционного пуска, которые установлены в шкафах с пожарными кранами (наиболее часто страдают от таких действий общеобразовательные учреждения). Избежать подобных ситуаций также возможно на этапе проектирования. Необходимо учесть нормативный алгоритм работы, изложенный в п. 4.2.7 СП 10.13130.2009: Примечание 1: «Сигнал автоматического или дистанционного пуска должен поступать на пожарные насосные агрегаты после автоматической проверки давления воды в системе. При достаточном давлении в системе пуск пожарного насоса должен автоматически отменяться до момента снижения давления, требующего включения пожарного насосного агрегата». Другими словами, алгоритм работы следующий: человек, заметивший возгорание, сигнализирует о нем путем нажатия на кнопку в шкафу пожарного крана, после чего разматывает рукав пожарного крана и начинает тушить возгорание, в этот момент происходит падение давления систем ВПВ, и только после этого запускается насосная установка. То есть запуск установки должен происходить при двух условиях: сигнал от кнопки и падение давления.

Почему вышеизложенный алгоритм не реализуется? Ответ прост: еще на этапе проектирования закладывается дешевая автоматика, неспособная выполнить данный алгоритм работы. На сегодняшний момент на Российском рынке присутствует комплекты автоматики, способные выполнять нормативный алгоритм работы.

Как мы видим, избежать неработоспособной установки из-за отключения ее обслуживающим персоналом можно еще на этапе проектирования системы ВПВ путем закладывания в проектную документацию соответствующей автоматики и про-писании соответствующего нормативного алгоритма работы установки.

Третья ситуация, приводящая к ненормативной работе установки ВПВ, - некорректное использование электроконтактных манометров (ЭКМ). При всех своих достоинствах (наглядность и простота при наладке системы) их главное преимущество - относительно низкая стоимость.

У ЭКМ есть и недостатки в виде «дребезга контактов», окисла контактных элементов и необходимости ежегодной поверки данного изделия. К чему же могут привести эти недостатки и как с ними бороться?

«Дребезг контактов» приводит к несанкционированным сработкам. Он возникает в результате вибрации в трубопроводе, на котором ЭКМ устанавливаются, или же, в случае если ЭКМ применяется для контроля выхода на расчетный режим работы, в результате вибрации, возникающей из-за работы насосного агрегата. Автоматика по ошибочным сигналам от ЭКМ, возникающим вследствие «дребезга контактов», признает основной насосный агрегат аварийным и останавливает его.

С этим явлением довольно просто бороться еще на этапе разработки проектной документации, вынося ЭКМ с трубопровода на неподвижные конструкции с применением импульсных трубок. Также возможно использование ЭКМ с заливкой: они не подвержены «дребезгу контактов». Но при подобном решении сразу пропадает главное достоинство ЭКМ - низкая стоимость.

Окисление контактов возникает из-за негерметичности корпусов ЭКМ. Это может привести к довольно печальным последствиям - не запуск установки после появления сигнала «Пожар» и падения давления. Для недопущения данной ситуации необходимо тщательное техническое обслуживание данных элементов и периодическая чистка контактов. Возможно также применение ЭКМ специального исполнения, с контактами, выполненными из материалов, не подверженных окислению. Но, как и в предыдущем случае, теряется главное достоинство ЭКМ - низкая стоимость.

Необходимость ежегодной поверки ЭКМ связана с тем, что на ЭКМ есть шкала и стрелочный механизм. По результатам проверки ставится штамп, наносимый на корпус ЭКМ. Процедура требует денежных затрат и наличия подменного фонда, который будет установлен на место поверяемого. Проверки ЭКМ через определенный промежуток времени сведут на нет основное преимущество ЭКМ - низкую стоимость.

Решение всех перечисленных проблем манометров - применение регулируемых сигнализаторов давления. Данные изделия не имеют стрелочных контактов и не подвержены «дребезгу контактов». Их можно устанавливать непосредственно на трубопровод, не опасаясь возникновения вибрации. Конструкция прибора предусматривает, что сигнальные элементы - микропереключатели - выполнены в герметичном корпусе и, как следствие, не подвержены окислению. И наконец, в связи с отсутствием шкалы и показывающих элементов, не требуют обязательной ежегодной проверки.

Но у данных сигнализаторов давления есть недостатки в сравнении с ЭКМ: это более сложная настройка и большая стоимость.

Четвертая, чисто проектная ошибка, -неправильное определение зоны действия пожарного крана.

На первый взгляд, определить радиус действия пожарного крана довольно просто: определяем длину пожарного ствола и длину компактной струи согласно таблице 3 СП 10.13130.2009. Но при этом зачастую не учитывают, что удерживать пожарный рукав, полностью заполненный водой, невозможно. А это означает, что длина пожарного рукава уменьшится за счет опуска от пожарного крана до поверхности пола и на подъем от поверхности пола до уровня рук среднестатистического человека, удерживающего пожарный ствол.

Также многие проектировщики забывают, что согласно требованиям, изложенным в п. 4.1.8 СП 10.13130.2009: «Свободное давление у пожарных кранов должно обеспечивать получение компактных пожарных струй высотой, необходимой для тушения пожара в любое время суток в самой высокой и удаленной части помещения». Наименьшую высоту и радиус действия компактной части пожарной струи следует принимать равными высоте помещения, считая от пола до наивысшей точки перекрытия (покрытия), но не менее:

- 6 м - в жилых, общественных, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий высотой до 50 м;
- 8 м - в жилых зданиях высотой свыше 50 м;
- 16 м - в общественных, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий высотой свыше 50 м.

При этом наиболее частая ошибка, возникающая при определении минимальной длины компактной струи из учета высоты помещения, заключается в том, что не учитывается примечание п. 3.3 СП 10.13130.2009, а именно: «Высота компактной части струи принимается равной 0,8 от высоты вертикальной струи». Другими словами, высота компактной струи для выполнения требований п. 4.1.8 СП 10.13130.2009 - высота помещения с коэффициентом 0,8.

При определении максимального радиуса действия пожарного крана необходимо установить зону действия компактной струи из учета орошения наиболее удаленной точки, которая может быть расположена и на перекрытии. Другими словами, компактная струя должна работать под углом. Из практики - наиболее распространенный угол по отношению к поверхности пола, под которым среднестатистический человек может держать пожарный ствол, составляет 45-60°. И соответственно, радиус действия пожарного крана будет равен проекции компактной струи на уровень пола.

### **ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

На сегодняшний день в руках проектировщиков достаточно решений, которые позволяют спроектировать ВПВ как необходимый и надежный элемент противопожарной защиты объекта. Нужно только относиться к нему, как к части инженерной системы, заботиться о его постоянной работоспособности и проанализировать реальные затраты на обслуживание. Необходимо помнить,

что отношение к ВПВ как к обязательному обременению и по остаточному принципу может дорого обойтись предприятию в случае возникновения пожара.

Если рассматривать родильные дома построек годов 60-х, то они представляют собой здания функциональной пожарной опасности Ф 1.1, в них находятся женщины и дети, которые в определенный момент не смогут вовремя покинуть здание. Есть боксы, в которых находятся дети, подключенные к кислородным системам обеспечения жизнедеятельности. И эвакуация таких детей, тоже имеет затруднение по времени. Поэтому системы противопожарной защиты, в том числе и системы внутреннего противопожарного водоснабжения играют немаловажную роль в обеспечении пожарной безопасности данного объекта и людей находящихся там.

Системы ВПВ должны обеспечивать надежную подачу воды. Очень важно, чтобы они были качественно смонтированы, испытаны и налажены, а в последствии была обеспечена их правильная эксплуатация, включающая своевременную профилактику для бесперебойной работы, а также ремонт, устранение неисправностей и общую наладку системы.

Для этого в дипломном проекте были решены следующие задачи:

1. В вопросе элементов внутреннего противопожарного водоснабжения:
  - определены требуемые расходы воды на пожаротушение, напор, потери по длине трубопровода, диаметры труб (при гидравлическом расчете систем внутреннего противопожарного водоснабжения);
  - проверена расстановка пожарных кранов (при расчете расстояний между кранами и соответствия размещения нормам);
2. Проведение технико-экономического обоснования предложенных вариантов организации противопожарного водоснабжения родильного дома.

В целях устранения, выявленных при проведении экспертизы и выполнении проверочных расчетов, нарушений требований пожарной безопасности в области противопожарного водоснабжения предлагается выполнить следующие мероприятия:

1. Установить в строящемся здании женской консультации 3 пожарных крана на этаж (согласно требований СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\*»).
2. Обеспечить указатели на стенах зданий расстояния до ближайших пожарных гидрантов (согласно требований Постановления Правительства РФ от 25.04.2012 года № 390 «Правила противопожарного режима в РФ»).
3. Организовать устройство внутреннего водопровода здания объекта по схеме с насосами - повысителями. На вводе в корпус установить насос марки К 90/20. (согласно расчетным данным)
4. Руководству предприятия обеспечить разработку мероприятий организационно-режимного характера по исправному содержанию источников наружного и внутреннего ППВ (согласно требований Постановления Правительства РФ от 25.04.2012 года № 390 «Правила противопожарного режима в РФ»).

5. Обеспечить содержание и обслуживание наружного противопожарного водоснабжения (4 пожарных гидранта) больницы (согласно требований Постановления Правительства РФ от 25.04.2012 года № 390 «Правила противопожарного режима в РФ»).

Из статьи видно, что работоспособность установки зависит от ее технического обслуживания.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*».
3. СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\*».
4. СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности. –М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. - 10 с.
5. СП 8.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности. –М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 17 с.
6. Интернет источники: <http://www.garant.ru/>

УДК 677.027.423

*А. Р. Зимнуров, П. М. Новиков, О. В. Козлова*

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

### **РАЗРАБОТКА ПИГМЕНТНО-ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ КРАШЕНИЯ ПАРААРАМИДНЫХ ТКАНЕЙ**

Для обеспечения комплекса необходимых свойств изделиям из текстильных материалов необходимым является получение прочных и интенсивных окрасок, которые можно получить экономически и технологически эффективным способом колорирования пигментами с использованием акриловых и уретановых полимеров. В статье проведен сравнительный анализ двух вариантов крашения тканей пигментами – классического и путем ракульного нанесения пигментно-полимерной композиции, который показал значительные преимущества второго варианта крашения в сравне-

нии с первым. На основе изучения влияния различных полимеров на интенсивность и устойчивость окрасок выбран наиболее эффективный из них.

**Ключевые слова:** пигментно-полимерные композиции, крашение пигментами, ракульный способ нанесения, текстильный материал.

*A. R. Zimnurov, P. M. Novikov, O. V. Kozlova*

## **DEVELOPMENT OF PIGMENT-POLYMER COMPOSITION FOR DYEING PARARAMID FABRICS**

To provide a complex of properties to products made of textile materials of light industry, it is necessary to obtain strong and intensive colors, which can be obtained economically and technologically effective way of coloring with pigments using acrylic and urethane polymers. In the article, a comparative analysis of two variants of dyeing of tissues by pigments was carried out - classical and with the pigment-polymer composition by lamination, which showed significant advantages of the second variant of dyeing in comparison with the first one. Based on the study of the effect of various polymers on the intensity and stability of stains, the most effective one was selected.

**Keywords:** pigment-polymer compositions, pigmentation, painting of textile materials with pigments by lamination, textile material.

Целью настоящего исследования явился сравнительный анализ результатов крашения, полученных по предлагаемому способу колорирования, с результатами классического крашения пигментами. На рис. 1 и 2 представлены спектры поглощения хлопколавсановой ткани, окрашенной пигментом синим по классическому способу крашения (вариант 1) и предлагаемому одностадийному способу (вариант 2).

Анализ спектров свидетельствует об аналогичном воздействии различных по природе полимеров на интенсивность окрасок, причем соблюдается закономерность повышения интенсивности окрасок при переходе от уретановых полимеров: Аквапола-10, 11 и 21 к акриловым – Ларусу-33 и Рузину-14-и.

Характер спектральных характеристик в сравниваемых вариантах остается аналогичным (характеристические длины волн неизменны). Однако существенная разница заключается в том, что абсолютные значения показателя интенсивности окраски (K/S) во втором случае достигают значительно больших величин. И если в первом случае интенсивность окраски достигает от 2,0 до 3,5 ед (для различных полимеров), то во втором случае значения K/S увеличивается до 6 - 12. Существенное отличие в оптических свойствах связано и с различием в распределении пигмента на стадии приготовления краски, и с бóльшим количеством наносимого пигмента, а также с разными механизмами фиксации пигмента в полимерном слое на текстильном субстрате.

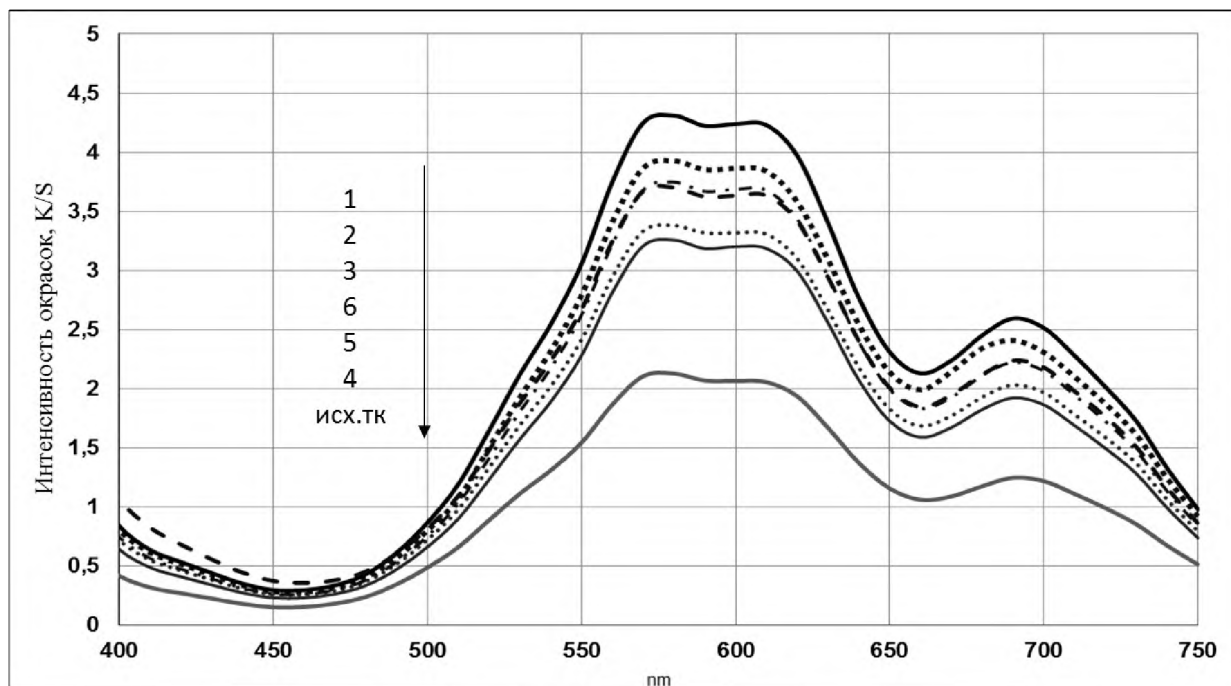


Рис. 1. Интенсивность окрасок при крашении импероном синим и последующим нанесением полимера на поверхность ткани где: 1-Ларус -33, 2- Рузин -14 и, 3- Аквапол -21, 4- С -391; 5 – Аквапол -11, 6-Аквапол -10

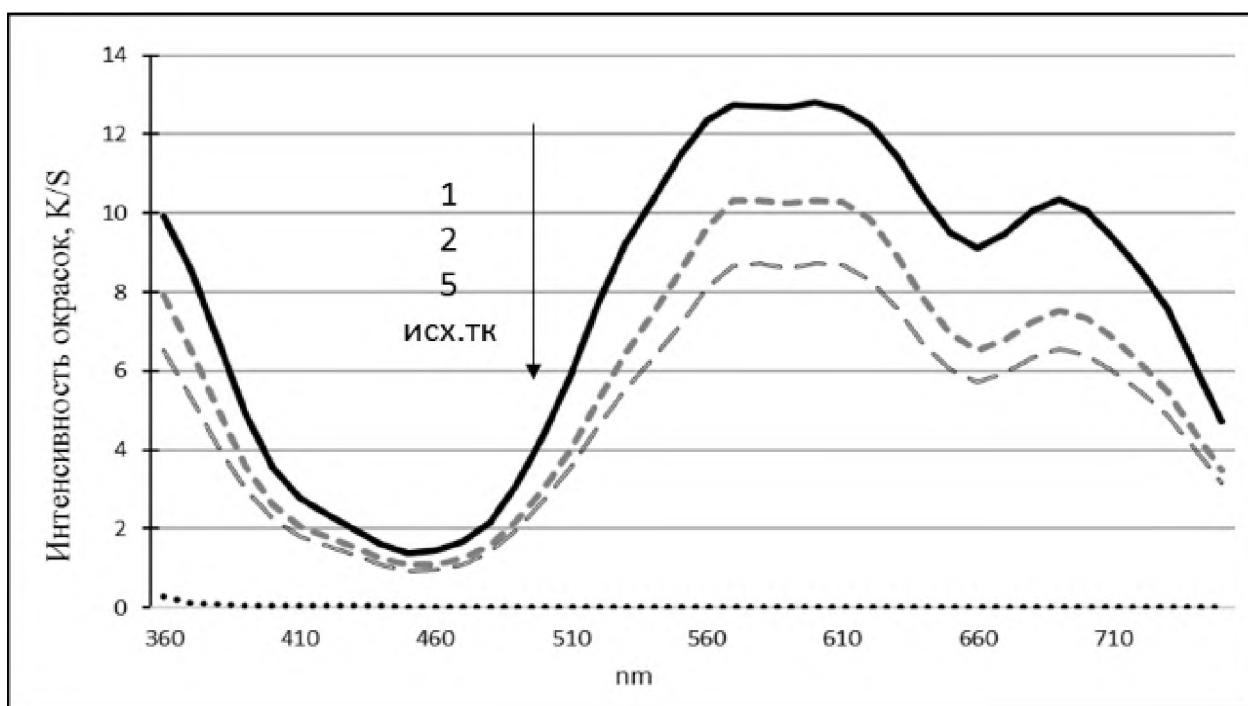


Рис. 2. Спектральные кривые окрасок пигментом синим на хлопколавсановой ткани при рапельном нанесении пигментно-полимерной композиции на основе: 1-Ларуса-33, 2- Рузина-14и, 3- Аквапола-10



В таблице приведены цветовые характеристики образцов, окрашенных по вариантам 1 и 2 импероном красным РВ. Данные свидетельствуют о преимуществе 2-го способа по показателям насыщенности окрасок хлопкополиэфирной ткани (большая степень приближенности к чистым спектральным цветам) и светлоты

*Таблица. Цветовые характеристики образцов хлопкополиэфирной ткани, окрашенных различными способами импероном красным РВ*

Полимерные препараты	Цветовые характеристики					Координаты цвета		
	R	G	B	L	C	H	a	b
Крашение пигментами с различными связующими (вариант 1)								
Ларус -33	248	65	47	86	70	28	89	46
Рузин -14и	248	66	50	84	77	26	87	44
Аквопол-21	248	69	55	70	67	25	86	40
Аквопол-10	248	68	52	66	71	26	87	39
Ракельное нанесение на ткань пигментно-полимерной композиции (вариант 2)								
Ларус -33	248	63	36	98	105	30	87	59
Рузин -14и	248	67	40	95	101	29	85	55
Аквопол-21	248	66	35	90	106	31	88	60
Аквопол-10	248	65	38	88	103	32	86	57

Сравнение данных таблицы по долям цветов R, G и B, показывает, что при ракельном нанесении пигментно-полимерной композиции чистота цвета возрастает (при одинаковом количестве красной составляющей (R=248), полученный цвет тем чище, чем меньше количества G и B составляющих в цвете) [1,2].

Проведено сравнение двух рассматриваемых вариантов колорирования по расходу пигмента. Эксперимент заключался в определении такой концентрации пигмента, при которой по ракельному методу получают интенсивности окрасок, аналогичные полученным при известной концентрации пигмента в классическом способе. Показано, что уровень интенсивности окраски, полученный при окрашивании по классическому варианту с концентрацией пигмента 30 г/л, достигается во втором варианте при концентрации пигмента в композиции 7,5 г/л. При этом соотношение пигмент-полимер в первом случае составляло 1:2, во втором 1:10, а интенсивность окрасок во втором варианте крашения повышалась в 3 раза.

Таким образом, разработанная красильная композиция, включающая пигмент и пленкообразующий полимер, при реализации ракельного способа ее нанесения позволяет сократить технологические и экономические затраты на окрашивание текстильных материалов различного волокнистого состава, в т.ч.

параарамидных. Кроме того, важным преимуществом ракульного нанесения красильной композиции является возможность значительного снижения (или исключения) использования воды в технологическом процессе колорирования, а, следовательно, решения проблемы ресурсосбережения. Разработанная композиция для крашения пигментами текстильных материалов получила патентную защиту [3].

Выявленные закономерности легли в основу создания технологии прочного крашения пигментами огнестойких параарамидных тканей технического и одежного назначения [4-6].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Вольнский, А. Л.* Особенности молекулярного движения и свойств тонких пленок и поверхностных слоев аморфных полимеров в стеклообразном состоянии / А. Л. Вольнский, Н. Ф. Бакеев // Высокомолек. соед. Б. - 2003. - Т. 45. № 7. - С. 1209 - 1231.

2. *Noboru Ohta.* Colorimetry: Fundamentals and Applications / Noboru Ohta, Alan R. Robertson / Series Editor: Michael A. Kriss — Wiley, 2005. – 329 p. DOI: 10.1002/0470094745

3. Пат. 2446240 Российская Федерация МПК D06P1/44. Композиция для крашения пигментами текстильных материалов / Козлова О.В., Меленчук Е.В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет». – № 2010134091/05; заявл. 13.08.10; опубл. 27.03.12, Бюл. № 9. – 7 с.

4. *Алешина А.А.* Современное состояние и перспективы развития пигментной печати / Алешина А.А., Козлова О.В., Мельников Б.Н. // Изв. Вузов. Химия и химическая технология -2007.-Т.50.- Вып 6.- С.3-8

5. *Меленчук, Е. В.* Использование дисперсий акриловых полимеров при печати тканей пигментами / Е. В. Меленчук, О. В. Козлова, А. А. Алешина // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 2011. - Т. 54. - № 1. - С. 13-20.

6. *Козлова О.В.* Использование полимеров- модификаторов при колорировании параарамидных тканей / О.В.Козлова, Е.В. Меленчук //Изв. вузов. Химия и химическая технология. - 2013, Т. 56, №. 8.- стр. 90-92.

УДК 614.841.41

**Р. К. Ибатулин**

ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ БЕНЗИНА МЕТОДОМ КРУПНЫХ ВИХРЕЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS FLUENT**

В данной статье приведены результаты численного моделирования горения бензина в программном комплексе *ANSYS Fluent*. Результаты, полученные в ходе моделирования, могут быть использованы в деятельности организаций, разрабатывающих противопожарные мероприятия.

**Ключевые слова:** пожар, численное моделирование, пожар пролива.

**R. K. Ibatulin**

## **NUMERICAL SIMULATION OF GASOLINE COMBUSTION BY THE METHOD OF LARGE EDDIES IN THE ANSYS FLUENT SOFTWARE PACKAGE**

This article presents the results of numerical simulation of gasoline burning in the ANSYS Fluent software package. The results obtained during the simulation can be used in the activities of organizations that develop fire prevention measures.

**Keywords:** fire, numerical modeling, fire of the strait.

При экспериментальном исследовании можно получить наиболее надежную информацию о физическом процессе путем измерения интересующих параметров. Полномасштабные экспериментальные исследования показывают поведение объекта в натуральных условиях, но в большинстве случаев такие полномасштабные исследования чрезмерно дороги и не всегда возможны. Альтернативой полномасштабному исследованию может служить проведение маломасштабных экспериментов, но маломасштабные модели зачастую не отражают всей специфики натурального объекта. Кроме того, существуют затруднения в измерении исследуемых параметров и погрешности измерительного оборудования. В аналитическом виде можно получить решения только небольшой части задачи, имеющих практический интерес [1].

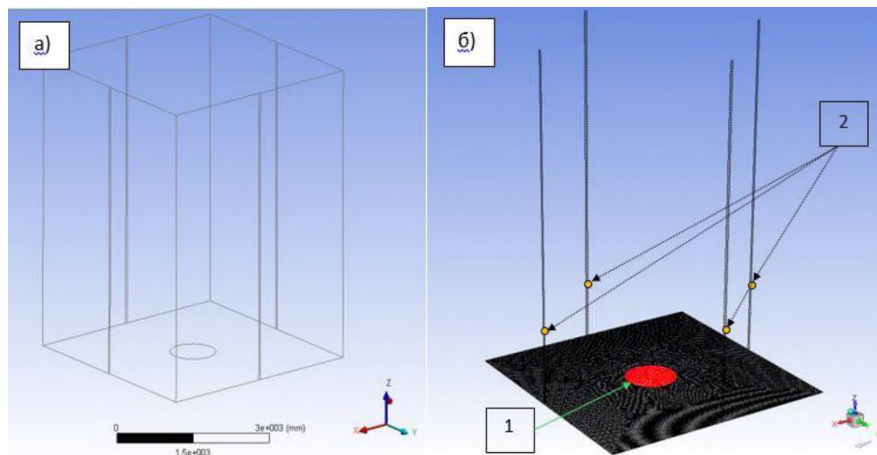
Уровень развития компьютерных технологий и численных методов в настоящее время дают возможно проводить численное моделирование сложных физико-химических процессов, таких как горение и излучение.

При моделировании в программном пакете *ANSYS Fluent* [6] были выбраны модель турбулентности *LES (Large Eddy Simulation)* с подсеточной моделью *Smagorinsky-Lilly*, модель горения *Eddy Dissipation*, модель излучения *Discrete*

*Ordinates* и модель образования сажи *Moss-Brookes* [2-4] с моделью окисления *Lee* [7], поскольку данная модель показала хорошую сходимость с результатами проведенных ранее экспериментов [8].

На *рис. 1а* приведена геометрическая модель расчетной области, которая представляет собой параллелепипед со сторонами 4,2 м и высотой 6 м. Показанные на рисунке 1а четыре одинаковые вертикальные полосы используются для поддержания осевой симметрии потока и для усреднения падающих лучистых тепловых потоков от пульсирующего пламени.

На входе в расчетную область (выделена красным цветом на *рис. 1б*), задавался гомогенный поток паров бензина с осредненной температурой кипения и удельным расходом, равным удельной массовой скорости выгорания [5].



**Рис. 1.** Геометрическая модель расчетной области: 1 – очаг горения; 2 – точки, в которых производилось измерение плотности теплового потока

Расчетная сетка была построена из 3 835 200 гексаэдрических элементов, с максимальным размером 40 мм.

Задача решалась в нестационарной постановке, время моделирования горения – 9 с, временной шаг  $10^{-3}$  с.

Контуры мгновенных разрешенных температур, полученных в результате численного моделирования, представлено на *рис. 2*.

Полученные в результате численного моделирования контуры мгновенных разрешенных температур, частота и масштаб турбулентных пульсаций, образующихся при горении вихрей, удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

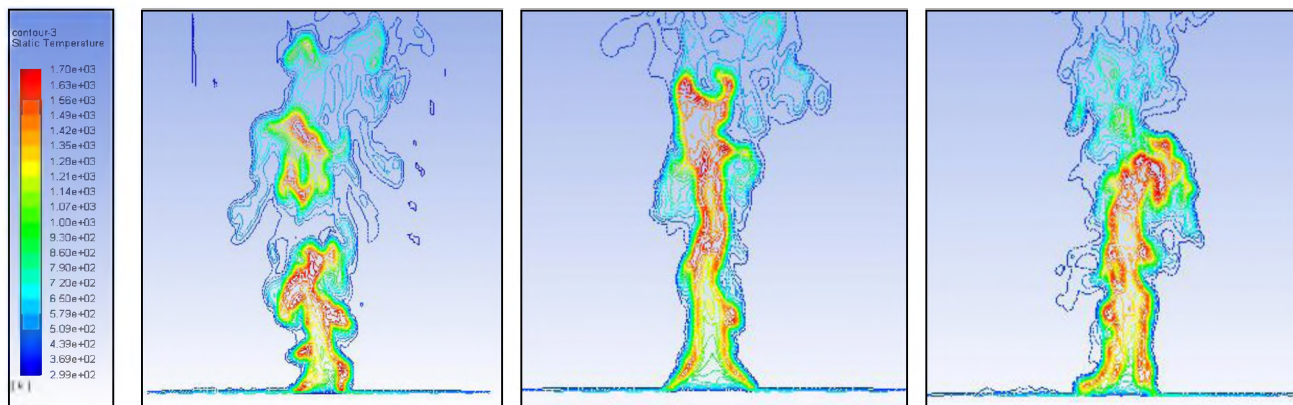


Рис. 2. Контуры мгновенных разрешенных температур, полученных в результате численного моделирования

Регистрация плотности теплового потока при численном моделировании производилась в четырех точках, представленных на *рисунке 1б* и расположенных на вертикальных полосах. Учитывая асимметричность турбулентных пульсаций пламени, было произведено осреднение плотности теплового потока в точках измерения на каждом временном шаге, график построенный на основе данных значений представлен на рис. 3.

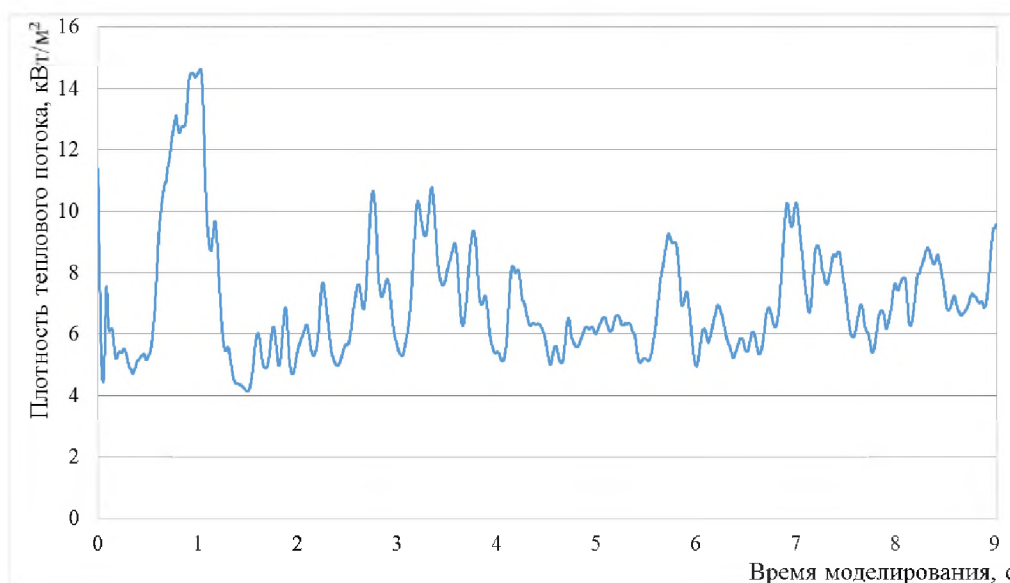


Рис. 3. График зависимости плотности падающего теплового потока от времени моделирования

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / пер. с англ. В.Д. Виоленского, М.: Энергоатомиздат, 1984. 124 с.
2. ANSYS FLUENT-Solver Theory Guide. November, 2011, Release 14.0. 418p.

3. ANSYS FLUENT Tutorials. November, 2011, Release 14.0. 696p.
4. ANSYS FLUENT - Solver Modeling Guide. November, 2011, Release 14.0. 594p.
5. *Блинов В.И., Худяков Г.Н.* Диффузионное горение жидкостей. - М.: Изд-во АН СССР, 1961. 208 с.
6. Ansys Inc. [Электронный ресурс] // Ansys [сайт]. Режим доступа: <http://www.ansys.com/> (дата обращения 22.06.2018 г.).
7. *Lee, K.B., M.W. Thring and J.M. Beér,* On the Rate of Combustion of Soot in a Laminar Soot Flame, *Combustion and Flame*, Vol. 6, No. 8, 1962, pp. 437-443,
8. *A Snegirev, E. Kokovina, A. Tsoy, J. Harris and T. Wu.* The effect of soot modeling on thermal radiation in buoyant turbulent diffusion flames. A Snegirev et al 2016. *Journal of Physics: Conference Series* 745 (2016) 032028

УДК 614.84

*А. В. Иванов, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

## **ПОВЫШЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**

В статье приведены результаты исследований термической стабильности эпоксидных композиций, модифицированных углеродными нанотрубками. Показано, что незначительное добавление их в эпоксидную матрицу повышает температуру термической деструкции материалов, что позволяет использовать их в проектах повышения живучести пожарно-технического оборудования в условиях теплового воздействия пожара.

**Ключевые слова:** авария, конструкция, огонь, клей, модификация, углеродные нанотрубки, ультразвук, эксперимент, композиция, образец, пожарная безопасность.

*A. V. Ivanov, S. V. Voronin*

## **INCREASING THE SURVIVABILITY OF FIRE-TECHNICAL EQUIPMENT IN HIGH TEMPERATURES**

The article presents the results of studies of thermal stability of epoxy compositions modified with carbon nanotubes. It is shown that a slight addition of them to the epoxy matrix increases the temperature of thermal destruction of materials, which allows them to be used in projects to improve the survivability of fire-technical equipment in the heat of fire.

**Key words:** accident, construction, fire, glue, modification, carbon nanotubes, ultrasound, experiment, composition, pattern, fire safety.



Анализ отечественных и зарубежных статистических данных показал, что наибольшее количество аварий возникает из-за снижения показателей надежности оборудования [1].

Наиболее уязвимыми местами являются соединения магистральных трубопроводов посредством сварочного оборудования, использованием шпоночных, клепанных и других видов технологий, которые имеют серьезный недостаток, проявляющийся в виде коцентраторов (образования сгустков) напряжений в несущих элементах конструкций [2].

В отличие от рассмотренных способов, клеевое соединение позволяет получить идеальную конструкцию с минимальным количеством микротрещин. При проведении ремонтных работ, когда технологический процесс проводится с применением открытого огня, раскаленных частей или магистральные трубопроводы имеют поверхности, нагретые до температуры паров легковоспламеняющихся жидкостей также целесообразно использовать клеевые соединения.

Целью данной статьи является разработка рецептуры термостойкой клеевой композиции на основе полимера в виде эпоксидной смолы (клея). Модификация которого представляет депонирование отвердителя углеродными нанотрубками (УНТ) с дальнейшей обработкой ультразвуком для получения однородного состава за счет образования прочных связей между молекулами вещества и УНТ [3-5].

Для исследования свойств полученного клея был проведен эксперимент, заключающийся в определении разности количественных значений температур воспламенения исходного и модифицированного образцов клея.

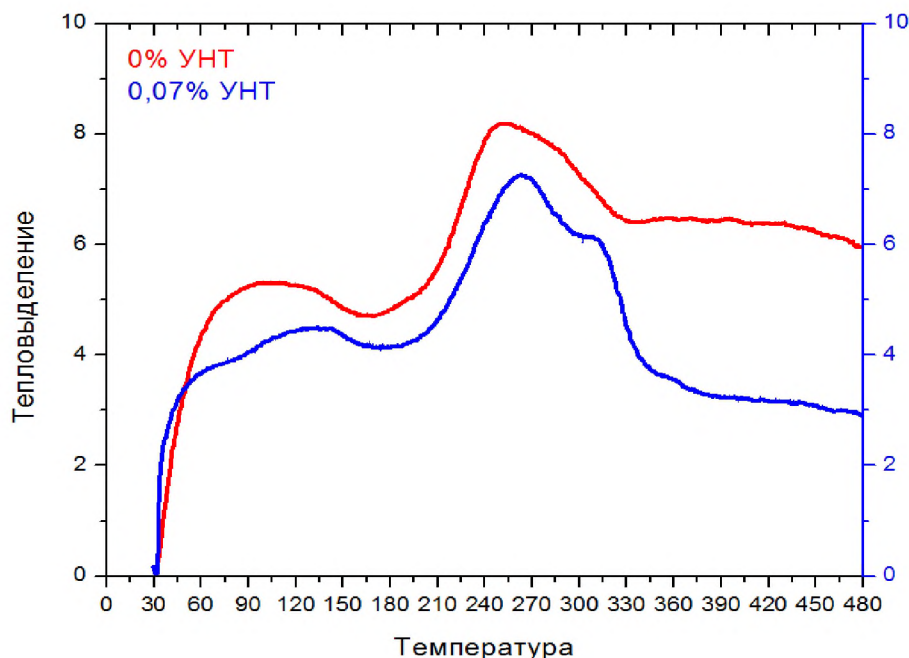
В качестве исходного материала применялись следующие компоненты: эпоксидная смола ХТ – 119 и отвердитель ПЭПА, смешивающиеся в пропорции (соотношении) 10:1. Увеличение температуры воспламенения достигалось за счет внедрения УНТ (астраленов) в концентрации 0,07 об.%. Опыты проводились в статическом режиме на установке «Termoscan - 2» (рис. 1).

Аппарат состоит из: нагревательного элемента, двух термопар, подключенных к регистрирующему прибору по дифференциальной схеме, сосудов с эталоном и испытуемым образцом.



**Рис. 1.** «Termoscan – 2» - установка для дифференциально – термического анализа (ДТА)

При повышении температуры в заданном диапазоне, с постоянной скоростью ее нарастания, на установке происходит регистрация зависимости теплового эффекта от ее изменения (рис. 2).



**Рис. 2.** ДТА – кривые эпоксидного клея:

а) исходный образец; б) модифицированный клей с концентрацией УНТ 0,07 об.%

Анализ результатов показал, что на зависимостях присутствуют минимальные (начала термических деструкций вещества) и максимальные значения (температура воспламенения) выделяемой теплоты, представленные в таблице.

Как видно из таблицы и рис. 2 добавление нанотрубок в эпоксидную композицию ведет к повышению температурного порога энергии активации на 24 °С. А пик, при котором происходит возгорание вещества у модифицированного образца превышает исходный на 10 °С.

*Таблица. Сравнительный анализ образцов эпоксидного клея*

<b>Анализ графика ДТА-кривой</b>		
<b>Образцы</b>	<b>«а»</b>	<b>«б»</b>
Температура начала термической деструкции °С;	170	194
Температура воспламенения вещества °С;	250	260
Температура прекращения экзотермических реакций °С;	330	360
Дельта тепловыделения от начала термической деструкции до воспламенения	2,5	3,2



Стоимость модифицированного клея незначительно превышает стоимость обычного клея, которую дополнительно можно уменьшить, вследствие низкого процентного соотношения нанотрубок, необходимых для депонирования композиции к отвердителю.

Реализация данного проекта повысит уровень пожарной безопасности на производственных объектах без внедрения дополнительных технических систем защиты. Это снизит уровень технологической нагрузки на производстве, а так же увеличит экономическую эффективность, так как количество УНТ, необходимое для модификации вещества ничтожно мало (0,07 масс %). Стоимость повышения уровня пожарной безопасности путем модификации меньше, чем путем внедрения дополнительных систем защиты.

Предполагаемый результат от реализации проекта – это снижение уровня пожарной опасности производственных процессов, повышение живучести пожарно-технического оборудования и техники в условиях высокотемпературного воздействия при пожаре [6,7].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Скрипник И.Л., Воронин С.В.* Влияние на пожарную опасность технологических систем характеристик надежности // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – с. 217-219.
2. *Андрюшкин А.Ю., Скрипник И.Л., Кадочникова Е.Н.* Способ повышения безопасности использования корпусных деталей нефтеперерабатывающего оборудования // Научно-аналитический журнал. Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. № 2 – 2017. с.28-33.
3. *Иванов А.В., Скрипник И.Л., Емельянова А.Н.* Повышение взрывобезопасности транспортировки нефтепродуктов на основе их модифицирования углеродными нанотрубками // Ecology and development of society № 1 (7) 2013. – с. 85-86.
4. *Примак В.В., Марченко М.А., Скрипник И.Л.* Повышение эксплуатационных характеристик систем первоочередного жизнеобеспечения при проведении аварийно-спасательных работ путем электрофизического воздействия // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. - Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – с. 333-337.
5. *Иванов А.В., Скрипник И.Л., Емельянова А.Н.* Повышение взрывобезопасности транспортировки нефтепродуктов на основе их модифицирования углеродными нанотрубками // Ecology and development of society № 1 (7) 2013. – с. 85-86.
6. *Сорокин А.Ю., Скрипник И.Л., Воронин С.В.* Некоторые способы уменьшения последствий пожаров на объектах хранения и транспортировки нефтепродуктов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. по материалам VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 26 дек. 2017 г. / Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановский пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. - Воронеж, 2017. – с. 179-183.

7. *Воронин С.В., Скрипник И.Л.* Некоторые способы уменьшения последствий пожаров на нефтебазах // Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции “Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной жизнедеятельности населения” 27 сентября 2017 года. – Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, с. 179-182.

УДК 621

*В. Е. Иванов, В. П. Зарубин, П. В. Пучков, А. В. Топоров*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **МОБИЛЬНЫЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ПОЖАРОТУШЕНИЯ МОДУЛЬНОЙ КОМПОНОВКИ**

В статье рассматривается возможность использования роботизированного базового шасси с применением элементов модульной компоновки с целью получения устройства, решающего значительный спектр задач.

**Ключевые слова:** мобильный робот, модульная компоновка, пожаротушение.

*V. E. Ivanov, V. P. Zarubin, P. V. Puchkov, A. V. Toporov*

## **MOBILE ROBOTIC FIRE-FIGHTING COMPLEX MODULE LAYOUT**

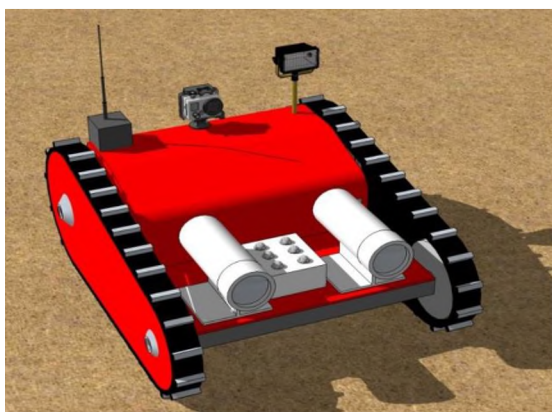
In the article the possibility of used robotic base chassis with the use of the purpose of obtaining the device that decides significantly the spectrum of problems.

**Keywords:** mobile robot, modular layout, firefighting.

Современные робототехнические комплексы позволяют выполнять различного рода работы в экстремальных внешних условиях опасных и вредных для человека или вообще исключающих его присутствие. С целью минимизации риска поражения пожарных и спасателей в условиях ЧС робототехника требует постоянного совершенствования, освоения и внедрения новых технологий, снижения затрат на содержание и эксплуатацию робототехнических комплексов за счет повышения их эксплуатационной технологичности и эффективности применения [1].

Существующие робототехнические комплексы выполняют различные технологические операции, такие как разведка, погрузочно – разгрузочные работы, пожаротушение, поиск людей в зоне ЧС др., таким образом каждый из

роботов узко специализирован на выполнении одной конкретной задачи. Разнообразие робототехнических систем влечет за собой необходимость иметь для каждого образца свою систему управления, набор запасных частей и инструментов, требует обучения специалиста для работы с конкретным устройством [2, 3]. Расширение спектра технологических операций, выполняемых одним робототехническим комплексом является актуальной задачей. Предлагается использовать базовое шасси с применением элементов модульной компоновки в оснащении робототехнической платформы и использовании полезной нагрузки (рис. 1, 2).



**Рис. 1.** Роботизированный комплекс с модулем порошкового пожаротушения



**Рис. 2.** Роботизированный комплекс, оснащенный пожарным лафетным стволом

Применение модульного принципа в компоновке шасси и установке полезной нагрузки позволит: производить гибкую настройку робототехнического комплекса с использованием имеющихся компонентов для выполнения поставленной задачи; исключить из использования множества существующих узкоспециализированных робототехнических устройств; осуществлять ремонт и модернизацию за счет замены отдельных наиболее употребляемых блоков; расширять область использования устройства за счет разработки новых модулей.

Базовое шасси состоит из отсека управления и грузовой платформы. В отсеке управления расположены бортовые мотор – редукторы, аккумуляторные батареи, драйвер двигателей, релейный блок, главный контроллер, электропроводка и вспомогательные узлы. Грузовая платформа предназначена для установки различных модулей полезной нагрузки, таких как блоки датчиков, модули порошкового пожаротушения, манипуляторы и др. Особенностью конструкции является то, что для управления роботом и полезной нагрузкой используется один главный контроллер, с которым, при помощи блока связи, организовано взаимодействие с постом управления. Главный контроллер с полезной нагрузкой соединяется при помощи разъема, расположенного на внешней части кожуха отсека управления. На полезную нагрузку от главного контроллера может подаваться оперативное питание, а также дискретные и аналоговые сигнала-

лы. Так же может быть организован прием дискретных и аналоговых сигналов от датчиков установленной на полезной нагрузке, например, газоанализаторов, датчиков температуры и других [4, 5]. При необходимости модули полезной нагрузки могут иметь автономное питание и отдельную систему управления, в этом случае возможно организовать передачу необходимых оператору данных от полезной нагрузки на пост управления через главный контроллер устройства.

Таким образом, с использованием единого базового шасси возможно получить устройство, решающее значительный спектр задач, требующих использования робототехнических устройств.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Архангельский К.Н.* Мобильные роботы на адаптивном гусеничном шасси / К.Н. Архангельский, Г.С. Шумнов, В.Е. Иванов // В сборнике: Пожарная и аварийная безопасность сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. 2016. С. 221-223.

2. *Иванов В.Е.* Выбор платформы для робота на радиоуправлении / NovalInfo.Ru. 2016. Т. 2. № 53. С. 36-39.

3. *Зарубин В.П., Иванов В.Е., Дадаев Р.Т.* Перспективы применения шнековых движителей в робототехнике / В.П. Зарубин, В.Е. Иванов, Р.Т. Дадаев // В сборнике: Пожарная и аварийная безопасность сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны. 2016. С. 240-242.

4. *Иванов В.Е., Роммель И.А., Вокуев Д.Н.* Перспективные разработки беспилотных летательных аппаратов / В.Е. Иванов, И.А. Роммель, Д.Н. Вокуев // В сборнике: Пожарная и аварийная безопасность сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны. 2016. С. 244-245.

5. *Иванов В.Е.* Применение 3D-принтера для создания прототипа робота // NovalInfo.Ru. 2016. Т. 3. № 53. С. 30-33.

УДК 614.835.3

*М. А. Кириллов, А. Г. Азовцев, С. А. Сырбу, Н. А. Таратанов*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ВНУТРИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

В работе говорится об опасности пирофорных отложений, которые образуются в резервуарах вертикальных стальных для хранения топочного мазута, приведены данные о пожарах на таких резервуарах. Представлена принципиальная схема установки для моделирования условий в газовой фазе резервуара вертикального стального для получения пирофорных отложений.

**Ключевые слова:** топочный мазут, пожарная опасность, пирофорные отложения, резервуар вертикальный стальной.

*M. A. Kirillov, A. G. Azovtsev, S. A. Syrbu, N. A. Taratanov*

## **ENGINEERING OF AN INSTALLATION FOR MODELING CONDITIONS INSIDE STORAGE TANKS FOR OIL AND OIL PRODUCTS**

At paper speaks about the dangers of pyrophoric deposits, data on fires on vertical steel tanks for storage of oil and petroleum products are given. A schematic diagram of the installation for modeling the conditions in the gas phase in oil tank is present.

**Keywords:** heating oil, fire hazard, pyrophoric deposits, vertical steel tank.

Одними из основных объектов в нефтегазовой отрасли являются резервуары вертикальные стальные (далее – РВС) для хранения нефти и нефтепродуктов. Согласно статистическим данным [1] на РВС приходится чуть менее четверти всех пожаров.

Основными причинами, по которым резервуары выходят из строя, представлены в таблице [2], при этом на причину самовозгорания пирофорных отложений приходится 12,8% от общего числа источников зажигания [3]. Образование пирофорных отложений происходит в результате химической реакции взаимодействия внутренней стенки РВС с сернистыми соединениями, содержащимися в нефти и нефтепродуктах.

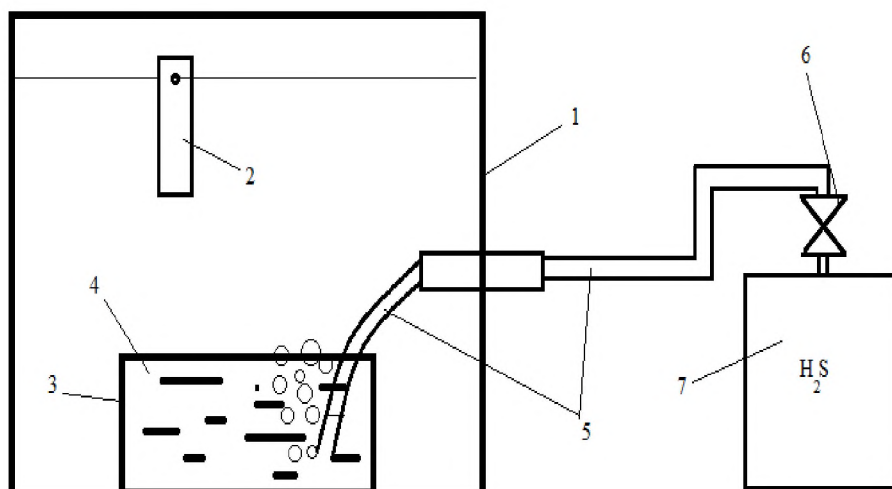
Содержание серы в виде различных соединений или в чистом виде обуславливает высокую корродирующую активность нефти и нефтепродуктов в процессе транспортирования, хранения и переработки. Кроме того, сера, взаимодействуя с металлом, образует пирофорные соединения, способные на воз-

духе самовозгораться, что особенно часто наблюдается в резервуарах. Особенно опасны высокосернистые нефти с содержанием серы 0,6 % и более.

*Таблица. Анализ аварий на резервуарах [3]*

№ п/п	Причина аварии	Процент к итогу
1	Хрупкое разрушение	63,1
2	Взрыв и пожар	12,3
3	Образование вакуума	7,7
4	Коррозионный износ	3,1
5	Просадка основания	1,5
6	Ураганный ветер	1,5
7	Прочие причины	10,8
ИТОГО		100

Исследование образования пирофорных отложений в различных средах затруднено сложностью получения имеющегося в РВС материала для исследования. Высокая активность пирофорных отложений при взаимодействии с воздухом также влияет на качество получаемых образцов, удержание их не в герметичной таре без инертной среды влияет на их последующее поведение при исследованиях. Ввиду вышесказанного получение пирофорных отложений в лабораторных условиях является актуальной задачей. Для получения пирофорных отложений была собрана установка, моделирующая условия среды, которые возникают внутри РВС, принципиальная схема которой представлена на рисунке.



**Рисунок.**  
Принципиальная схема установки для моделирования условий в газовой фазе РВС: 1 – корпус; 2 – образец; 3 – емкость и нефтью или нефтепродуктом; 4 – нефть (нефтепродукт); 5 – газоотводная трубка; 6 – вентиль; 7 – баллон с сероводородом

В качестве образцов использовались стальные пластины марки Сталь 3 (наиболее распространенная марка стали при производстве РВС), в качестве нефтепродукта – топочный мазут. Образцы находились в такой среде при разном времени.

В результате опыта были получены соединения, которые были проверены на химический состав, показавший близкую схожесть с пирофорными отложениями, образовавшимися в РВС.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Ширяев Е.В., Назаров В.П., Майзлиш А.В., Гогин А.А.* Статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» Выпуск № 3 (55), 2014 г. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_22880819\\_41070382.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_22880819_41070382.pdf) (дата обращения 02.06.2018).

2. *Сырбу С.А., Азовцев А.Г., Салихова А.Х.* Обзор способов защиты технологического оборудования с нефтью и нефтепродуктами от образования пирофорных отложений // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов X Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России, Иваново, 26–27 ноября 2015 г. // под общ. ред. канд. техн. наук, доц. И. А. Малого. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. - стр. 90

3. *Петрова Н.В., Чешко И.Д., Галишев М.А.* Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» Выпуск №3, 2016. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V83/7.pdf> (дата обращения 12.06.2018).

УДК 621

**В. В. Киселев**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДЕРЕВА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Различные виды деревянных конструкций успешно применяются в современном строительстве. Из дерева возводятся покрытия, перекрытия, стены и перегородки зданий и многие инженерные сооружения, несущие на себе значительные нагрузки. Деревянные конструкции подвергаются различному внешнему воздействию: увлажнению, высушиванию, механическим повреждениям. Надежность деревянных конструкций определяется их прочностными свойствами. В работе приведены результаты исследований прочностных свойств хвойных пород древесины в зависимости от повышенных температур.

**Ключевые слова:** древесина, прочность, механическое повреждение, влажность, нагрев.

*V. V. Kiselev*

## **INVESTIGATION OF THE PERFECT PROPERTIES OF THE TREE AT HIGHER TEMPERATURES**

Various types of wooden structures are successfully used in modern construction. Wood is used to build coatings, ceilings, walls and partitions of buildings and many engineering structures that carry significant loads. Wooden structures are exposed to various external influences: humidification, drying, mechanical damage. The reliability of wooden structures is determined by their strength properties. The paper presents the results of studies on the strength properties of coniferous species of wood, depending on the elevated temperatures.

**Keywords:** wood, construction, strength, mechanical damage, humidity.

Различные виды деревянных конструкций успешно применяются в современном строительстве. Из дерева возводятся покрытия, перекрытия, стены и перегородки зданий и многие инженерные сооружения, несущие на себе значительные нагрузки [1].

Надежность, долговечность и безопасность эксплуатации элементов конструкций, выполненных из древесины различных пород, прежде всего, определяется их прочностными характеристиками. В процессе эксплуатации деревянные элементы конструкций или детали подвергаются механическим воздействиям – ударам, срезам, проколам и т.д. Нередки случаи, когда деревянные конструкции находятся под воздействием повышенных температур. В данной работе в качестве основной задачи было проведение исследований прочностных характеристик деревянных конструкций, подвергнутых нагреву или механическим повреждениям.

Из многочисленных литературных источников известно, что повышенная температура приводит к снижению механических характеристик большинства конструкционных материалов, в том числе и деревянных конструкций. На сколько велико влияние повышенных температур на прочность древесины выявлялось экспериментом, в ходе которого деревянные образцы нагревались в муфельной печи до установленных значений температуры (рис. 1), после чего подвергались нагружению на гидравлическом прессе (рис. 2).

Оценку прочностных характеристик деревянных образцов, а именно определение предела прочности на сжатие, производили по стандартной методике. Было изготовлено семь деревянных образцов кубической формы разме-



ром 50x50x50 мм. Порода древесины была выбрана наиболее часто встречающаяся, а именно сосна.

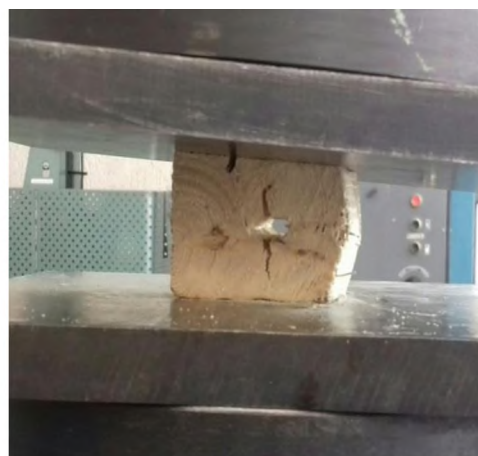
Нагретые до заданной температуры экспериментальные образцы устанавливали на нижнюю плиту гидравлического пресса, затем образец центрировали и приводили к нему предварительную нагрузку при помощи штурвала. После чего включали гидравлический привод и доводили образец до предельного состояния (рис. 3). Значение нагрузки, прикладываемое к испытуемым образцам, повышалось медленно до наступления предельного состояния, характеризуемого треском древесины и началом движения стрелки динамометра к нулю.



**Рис. 1.** Подготовка образцов к испытаниям



**Рис. 2.** Пресс гидравлический ПСУ-10



**Рис. 3.** Проведение испытания образца на прочность

Результаты эксперимента приведены в таблице.

*Таблица.* Влияние температуры нагрева образца на его прочность при сжатии

№ п/п	Температура нагрева образца, °С	Предел прочности на сжатие, МПа
1	25	9,9
2	45	8,8
3	60	7,2
4	80	7,1
5	100	6,4
6	150	5,3
7	200	3,8

Перейдем к анализу результатов, полученных в ходе испытаний. Первый образец, который не подвергался нагреву и выдержал до начала разрушения нагрузку 31240 Н, предельное напряжение составило значение  $\sigma = 9,9$  МПа. Это испытание можно принять за эталонное, поскольку температура испытуемого образца соответствовала нормальным условиям и равнялась 25 °С.

Далее испытания проходили образцы, нагретые до температур в диапазоне от 45 до 200 °С. Из таблицы 1 видим, что значение предельной прочности снижалось и, в конечном итоге, составило 3,8 МПа. Таким образом, температура нагрева деревянной конструкции с 25 °С до 200 °С привело к снижению прочности в 2,6 раза.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие вывод о том, что прочность и надежность деревянных конструкций существенно снижается при условии их длительного нахождения в условиях повышенных температур.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Киселев В.В.* О проведении исследований прочностных характеристик деревянных конструкций при решении задач прикладной механики. // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) – 2017 г. – № 71-1.

2. *Киселев В.В.* Определение наиболее опасного сечения бруса при деформации растяжение - сжатие // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) – 2016 г. – № 56.

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

4. *Ермакова К.Н., Киселёв В.В.* Влияние различных внешних факторов на прочностные характеристики древесины. / В сборнике: Общенаучные проблемы подготовки инженерных кадров МЧС РФ. / Сборник трудов XXVIII Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 49-54.

УДК 677.174: 667.016

*Э. А. Коломейцева<sup>\*</sup>, К. В. Родионов<sup>\*\*</sup>, А. П. Морыганов<sup>\*\*\*</sup>*

<sup>\*</sup> ООО «Апотекс», г.Иваново

<sup>\*\*</sup> ООО «Региональный центр строительных материалов», г. Калининград

<sup>\*\*\*</sup> ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново

## **НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ОБЪЕМНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ С УЛУЧШЕННЫМИ ОГНЕ-ТЕРМО-БИОЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

Рассмотрены вопросы получения экологически безопасных объемных утеплителей для гражданского и военного строительства, обеспечивающих высокую пожаробезопасность и биостойкость объектов. Представлены результаты исследований по сравнительной оценке эффективности новых и используемых в настоящее время

утеплителей. Показаны преимущества новых материалов по показателям огнебиозащиты, экологической безопасности и эксплуатационным свойствам (термостойкость и теплопроводность)

**Ключевые слова:** огнебиозащита, объемные утеплители, термостойкость, теплопроводность.

*E. A. Kolomeitseva, K. V. Rodionov, A. P. Moryganov*

## **NEW TECHNOLOGY FOR OBTAINING ECOLOGICALLY SAFE VOLUME INSULANTS WITH IMPROVED FIRE-, THERMO- AND BIOPROTECTIVE PROPERTIES**

Problems of obtaining ecologically safe volume insulators for civil and military engineering, providing high fire safety and biostability of objects, are studied. The results of researches on comparative evaluation of efficiency of new and currently used insulators are presented. The advantages of new materials based on their parameters of fire- and bioprotection, ecological safety and working properties (temperature resistance, thermal conduction) are shown.

**Keywords:** fire- and bioprotection, volume insulants, temperature resistance, thermal conduction.

В настоящее время утеплители, применяемые в строительной отрасли Российской Федерации, выпускаются на основе стекловолокна, минеральных волокон, полистирола и др. Однако, при проведении строительных работ с их использованием наблюдается ряд недостатков: значительное пыление минеральных волокон вследствие их структурной неоднородности и хрупкости, загрязнение окружающей среды; наличие связующего (в основном, фенолформальдегидных смол) приводит к значительному снижению их пожарной безопасности, ухудшению экологичности.

Получивший широкое распространение в качестве утеплителя пенопласт (вспененные гранулы полистирола) обладает очень низкой пожароустойчивостью и термостойкостью. При введении же в состав этого продукта антипиренов в процессе его горения выделяются очень опасные токсичные вещества. В связи с отмеченными принципиальными недостатками в Евросоюзе и США применение такого утеплителя запрещено.

Альтернативой могут быть объемные утеплители из отечественного, ежегодно возобновляемого лубяного сырья – льняного и конопляного волокна, не обладающие указанными недостатками. Благодаря комплексу ценных природных свойств этих волокон - гигроскопичности, способности легко поглощать и отдавать влагу, элементному составу - производство и применение таких утеплителей экологически безопасно и оптимально по влиянию на здоровье человека. В случае утеплителей из минеральной или стекловаты повышение содержания влаги в них даже на 1-2% приводит к значительному увеличению тепло-

проводности и ухудшению микроклимата в помещении. Утеплитель из лубяных волокон имеет капиллярную структуру, может пропускать влагу и при этом сохранять свои теплоизоляционные свойства. Как уже было отмечено, важнейшими характеристиками, определяющими эксплуатационные и потребительские свойства утеплителя, являются его огнезащищенность, пожаробезопасность и биоцидность (т.е. устойчивость к воздействию плесневых грибов и бактерий). Для придания таких свойств могут быть использованы разработанные в ИХР РАН совместно с ООО «Апотекс» экологически безопасные (не содержащие галогены, формальдегид) мультифункциональные препараты, позволяющие одновременно обеспечивать утеплителю пожаробезопасность, биоцидность при сохранении и даже улучшении необходимых свойств тепло- и шумоизоляции.

Проведенный в ЦФО анализ рынка утеплителей из натуральных волокон показал потенциальный объем продаж в год на уровне 300-500 тыс. м<sup>3</sup> только для малоэтажного домостроения. При использовании утеплителей с высокими огнебиозащитными свойствами в многоэтажном домостроении и промышленном строительстве объем рынка экологически чистых утеплителей увеличится в 5-10 раз.

В данной работе решалась задача получения экологически безопасных объемных утеплителей с улучшенными огне-, термо-, биозащитными свойствами. Предварительно проводился подбор оптимальных композиционных составов, позволяющих придавать льняному волокну и смескам его с другими волокнами специальные защитные свойства с использованием композиционных препаратов серии Тезагран.

Волокно обрабатывалось по 2-м вариантам:

- обработка сухого волокна водным раствором препарата концентрации 120-140 г/л (вариант пропитки) или 350-400 г/л (аэрозольный вариант): в первом случае количество нанесенного раствора составляет 80-85 %, во втором – 15-19%;

- сушка волокна до влагосодержания 10-12 %, при этом количество нанесенного препарата по сухому веществу составляет 8-12 % от общей массы волокна; эта величина значительно меньше необходимого количества ныне применяемых антипиренов и биоцидов.

Обобщенные результаты исследований и полученные данные приведены в табл. 1.

На основании полученных данных можно сделать вывод о возможности применения ресурсосберегающего аэрозольного способа нанесения раствора комплексного препарата Тезагран в количестве не менее 8 % (по сухому веществу) для получения достаточно высоких показателей огнебиозащищенности льноволокна, смесового льнополиэфирного волокна и технических материалов на их основе.

Таблица 1. Основные показатели свойств огнебиозащищенности льноволокна, обработанного по различным технологическим вариантам

Способ обработки волокна	Кислородный индекс, %	Степень повреждения образца по массе, %	Коэффициент дымообразования (Dm), м <sup>2</sup> /кг	Биоцидность, баллы*	Коэффициент биоустойчивости, %
Аэрозольный (нанесение раствора – 15-19 %) льноволокно льноволокно+ 20%ПЭФ	31,5	19,7	131,70	1-2	92
	30,7	17,5	135,0	1-2	93
Жидкостной (модуль пропитки М=6)	38,0	8,5	115,43	0-1	96
Норматив	Не менее 28	Не более 20% для группы горючести Г1	Не более 500 (умеренная дымообразующая способность)	Не более 3	Не менее 85

\*- в результате проведения испытаний на биоцидность по методу агаровых пластин установлено эффективное подавление роста и развития тестовых культур.

С использованием полученного в производственных условиях в Ивановской области льноволокна с высокими свойствами огнебиозащиты в Германии на опытной базе фирмы «Трючлер» был изготовлен утеплитель толщиной 20 см и объемной плотностью 40 кг/м<sup>3</sup> со следующими свойствами: кислородный индекс 35,7% (норматив – не менее 28%), группа токсичности 46,2 г/м<sup>3</sup> (норматив – 40-120), коэффициент теплопроводности 0,034 Вт/(м x К).

В последние годы выполнена совместная работа по получению и выпуску в промышленных масштабах объемного утеплителя на основе сравнительно недорогого короткого льноволокна, в которой участвовали ИХР РАН, ООО «Аптекс» и предприятие-заказчик ООО «Фабрика нетканых материалов «Весь мир». В рамках этой работы применительно к условиям конкретного производства проведена оптимизация композиционного водного состава на базе препарата Тезагран-Био, придающего огнебиозащитные свойства льноволокну, и разработаны технологические схемы, позволяющие организовать ресурсосбере-

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

гающий малозатратный процесс получения конкурентноспособного продукта – объемного утеплителя.

Проведены испытания и оценка свойств огнебиозащищенного утеплителя, полученного с использованием оптимизированного состава препарата Тезагран-Био, в сравнении со свойствами аналога, обработанного раствором на основе импортных препаратов (табл. 2). Установлено, что качественные показатели изготовленного по предлагаемой технологии льняного утеплителя превышают соответствующие показатели утеплителя сравнения.

*Таблица 2. Основные показатели свойств огнебиозащищенного льняного утеплителя, полученного в производственных условиях с использованием препарата Тезагран-Био-Н*

<b>Показатели свойств утеплителя</b>	<b>На основе льноволокна</b>	<b>На основе льноволокна с добавлением 20% полиэфирного волокна</b>	<b>Образец сравнения - утеплитель, обработанный импортным препаратом *</b>
Кислородный индекс, %	30,8	31,0	27,5
Степень повреждения образца по массе, %	12,8	11,5	19,7
Коэффициент дымообразования (Dm) м <sup>2</sup> /г	140,8	136,0	296,0
Коэффициент биоустойчивости, %	92	93	93
Группа горючести	Г1	Г1	Г2

\* – в случае использования этой смеси снижаются прочностные показатели льняного волокна.

Другой перспективный вид волокнистого сырья для изготовления утеплителей – безнаркотическое конопляное волокно. В ряде стран Евросоюза природные экологические утеплители из конопли с 1999г. успешно применяются для тепло- и звукоизоляции стен, крыш и перекрытий жилых и общественных зданий. До 1990 года в нашей стране техническая конопля занимала до 10% сельхозплощадей и приносила растениеводческой отрасли значительный доход. В годы перестройки эта культура попала в опалу: с ней начали активную борьбу, которая привела к практически полному ее исчезновению. Сегодня конопля переживает второе рождение, однако пока объемы ее производства невелики.

Данные, представленные в табл.3, показывают, что использование конопляного волокна может быть весьма эффективно при изготовлении строительных объемных утеплителей. Основные показатели огнезащитных, биоцидных и термостойких свойств различных смесок на основе конопляного волокна, обработанных антипиреном Тезагран-У, значительно превышают соответствующие нормативы.

*Таблица 3. Качественные показатели обработанного конопляного волокна и смесок*

Состав волокнистых смесок*	Качественные показатели			
	Кислородный индекс, %	Потеря массы, %	Относительный коэффициент биостойкости, %	Термостойкость, сек при t 400 <sup>0</sup> С
Конопляное волокно + лен	38,5	9,6	98	550
Конопляное волокно + ПЭФ	36,2	13,4	95	430
Конопляное волокно + параарамид	41,0	9,1	96	790
Конопляное волокно + метаарамид	39,7	8,9	95	810
Норматив	Не менее 28	Не более 20	Не менее 85	-

\* Количество введенного в смеску второго компонента – 25%.

Еще один вариант экологически безопасного объемного утеплителя – целлюлозный мелкодисперсный утеплитель. В этом случае применяется разработанная ООО «Апотекс» совместно с ООО «Региональный центр строительных материалов» экономичная технология введения высокоэффективных антипиренов и биоцидов. Нами взамен существующих импортных препаратов были использованы отечественные композиционные составы. В результате получены следующие данные: при объемной плотности 40 кг/м<sup>3</sup> теплопроводность полученного материала составляет 0,037 Вт/ (м К), тогда как для утеплителя «Эковата» объемной плотности 70 кг/м<sup>3</sup> – 0,044 (что ниже нормативных требований); при этом кислородный индекс составил 36%, коэффициент биоустойчивости 93%, а при использовании импортных аналогов эти величины составляют 28% и 79% соответственно.

Таким образом, с использованием разработанных экологически безопасных высокоэффективных препаратов можно получать огнебиозащищенные утеплители на основе отечественного волокнистого сырья – низкономерных лубяных волокон (лен и конопля) и древесной целлюлозы.

УДК 614.846.63:004.94

*С. Г. Короткевич, В. А. Ковтун*

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЦИСТЕРНЫ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ НА БАЗЕ ШАССИ MAZ-6317**

В пожарной аварийно-спасательной технике одним из актуальных направлений для исследований является модернизация существующих и разработка новых конструктивных решений цистерн пожарных автомобилей в целях повышения их эксплуатационной надёжности.

**Ключевые слова:** пожарный автомобиль, цистерна, динамика, деформация, компьютерное моделирование, проектирование.

*S. G. Korotkevich, V. A. Kovtun*

### **OPERATIONAL SAFETY IMPROVEMENT OF THE FIRE TRUCK'S TANK BASED ON THE CHASSIS MAZ-6317**

One of the most relevant areas for research is the upgrade of existing and development of new structural solutions of the fire truck's tanks with the purpose of their operational safety improvement in fire rescue equipment.

**Keywords:** fire truck, tank, dynamics, deformation, computer simulation, design.

В настоящее время подразделения Министерства по чрезвычайным ситуациям вынуждены сталкиваться с чрезвычайными ситуациями (ЧС) природного и техногенного характера с самыми непредсказуемыми сценариями их развития. Анализ действий, направленных на реагирование пожарных аварийно-спасательных подразделений на чрезвычайные ситуации различного рода, свидетельствует о том, что фактор времени оказывает решающее влияние на процесс развития ЧС и размер причиняемого ущерба. Статистика свидетельствует, что 98% от общего числа погибших приходится на начальный период развития



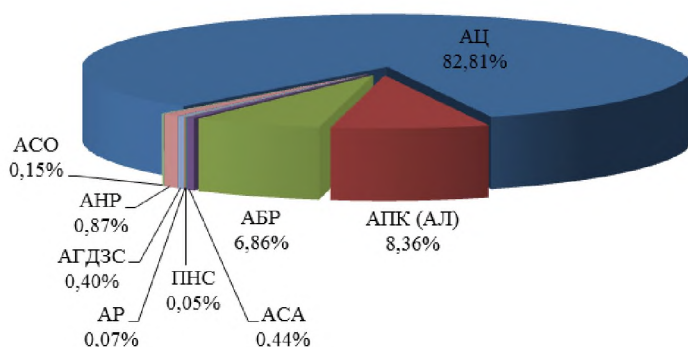
пожаров и ЧС. Для оперативного прибытия пожарных аварийно-спасательных подразделений необходимо наличие новой высокотехнологичной техники либо постоянная модернизация существующей. В связи с этим реализация мероприятий по обновлению и модернизации пожарной аварийно-спасательной техники является одной из приоритетных задач.

В качестве оценки для определения приоритетного оснащения органов и подразделений по ЧС необходимой пожарной аварийно-спасательной техникой использованы данные по количеству её выездов на ЧС, штатной положенности и фактического наличия. Для начала был определен количественный состав парка пожарной аварийно-спасательной техники МЧС Республики Беларусь (таблица).

*Таблица. Количественный состав парка пожарной аварийно-спасательной техники в МЧС Республики Беларусь по состоянию на 2016 год*

Наименование техники	Наличие, шт.	Кол-во техники со сроком службы свыше 15 лет, шт.
Автоцистерна пожарная (АЦ)	1957	1198
Автоподъемник и автолестница	199	39
Автомобиль быстрого реагирования	164	43
Аварийно-спасательный автомобиль	144	27
Пожарная насосная станция	80	68
Автомобиль рукавный	72	65
Автомобиль насосно-рукавный	14	10
Автомобиль газодымозащитной службы	19	4
Автомобиль связи и освещения	8	3

Сравнительный анализ количества имеющейся пожарной аварийно-спасательной техники и процентного отношения количества её выездов за период с 2014 по 2017 годы включительно (рис. 1) показал, что основной единицей в привлечении на ликвидацию последствий ЧС является пожарная автоцистерна, эксплуатационный срок службы большинства моделей которых превышает 15 лет [1].



**Рис. 1.** Усредненный график процентного отношения количества выездов пожарной аварийно-спасательной техники на территории Республики Беларусь за период с 2014 по 2017 год включительно

В условиях ограниченного финансирования поддержание оперативных возможностей и ресурса парка пожарных автоцистерн становится одной из актуальных задач Министерства по чрезвычайным ситуациям.

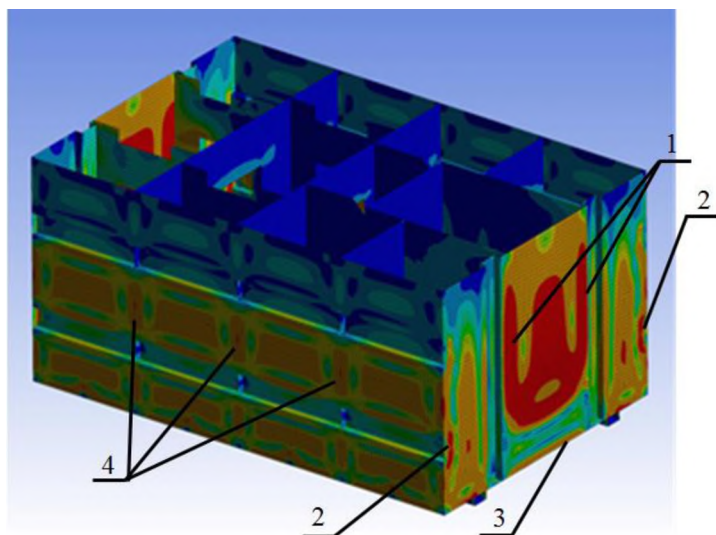
В проводимой научно-исследовательской работе был разработан методологический подход, основанный на совокупном использовании результатов экспериментальных измерений и компьютерного моделирования. Задача компьютерного моделирования возникающего напряженно-деформированного состояния в конструкции цистерны пожарного автомобиля решается при помощи разработки расчётной компьютерной модели и адаптации её к эксплуатационным режимам движения [2]. Результат достигается путём применения в настройках программного комплекса ANSYS измеренного специальным оборудованием значения ускорения, возникающего от вибрации элементов контролируемой при движении конструкции [3].

Создание расчётной модели цистерны пожарного автомобиля АЦ-10.0-40(6317) в масштабе 1:1 проводилось в программном комплексе SolidWorks. Цистерна состоит из передней, задней, боковых стенок, выполненных с рёбрами жёсткости, нижней и верхней стенок. К нижней стенке цистерны приварены два лонжерона. Внутри цистерны расположены пенобак, поперечные и продольные волноломы.

Для проведения расчётов созданная модель импортировалась в программный комплекс ANSYS. Задание свойств материала осуществлялось на базе механических характеристик нержавеющей стали марки AISI 430 2B, из которой выполнена конструкция цистерны. Для имитации заполнения цистерны водой программно задаётся гидростатическое давление на её стенки с учётом плотности жидкости ( $1000 \text{ кг/м}^3$ ). В параметрах настройки «Hydrostatik Acceleration» необходимо ввести измеренное значение возникающего ускорения, полученное экспериментальным путём при заданном эксплуатационном режиме. В качестве граничных условий закрепление конструкции цистерны происходит по нижним её лонжеронам [4-5].

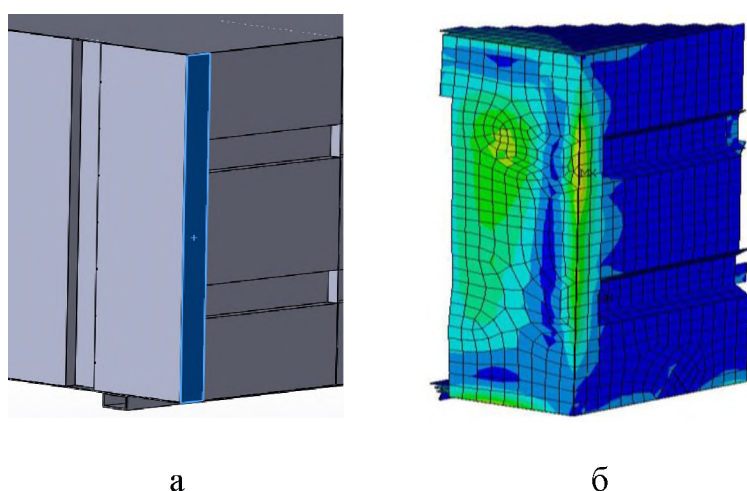
В результате расчета были получены поля распределения эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкции цистерны, на основании которых на рис. 2 выделены области с максимальными возникающими напряжениями.

Полученные результаты имеют высокую степень корреляции с данными о произошедших ремонтах соответствующих конструкций, предоставленными производственно-техническими центрами осуществляющими ремонт пожарных автоцистерн.



**Рис. 2.** Модель распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкции цистерны пожарного автомобиля на базе шасси МАЗ-6317 область 1 – сварное соединение волнолома и пенобака к передней стенке, область 2 – сварное соединение боковых, передней и задней стенок, область 3 – сварное соединение нижней и передней стенок, область 4 – сварное соединение поперечных волноломов и боковых стенок

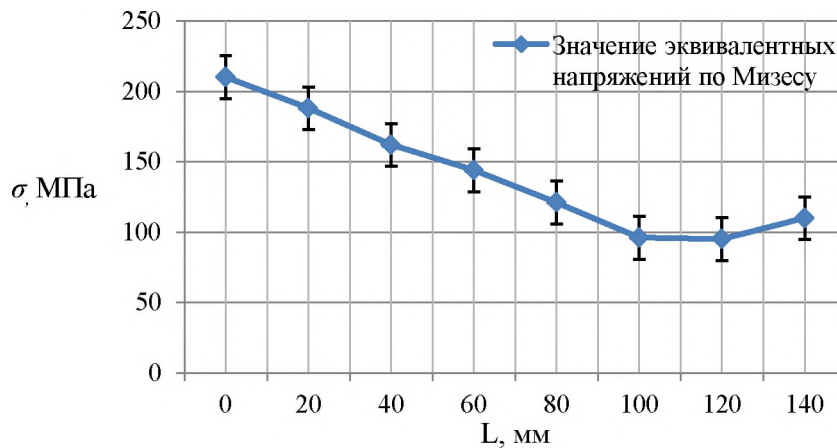
На основании результатов, полученных компьютерным моделированием, были разработаны рекомендации по уменьшению уровня напряжений в данных областях. Доработку области 2 можно произвести путем исключения соединения горизонтальных ребер жесткости боковых стенок с передней и задней стенками (рис. 3 (а)). Для этого есть два пути реализации: отрезать необходимую длину профильного листа боковой стенки, приварить к ней длинный прямоугольный лист и две небольших трапеции, либо в процессе производства сплошные горизонтальные ребра жесткости на боковых стенках цистерны выполнять без контакта с передней и задней стенками. При реализации данных мер (рис. 3 (б)) на передней и задней стенках цистерны значительно снизятся возникающие концентраторы напряжений.



**Рис. 3.** Доработанная область 2 сварного соединения боковой стенки цистерны к передней стенке а – трёхмерная проектная модель; б – расчётная конечно-элементная модель

Анализ сравнительных расчётов по результатам компьютерного моделирования возникающих эквивалентных напряжений по Мизесу в зависимости от длины недовода горизонтальных ребер жесткости на боковых стенках до передней и задней стенок показан на рис. 4. Программный комплекс ANSYS поз-

воляет получить точные значения в области максимальных напряжений [5], при этом разбежка в результатах составляет 5-7%.



**Рис. 4.** Зависимость значений эквивалентных напряжений по Мизесу в области 2 сварного шва конструкции цистерны от длины недовода горизонтальных рёбер жёсткости на боковых стенках до передней и задней стенок

Было установлено, что оптимальным расстоянием недовода горизонтальных рёбер жёсткости на боковых стенках цистерны до передней и задней стенок составляет порядка 100-110 мм, при этом уровень напряжений в области 2 снизится с 217-198 МПа до 108-86 МПа, что составляет порядка 49 %.

По полученным результатам проведённых исследований можно сделать следующие выводы. Разработана конечно-элементная адаптивная модель цистерны пожарного автомобиля десятитонного водоизмещения на базе шасси МАЗ-6317. Установлены зависимости влияния размерных факторов конструктивных элементов на их напряжённо-деформированное состояние при эксплуатации в цистерне пожарного автомобиля. Проведены прочностные расчёты изменённой конструкции цистерны, на основании которых определены оптимальные размеры составляющих конструктивных элементов и разработаны рекомендации по конструкционному дополнению цистерн пожарных автомобилей на базе шасси МАЗ-6317, которые могут быть использованы при проведении капитального ремонта и модернизации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция оснащения подразделений по чрезвычайным ситуациям пожарной аварийно-спасательной техникой: отчёт о НИР / НИИ ПБ и ПЧС; рук. Казябо В.А., 2018. С. 4 – 9.

2. *Короткевич, С.Г.* Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей / С.Г. Короткевич, В.А. Ковтун // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. № 4 (25). С. 45 – 51.

3. *Короткевич, С.Г.* Компьютерное моделирование и исследование напряжённо-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей / С.Г. Короткевич, В.А. Ковтун, В.А. Жаранов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2018. № 1. С. 81 – 90.

4. *Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А.* ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. - М.: Едиториал УРСС. 2003. 272 с.

5. *Безухов, Н.И.* Основы теории упругости, пластичности и ползучести / Н.И. Безухов // Минск: Высшая школа. 1993. 512 с.

УДК 54.03; 54.04; 62-1/-9; 62-91

*Н. А. Кропотова, К. Н. Архангельский*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В статье обосновано решение проблемы защиты стальных конструкций от воздействия высоких температур при пожаре. Приводятся данные экспериментального исследования на прочность стальных деталей обработанных составом и сравнение с эталоном.

**Ключевые слова:** огнезащита, огнезащитное покрытие, защита металла, прочность стали, тонкослойная огнезащитная краска, защита металлоконструкций.

*N. A. Kropotova, K. N. Archangelskiy*

## **THE STUDY OF THE NEW FIRE RETARDANT COATING FOR STEEL STRUCTURES**

Abstract: the article substantiates the solution of the problem of protection of steel structures from high temperatures in case of fire. Experimental data on the strength of steel parts treated with the composition and comparison with the standard are presented.

**Keywords:** fire protection, fire protection coating, metal protection, strength of steel, thin-layer fire protection paint, protection of metal structures.

Металл в настоящее время – один из самых распространенных строительных материалов. Металлические конструкции обладают рядом преимуществ: высокой прочностью, относительно небольшим объемом, отличной обрабаты-

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

ваемостью, высокой технологичностью, малым временем сборки. Основной недостаток строительных конструкций из металла – их низкая огнестойкость. В условиях пожара металлические конструкции быстро теряют свою прочность, что в конечном итоге приводит к разрушению здания или сооружения. Критической температурой для стальных конструкций является температура в 500 °С. После нагрева до 500 °С происходит потеря несущей способности стальных конструкций при номинальной нагрузке. Нагрев металлических конструкций в процессе пожара зависит от многих факторов. Но считается, что металлические конструкции при воздействии огня могут потерять прочность уже через четверть часа. Очевидно, что этого времени очень мало для эвакуации людей и организации тушения пожара. Поэтому строительными нормами и правилами предписывается организовывать защиту металлических конструкций от воздействия огня и нагрева при пожаре. Огнезащита металлических конструкций замедляет нагрев, увеличивает время достижения критической температуры и потери прочности конструкции.

В данной работе приводятся результаты исследований огнестойкости элементов металлоконструкций, обработанных разработанным огнестойким покрытием. Полученные опытные составы наносились на стальные образцы.

Для проведения экспериментальной части работы по исследованию эффективности приготовленного состава использовалось учебное лабораторное оборудование – высокотемпературные муфельная печь и машина для испытания материалов на растяжение. Для проведения испытаний было отобрано несколько образцов конструкционных материалов, имеющих разную массовую долю компонентов смеси (таблица), один образец без покрытия, использовался как эталон. Затем проводились прочностные исследования деталей.

*Таблица. Экспериментальные данные по испытанию прочности металла после воздействия повышенной температуры (400-460 °С)*

№ пробы	Массовая доля компонентов смеси, w (акрил):w(K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ):w(B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ):w(MgO)	Предел прочности, МПа
I	30 : 1 : 20 : 5	780
II	30 : 5 : 20 : 5	485
III	30 : 5 : 5 : 5	560
IV	10 : 5 : 10 : 5	580

Предел прочности эталонного образца составил 714,3 МПа. Другие образцы были подвергнуты нагреву в муфельной печи до различных температур в интервале времени от 15 до 40 минут.

В ходе испытаний установлено, что образцы имели остаточную прочность повысилась незначительно – до 1,3 раза, при использовании состава w

(акрил): $w(K_2SiO_3):w(B_2O_3):w(MgO) = 30 : 1 : 20 : 5$ . Остальные показатели исследования по отношению к контрольной детали показали снижение остаточной прочности от до 0,67 до 0,81. При этом механические свойства стали при нагревании ее до температуры 200...250 °С практически не меняются. При температуре 250...300 °С прочность стали несколько повышается, пластичность снижается. Не следует при этой температуре деформировать сталь или подвергать ее ударным воздействиям. Нагрев выше 400 °С приводит к резкому падению предела текучести и временного сопротивления, а при  $t = 600...650$  °С наступает температурная пластичность и сталь теряет свою несущую способность.

Таким образом, экспериментально доказано, что детали и конструкции, предназначенные для работы при высоких температурах, следует изготавливать из специальных теплоустойчивых (жаропрочных) и жаростойких сталей, содержащих примеси специальных легирующих элементов или на потенциально опасных объектах несущие элементы металлоконструкций необходимо покрывать специальными огнезащитными составами.

Результаты лабораторных испытаний разработанного огнестойкого покрытия I показали эффективность его применения в лабораторных условиях, а именно:

- 1) улучшены прочностные и огнестойкие свойства металла, подвергнутого воздействию высоких температур;
- 2) огнестойкое покрытие просто в технологии приготовления и нанесения;
- 3) покрытие не занимает дополнительного объема;
- 4) разработанное покрытие не утяжеляет металлоконструкции.

Проводятся также дополнительные исследования данных покрытий на долговечность и воздействие окружающей среды.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Кропотова Н.А., Архангельский К.Н.* Огнезащита металлических конструкций для решения инженерных задач быстровозводимых модульных зданий / Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 20-21 сентября 2017 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. - С. 241-245.

2. *Киселев В.В., Кропотова Н.А., Архангельский К.Н.* Влияние высоких температур при пожаре на прочность металлоконструкций // Материалы XI международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «ЭНЕРГИЯ -2016». – 2016. – Т. 4. – С. 124-126.

3. *Кропотова Н.А., Мусеева Е.Ю.* Разработка огнезащитного покрытия и оценка его поведения в условиях повышенных температур. / Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 20-21



сентября 2017 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. - С. 69-76.

УДК 54.03+54.04

*Н. А. Кропотова, К. Н. Архангельский*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОСНОВА РАЗРАБОТКИ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В статье рассматривается возможное решение проблемы защиты стальных конструкций от воздействия высоких температур при пожаре. Предложен огнезащитный состав и методика его приготовления. Приведены экспериментальные данные по эффективности огнезащитного покрытия.

**Ключевые слова:** огнезащита, огнезащитное покрытие, защита металла, прочность стали, тонкослойная огнезащитная краска, защита металлоконструкций.

*N. A. Kropotova, K. N. Archangelskiy*

## **THE BASIS OF THE DEVELOPMENT OF FIRE-RETARDANT COATINGS FOR STEEL STRUCTURES**

The article discusses a possible solution of the problem of steel structures protecting against high temperatures exposure. A flame resistance composition and method described. Experimental data of the flame resistance coating effectiveness represented.

**Keywords:** fire protection, fire protection coating, metal protection, the strength of steel, thin-layer fire resistance paint, steel protection.

Современное общество пристальное внимание уделяет вопросам безопасности. Наибольшую угрозу для жизни представляют не только сами пожары, но и последствия от них. Наибольшее распространение в строительстве получили металлические конструкции. Стальные конструкции, несущие балки, лестничные пролеты мало подвержены горению, но при длительном воздействии высоких температур начинают деформироваться и теряют свою устойчивость к действующей нагрузке и несущую способность. В связи с этим возникает необходимость разработки новых и инновационных огнестойких составов. Важнейшие свойства всех огнезащитных составов для металлоконструкций - эффективность и качество.



Представленные на российском рынке огнезащитные составы для металлоконструкций делятся на две большие группы:

1) Вспучивающиеся (тонкослойные) - являются лакокрасочными высоконаполненными композициями со сложным химическим составом. Обеспечение огнестойкости в результате их использования достигается за счет эндотермических эффектов, а также химических превращений компонентов. Они-то и приводят к образованию защитного слоя и поглощению тепла, выделяемого пламенем. То есть, под воздействием огня защитное покрытие увеличивается в объеме до 100 раз – вспучивается, тем самым образует экран, защищающий металлическую конструкцию.

2) теплоизоляционные (толстослойные составы) - это сухие смеси (строительные), основой которых является цемент, особые добавки и легкие наполнители. Перед применением их смешивают с водой, а затем наносят на поверхность конструкции. Данное действие аналогично стандартному оштукатуриванию.

В данной работе приводятся результаты разработки основного состава огнезащитного покрытия. Компонентный состав сухой смеси огнезащитного покрытия следующий: оксид алюминия, силикат натрия, оксид бора, оксид цинка, оксид магния, графит, акриловая эмульсия, вяжущие элементы, др.

Сухие компоненты взвешиваются на технических весах с погрешностью 0,5% по массе и перемешиваются в смесителе периодического действия.

Всего получилось несколько опытных смесей, которые использовались при нанесении на металлические образцы для доказательства огнезащитных свойств данного покрытия. Для проведения испытаний было отобрано образцов конструкционных материалов, имеющих массовую долю приготовленных компонентов на основе акриловой дисперсии приведенной в таблице, один образец без покрытия, использовался как эталон. Предел прочности эталонного образца составил  $650 \pm 0,5$  МПа, а образцы с нанесенным покрытием показали  $780 \pm 0,5$  МПа. При воздействии повышенной температуры образцы были подвергнуты нагреву в муфельной печи до температуры 250...300 °С прочность стали несколько повышается с 480 МПа до 560 МПа, пластичность при этом снижается.

*Таблица. Химический состав добавок к акриловой дисперсии*

<b>№ п/п</b>	<b>Огнезащитные компоненты</b>	<b>Массовая доля огнезащитных компонентов</b>
1	Акриловая эмульсия	50
2	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	5
3	$\text{K}_2\text{SiO}_3$	10
4	$\text{Al}_2\text{O}_3$	3
5	$\text{B}_2\text{O}_3$	20
6	ZnO	1
7	MgO	5
8	C	1

Таким образом, разработанный огнезащитный состав является доступным и недорогим составом, который не уступает по функциональным возможностям в части касающиеся защиты от воздействия высокой температуры пожара и являются альтернативным уже существующим аналогам, а также технологическим характеристикам и эффективности.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Кропотова Н.А., Архангельский К.Н.* Огнезащита металлических конструкций для решения инженерных задач быстровозводимых модульных зданий / Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 20-21 сентября 2017 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. - С. 241-245.

2. *Киселев В.В., Кропотова Н.А., Архангельский К.Н.* Влияние высоких температур при пожаре на прочность металлоконструкций // Материалы XI международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «ЭНЕРГИЯ -2016». – 2016. – Т. 4. – С. 124-126.

3. *Кропотова Н.А., Мусеева Е.Ю.* Разработка огнезащитного покрытия и оценка его поведения в условиях повышенных температур. / Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 20-21 сентября 2017 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. - С. 69-76.

УДК 614.845

***В. А. Круглов<sup>\*,\*\*</sup>, А. П. Сизов<sup>\*</sup>***

<sup>\*</sup>Управление (пожарно-спасательных сил и специальных формирований) Центрального регионального центра МЧС России

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **УСТРОЙСТВО ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ МАГНИТНУЮ НАНОЖИДКОСТЬ**

В данной статье дается определение магнитной жидкости и способ ее получения. Также рассматриваются области применения магнитных жидкостей в настоящее время. Приводятся наиболее известные отечественные и зарубежные компании, которые занимаются производством магнитных жидкостей, а также имеющих ее в составе устройств и агрегатов. Далее говорится о предлагаемой сфере использования магнит-

ной жидкости в целях совершенствования методов пожаротушения на различных объектах, в частности, в тандеме с автоматическими установками газового пожаротушения. Приводятся основные виды установок газового пожаротушения и датчики, определяющие утечку газа. В завершении предлагается способ повышения пожарной безопасности объекта исследования путем внедрения в систему пожарной автоматики датчиков измерения давления на основе регулятора давления, запатентованного сотрудниками специального конструкторско-технологического бюро «Полюс» при Ивановском энергетическом институте им. В.И. Ленина А.П. Сизовым и В.В. Подгорковым (номер авторского свидетельства SU 1564598 A1).

**Ключевые слова:** магнитная жидкость, поверхностно-активное вещество, магнитножидкостное уплотнение, магнитножидкостной сепаратор, датчик измерения утечки газа, автоматическая установка газового пожаротушения, регулятор давления.

*V. A Kruglov, A. P. Sizov*

## **DEVICE OF FIRE AUTOMATICS USING MAGNETIC NANOID**

In this paper, a definition of a magnetic fluid and a method for its production are given. Also, the fields of application of magnetic fluids are currently being considered. The most famous domestic and foreign companies that produce magnetic fluids, as well as those that have it in the structure of devices and units, are given.

Further, the proposed scope for the use of a magnetic fluid in order to improve fire-fighting methods at various facilities, in particular in a tunnel with automatic gas extinguishing installations, is discussed. The main types of gas extinguishing installations and sensors that detect gas leakage are given.

In the end, a method is proposed for increasing the fire safety of the research facility by introducing pressure sensors based on a pressure regulator patented by the employees of the special design and technology bureau Polyus at the Ivanovo Power Engineering Institute named after the author. IN AND. Lenina A.P. Sizov and V.V. Podgorkovym (number of copyright certificate SU 1564598 A1).

**Keywords:** magnetic fluid, surfactant, magnetic-liquid seal, magnetic-liquid separator, gas leakage measurement sensor, automatic gas fire extinguishing system, pressure regulator.

Весь прогресс в технической сфере начинается, как правило, с применения новых материалов, или так называемых нанодисперсионных материалов.

К таким наноматериалам относится магнитная (ферромагнитная) жидкость.

**Ферромагнитная жидкость** (*ФМЖ, магнитная жидкость, феррожидкость, феррофлюид*) (*от латинского ferrum — железо*) — жидкость, сильно поляризующаяся в присутствии магнитного поля.

Несмотря на название, ферромагнитные жидкости не проявляют ферромагнитных свойств, поскольку не сохраняют остаточной намагниченности после исчезновения внешнего магнитного поля. Их часто называют «суперпарамагнетиками» из-за высокой магнитной восприимчивости.

Для обеспечения устойчивости такой жидкости ферромагнитные частицы связываются с поверхностно-активным веществом (ПАВ), образующим защитную оболочку вокруг частиц и препятствующем их слипанию из-за магнитных сил. Как правило, в качестве ПАВ используют вещества, состоящие из полярных органических молекул,

Наиболее распространенной магнитной жидкостью является МЖ типа магнетит в керосине с олеиновой кислотой в качестве стабилизатора.

Впервые методика получения стабилизированного коллоидного раствора магнетита была предложена в конце 30-х годов Элмором. В последнее время такие жидкости получают методом конденсации при осаждении магнетита щелочью из водных растворов солей двух- и трехвалентного железа.

В настоящее время интерес к магнитной жидкости во всем мире проявляется довольно широко.

В России ферромагнитную жидкость и продукцию на ее основе изготавливают такие предприятия, как ОАО «Завод им. Дегтярева» (Владимирская область, г. Ковров), Компания «Аквасил» (г. Москва), ООО «Научно-производственное предприятие «АМ-КУБ» (г.Екатеринбург), АО «ГРАНТ» (Московская область, г. Наро-Фоминск,) и другие.

Если говорить об иностранных предприятиях, чья деятельность включает производство магнитной жидкости и изготовление соответствующей продукции, то стоит отметить следующие компании:

Ferrotec. Это технологическая компания с мировым присутствием в широком спектре конечных продуктов, производственных систем и отраслей промышленности. Ведет свои корни к НАСА и магнитным жидкостям, разработанным для использования в космической программе.

Ningbo Naipu Magnetics (Китайская народная республика) – начинало, и продолжается развитие систем магнитного разъединения и магнитных агрегатов.

Force Magnetic Solution Co. Ltd (Китайская народная республика) – высокотехнологичная компания, специализирующаяся на исследовании, развитии, изготовлении и поставке магнитных сепараторов, постоянного магнита, магнитных материалов и разнообразия других магнитных агрегатов.

Концерн BASF (Германия, г. Людвигсхафен) – развивает производство магнитно-реологических жидкостей (MRF), которые поставляются на рынок под брендовым наименованием Basonetic.

И ряд других предприятий локального и международного формата.

Как уже было отмечено, диапазон применения ферромагнитной жидкости довольно широк.

Основные области ее применения: электронные устройства, машиностроение (магнитножидкостные уплотнения, регулируемые муфты, узлы трения со смазочными магнитными жидкостями), оборонная промышленность

(радиопоглощающее покрытие на основе ферромагнитной жидкости) авиакосмическая промышленность (основа для системы стабилизации космического корабля в пространстве), оптические приборы, медицина, горнорудная промышленность (магнитножидкостные сепараторы) и др.

В нашей работе областью исследования являются объекты, на которых возможно возникновение нештатных ситуаций, связанных с утечкой газа. Это объекты отраслей пожароопасной промышленности, в частности использующих либо добывающих горючие и взрывоопасные газы.

Сегодня датчики измерения утечки газа бывают двух видов. Проводные и беспроводные.

Они разделяются на три вида: полупроводниковые, каталитические и инфракрасные.

Необходимо отметить, что датчики обнаружения утечки газа наиболее эффективны в тандеме с **автоматическими установками газового пожаротушения**.

Применение газовых огнетушащих средств: двуокиси углерода, хладонов, азота, аргона, галоидированных углеводородов и их смесей – может обеспечить тушение большинства горючих жидкостей, газов, твердых веществ и материалов. Основными объектами применения установок газового пожаротушения являются:

- энергетические объекты (трансформаторы напряжением более 500 кВ; кабельные туннели, шахты, подвалы и полуэтажи);
- маслоподвалы металлургических предприятий;
- турбогенераторы ТЭЦ, ГРЭС (используется технологическая двуокись углерода);
- окрасочные цехи, склады огнеопасных жидкостей и лакокрасочных материалов;
- лабораторные помещения с использованием большого количества огнеопасных жидкостей;
- библиотеки, музеи, архивы (используются в основном хладоны и двуокись углерода), банковские хранилища (двуокись углерода) и др.

Установки газового пожаротушения составляют около 15 % от общего числа АУП.

Установки автоматические газового пожаротушения (УАГП) применяются для ликвидации пожаров классов А, В, С по ГОСТ 27331–87 и электрооборудования.

По условиям хранения газовых огнетушащих составов и функциональному признаку УАГП бывают централизованные и модульные.

*Централизованная установка* – установка газового пожаротушения, в которой баллоны с газом размещены в помещении станции пожаротушения.

*Модульная установка* – установка газового пожаротушения, содержащая один или несколько модулей газового пожаротушения, баллоны которых размещены в защищаемом помещении или рядом с ним.

Нами рассматривается способ повышения пожарной безопасности объекта исследования путем внедрения в систему пожарной автоматики датчиков измерения давления, иными словами, регуляторов давления, имеющих в своем составе магнитную жидкость.

Регулятор был запатентован сотрудниками специального конструкторско-технологического бюро «Полус» при Ивановском энергетическом институте им. В.И. Ленина А.П. Сизовым и В.В. Подгорковым.

Целью изобретения является упрощение и повышение надежности регулятора. Использование в качестве чувствительного элемента магнитножидкостной пробки, расположенной в канале переменного сечения входную и выходную полости, и удерживаемой магнитными силами, обеспечивает плавность регулировки в широких пределах. Преимущество предлагаемого регулятора давления заключается в повышенной надежности за счет исключения каплеуноса и испарения магнитной жидкости и исключения необходимости электропитания электромагнитной катушки. Отсутствие расхода магнитной жидкости обеспечивает больший срок службы регулятора давления, не требует дозаправки и снижает стоимость его эксплуатации и содержания.

УДК 536.46; 666.3-128; 621.382

***М. В. Кузнецов***

ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций  
(Федеральный центр науки и высоких технологий)

## **САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ (СВС) СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДАТЧИКОВ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ГАЗОВ**

В работе была исследована газочувствительность шпинельных и орторомбических ферритов ( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  и  $\text{LaFeO}_3$ , соответственно), а также никельцинковых станнатов  $\text{Zn}_{2-x}\text{Ni}_x\text{SnO}_4$  ( $x=0, 0.8$ ) и ряда замещенных титаном оксидов переходных металлов, полученных в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Данное сообщение является одним из первых в практике использования порошков продуктов СВС с точки зрения их газочувствительности. Отклики материалов на присутствие газов (этанола, аммиака, пропана, СО, этана, этена) в атмосфере были исследованы при различных рабочих температурах. Хорошие показатели газочувствительности были обнаружены при исследованиях кубиче-

ских никель-цинковых станнатов, а также ортоферрита лантана с превосходной селективностью по отношению к этанолу

**Ключевые слова:** самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), сложные оксиды, ферриты, шпинели, замещение, газочувствительность, горючие и другие потенциально опасные газы.

*M. V. Kuznetsov*

## SELF-PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS (SHS) OF COMPLEX OXIDE MATERIALS FOR SENSORS POTENTIALLY DANGEROUS GASES

The gas-sensing properties of spinel and orthorhombic ferrites ( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  and  $\text{LaFeO}_3$  respectively) as well as cubic nickel–zinc stannates  $\text{Zn}_{2-x}\text{Ni}_x\text{SnO}_4$  (with  $x=0, 0.8$ ) and some Ti-substituted transition metals oxides, prepared by self-propagating high-temperature synthesis (SHS), are reported. This is one of the first reports of using an SHS derived powder for gas sensing applications. The gas response of the materials was investigated against a range of gases (ethanol, ammonia, propane, CO, ethane, ethene) at a variety of operating temperatures. Good gas response behavior was found in the case of the cubic nickel–zinc stannates as well as lanthanum orthoferrite with excellent selectivity toward ethanol.

**Keywords:** self-propagating high-temperature synthesis (SHS), complex oxides, ferrites, spinels, substitution, gas sensitivity, combustible and other potentially dangerous gases.

Гетерогенное горение конденсированных систем или самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) сложных оксидных материалов сформировался как самостоятельное научное направление в рамках теории и практики процессов горения и современного материаловедения. В данной работе впервые был проведен СВС ряда порошковых композиций простых оксидов с частичным замещением базового металла, а также сложных оксидов, перспективных с точки зрения их использования в качестве датчиков горючих, токсичных, взрывчатых и других потенциально опасных газов. Процессы взаимодействия компонентов были проведены на воздухе в одну стадию с использованием шихтовых составов, содержащих в стехиометрических соотношениях порошки соответствующих металлов в качестве горючего и их оксидов – в качестве разбавителей. Горение осуществлялось с использованием только конденсированных внутриреакционных окислителей (перхлоратов или пероксидов щелочных или щелочноземельных металлов) без какого-либо дополнительного подвода энергии к реагирующей системе. В ряде случаев проводилась дополнительная высокотемпературная обработка синтезированных оксидов ( $800-1100^{\circ}$ ) исходя из требований конкретного технологического процесса. Следует подчеркнуть, что процессы горения с применением вышеописанных схем не предполагают получения наноразмерных порошковых материалов в качестве продуктов взаимодействия. После дробления спеченных агломератов образуются

только микроразмерные порошки. В связи с чем все полученные результаты по газочувствительности для данной категории материалов относятся к порошкам микронных размеров.

Были исследованы механизмы газочувствительности ряда специально синтезированных полупроводниковых простых оксидов с частичным замещением основного металла на титан. В частности, поведение твердых растворов в системе «железо-титан-кислород»  $\text{Fe}_{2-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$  ( $x = 0.1-1.4$ ). При  $x = 0.1$  материал был однофазным, тогда как с ростом  $x$  в структуре появлялась примесная псевдобрукитная фаза. Следует отметить, что незамещенный оксид железа (III) не проявляет газочувствительности по отношению к CO. Однако в оксиде железа-титана данная характеристика была исследована как функция  $x$  и имела оптимальные значения в границах растворимости твердого раствора 5-10 мольных %. Были обнаружены следующие эффекты: значительная поверхностная сегрегация титана при малых  $x$ ; замедление роста зерен и образование массивных агломератов с ростом  $x$ ; а также формирование в структуре Fe(II) при больших величинах  $x$ . Изменения микроструктуры синтезированного материала были проанализированы с использованием модели Марса-ван Кревелина. Имело место последовательное уменьшение газочувствительности материала с ростом  $x$ , связанное, по-видимому, с появлением примесной фазы, с наличием агломератов в микроструктуре и образованию на поверхности материала электронных ловушек за счет формирования Fe(II). При малых  $x$  газочувствительность может быть связана с наличием кооперативных каталитических эффектов на поверхности газочувствительных пленок, а также фаз внедрения Ti, наличие которых также может быть связано с релаксацией кислородной подрешетки.

Порошки  $\text{Cr}_{2-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$  ( $x = 0.2-1.6$ ) также были синтезированы в режиме гетерогенного горения конденсированных систем с дополнительной термообработкой при 800-900°C. Однофазный материал образовывался при  $x = 0.2$  и 0.3, а при  $x = 0.4$  уже появлялись примесные фазы. При оптимальных концентрациях титана имела место поверхностная сегрегация его атомов. Данные материалы -  $\text{Cr}_{1.8}\text{Ti}_{0.2}\text{O}_3$  и  $\text{Cr}_{1.7}\text{Ti}_{0.3}\text{O}_3$  демонстрировали удовлетворительную чувствительность к парам этанола. Материалы, обработанные при 900°C, содержали укрупненные агломераты, которые оказывали существенное влияние на пористость сенсорной пленки. Это приводило к уменьшению электропроводности по сравнению с материалами, отожженными при 800°C. Для всех сенсоров не было отмечено какого-либо существенного влияния влажности атмосферы на их чувствительность к парам этанола, однако эта чувствительность возрастала на 10-20% во влажном воздухе (при 50%-ой влажности). Из полученных результатов можно также сделать вывод о том, что регенерация кислорода на образцах пленок продукта СВС - оксида хрома-титана (на примере  $\text{Cr}_{1.8}\text{Ti}_{0.2}\text{O}_3$ ) происходит быстрее в условиях воздействия влажного воздуха, чем в сухом воздухе.



Была также исследована газочувствительность мелкодисперсных порошков сложных многокомпонентных оксидов – продуктов гетерогенного горения конденсированных систем. Тестовые испытания были проведены для следующих порошковых композиций сложных оксидов – продуктов СВС и следующих газов:  $\text{BaSnO}_3$  - (NO);  $\text{YFeO}_3$  ( $\text{LaFeO}_3$ ) - ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ );  $\text{CdFe}_2\text{O}_4$  - ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ; CO;  $\text{H}_2$ );  $\text{SrTiO}_3$  ( $\text{BaTiO}_3$ ) - ( $\text{CO}_2$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ );  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  - (NO;  $\text{NO}_2$ ) и др. Газочувствительность шпинельных и орторомбического ферритов ( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LaFeO}_3$ ), а также кубических станнатов никеля-цинка  $\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{SnO}_4$  ( $x = 0; 0.8$ ) была исследована применительно к CO, аммиаку, этанолу, пропану, этану и т.д. при рабочих температурах 350-600°C. Концентрации всех тестируемых газов находились в пределах, сравнимых с их концентрациями в естественных условиях, а сами газы были растворены в искусственном воздухе. Все исследованные материалы обладали электропроводностью *n*-типа для обеспечения газочувствительности при рабочих температурах 350-600°C за исключением  $\text{LaFeO}_3$ , обладающего электропроводностью *p*-типа. Все сенсоры демонстрировали удовлетворительную чувствительность к этанолу при концентрации 20 ppm. Наилучший показатель  $G_p$  (2.62) при оптимальной рабочей температуре 550°C демонстрировал ортоферрит  $\text{LaFeO}_3$ . В случае  $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$  и  $\text{Zn}_{1.2}\text{Ni}_{0.8}\text{SnO}_4$  отклики были существенно большими по величине ~2 ppm или менее в сравнении с остальными сенсорами - 9-20 ppm. Чувствительность этих двух сенсоров к аммиаку в концентрации 50 ppm превышает чувствительность ферритовых сенсоров практически вдвое. Повышенная чувствительность Zn-содержащих сенсоров связана, по-видимому, с открытой и пористой микроструктурой пленок этих сенсоров. Все полученные результаты открывают широкие возможности в области определения взрывоопасных, токсичных и горючих газов.

УДК 678; 541 (15+64); 547.321

*М. В. Кузнецов*<sup>\*</sup>, *Д. П. Кирюхин*<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России

<sup>\*\*</sup>ФГБУН Институт проблем химической физики РАН

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С УЛУЧШЕННЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ НУЖД МЧС РОССИИ

Разработаны новые технологические схемы изготовления стеклополимерных фторсодержащих композиционных материалов, которые могут быть использованы для решения задач, входящих в компетенцию МЧС России. Исследованы физико-химические характеристики полученных композиционных материалов, оценена эф-

фективность использования различных теломеров. Предложены направления практической реализации разработанной технологии.

**Ключевые слова:** стеклополимерные композиты; теломеры; тетрафторэтилен; гидрофобность; физиологическая инертность; термостойкость; ткани; снаряжение.

*M. V. Kuznetsov, D. P. Kirykhin*

### **ADVANCED COMPOSITE MATERIALS WITH IMPROVED PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS FOR THE NEEDS OF EMERCOM OF RUSSIA**

New technological schemes of glass-polymer fluorine-containing composite materials production, which can be used to solve problems within the competence of EMERCOM of Russia, have been developed. Physico-chemical characteristics of the obtained composite materials was studied, the efficiency of various telomeres usage was estimated. The directions of practical realization of the developed technology were offered.

**Keywords:** fiber-glass composites; telomeres; tetrafluoroethylene; hydrophobic; physiological inertness; thermostability; tissue; equipment.

В связи с развитием различных отраслей науки и промышленности повышаются требования, в том числе и к техническим средствам, материалам, приборам и экипировке, применяемым для оснащения пожарных и поисково-спасательных формирований МЧС России. Одной из важнейших характеристик средств экипировки является их универсальность, то есть возможность их использования, например, как в условиях экстремально высоких, так и низких температур, как при наводнениях и повышенной влажности, так и в условиях пустыни и полного отсутствия влажности и т.д. Создание тканей, сочетающих в себе все или большинство из перечисленных характеристик, позволило бы перевести снабжение пожарных и других спасательных формирований на качественно новый уровень и существенно снизить общие затраты на экипировку за счет использования одной и той же одежды и средств экипировки в различных географических и погодных условиях. Указанная проблема, по крайней мере – частично, может быть решена путем использования нового поколения высокотехнологичных алюмосиликатных стеклотканей с различными видами пропитки.

Области возможного практического применения получаемых изделий, в том числе и для нужд МЧС России, чрезвычайно разнообразны. Это и гидрофобные ткани для покрытия временных сооружений; и физиологически инертные ткани для медицинских целей, применительно к задачам поисково-спасательных формирований; и огнезащитные ткани для изготовления одежды и средств экипировки пожарно-спасательных команд при работе в экстремальных температурных условиях; транспортерные химически и термически стой-

кие материалы; армирующие стеклоткани для массивных изделий из фторопласта; стойкие в агрессивных средах высокопроизводительные фильтровальные материалы и т.д.

В качестве носителей используются стандартные кремнеземные или алюмосиликатные ткани отечественного производства с различными видами плотности тканья, например, с полотняным, саржевым, сетчатым, сатиновым, объемным жаккардовым плетением нитей, а также плетениями других типов. В настоящее время предприятия по производству стеклопластиков используют в качестве связующих компонентов различные термопластичные и терморезистивные полимеры, смолы и их композиции. Однако до сих пор в их ряду отсутствовал политетрафторэтилен (ПТФЭ, фторопласт). Фторопласт обладает блестящими показателями термостойкости и морозоустойчивости, стойкости в химически агрессивных средах, антифрикционными и антиадгезионными характеристиками, диэлектрическими параметрами и др. Основной причиной такой парадоксальной ситуации до недавнего времени являлась невозможность перевода фторопласта в вязко текучее состояние или в раствор. Например, крупнейшие предприятия в России и за рубежом (ОАО «ГалоПолимер» и Saint-Gobain), производящие стеклотканые композиционные материалы на основе фторполимера, используют традиционную для такого рода изделий энергозатратную прессовую технологию спекания порошка полимера. Очевидно, что такая технология не обеспечивает условия для проникновения фторполимера в межволоконные полости стеклоткани, которой отводится функция армирующего компонента. Ввиду отсутствия адгезионной связи между стеклом и фторопластом создаются условия для отслаивания полимера от армирующей стеклоткани и нарушение сплошности изделия. Такая технология требует введения в композит значительных масс полимера: содержание фторопласта в произведенном по этой технологии изделии находится на уровне 50-80 масс. %.

Предлагается принципиально новая технология изготовления стеклополимерного композиционного материала с фторопластовым связующим. Метод его введения в структуру стеклоткани основан на применении операции пропитки стеклотканого наполнителя растворами низкомолекулярного, растворимого в органических растворителях политетрафторэтилена - теломера тетрафторэтилена (ТФЭ). После пропитки стеклотканой матрицы раствором теломера, в зависимости от предварительной обработки стеклоткани и с использованием специальных технологических подходов, увеличение массы теломера относительно массы матрицы составляет единицы процентов (не выше 3.0-5.0 масс. %).

Важнейшим эксплуатационным параметром для использования тканей в качестве защитных покрытий различного рода сооружений, пошива спецодежды и изготовления элементов экипировки, является гидрофобность. Термическая обработка ткани, после нанесения растворов теломеров, приводит к улучшению качества покрытия и повышению гидрофобности исследуемых образцов. Время впитывания водяной капли увеличивается на 1.0 – 1.5 порядка по

сравнению с исходной стеклотканью. Это наблюдение позволило внести в технологию изготовления нового композиционного материала дополнительную операцию: после проведения пропитки стеклоткани растворами теломеров и сушки от растворителя образцы подвергались мягкой термообработке в воздушной атмосфере при температуре 150°С в течение 5-10 минут. *При этом было обнаружено значительное увеличение времени впитывания капли: после термообработки оно возросло на порядок (~80 мин.) и достигло величин, соответствующих абсолютно гидрофобному материалу. Следовательно, данные образцы изготовленных изделий могут быть охарактеризованы как «сверхгидрофобные».*

Принципиально важной практической характеристикой создаваемых стеклополимерных композиционных материалов является степень их устойчивости при воздействии химически агрессивных сред. В рамках данного исследования проведена первичная проверка кислотостойкости композитных образцов. В качестве меры стойкости была принята величина потери их массы при погружении изделий в ванну с 2N соляной кислотой на 3 ч. После проведения такой операции аналогичные необработанные образцы потеряли в массе 8–10 масс.%, в термообработанных образцах потеря массы уменьшилась более чем в 2 раза и составила 1.0-5.0 масс.%. Этот результат следует рассматривать как свидетельство реальности достижения высокой химической стойкости созданных стеклополимерных композиционных материалов.

Полученные образцы были также исследованы с точки зрения их термостабильности в режиме линейного нагрева образцов и их выдержки при определенных температурах. В экспериментах по исследованию влияния прогрева образцов на качество изделий, при температуре 200°С в течение 2-х часов, потеря массы составила от 6 до 10%.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов достигнуто повышение устойчивости стеклополимерного композиционного материала в условиях длительного воздействия воды, высоких температур, а также химически агрессивных сред при одновременном значительном снижении содержания в нем достаточно дорогого политетрафторэтилена. Применительно к целям и задачам, решаемым различными подразделениями МЧС России, следует выделить перспективные направления их использования с указанием наиболее важных эксплуатационных характеристик в каждом конкретном случае:

- пошив спецодежды и изготовление предметов экипировки для пожарных, поисково- и горно-спасательных формирований, решающих вопросы ликвидации ЧС, связанных с лесными, бытовыми и промышленными пожарами, в том числе с пожарами в шахтах (термостойкость);

- пошив спецодежды и изготовление предметов экипировки для подразделений МЧС России, занимающихся ликвидацией последствий наводнений (гидрофобность);

- защитные тканые покрытия для временных сооружений, техники, а также снаряжение общего назначения (палатки, рюкзаки, носилки и т.д.) (термостойкость, гидрофобность);

- специальное снаряжение, защитная одежда, специальные ёмкости для сбора жидкостей, а также фильтровальные материалы для работы специальных подразделений в условиях ликвидации ЧС, связанных с разливами кислот и других агрессивных сред при их производстве и транспортировке (кислотоустойчивость и общая химическая стойкость);

- физиологически инертные ткани для нужд мобильных медицинских бригад, поисково- и горно-спасательных формирований МЧС России (физиологическая инертность) и др.

Предлагаемые стеклополимерные композиционные материалы могут быть также использованы в химической, нефтехимической промышленности, машиностроении, электронике и в других отраслях промышленности, а также при изготовлении труб, в том числе и для перекачки агрессивных сред.

УДК 699.812.3

*И. И. Култашев, Н. М. Панёв, Е. В. Ширяев, А. Л. Никифоров*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РЕЦЕПТУРА ПРОПИТОЧНОГО АНТИПИРЕНА ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ**

Статья посвящена разработке рецептуры огнезащитного пропиточного состава, не уступающего рыночным аналогам по эффективности. Описан круг веществ, применяемых при создании антипиренов для древесины. Отработаны различные варианты технологии обработки древесины бинарным составом. Получены значения показателей пожарной опасности древесины, обработанной предлагаемым средством по отработанным технологиям.

**Ключевые слова:** древесина, пожарная опасность, антипирены, пищевая сода, жидкое стекло, горючесть, кислородный индекс.

*I. I. Kultashev, N. M. Panyov, E. V. Shiryayev, A. L. Nikiforov*

## **THE FORMULATION OF THE IMPREGNATING FLAME RETARDANT FOR WOOD AND DETERMINATION OF FIREPROOF EFFICIENCY DEPENDING ON THE APPLICATION TECHNOLOGY**

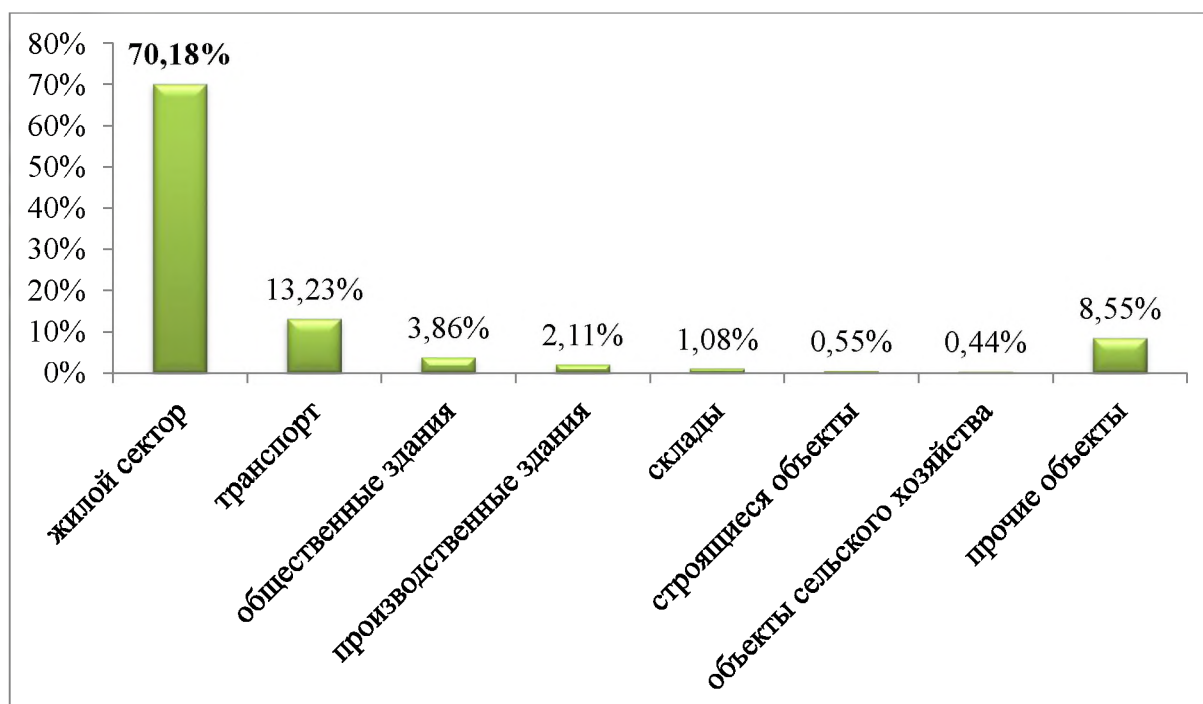
The article is devoted to the development of the formulation of flame retardant impregnating composition, not inferior to market analogues in efficiency. The range of sub-

stances used in the creation of fire retardants for wood is described. Various options of technology of processing of wood by binary structure are fulfilled. There are obtained the values of indicators of fire hazard of the wood processed by the offered means on the fulfilled technologies.

**Keywords:** wood, fire hazard, fire retardants, bischofite, sodium hydrocarbonate, combustibility, oxygen index.

Натуральная древесина является уникальным строительным материалом, несмотря на появление в последнее время на рынке большого количества различных альтернативных строительных материалов. Главной особенностью дерева является его пористая волокнистая структура. Это способствует поглощению влаги, делает его дышащим, что создаёт благоприятный микроклимат в жилище. Но вопреки всем положительным качествам древесины, здания и сооружения из нее занимают лидирующие позиции в официальной статистике пожаров [1].

Согласно официальной статистике, за 2017 год в России зарегистрировано 132406 пожаров. В результате прямой материальный ущерб составил 14133642 тысячи рублей, унес жизни 7782 человек, из них 358 детей. В сельской местности произошло 54296 пожаров, погибло 4005 человек, в том числе 203 ребенка, прямой ущерб составил 4665907 тысяч рублей [2].



**Рис. 1.** Анализ обстановки с пожарами в РФ за 2017 год

На жилой сектор приходится от 70 до 80% от общего числа пожаров, происходящих ежегодно в Российской Федерации. В жилых домах гибнет около 90% от общего количества погибших при пожарах. Основной причиной гибели людей при пожарах являются действия продуктов горения (до 76% от общего числа погибших) и высокой температуры (до 19% от общего числа погибших). Наибольшую же опасность представляют здания из деревянных конструкций. Малоэтажные жилые дома часто возводят с чердаками, несущие конструкции которых выполняют из древесины. Применение в жилых постройках большого количества сгораемых материалов из древесины увеличивает их пожарную опасность. Особенностью малоэтажных жилых домов является наличие надворных построек различного назначения. Это гаражи, бани, помещения для хранения сельскохозяйственного инвентаря, дров, содержания домашних животных. Данные постройки преимущественно выполняются также из деревянных конструкций, что значительно увеличивает пожарную опасность жилых построек в целом. Для того чтобы снизить эти показатели, при строительстве применяют различные способы защиты древесины от горения [3].

Средства обеспечения противопожарной безопасности можно условно разделить на активные и пассивные. Первая группа в большей степени ассоциируется с непосредственной борьбой с огнем, а представители второй – обеспечивают лишь защиту от его термического воздействия.

Меры пассивной противопожарной защиты включают конструктивные, строительные и организационные меры защиты, такие как деление помещений на отсеки, покрытие поверхностей различными защитными составами, наличие эффективных и безопасных средств эвакуации и обеспечение доступа в здание для пожарных.

Наиболее экономичным и целесообразным из средств пассивной противопожарной защиты является обработка деревянных поверхностей огнезащитными пропитками. Данная процедура отличается технологической простотой – достаточно обработать соответствующим составом поверхность и она будет надежно защищена от пламени. По этой причине огнезащитные составы широко применяются не только в строительстве и промышленности, но и в домашнем хозяйстве.

Проведя анализ, можно заметить, что производители предлагают большое количество самых различных образцов продукции на эту тему. Но основным их недостатком является большое количество веществ, входящих в составы. Это связано с тем, что производители стремятся в одном виде представить защиту от горения и биозащиту древесины. Это в свою очередь будет отрицательно влиять на эффективность подобных составов, и соответственно стоимость их также будет расти [4].

Цель представленной работы заключалась в разработке средства огнезащиты древесных материалов, отвечающего требованиям эффективности и невысокой себестоимости.

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Выявить необходимые компоненты для приготовления огнезащитного состава;
2. Выявить оптимальные концентрации веществ по литературе;
3. Приготовить растворы и пропитать образцы древесины;
4. Проанализировать их поведение в условиях стандартных испытаний с помощью существующих методик;
5. Сделать выводы об эффективности средств, приготовленных по отработанным рецептурам.

В ходе исследования литературы по теме работы были изучены справочные, научно-технические и патентные источники [5-10]. Некоторые сведения из них представлены в табл. 1.

*Таблица 1. Анализ веществ, применяемых при производстве огнезащиты*

№ п/п	Состав огнезащитной композиции	Документ
1	Жидкое стекло - 75-82%; минеральное связующее - 0,5-0,62%; едкий натр - 2,4-3,3%; вода - остальное.	Патент РФ №2140948
2	Анизометричный наноразмерный наполнитель - 4-5%; жидкое стекло - остальное. При этом в качестве анизометричного наноразмерного наполнителя используют наноксид алюминия с размером неорганических слоев порядка 220-300 нм в длину и 1-5 нм в толщину.	Патент на изобретение №2458951
3	Жидкое стекло - 30-70%; молотый вермикулит - 5-25%; молотый кварцевый песок – остальное.	Патент на изобретение №2148066
4	Бишофит 400-490 г/л; гидрокарбонат натрия 2-9 г/л; окислитель 3-7 г/л; вода-остальное.	Патент РФ №2307735
5	Жидкое стекло – 55-65%; карбонат кальция – 8-13%; каолин – 7-10%; вспененный вермикулит – 10-15%; зола-унос ТЭС – 8-12%.	Патент РФ №2140400

Из данных, приведённых в табл.1, видно, что все представленные вещества являются соединениями на основе натрия и магния и представляют собой неорганические соли. Наиболее доступными из них являются пищевая сода (гидрокарбонат натрия  $\text{NaHCO}_3$ ) и жидкое стекло. Стоит отметить, что все представленные выше вещества обладают низкой стоимостью и являются высокоэффективными антипиренами.

Следующим этапом работы стало доказательство их огнезащитной эффективности путём проведения ряда лабораторных испытаний согласно существующим методикам определения показателя пожарной опасности и огнеза-



щитной эффективности средств. Обработка образцов водными растворами для исследований производилась по четырем различным технологиям. Каждый водный раствор приготавливался с помощью лабораторных весов и магнитной мешалки.

Первый вариант подразумевает под собой окунание образца в 20-ти процентный водный раствор антипирена в течение одной минуты, с последующим выдерживанием на атмосферном воздухе в течение 20 минут. По прошествии контрольного времени образец подвергается окунанию в 10-ти процентный водный раствор жидкого стекла на 1 минуту. Для удобства дальнейшего исследования обозначим эту технологию как «рецептура 1».

Второй вариант представляет собой аналогию первого, существенное различие лишь в том, что выдерживание на атмосферном воздухе после обработки водным раствором антипирена длится в течение 24 часов (обозначаем технологию как «рецептура 2»).

Третий вариант заключается в обратной последовательности обработки образцов. Первоначально образец погружают на одну минуту в 10-ти процентный водный раствор жидкого стекла. Затем, после выдержки на атмосферном воздухе двадцати минут, образец также на одну минуту опускают в 20-ти процентный водный раствор антипирена («рецептура 3»).

Четвертый вариант отличается от третьего тем, что время выдерживания после обработки 10-ти процентным водным раствором жидкого стекла, выдерживание на атмосферном воздухе увеличивается до 24 часов («рецептура 4»).

В качестве методов исследования был выбраны:

1) метод определения кислородного индекса (далее – КИ) веществ и материалов согласно [11];

2) Метод экспериментального определения группы горючих и трудногорючих твёрдых веществ и материалов на приборе ОТМ согласно [12].

При исследовании кислородного индекса были получены следующие результаты (табл. 2):

В целях подтверждения эффективности разработанных рецептов составов были проведены исследования по определению КИ образцов, обработанных существующими огнезащитными составами, реализуемыми в учреждениях розничной торговли на территории Ивановской области, а именно Prosept ОГНЕБИО ПРОФ и НЕОМИД-450. По результатам этого исследования были получены следующие результаты (табл. 3).

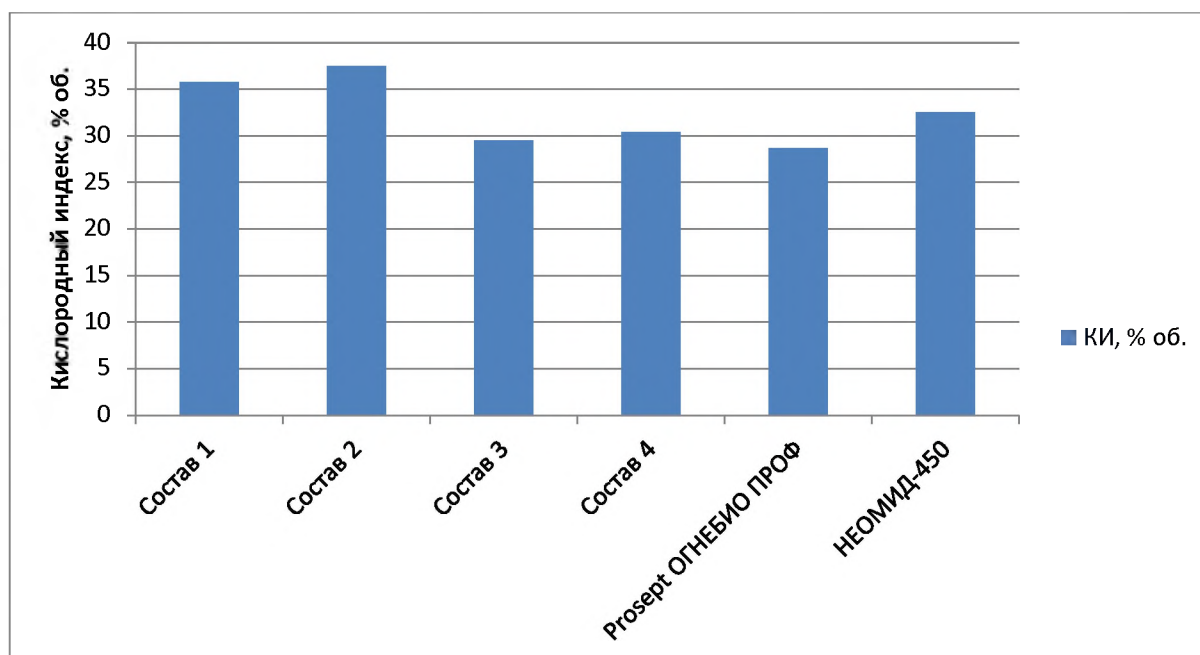
*Таблица 2. Результаты испытания КИ для составов авторской рецептуры*

Рецептура состава	1	2	3	4
КИ, % об.	35,8	37,5	29,5	30,4

*Таблица 3. Результаты испытания КИ для реальных ОЗС*

Марка ОЗС	КИ, % об.
Prosept ОГНЕБИО ПРОФ	28,7
НЕОМИД-450	32,5

На основании полученных данных был построен сравнительный график зависимости значений кислородного индекса (КИ) от вида огнезащитной обработки (рис. 2):



**Рис. 2.** Зависимость кислородного индекса от вида огнезащитного средства

Таким образом, из приведённых результатов видно, что наилучшие результаты при испытаниях на КИ показали образцы, обработанные огнезащитным препаратом рецептур 1 и 2, то есть образцы, обработанные сначала раствором гидрокарбоната натрия, а затем, после выдержки, раствором жидкого стекла. Образцы, прошедшие пропитку в обратном порядке (рецептуры 3 и 4), показали меньшую стойкость к воспламенению в условиях стандартных испытаний и уступили существующим рыночным аналогам. Это можно объяснить тем, что при обработке древесины жидким стеклом на поверхности материала образуется плёнка, препятствующая проникновению в поры других веществ.

При исследовании образцов с целью установления группы трудногорючих и горючих материалов были получены следующие результаты (табл. 4):

*Таблица 4. Результаты испытания для составов авторской рецептуры*

Рецептура состава	1	2	3	4
$\Delta t_{\max}, ^\circ\text{C}$	30	42	60	70
$\Delta m, \%$	9	18	28	33
Группа	I	II	III	IV

На основании вышеуказанных значений были построены графики зависимости значений прироста температуры в реакционной камере ( $\Delta t_{\max}$ ) и потери массы исследуемых образцов ( $\Delta m$ ) от вида огнезащитного средства (рис. 5,6):

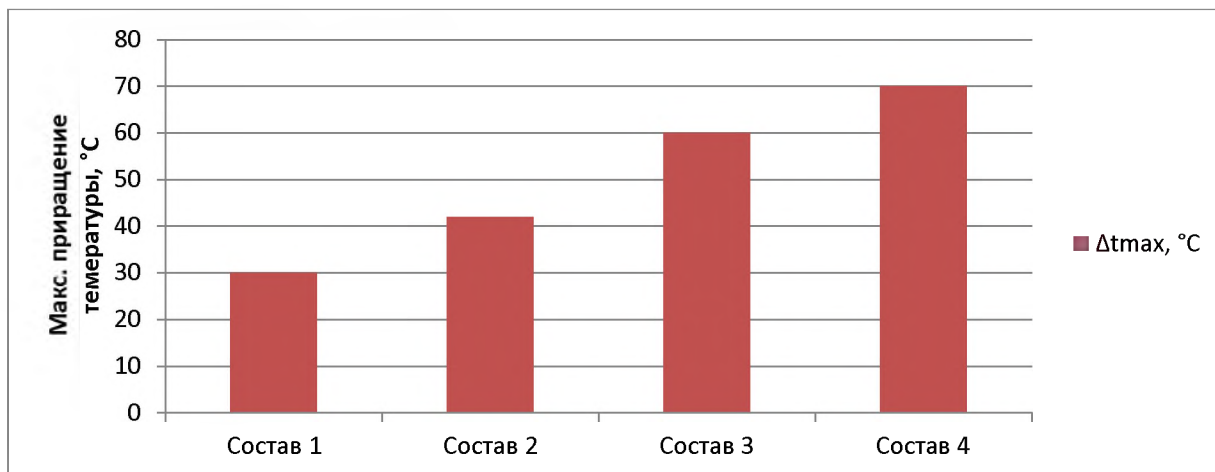


Рис. 5. Зависимость максимального приращения температуры от вида огнезащитного средства

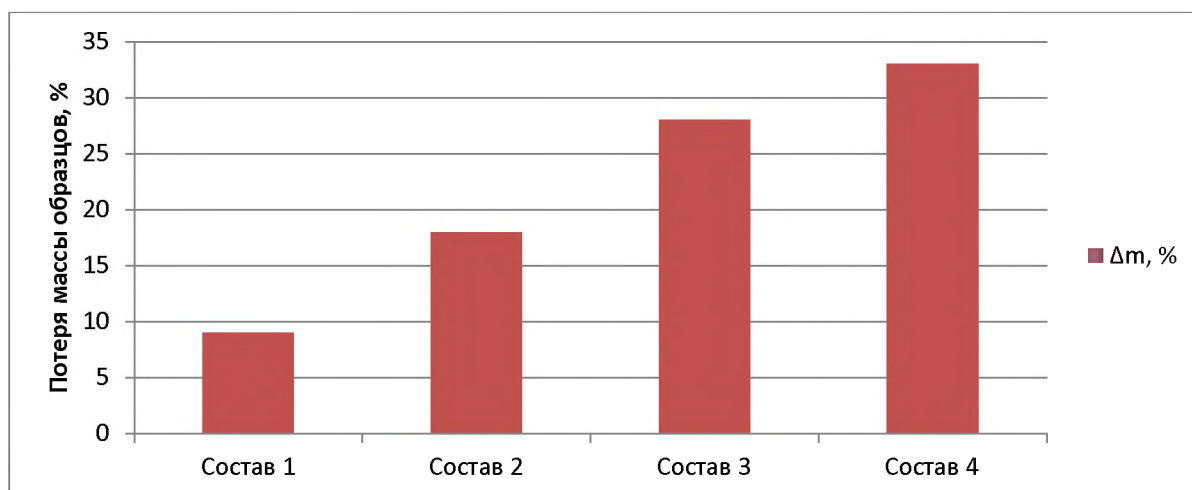


Рис. 6. Зависимость потери массы образцов от вида огнезащитного средства

Из результатов эксперимента видно, что, как и при исследовании по определению КИ, наилучшие результаты при определении группы трудногорючих и горючих материалов показали образцы, обработанные смесевыми растворами рецептур 1 и 2. Древесина, обработанная по данной технологии, на основании полученных данных может быть отнесена к группе трудногорючих по [12].

Также стоит отметить, что по результатам проведённого исследования состав рецептуры 1 можно отнести к I группе огнезащитной эффективности согласно [12], так как потеря массы образца при испытании не превысила 9%, а

состав рецептуры 2 – ко II группе огнезащитной эффективности, так как потеря массы образца при испытании не превысила 25%.

По итогам работы можно сделать следующие выводы:

1) путём обзора данных из научных статей, справочников, и других источников определены индивидуальные химические вещества, наиболее часто применяющиеся при производстве огнезащитных составов для обработки деревянных строительных конструкций;

2) разработаны 4 технологии обработки образцов сосновой древесины;

3) экспериментальным путём установлены значения кислородного индекса, а также потери массы образцов и максимального приращения температуры в камере при огневом испытании для образцов сосновой древесины, обработанных оригинальными смесевыми составами по авторским технологиям;

4) выявлено, что пропитка древесины смесью, приготовленной по отработанным рецептурам, снижает возможность её воспламенения и показатели горючести.

Результаты, полученные в ходе работы, могут быть применены при обработке технологии производства огнезащитных средств, их сертификации, а также в профессиональной деятельности должностных лиц надзорных органов МЧС России.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Корольченко А.Я., Корольченко О.Н.* Средства огнезащиты: справочник. М.: Пожнаука, 2009. 560 с.
2. Статистика пожаров в Российской Федерации за 2017 год (<http://wiki-fire.org/Статистика-пожаров-РФ-2017.ashx>)
3. Методические рекомендации по формам и методам работы по предупреждению пожаров в жилом секторе. М.: 2004. 22 с.
4. *Собурь С.В.* Огнезащита материалов и конструкций: учебно-справочное пособие. Изд. 5-е. М.: ПожКнига, 2014. 256 с.
5. *Голованов В.И. и др.* Строительные конструкции и материалы: исследование огнестойкости, пожарной опасности, средств огнезащиты // Пожарная безопасность. – 2012. – № 2. – С. 79 – 88.
6. *Сивенков А.Б.* Влияние физико-химических характеристик древесины и ее пожарную опасность и эффективность огнезащиты. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. - 2015, М, 289 с.
7. *Панев Н.М., Александров А.А., Воронцова А.А., Никифоров А.Л., Животягина С.Н.* Перспективные вещества для использования в качестве антипиренов для древесины. – Пожарная и аварийная безопасность: материалы XI Международной научно-практической конференции, Иваново, 25-26 ноября 2016 г. / под общей редакцией канд. техн. наук, доц. И.А. Малого. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016.
8. Патент РФ №2079403

9. Патент РФ №2510751

10. Патент РФ №2206444

11. ГОСТ 12.1.044-89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»

12. ГОСТ Р 53292-2009 «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний».

УДК 629.373

***В. Ф. Кушляев<sup>\*</sup>, К. К. Найдюк<sup>\*</sup>, Р. М. Галимуллин<sup>\*</sup>, О. В. Кушляева<sup>\*\*</sup>***

<sup>\*</sup>ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

<sup>\*\*</sup>АО «Машлес»

## **МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КРАНОВОЙ УСТАНОВКИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ**

Получена динамическая модель взаимодействия крановой установки (манипулятора) пожарно-спасательной (аварийно-спасательной) машины с предметом труда при автоматизированной системе управления, которая дает возможность определить закон движения системы манипулятор - предмет труда, управляющие воздействия со стороны системы управления, типы гидронасосов, устанавливаемых в гидроприводе.

**Ключевые слова:** модель, крановая установка, гусек, манипулятор, пожарно-спасательная машина, аварийно – спасательная машина, взаимодействие машины с предметом труда, автоматизированная система управления.

*V. F Kushlyayev, K. K. Naydyuk, R. M. Galimullin, O. V. Kushlyayeva*

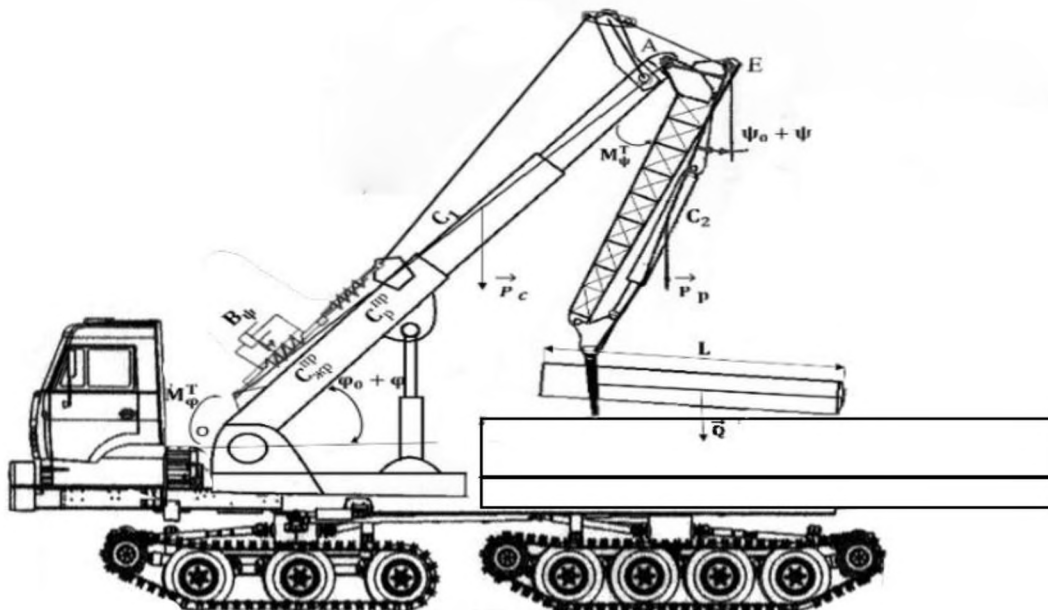
## **THE MODEL OF FUNCTIONING OF THE CRANE EMERGENCY RESCUE MACHINES AT THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM**

A dynamic model of interaction between a crane installation (manipulator) of a fire-rescue (rescue) machine and the object of labor in an automated control system, which makes it possible to determine the law of motion of the manipulator system-the object of labor, the control actions of the control system, the types of hydraulic pumps installed in the hydraulic drive, is Obtained.

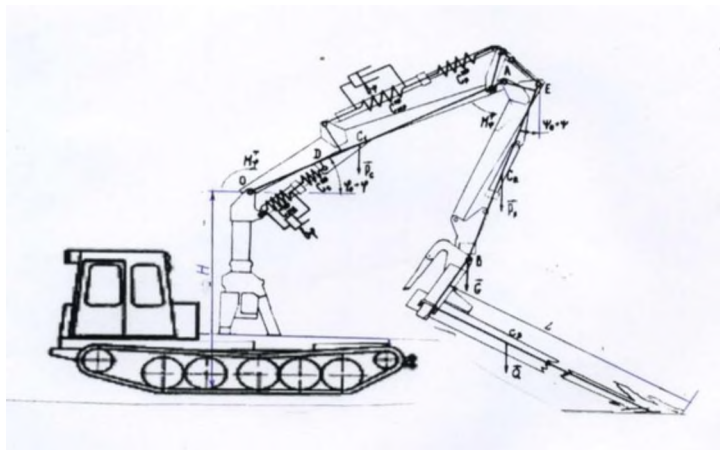
**Keywords:** model, crane installation, jib, crane, fire-fighting and rescue machine, emergency rescue machine, machine interaction with the subject of work, the automated control system.

Одним из важнейших показателей эффективности работы машины является ее производительность. Производительность аварийно-спасательной машины (АСМ) определяется скоростью перемещения рабочего органа и предмета труда, которая зависит от величины подачи рабочей жидкости в гидроцилиндры крановой установки (манипулятора), а также возможностью совмещенного движения гуська (рукояти) и стрелы манипулятора, которое обеспечивается применением на машине автоматизированной системы управления (АСУ). Возможности реализации больших скоростей ограничены возникающими динамическими нагрузками, в основном, в режиме торможения [1]. В этой связи возникает необходимость исследования процесса взаимодействия крановой установки АСМ с предметом труда при АСУ с целью определения допустимой скорости перемещения рабочего органа и определения основных характеристик системы автоматизированного управления технологическим оборудованием АСМ. Расчетная схема системы крановая установка, манипулятор – предмет труда (труба, кусок плиты, лестница, дерево и т.д.) представлены в виде упругой системы с двумя степенями свободы, рис.1, рис.2, где:

- $C^{IP}$  - приведенная изгибная жесткость стрелы крана (манипулятора);
- $C^{IP}$  - приведенная изгибная жесткость гуська (рукояти);
- $C_{жс}$  - жесткость гидропривода стрелы крана;
- $C_{жр}$  - жесткость гидропривода рукояти;
- $b_{\varphi}$  - коэффициент демпфирования гидропривода стрелы крана;
- $b_{\psi}$  - коэффициент демпфирования гидропривода гуська (рукояти).



**Рис. 1.** Расчетная схема системы крановая установка – предмет труда (труба и т.д.)



**Рис. 2.** Расчетная схема системы манипулятор – предмет труда (дерево, труба и т.д.). На рисунке показана передняя секция шарнирно-сочлененной машины для чрезвычайных ситуаций

При этом приняты следующие допущения:

1. Длину стрелы и рукояти считаем неизменными, так как при изгибных деформациях стрелы и рукояти в пределах закона Гука перемещения их концов перпендикулярно упругой оси значительно больше перемещений вдоль оси.

2. Частоты собственных упругих колебаний стрелы и рукояти больше, чем частоты упругих колебаний манипулятора, обусловленные наличием рабочего органа и предмета труда.

3. Упругие свойства стрелы и рукояти учитываются введением упругих элементов с жесткостями, при этом стрелу и рукоять считаем однородными абсолютно жесткими стержнями.

4. Массой подвижных частей гидропривода пренебрегаем, т.к. она мала по сравнению с массой стрелы, рукояти, рабочего органа и предмета труда.

5. Золотники гидрораспределителей дискретного действия, временем переключения золотников пренебрегаем.

Дифференциальные уравнения движения системы составим в форме уравнений Лагранжа II рода

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_{\varphi}; \tag{1}$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} - \frac{\partial T}{\partial \psi} = Q_{\psi}$$

где  $\varphi, \psi$  - обобщение координат;  
 $\dot{\varphi}, \dot{\psi}$  - обобщение скорости;  
 $T$  - кинетическая энергия;  
 $Q_{\varphi}, Q_{\psi}$  - обобщенные силы.

Потенциальная энергия степени  $\Pi$  складывается из потенциальной энергии  $\Pi_1$  сил тяжести и потенциальной энергии  $\Pi_2$  восстанавливающих сил (сил упругости)

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 \tag{2}$$

Потенциальную энергию  $\Pi_1$  вычислим как работу сил тяжести, совершающую при переходе системы из рассматриваемого (промежуточного) положения в начальное – положение устойчивого равновесия.

$$\begin{aligned} \Pi_1 = & Pcl_1 \sin(t_0 + t) - Pcl_1 \sin t_0 + Pp[lc \sin(t_0 + t) - l_0 \cos(t + t)] = Pp(lc \sin t_0 - lp \cos \varphi_0) + \\ & + G[lc \sin(t_0 + t) - lp \cos(\varphi_0 + \varphi)] + G(lc \sin t_0 - lp \cos \varphi_0) + Q \cdot 0,6L \frac{H + lc \sin(t_0 + t) - lp \cos(\varphi_0 - \varphi)}{L} - (3) \\ & - Q \cdot 0,6L \frac{H + lc \sin t_0 - l \cos \varphi_0}{L}, \end{aligned}$$

где  $Pc$  - сила тяжести стрелы;

$Pp$  - сила тяжести рукоятки;

$G$  - сила тяжести рабочего органа;

$l_1$  - сила тяжести предмета труда;

$l_2$  - длина отрезка  $OC_1$ ;

$H$  - расстояние от оси вращения стрелы до поверхности земли;

$L$  - длина предмета труда;

$l_0, \varphi_0$  - обобщённые координаты, соответствующие положению устойчивого равновесия системы.

Потенциальную энергию  $\Pi_2$  восстанавливающих сил определим из выражения

$$\Pi_2 = \frac{1}{2} C_l (\Delta_1 - \Delta_1^{cm})^2 - \frac{1}{2} C_p (\Delta_1^{cm})^2 + \frac{1}{2} C_\varphi (\Delta_2 - \Delta_2^{cm})^2 - \frac{1}{2} C_\psi (\Delta_2^{cm})^2, \quad (4)$$

где  $C_p, C_\varphi$  - приведённые изгибные жесткости стрелы и рукоятки с учётом гидропривода;

$\Delta_1, \Delta_2$  - соответственно, деформации упругих элементов стрелы и рукоятки в рассматриваемом (промежуточном) положении системы;

$\Delta_1^{cm}, \Delta_2^{cm}$  - соответственно, деформации упругих элементов стрелы и рукоятки в положении устойчивого равновесия системы.

Деформации упругих элементов равны

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= l_3 t; \\ \Delta_2 &= l_4 \psi. \end{aligned} \quad (5)$$

Эквиваленты потенциальных сил находим по определению

$$-Q_j^\Pi = \frac{\partial \Pi}{\partial q_j} \quad (6)$$



где  $j = 1, 2$  - количество степеней свободы.

Отсюда имеем

$$\begin{aligned} -Q_1^\Pi &= P_c l_1 \text{Cos}(\varphi_0 + \varphi) + P_p l_c \text{Cos}(\varphi_0 + \varphi) + G l_c \text{Cos}(\varphi_0 + \varphi) + 0,6 Q l_c \text{Cos}(\varphi_0 + \varphi) + C p l_3 (\ell_3 \varphi - \Delta_1^{cm}), \\ -Q_2^\Pi &= P_p l_2 \text{Sin}(\psi_0 + \psi) + G l_p \text{Sin}(\psi_0 + \psi) + 0,6 Q l_p \text{Sin}(\psi_0 + \psi) + C_p l_4 (\ell_4 \psi - \Delta_2^{cm}) \end{aligned} \quad (7)$$

Обобщению силы, обусловленные диссипацией, находим по определению

$$-Q_j^g = \frac{\partial \phi}{\partial a_j}, \quad j = I, 2 \quad (8)$$

где  $\phi$  - диссипативная функция Релея, равная

$$\phi = \frac{1}{2} b_p V_p^2 + \frac{1}{2} b_\psi V_\psi^2 \quad (9)$$

где,  $V_\varphi, V_\psi$  - соответственно, скорости перемещения поршней гидроцилиндров стрелы и рукояти.

Скорости перемещения поршней равны

$$V_p = \frac{d\Delta_1^\Pi}{dt}, \quad (10)$$

$$V_\psi = \frac{d\Delta_2^\Pi}{dt}, \quad (11)$$

где,  $\Delta_1^\Pi, \Delta_2^\Pi$  - соответственно перемещения поршней гидроцилиндров стрелы и рукояти, равные

Подставив в формулу (8) выражения (9), (10) и (11), получим

$$-Q_1^g = b_p \left( \frac{C_p}{C_{жс}^{np}} \ell_3 \right)^2 \varphi; \quad (12)$$

$$-Q_2^g = b_\psi \left( \frac{C_\varphi}{C_{жр}^{np}} \ell_3 \right)^2 \psi;$$

Обобщенные силы, обусловленные сухим трением, находим из выражения

$$-Q_i^T = \frac{\delta A_i^T}{\delta q_i}, \quad i = I, 2 \quad (13)$$

где,  $A_i^T$  - работа сил сухого трения.

Работы сил сухого трения на возможном перемещении  $\delta_p$  и  $\delta_\psi$  определим как работу моментов сил сухого трения относительно осей вращения стрелы и рукояти

$$\begin{aligned} \delta A_\varphi^T &= M_\varphi^T \delta\varphi, \\ \delta A_\psi^T &= M_\psi^T \delta\psi, \end{aligned} \quad (14)$$

где,  $M_\varphi^T$ ,  $M_\psi^T$  - моменты сил сухого трения, соответственно. Относительно осей вращения стрелы и рукояти.

Тогда обобщению силы с учётом направления движения стрелы и рукояти будут равны

$$\begin{aligned} Q_\varphi^T &= -M_\varphi^T \text{Sign}\varphi, \\ Q_\psi^T &= -M_\psi^T \text{Sign}\psi, \end{aligned} \quad (15)$$

Обобщённые силы системы определим из выражения

$$Q_i = Q_i^{\text{II}} + Q_i^g + Q_i^T, \quad i=1,2 \quad (16)$$

В положении устойчивого равновесия выполняется условие [2].

$$Q_i |_{\varphi_i=0} = 0, \quad i=1,2 \quad (17)$$

Учитывая, что колебания малые, принимаем

$$\text{Sin}\varphi \approx \varphi, \quad \text{Cos}\varphi \approx 1, \quad \text{Sin}\psi \approx \psi, \quad \text{Cos}\psi \approx 1 \quad (18)$$

Принимаем условия (17) а (18), получим

$$Q_1 = [(P_c \ell_1 + P_p \ell_c + G \ell_c + 0.6 Q \ell_c) \sin \varphi_0] \varphi - C_\varphi \ell_3^2 \varphi - b \varphi \left( \frac{C_\varphi}{C_{\text{жс}}^{\text{нр}}} \ell_3 \right)^2 \varphi - M_\varphi^T \text{sign}\varphi, \quad (19)$$

$$Q_2 = -[(P_p \ell_2 + G \ell_p + 0.6 Q \ell_p) \cos \psi_0] \psi - C_\psi \ell_4^2 \psi - b \psi \left( \frac{C_\psi}{C_{\text{жс}}^{\text{нр}}} \ell_4 \right)^2 \psi - M_\psi^T \text{sign}\psi. \quad (20)$$

Кинетическая энергия системы

$$T = T_c + T_p + T_{po} + T_{nt}$$

где  $T_c, T_p, T_{po}, T_{nt}$  - кинетическая энергия, соответственно стрелы, рукояти, рабочего органа, и предмета труда.

Кинетическая энергия стрелы равна

$$T_c = \frac{I}{2} Jaz\varphi^2$$

$$\frac{P_c \ell_c^2}{3g} = Jaz \quad (21)$$

где  $Jaz$  - момент инерции стрелы.

Кинетическую энергию рукояти определим по формуле

$$T_p = \frac{I}{2} \frac{P_p}{g} V_{c2}^2 + \frac{I}{2} Jc_2 z \psi^2 \quad (22)$$

$$1) V_{c2}^2$$

$$2) \frac{P_p \ell_p^2}{12g} = Jc_2 z$$

Где

1) Скорость центра масс рукояти.

2) Момент инерции рукояти.

Скорость центра масс рукояти по определению равна:

$$V_{c2} = V_A + V_{c2} A, \quad (23)$$

$$(1) \ell_c \varphi = V_A$$

где

$$(2) \ell_2 \psi = V_{c2}$$

Скорость точки А, выбранной за полюс (1) / Скорость точки С<sub>2</sub>, относительно полюса [2].

Таким образом, кинетическая энергия рукояти будет равна:

$$T = \frac{1}{2} \frac{P_p}{g} [\ell_c^2 \varphi^2 + \ell_2^2 \psi^2 + 2\ell_c \ell_2 \sin(\varphi_0 + \varphi + \psi_0 + \psi)] + \frac{P_p}{12g} \ell_p^2 \psi^2 \quad (24)$$

При вычислении кинетической энергии рабочего органа и предмета труда принимаем следующие допущения:

- рабочий орган принимаем за материальную точку;

- предмет труда совершает поступательное движение со скоростью, равной скорости движения рабочего органа.

Кинетическая энергия рабочего органа с предметом труда равна:

$$T_{po} + T_{nt} = \frac{1}{2g} (G + Q)V_B^2, \quad (25)$$

где  $l_c^2 \varphi^2 + l_p^2 \psi^2 + 2l_c l_p \varphi \psi \sin(\varphi_0 + \varphi + \psi_0 + \psi) = V_B^2$

Таким образом, кинетическая энергии системы согласно выражению (20), имеет вид:

$$T = \frac{P_c + 3P_p + 3G + 3Q}{6g} l_c^2 \varphi^2 + l_c \frac{P_p l_2 + G l_p + Q l_p}{g} \varphi \psi \times \\ \times \sin(\varphi_0 + \varphi + \psi_0 + \psi) + \frac{6P_p l_2^2 + P_p l_p^2 + 6l_p (G + Q)}{12g} \psi^2 \quad (26)$$

Согласно общей теории [2] для малых колебаний справедливо выражение:

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = \frac{\partial T}{\partial \psi} = 0 \quad \frac{\partial T}{\partial \varphi} = \frac{\partial T}{\partial \psi} = 0 \quad (27)$$

На основании выражения (27) заменим коэффициент  $\sin(\varphi_0 + \varphi + \psi_0 + \psi)$  на его значение в положения устойчивого равновесия, т.е. приближенно:

$$\sin(\varphi_0 + \varphi + \psi_0 + \psi) \approx \sin(\psi_0 + \varphi_0)$$

Для составления системы уравнений Лагранжа II рода вычисления, частные производные от кинетической энергии T по обобщенным скоростям  $\varphi$  и  $\psi$ :

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = \frac{P_c + 3(P_p + G + Q)}{3g} l_c^2 \varphi + \frac{P_p l_2 + G l_p + Q l_p}{g} l_c \psi \sin(\varphi_0 + \psi_0),$$

$$\frac{\partial T}{\partial \psi} = \frac{P_p l_2 + G l_p + Q l_p}{g} l_c \varphi \sin(\varphi_0 + \psi_0) + \frac{6P_p l_2^2 + P_p l_p^2 + 6(Q + G) l_p^2}{6g} \psi$$

и возьмем производные от полученных результатов по времени:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \psi} &= \frac{P_c + 3(P_p + G + Q)}{3g} \ell_c \dot{\varphi} + \frac{P_p \ell_2 G \ell_p + Q \ell_p}{g} \ell_c \Psi \sin(\varphi_0 + \psi_0) \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= \frac{P_p \ell_2 + G \ell_p + Q \ell_p}{g} \ell_c \dot{\varphi} \sin(\varphi_0 + \psi_0) + \frac{6P_p \ell_2^2 + P_p \ell_p^2 + 6(Q + G) \ell_p^2}{6g} \Psi \end{aligned} \quad (28)$$

После подстановки выражений (19), (27) и (28) в формулы (1) получим:

$$\begin{aligned} a_{11} \dot{\varphi} + a_{12} \dot{\psi} + b_{11} \varphi + c_{11} \varphi &= -M_\varphi^T \text{sign} \dot{\varphi}, \\ a_{21} \dot{\varphi} + a_{22} \dot{\psi} + b_{22} \psi + c_{22} \psi &= -M_\psi^T \text{sign} \dot{\psi}, \end{aligned} \quad (29)$$

где:

$$\begin{aligned} a_{11} &= \frac{P_c + 3(P_p G + Q)}{3g} \ell_c \\ a_{12} = a_{21} &= \frac{P_p \ell_2 + (G + Q) \ell_p}{g} \ell_c \sin(\varphi_0 + \psi_0) \\ b_{11} &= b \varphi \left( \frac{C_\varphi}{C_{\text{жс}}^{\text{нр}}} \ell_3 \right)^2 \\ b_{22} &= b \psi \left( \frac{C_\psi}{C_{\text{жс}}^{\text{нр}}} \ell_4 \right)^2 \\ c_{11} &= -(P_c \ell_1 + P_p \ell_c + G \ell_c + 0.6 Q \ell_c) \sin \varphi_0 + C_\varphi \ell_3^2 \\ c_{22} &= (P_p \ell_2 + G \ell_p + 0.6 Q \ell_p) \cos \Psi_0 + C_\psi \ell_4^2 \end{aligned}$$

Уравнения (29) дают возможность провести исследование динамической нагруженности системы в режиме торможения. На основании ранее проводимых исследований [3] было установлено, что коэффициенты демпфирования гидропривода манипулятора  $b\varphi, b\psi$  имеют целую величину. Исходя из этого, выражения (29) запишем в виде:

$$\begin{aligned} a_{11} \dot{\varphi} + a_{12} \dot{\varphi} + c_{11} \varphi &= -M_\varphi^T \text{sign} \dot{\varphi} \\ a_{21} \dot{\varphi} + a_{22} \dot{\psi} + c_{22} \psi &= -M_\psi^T \text{sign} \dot{\psi} \end{aligned} \quad (30)$$

Решение данной системы уравнений будем искать в виде:

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi^* + \varphi^{**} \\ \psi &= \psi^* + \psi^{**} \end{aligned} \quad (31)$$

где  $\varphi^*, \psi^*$  – общее решение системы однородных дифференциальных уравнений;

$\varphi^{**}, \Psi^{**}$  – частное решение системы неоднородных дифференциальных уравнений.

Общее решение системы неоднородных уравнений (30):

$$\begin{aligned} \varphi &= A_1 \sin(k_1 t + E_1) + A_2 \sin(k_2 t + E_2) - \frac{M_\varphi^T}{C_{11}}, \text{ при } \varphi > 0 \\ \Psi &= M_1 A_1 \sin(k_1 t + E_1) + M_2 A_2 \sin(k_2 t + E_2) - \frac{M_\Psi^T}{C_{22}}, \text{ при } \Psi > 0 \\ \varphi &= A_1 \sin(k_1 t + E_1) + A_2 \sin(k_2 t + E_2) + \frac{M_\varphi^T}{C_{11}}, \text{ при } \varphi < 0 \\ \psi &= M_1 A_1 \sin(k_1 t + E_1) + M_2 A_2 \sin(k_2 t + E_2) + \frac{M_\Psi^T}{C_{22}}, \text{ при } \psi < 0 \end{aligned} \quad (32)$$

Значения  $A_1, A_2, E_1, E_2$  определяются на основании начальных условий для каждого знакопостоянного по обобщенной скорости участка движения системы.

При исследовании нагруженности манипулятора в режиме торможения задаемся следующими начальными условиями:

$$t = 0, \varphi = 0, \dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0, \psi = 0, \Psi = \Psi_0 \quad (33)$$

Значения начальных условных скоростей определяется исходя из типов гидронасосов, используемых в гидросистеме машины [3,4,5,6]. Задаваясь различными массами предметов труда и типами гидронасосов из выражений определяются максимальные значения угловых перемещений  $\varphi_{\max}$  и  $\Psi_{\max}$  путем вычисления неизвестных коэффициентов в выражении (32). На основании полученных значений  $\varphi_{\max}$  и  $\Psi_{\max}$  определяются соответствующие данным перемещениям значения динамических составляющих сил реакций упругих элементов стрелы и рукоятки

$$F_g^\varphi = C_\varphi \varphi_{\max}, F_g^\Psi = C_\Psi \Psi_{\max} \quad (34)$$

Значения  $F_g^\varphi$  и  $F_g^\Psi$  характеризуют динамическую нагруженность манипулятора. Полная нагруженность манипулятора равна сумме статической и динамической нагруженностей, которая не должна превышать максимально допустимую нагруженность манипулятора [3,4,5]

$$F_{cm}^{\varphi} + F_g^{\varphi} \leq F_{gon}^{\varphi}$$

$$F_{cm}^{\Psi} + F_g^{\Psi} \leq F_{gon}^{\Psi}$$

Исходя из этих условий, определяем максимально допустимые управляющие воздействия АСУ (величины расходов рабочей жидкости).

### Выводы

Полученная динамическая модель взаимодействия с предметом труда при автоматизированной системе управления манипулятором дает возможность определить закон движения системы манипулятор предмет труда, управляющие воздействия со стороны системы управления, типы гидронасосов, устанавливаемых в гидроприводе.

На основании приведенных формул разработаны алгоритм, блок-схема и программа определения основных характеристик крановой установки при функционировании аварийно-спасательной машины и гидроманипулятора с рабочим органом при разрубке леса противопожарных полос.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доротов В.В. и др. Полунатурная моделирующая установка для экспериментального исследования манипуляторного робота. / В кн.: Экспериментальное исследование и диагностирование роботов. – М.: Наука, 1981, с. 35 – 44.
2. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики. – М.: Наука, 1979. 544 с.
3. Александров В.А. Научные основы динамики рабочих процессов и прогнозирование нагруженности лесосечных машин с гидроманипуляторами. Автореф. дис. на соиск.ученой степени докт.техн.наук. – Л.ЛТА, 1983. – 34 с.
4. Кушляев В.Ф. О создании автоматизированной системы управления валочно-трелевочной машины// В.Ф.Кушляев, В.Ю.Милютиков, В.И. Петров. Труды ЦНИИМЭ. Комплексная механизация лесозаготовок. Химки, 1985, с. 24-32.
5. Кушляев В.Ф. Математическая модель процесса пакетирования дерева манипулятором валочно-трелевочной машины при автоматизированной системе управления // В.Ф. Кушляев, В.Ю. Милютиков, В.И. Петров. Рукопись 14 с. Библиограф. указ. «Депонированные научные работы». - М.: ВИНТИ, 1986, № 12, с.105.
6. Милютиков В.Ю. Методика экспериментальных исследований валочно-трелевочной машины с автоматизированной системой управления. // В.Ю. Милютиков, В.Ф.Кушляев, В.И. Петров. Рукопись 16 с. Библиограф. указ. «Депонированные научные работы». - М.: ВИНТИ, 1986, № 7, с.70.
7. Кушляев В.Ф., Петров В.И. Обоснование параметров валочно-трелевочной машины с автоматизированной системой управления// В.Ф.Кушляев, В.И. Петров. - В кн.: Интенсификация лесозаготовительного и лесохозяйственного производства. Межвуз. сб. науч. тр., вып. - Л.: ЛТА, 1987, с. 55-58.

УДК 614.8.01

*Е. Н. Леушин, Н. А. Кропотова, П. В. Пучков*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ**

В статье рассматривается возможное робототехническое решение проблемы противопожарной защиты водных объектов. Предложена 3D модель комплекса обеспечивающего безопасность на воде.

**Ключевые слова:** робототехнический комплекс, робот, противопожарная защита, ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций, безопасность водных объектов.

*E. N Leushin, N. A. Kropotova, P. V. Puchkov*

## **THE DEVELOPMENT OF ROBOTIC SYSTEMS AND SYSTEMS FOR FIRE PROTECTION AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF FIRES AND EXPLOSIONS ON WATER OBJECTS**

The article considers a possible robotic solution to the problem of fire protection of water bodies. The 3D model of the complex providing safety on water is offered.

**Keywords:** robotic complex, robot, fire protection, elimination of consequences of emergency situations, safety of water objects.

Защита окружающей среды в настоящее время является одной из главных государственных задач. Значительную роль играет защита водных объектов от аварийных локальных проливов пожароопасных и токсичных углеводородов, а также ликвидации чрезвычайных ситуаций связанных со снижением риска пожароопасной обстановки на воде. В настоящее время известно достаточное количество методов сбора нефтепродуктов с поверхности воды посредством их омагничивания и последующего удаления, но технологическая сторона остается неразрешенной. Поэтому разработка модели робототехнического устройства с высокой эффективностью и возможностью быстрого удаления с поверхности воды за счет управления магнитным полем является актуальной научной задачей.



Робототехнический комплекс сбора омагниченных углеводородов (рис. 1) состоит из элемента связи (антенна) 1, элементов питания 2, системы распыления магнитной жидкости, которые выполняют функцию подкрылок для маневренности на воде 3. Перечисленные элементы закреплены жестко на раме и подсоединены к двум понтонам 4, обеспечивающим положение на поверхности воды. Система сборника крепится в рабочей зоне снизу, обеспечивая тем самым расположения рабочих органов на поверхности воды. Механическая зубчатая рейка осуществляет движение шунта по направляющей 5 выполняет функцию очистки рабочей зоны от омагниченных нефтепродуктов. Все процессы сбора омагниченных нефтепродуктов происходят в рабочих ячейках 6, число которых не ограничено при проектировании модели комплекса.

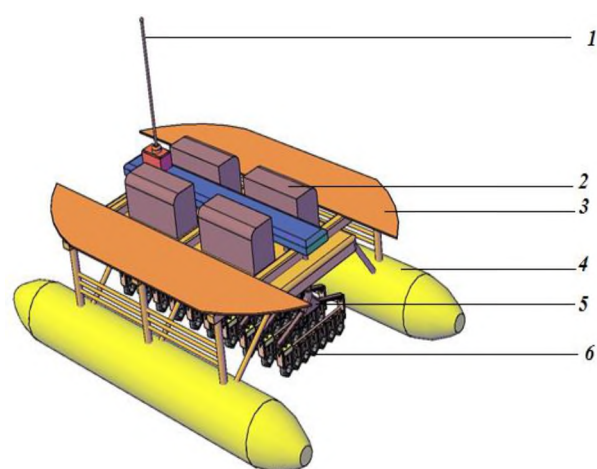
Применение предложенной модели технического комплекса (рис. 1) для удаления нефтепродуктов с поверхности воды позволит:

- удалять тонкие пленки нефтепродуктов при ликвидации локальных проливов;
- снизить затраты на ликвидацию аварийных проливов углеводородов с поверхности воды;
- экологичность технологии, возможность восстановления магнитной жидкости для повторного использования.

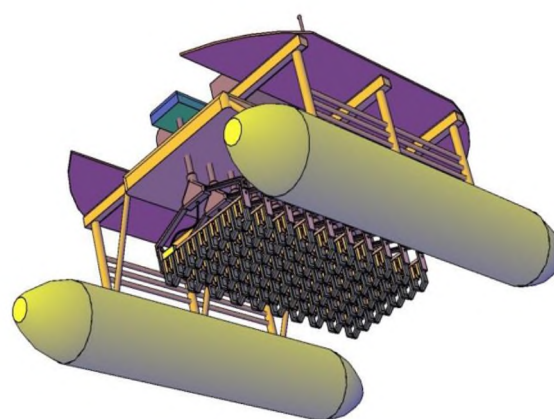
Отличительной особенностью предлагаемой модели устройства является управление магнитным полем для сбора и последующего удаления омагниченных нефтепродуктов, не требуя дополнительных элементов (насосов) и источника энергии.

Технико-экономический эффект достигается за счет управления магнитным полем, техническое исполнение предлагаемой модели просто, а также экономически выгодно и экологически целесообразно.

Таким образом, предлагаемое устройство может применяться в различных ситуациях, в том числе при аварийных чрезвычайных ситуациях, а также угрозы возникновения взрывов и пожаров.



вид сверху



вид снизу

**Рис. 1.** 3D Модель робототехнического устройства для сбора пролива органических углеводородов на водных объектах

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Парфенова А.И., Моисеева Е.Ю., Жеребцова М.А., Кропотова Н.А.* Обзор методов и средств сбора омагниченных нефтепродуктов с поверхности воды при аварийных проливах. // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2018 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. - С. 557-560.

2. *Топоров А.В., Кропотова Н.А., Мальцев А.Н., Топорова Е.А., Волкова К.М.* Применение метода конечных элементов для расчета магнитных систем магнитожидкостных устройств // Фундаментальные и прикладные вопросы науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. 2016. - С. 54-56.

3. *Парфенова А.И., Моисеева Е.Ю., Жеребцова М.А., Кропотова Н.А.* Совершенствование устройства для омагничивания нефтепродуктов. // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2018 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. - С. 547-551.

4. *Парфенова А.И., Моисеева Е.Ю., Жеребцова М.А., Кропотова Н.А., Топоров А.В.* Разработка технического решения для омагничивания нефтепродуктов и последующего удаления с поверхности воды. // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2018 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. - С. 552-556.

УДК 614.849

**С. М. Ляшенко, А. А. Блохин**

ФГБОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

## **ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛЕЙ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТА И ПУТИ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

В статье обосновано отделение системы пожарной безопасности электромобилей в отдельный элемент системы пожарной безопасности автотранспортных средств. На основе выявленных факторов, отличающих возникновение и развитие пожаров электромобилей, предложены рекомендации по повышению системы пожарной безопасности электромобилей.

**Ключевые слова:** пожар, электромобиль, пожарная безопасность, возгорание, дорожно-транспортное происшествие.

*S. M. Lyashenko, A. A. Blokhin*

## **FIRE SAFETY OF ELECTRIC VEHICLES AS A ELEMENT OF FIRE SAFETY SYSTEM OF MOTOR TRANSPORT AND WAYS OF ITS IMPROVEMENT**

The article justifies the separation of the fire safety system of electric vehicles into a separate element of the fire safety system for motor vehicles. Based on the identified factors that distinguish the occurrence and development of electric vehicle fires, recommendations are proposed to improve the fire safety of electric vehicles.

**Keywords:** fire, electric car, fire safety, ignition, traffic accident.

В 2018 году в Правила дорожного движения [3] на территории РФ был внесен ряд изменений. Одними из них являлось появление в правилах следующих определений:

электромобиль – транспортное средство, приводимое в движение исключительно электрическим двигателем и заряжаемое с помощью внешнего источника электроэнергии;

гибридный автомобиль – это транспортное средство, имеющее не менее двух различных преобразователей энергии (двигателей) и двух различных (бортовых) систем аккумулирования энергии для целей приведения в движение транспортного средства.

Данные типы автомобилей являются более экологичными, по сравнению с классическими автомобилями, использующими для движения только двигатель внутреннего сгорания.

Введение новых определений позволило утвердить правовой статус гибридных и электромобилей, кроме того, узаконенный правовой статус является свидетельством того, что указанные типы автомобилей становятся все более востребованными и многочисленными, соответственно тенденция к увеличению числа подобных типов автомобилей на дорогах общего пользования будет только возрастать.

В настоящее время в автопарке России насчитывается 2,5 тыс. единиц электромобилей [1] и более 25 тыс. ед. гибридных автомобилей [5].

Основным преимуществом данных типов автомобилей является их экономичность и экологичность при нормальной эксплуатации. Для крупных городов указанные преимущества позволяют значительно улучшить экологическую ситуацию, поскольку до 80% загрязнений воздушных бассейнов в крупных городах обусловлено автомобильным транспортом [6].

В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года указывается, что одним из индикаторов снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду и здоровье человека является доля парка

транспортных средств с гибридными, электрическими двигателями и двигателями на альтернативных видах топлива в общей численности парка транспортных средств [6]. В стратегии также указывается на то, что важную роль в социально-экономическом развитии страны играет, не только экологичность, но и безопасность транспортной системы.

Безопасность – состояние объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков, присущих этому объекту, не превышают их допустимых уровней. При этом риск – количественная характеристика возможности реализации конкретной опасности или ее последствий. В ряде нормативно-правовых документах термин безопасность определяют как состояние защищенности любого объекта от опасностей.

Одним из элементов безопасности транспортной системы является безопасность системы автомобильного транспорта, одним из элементов которой является пожарная безопасность автомобильного транспорта.

Необходимость совершенствования пожарной безопасности автомобильного транспорта обусловлена ростом количества дорожно-транспортных происшествий, при которых происходит возгорание транспортного средства. Также, согласно прогнозам, количество дорожно-транспортных происшествий в ближайшие годы будет увеличиваться.

Здесь стоит отдельно выделить категорию электромобилей, поскольку резонансные случаи их возгорания в результате дорожно-транспортных происшествий свидетельствуют о следующем:

- возгорание ячеек литий-ионных батарей приводит к каскадному развитию горения и в дальнейшем – к взрыву;

- возможность поражения электрическим током при тушении автомобиля или проливке рядом стоящего;

- возможность повторного загорания потушенного электромобиля;

- необходимость иметь средства индивидуальной защиты органов дыхания при тушении электромобиля, вследствие значительного количества токсичных веществ выделяющихся при горении аккумуляторных элементов.

С учетом выделенных особенностей, а также материалов [2] необходимо планировать два комплекса мер, направленных на обеспечение пожарной безопасности электромобилей: превентивных – направленных на недопущение появления или распространения огня и ответных – направленных на перемещение пассажиров в безопасное место и борьбу поражающими факторами пожара, для недопущения воздействия как первичных, так и вторичных факторов на людей.

Среди превентивных мер необходимо отдельно выделить необходимость профилактической работы с владельцами электромобилей о значимости своевременного проведения технического обслуживания и диагностики автотранспортных средств и в особенности аккумуляторных батарей. Необходимость разработки методов и устройств по экстренному охлаждению аккумуляторных

батарей и снижению вероятности их возгорания, а так же разработки новых типов батарей.

Среди ответных мер необходимо уделить внимание обучению автовладельцев приемам экстренного покидания электромобилей, а так же безопасным способам тушения электромобилей подручными средствами, оснащению их средствами индивидуальной защиты органов дыхания. Для снижения риска получить травму при тушении пожара пожарными, рекомендуется оснащать электромобили опознавательными знаками. Кроме того, целесообразно рассмотреть вопрос о выборе, оптимального с точки зрения стоимости и эффективности, способа тушения электромобилей.

Таким образом, в статье обосновано вынесение системы пожарной безопасности электромобилей в отдельный элемент системы пожарной безопасности автотранспортных средств и на основе выявленных факторов, отличающих возникновение и развитие пожаров электромобилей от пожаров автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, предложены рекомендации по повышению системы пожарной безопасности электромобилей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. В странах ЕС количество электромобилей превысило 1 млн, а в России их всего 2,5 тысячи [электронный ресурс] // Интернет портал NEWS.RU/ 2018. URL: <https://auto.newsru.com/article/27aug2018/electrocar> (дата обращения: 21.08.2017).

2. *Воскобоев В.Ф., Шановалова Г.Н.* Модель оценивания безопасности функционирования транспортного средства // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. – №3. С. 43–48.

3. ГИБДД спрогнозировала резкий рост смертельных ДТП после 2018 года [электронный ресурс] // Сайт газеты Московский Комсомолец. 2017. URL: <https://www.mk.ru/economics/2017/09/01/gibdd-sprognozirovala-rezkiy-rost-smertelnykh-dtp-posle-2018-goda.html> (дата обращения: 21.08.2017).

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 июля 2017 г. №832 «О внесении изменений в постановление совета министров – правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. №1090» Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=220068&rnd=CBA82322F47C8C1A732EC4636C7A79E7&dst=100017&fld=134&REFFIELD=134&REFDST=1000000129&REFDOC=299580&REFBASE=LAW#06580382402255858> (дата обращения: 21.08.2017).

5. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации №1734-р от 22 ноября 2008 г.

6. Эксплуатация и обслуживание автомобилей с гибридными силовыми установками: монография / В.А. Раков. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 143 с.

УДК 699.816.3

*П. В. Максимов, Ю. Н. Дубовик, Д. А. Кукуштель, И. С. Шнипов*

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

## **СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ОГNETУШАЩЕГО АЭРОЗОЛЯ КОНСТРУКТИВНЫМ СПОСОБОМ**

Аннотация: определены условия и представлены исходные данные для расчета устройства по типу кольцевого сопла Лаваля. Описана методика расчета гидродинамических параметров газодинамического устройства типа кольцевого сопла Лаваля с цилиндрическим центральным телом и представлена расчетная схема газодинамического охладителя.

**Ключевые слова:** генератор огнетушащего аэрозоля, пожаротушащая смесь, кольцевое сопло Лаваля.

*P. V. Maximov, Y. N. Dubovik, D. A. Kukshchel, I. S. Shnipov*

## **REDUCED FIRE HAZARD OF FIRE-EXTINGUISHING AEROSOL GENERATORS IN A CONSTRUCTIVE WAY**

Conditions are defined and basic data for device calculation as Laval's ring nozzle are presented. The method of calculation of hydrodynamic parameters of the gasdynamic device like Laval's ring nozzle with a cylindrical central body is described and the settlement scheme of a gasdynamic cooler is submitted.

**Keywords:** fire-extinguishing aerosol generator, fire-extinguishing structure, Laval's ring nozzle.

Разнообразие горючих материалов, условий возникновения и распространения пожаров определяют методы и средства пожаротушения. Из известных способов тушения пожаров в закрытых помещениях наиболее эффективным считается объемный, заключающийся в получении аэрозольной огнетушащей среды [1,2]. Одним из основных недостатков этих средств тушения является высокая температура сгорания твердотопливных аэрозолеобразующих огнетушащих составов (АОС) [3,4].

В известных устройствах получить аэрозоль температурой до 200 °С удастся ценой значительного усложнения конструкции газогенераторов путем применения специальных охладительных устройств различного типа:

- конструктивных (проволочные сетки, несколько слоев фильтрующего материала, наборы из отражательных пластин и слоев древесного угля и др.) [7-11];

- химических (поглотители тепла в виде карбонатов цинка, кальция, магния, натрия, оксалатов натрия и др.) [2,5].

Таким образом, минимизирование недостатка генераторов аэрозоля осуществляется в двух направлениях: разработкой АОС с пониженной температурой сгорания [5], и совершенствованием конструкций генераторов аэрозоля [6]. Согласно имеющим литературным данным минимальное значение температуры сгорания аэрозолеобразующего заряда в средствах тушения составляет  $150^{\circ}\text{C}$  [2], что не обеспечивает пожаробезопасности устройств пожаротушения.

Можно выделить три наиболее часто встречающихся способа понижения температуры: 1 – организация контакта огнетушащей смеси с сублимирующим материалом (снижает температуру до  $530^{\circ}\text{C}$ ); 2 – применение эжекционной насадки (уменьшает температуру до  $230 - 430^{\circ}\text{C}$ ); 3 – использование инертных теплообменников [4] (позволяет получить температуру менее  $130^{\circ}\text{C}$ , однако конструкции газогенераторов имеют большие габариты и массу) [12]. Такой способ снижения температуры аэрозоля не применяется из-за его сложности.

Для решения проблемы снижения температуры огнетушащего аэрозоля до значений, при которых исключается самовоспламенение и плавление ( $82-160^{\circ}\text{C}$ ) веществ и материалов (поливинилхлорид) в защищаемом объеме, путем внесения конструктивных изменений в стандартном ГОА (на примере ГОА «Муха-4»). В конструкцию генератора добавляется профилирующая вставка, через которую будет выходить в защищаемый объем огнетушащий аэрозоль, выполненная в виде сопла Лавала [13]. Предлагаемое устройство используется для снижения температуры в газотурбинных двигателях, а для средств пожаротушения не применялось. В предлагаемом устройстве газ, проходя самое узкое сечение (критическое сечение) сопла, приобретает скорость, равную местной скорости звука, и далее, проходя диффузор, при расширении газ ускоряется до сверхзвуковых значений скоростей. При этом плотность газа резко уменьшается, и в соответствии с уравнением Менделеева – Клапейрона резко уменьшается температура газа [13,14].

Целью исследований является разработка генератора огнетушащего аэрозоля с газодинамическим устройством охлаждения пожаротушащей смеси. Для этого потребовалось провести литературный и патентный обзор АОС, конструктивных решений для охлаждения пожаротушащей смеси ГОА, разработать методику расчета геометрических параметров предлагаемого устройства охлаждения пожаротушащей смеси ГОА, рассчитать и разработать экспериментальный образец ГОА, провести экспериментальные исследования экспериментального образца и опытной партии ГОА.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение эффективности применения аэрозольных установок для тушения пожаров с помощью добавок / И.А. Корольченко [и др.] // Пожарная безопасность. – 1996. – № 3. – С. 104–109.
2. Самборук, А. Р. Горение пористых газогенерирующих и аэрозолеобразующих составов для средств пожаротушения: дис. ... док. тех. наук : 01.04.17 / А. Р. Самборук. – Самара, 2006. – 345 л.
3. Коломин, А. Е. Теоретическое обоснование создания газогенераторов на твердом топливе с порошкообразными емкостными охладителями: дис. ... канд. тех. наук : 05.07.05 / А. Е. Коломин. – Пермь, 2006. – 130 л.
4. Бортников, Р. А. Разработка низкотемпературных твердотопливных газогенераторов с инертными теплообменниками: дис. ... канд. тех. наук : 05.07.05 / Р. А. Бортников. – Пермь, 2010. – 150 л.
5. Осипков, В. Н. Создание новых пиротехнических источников холодного газа, совершенствование процессов, аппаратов и технологии их производства : дис. ... канд. тех. наук : 05.17.08 / В.Н. Осипков. – Бийск, 2004. – 183 л.
6. Кузнец, Е. А. Горение аэрозолеобразующих огнетушащих составов, генерирующих хлориды щелочных металлов: дис. ... канд. тех. наук : 01.04.17 / Е.А. Кузнец. – Самара, 2005. – 137 л.
7. Fire suppression system and solid propellant aerosol generator for use therein: пат. 1616599 Европа, МПК6 А62С 35/08 (2006.01), А62С 5/00 (2006.01), А62С 35/02 (2006.01) / Donald E. Olander, Michael L. Schall ; заявитель Goodrich Corporation – № 05014617.4; заявл. 20.09.2002; опубл. 18.01.2006 / Бюл. 2006/03.
8. Flush-mounted fire extinguisher assembly: пат. 2208511 Европа, МПК6 А62С 13/78 (2006.01) / Rondino, Angelo Rome; заявитель Raimondi, Adriana Cavattoni - Raimondi, Viale dei Parioli – № 10150813.3; заявл. 15.01.2010 ; опубл. 21.07.2010 / Бюл. 2010/29.
9. Fire suppression device : пат. EP1968714 Европа, МПК6 А62С 5/00 / POS-SON, Philip, L.; заявитель Goodrich Corporation – № 60/756,374; 06825615.5; заявл. 06.10.2006 ; опубл. 19.07.2007 / Бюл. 2008/38.
10. Aerosol fire extinguisher : пат. US 2007/0034390 США, МПК7 А62С 11/00 (2006.01), А62С 13/62 (2006.01), А62С 13/00 (2006.01) / William Vegsom; заявитель Buckeye fire equipment company – № 11/463,997 ; заявл. 11.08.2006; опубл. 15.02.2007.
11. Hand-held aerosol fire suppression apparatus: пат. US8800676 В2, МПК7 А62С13/00; А62С5/00 / Hongbao Guo, Kun Zhang, Chunjie Ma, Tengfei Zhai, Zhenping Deng ; заявитель Shaanxi J&R Fire Fighting Co., Ltd – № US 13/375,470 ; заявл. 03.07.2010 ; опубл. 12.08.2014.
12. Способ получения огнетушащей смеси и устройство для его осуществления: пат. 2130792 Россия : МПК6 А 62 С 3/00 / Ю.М. Милехин, Э.Г. Ткачев, В.М. Сун, Ю.А. Милицын, В.К. Федоров, Т.П. Коробенина – № 97121686/12; заявл. 23.12.1997 ; опубл. 27.05.1999.



13. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика / Л. Д.Ландау, Е. М.Лифшиц. – Учебное пособие. В 10 томах. – Т. 6 : Гидродинамика. – 3-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 736 с.

14. *Карташова М.А.* Построение оптимальной конфигурации кольцевого сопла с многокомпонентным рабочим телом / М.А. Карташева, А.Л. Карташев // За-бабахинские научные чтения : сборник материалов IX Международной конферен-ции 10-14 сентября 2007. – Снежинск : Издательство РФЯЦ-ВНИИТФ, 2007. – С. 259–261.

УДК 699.812.3

*А. А. Мальгин, А. В. Абрамов, И. В. Клевцова*  
**ГК «RAUM-PROFIE»**

## **ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РЫНКА ПАССИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТЫ. ВЗГЛЯД ПРАКТИКОВ**

Статья приводит классификацию существующих материалов пассивной огне-защиты металлических конструкций, рассказывает о современных тенденциях и про-блемах рынка огнезащитной лакокрасочной продукции, структурирует существую-щие красочные огнезащитные материалы, а также поднимает вопросы методов кон-троля огнезащитных лакокрасочных покрытий.

**Ключевые слова:** огнезащитная краска, огнезащита несущих металлических конструкций, проблемы рынка огнезащиты, методы контроля огнезащитных покры-тий.

*A. A. Malgin, A. V. Abramov, I. V. Klevtsova*

## **KEY TRENDS IN THE MARKET OF PASSIVE FIRE PROTECTION. PRACTITIONER'S VIEW**

The article presents the classification of the existing materials of passive fire protec- tion of metal structures, tells about the current trends and problems of the market of fire- retardant paint products, structures the existing colorful fire-retardant materials, as well as raises questions about the methods of control of fire-retardant paint coatings.

**Keywords:** fire-retardant paint, fire protection of bearing metal structures, fire pro- tection market problems, methods of control of fire-retardant coatings.

Огнезащита - это снижение пожарной опасности различных конструкций и материалов путем специальной обработки. Огнезащита является составной частью общей системы мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

В Табл. 1 приведена классификация средств огнезащиты несущих металлических конструкций по способу нанесения и принципу действия.

Один из наиболее распространённых методов повышения пределов огнестойкости строительных конструкций — пассивная огнезащита материалов специальными огнезащитными покрытиями.

На рынке интумесцентных составов представлен широкий спектр материалов для пассивной огнезащиты, начиная пропиточными составами для древесины на основе солевых растворов, заканчивая инновационными материалами, разработанными на основании современных достижений в области нанотехнологий.

Одним из наиболее популярных продуктов данного сегмента являются огнезащитные краски и эмали интумесцентного типа, которые выпускаются на водной основе и на основе органических растворителей.

*Таблица 1. Огнезащитные краски и эмали интумесцентного типа*

<b>Огнезащита несущих металлических конструкций</b>						
<b>Влажный способ нанесения</b>				<b>Сухой способ огнезащиты</b>		
Вспучивающиеся краски (тонкослойные покрытия), $\delta \leq 3$ мм	Вспучивающиеся шпаклевки, мастики обмазки, $\delta \geq 3$ мм	Облегченные напыляемые материалы на неорганическом связующем, $\delta = 10 \div 50$ мм	Цементно-песчаная штукатурка, бетонирование, облицовка кирпичом	Плиты гипсовые (ГКЛ, ГВЛ), вермикулитовые и др.	Минераловатные плиты, маты, рулонное базальтовое волокно	Подвесные потолки для горизонтальных конструкций
<b>Вспучивающиеся огнезащитные покрытия (интумесцентные составы)</b>		<b>Конструктивная огнезащита</b>				

Принцип действия данных материалов основан на образовании при тепловом воздействии вспененного пенококса, который обладает низким коэффициентом теплопроводности и замедляет на некоторое время нагрев металлоконструкций. Одним из наиболее важных аспектов при создании данных материалов является не сам факт получения пенококса, а его прочностные характеристики и структура. Именно каркасная прочность вспененного «тела», а также его адгезионные характеристики являются основополагающими факторами огнезащитной эффективности покрытия.

Нами были проведены электронно-микроскопические исследования по оценке влияния различных компонентов композиции на структуру вспененного кокса. Испытав множество добавок и наполнителей, таких как борат цинка, диоксида титана, гидроксиды магния и алюминия, микроволластониты и арамидные волокна, терморасширяющиеся графиты и некоторые другие мы выбрали композиционный состав, который показал лучшие результаты по механическим свойствам пенококса. Этот состав лег в основу рецептурной композиции огнезащитной краски нашего производства.

Данные электронно-микроскопических испытаний пенококса в лаборатории подтвердились натурными огневыми испытаниями металлических пластин с нанесенными покрытиями в печи. Испытания проводились без статической нагрузки при четырехстороннем тепловом воздействии до наступления предельного состояния опытного образца (500°C). Время до наступления критического состояния при разных толщинах и модификациях материала составляло от 67 до 92 минут.

В настоящий момент для достижения улучшенных показателей по огнестойкости нами апробируется применение нанодиоксида титана в интумесцентной огнезащите.

Результаты исследования показали, что такие соединения как диоксид титана, бораты бария и цинка и гидроксид магния действуют как достаточно активные зародышеобразователи пенной структуры кокса, способствуя формированию более регулярной и устойчивой пены в сравнении с пенококсом на основе композиции, не содержащей наполнитель – зародышеобразователь. Диоксид титана способствует образованию полиэдрической пены с широким распределением ячеек пены по размеру достигающим до 400 мкм, структура такой пены более регулярна и устойчива.

Также диоксид титана при нагревании реагирует с полифосфатом аммония образуя пирофосфат титана  $TiP_2O_7$ , являющийся огнеупорным материалом и стабилизирующим изолирующую пену при высоких температурах. Визуально это выражается в появлении белого налета на коксовом слое.

Чаще всего в производстве применяются марки диоксида титана, наиболее доступные на рынке и имеющие размер частиц от 0,1 до 10 мкм, что в свою очередь приводит к недостаточно равномерному распределению его в пленке интумесцентного материала и созданию пены нерегулярной структуры.

Для устранения этого недостатка было решено протестировать специальные марки диоксида титана, диспергированные до размеров 10 – 60 нм. В данный момент материал проходит испытания.

К сожалению, существуют определенные трудности по введению добавки в композицию на стадии изготовления продукта. Высокая поверхностная энергия частиц нанодиоксида титана приводит к его слипанию с образованием агломератов, которые, в свою очередь, очень трудно разбить с применением существующего оборудования и технологий производства. С нашей точки зрения

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

требуется консолидация усилия научных сообществ с целью создания технологий, обеспечивающих применение наноматериалов в производстве.

Впрочем, взаимная интеграция усилий разноплановых заинтересованных ведомств в сфере огнезащиты требуется и для решения других отраслевых проблем в сфере пассивной защиты от пожара.

К одной из основных проблем можно отнести несовершенство и во многом противоречивость требований нормативных документов.

В табл. 2 представлено соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков.

*Таблица 2. Соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков*

Степень огнестойкости зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков	Предел огнестойкости строительных конструкций						
	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Строительные конструкции бесчердачных покрытий		Строительные конструкции лестничных клеток	
				Настилы (в том числе с утеплителем)	фермы, балки, прогоны	внутренние стены	марши и площадки лестниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

В своей деятельности мы работаем с проектами, где требуется обеспечить требования пожарной безопасности для зданий и сооружений II степени огнестойкости. Однако на практике постоянно сталкиваемся с неправильной трактовкой заказчиком, а иногда и проектировщиками типа строительных конструкций: зачастую фермы, как составную часть бесчердачных перекрытий, не относят к несущим элементам здания.

В связи с этим, данные конструкции доводят пассивными средствами пожарной защиты до пределов огнестойкости REI 15 мин. Но чаще всего совсем не применяют средства пассивной пожарной защиты, ссылаясь на собственный предел огнестойкости строительных конструкций.

К сожалению, зачастую из-за этого факта в условиях реального пожара стальные колонны, доведенные до предела огнестойкости в соответствии с НД, сохраняют свою несущую способность положенное время, а элементы перекрытий через 15 минут, а иногда и раньше, теряя свою несущую способность, провоцируют обрушение кровли, приводя к печальным, а иногда и трагическим последствиям.

Также к числу больших проблем эффективности средств пассивной защиты необходимо отнести наличие значительного числа аккредитованных сертификационных центров и испытательных лабораторий (около 80), которые в условиях острой конкуренции допускают искажение результатов испытаний и выдают сертификаты на некачественную продукцию.

Из-за этого, в свою очередь, год от года увеличивается число недобросовестных производителей материалов для пассивной огнезащиты, которые в погоне за своим финансовым благополучием выпускают и реализуют некачественную продукцию.

Для решения комплекса современных проблем разработки и применения систем пассивной огнезащиты требуется консолидация усилий разноплановых организаций и ведомств. Необходимо ужесточение ответственности должностных лиц за выдачу аккредитаций испытательным лабораториям. Требуется введение контроля наличия на предприятиях, производящих средства пассивной защиты, необходимого оборудования и методик контроля в соответствии с НД, ФЗ, СТО, ТР, а также взаимоинтегрированная работа производителей и научных лабораторий в сфере разработки внедрения инновационных огнезащитных лакокрасочных покрытий.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Халилова Р.А.* Огнезащита металлических конструкций вспучивающимися красками//Нефтегазовое дело. –2012. –Том 10. –№1. – 78-82 с.
2. *Ненахов С.А., Пименова В.П., Натейкина Л.И.* Влияние наполнителей на структуру пенококса на основе полифосфата аммония // Пожаровзрывобезопасность. –2009. –№ 7. – 51-60 с.
3. *Зыбина О.А.* Специфические реакции ингредиентов в огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных композициях/ О.А. Зыбина, И.Е. Якунина, О.Э. Бабкин, С.С. Мнацканов, Е.Д. Войнолович// Лакокрасочные материалы и их применение. – 2014. – №12. – 30-33 с.
4. *Корольченко А.Я., Корольченко О.Н.* Средства огнезащиты. Справочник. - М.: Пожнаука, 2006. – 258 с.
5. СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями N 1,2). –М.: ГУП ЦПП, 2002. – 21с.

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. - М.: ФГУ ВНИИПО, 2008. – 157 с.

7. *Зыбина, О.А.* Проблемы технологии коксообразующих огнезащитных композиций /О.А. Зыбина, А.В. Варламов, С.С. Мнацаканов - Новосибирск: ЦРНС, 2010. – 50с.

8. ГОСТ Р 53292 Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009. –16 с.

9. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. – М.: Стандартинформ, 2009. – 14с.

10. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость.

11. *Полякова В.И. Зыбина О. А.* Влияние характеристик диоксида титана на огнезащитную эффективность коксообразующих защитных покрытий // Научные технологии функциональных материалов: материалы III международной научно-технической конференции 5–октября 2016 года СПб.: СПбГИКиТ, 2016. – 107с.

12. *Полякова В.И. Зыбина О.А. Мнацаканов С.С.* Функциональный вклад диоксида титана в термолитический синтез интумесцентных покрытий // Научные технологии функциональных материалов: материалы II международной научно-технической конференции с участием молодых ученых, 14-16 октября 2015 г./ – Спб.: СпбГИКиТ, 2015. – 60с.

УДК 62-78

*И. И. Манило<sup>\*</sup>, В. Ю. Левитский<sup>\*</sup>, В. И. Зыков<sup>\*\*</sup>,  
В. П. Воинков<sup>\*</sup>, А. В. Рогачёв<sup>\*</sup>*

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ШЛЕМА ПОЖАРНЫХ И СПАСАТЕЛЕЙ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ШАГ К ПОВЫШЕНИЮ ИХ БЕЗОПАСНОСТИ**

Приведены недостатки существующих касок (шлемов) пожарных и спасателей. Показаны инженерно-технические решения по повышению эффективности применения шлемов при тушении пожаров и проведении спасательных работ. Основу модернизации шлема составили оснащение его системой охлаждения подшлемного пространства, встроенными приборами освещения и позиционирования пожарного (спасателя).

**Ключевые слова:** пожары, травмоопасность, шлем пожарных (спасателей), модернизация, система охлаждения подшлемного пространства, встроенные приборы освещения, прибор позиционирования пожарного (спасателя).

*I. I. Manilo, V. Y. Levitskiy, V. I. Zykov, V. P. Voinkov, A.V. Rogachev*

## MODERNIZATION OF THE HELMET OF FIREFIGHTERS AND RESCUERS – EFFECTIVE STEP TO IMPROVE THEIR SAFETY

Shortcomings of existing helmets (helmets) of firefighters and rescuers are Given. Engineering and technical solutions to improve the efficiency of helmets in fire fighting and rescue operations are shown. The basis of the modernization of the helmet was equipping it with a cooling system of the underclass space, built-in lighting devices and positioning of the fireman (rescuer).

**Keywords:** fire, injury hazard, helmet of firefighters (rescuers), modernization, cooling system of helmet space, built-in lighting devices, fireman positioning device (rescuer).

Профессии пожарного и спасателя – это не только риски для их здоровья, но для жизней. Закономерно эти профессии считаются одними из самых опасных. Кроме этого, на пожарах, помимо обычных людей часто получают травмы и погибают сами пожарные. Не смотря на защиту тела, рук, ног, головы, органов дыхания и зрения, риски получить травмы, к сожалению, не всегда совместимые с жизнью, всегда существует.

Статистические данные последних лет свидетельствуют, что на пожарах за один год погибает 13 – 15 пожарных и спасателей, других сотрудников ГПС.

Наряду с этим, ежегодно из 1000 человек личного состава инвалидами становятся четыре сотрудника ГПС. Основными причинами выхода сотрудников пожарной охраны на инвалидность являются болезни системы органов дыхания, кровообращения, нервно-психические болезни, травмы. Среди причин смертности пожарных и спасателей почти половина (45%) – несчастные случаи.

Пожарные и спасатели работают в постоянно меняющихся, часто экстремальных условиях (при повышенных температурах, открытом пламени, сильном задымлении, плохой видимости, вероятности взрыва и обрушения конструкций и др.). Для работы в таких условиях пожарные и спасатели применяют специальную боевую одежду, одним из важнейших элементов которой является пожарный шлем (каска), защищающий голову, шею и лицо человека от механических и термических воздействий, агрессивных сред, поверхностно-активных веществ (ПАВ), воды при тушении пожаров и проведении связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ, а также от неблагоприятных климатических воздействий [1].

Существующие и широко применяемые пожарные шлемы (каска), несмотря на присущие им положительные качества, обладают рядом недостатков, которые приводят к имеющемуся травматизму, а также не отличаются желаемой комфортностью.

Статистика травматизма пожарных и спасателей свидетельствует, что каждая вторая полученная ими травма вызвана падением с высоты. Закономерно, что в ежегодные планы научно-исследовательских работ кафедры пожарной и производственной безопасности Курганской ГСХА включаются разработки устройств для страховки пожарных, снижающих количество и тяжесть травм при падении их с высоты [2, 3, 4]. Следует отметить, что к решению этих актуальных научно-технических задач привлекаются студенты, преимущественно, члены научного кружка «Студенческие новации – пожарному делу» (руководитель кружка канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной и производственной безопасности В.П. Воинков).

Так как защита головы пожарного имеет первостепенное значение, то пожарный шлем можно считать одним из важнейших элементов боевой одежды. Вопрос улучшения пожарного шлема является актуальной задачей, решение которой представляет научный и практический интерес.

В результате анализа современных отечественных и зарубежных конструкций шлемов, в рамках дипломного проекта, нами были выявлены общие недостатки данных устройств [5]:

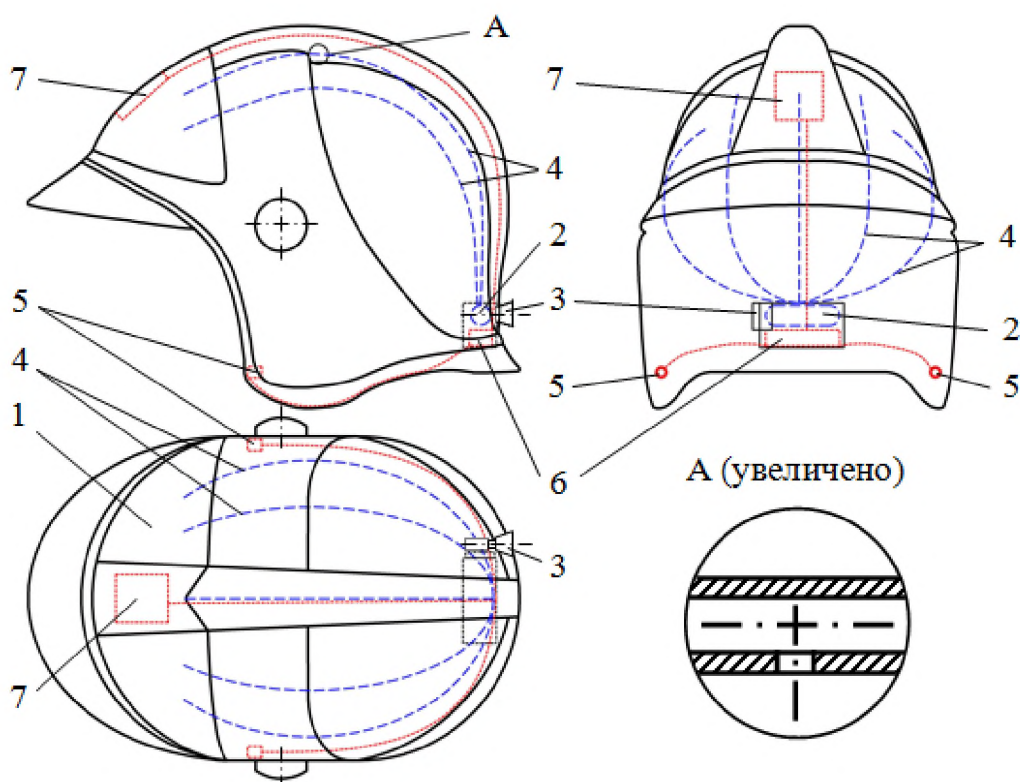
1. Существующие шлемы не оборудуются системами охлаждения головы;
2. Конструкции внешних навесных осветительных приборов представляют опасность получения пожарным травмы шеи при падении предметов на шлем;
3. Шлемы не оборудуются устройствами обнаружения (позиционирования).

Проведенный патентный поиск позволил определить пути совершенствования существующих моделей шлемов, в частности, с целью повышения безопасности и удобства работы пожарных и спасателей, ввести дополнительные приборы оборудования, ранее не применявшегося в конструкциях шлемов. При выполнении этих работ за основу был взят образец отечественного шлема модели ШКПС.

В результате модернизации в конструкцию ШКПС дополнительно введены следующие элементы, представленные на рисунке 1:

1. Система охлаждения подшлемного пространства, исключаяющая риск перегрева головы при работе пожарного. В частности, для снижения температуры подшлемного пространства шлем оборудован системой охлаждения, состоящей из баллона со сжатым воздухом, пускового клапана и тупиковых трубок, имеющих по всей длине небольшие отверстия для распределения подачи газа.





**Рис. 1.** Схема модернизированного шлема ШКПС

1 – ШКПС; 2 – баллон для воздуха; 3 – ручной клапан с регулировочным колесом; 4 – перфорированная трубка для подачи кислорода; 5 – фонарь; 6 – блок питания; 7 – GPS-трекер

В качестве охладителя выбран воздух, который является дополнительным источником для дыхания в случае теплового удара или отравления продуктами горения. Баллон с клапаном располагается в задней части каски вместе с блоком питания. При необходимости охлаждения и (или) притока кислорода для дыхания клапан открывается вручную – вращением регулировочного колеса вынесенного на внешнюю сторону корпуса шлема: в нижнюю часть (справа, сзади). Таким образом клапан защищён от случайного срабатывания.

Общий вес введенных элементов системы охлаждения составляет 50 г.

2. Дополнительные встроенные приборы освещения. В качестве оптимального места размещения компактных линзованных светодиодных фонарей выбрана внутренняя сторона каски. Для сохранения баланса и обеспечения требуемого уровня освещения установлены два осветительных прибора с питанием от единого блока аккумулятора).

Общий вес введенных элементов системы освещения составляет 25 г.

3. GPS-трекер – прибор позиционирования бойца. Исключительно эффективен в ситуациях, когда на пожаре связь с пожарным по радиации может потеряться (например, в случае получения травмы при падении с высоты, обруше-

нии конструкций, или при потере сознания в результате отравлении продуктами горения и др.). Компактный лёгкий прибор (вес 22 г), встраиваемый над козырьком каски, позволяет с точностью до 5-ти метров определить местонахождение пожарного.

Массы шлемов спасателей и пожарных могут варьироваться в зависимости от оснащения в допустимом нормами диапазоне 1300... 1650 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принятые вышеописанные решения обоснованы и не нарушают действующих норм эксплуатации шлемов. Общая масса модернизированного шлема находится в допустимых нормами значениях (составляет 1640 г).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зыков В.И.* Объединенная система мониторинга безопасности объектов АПК и оповещения о ЧС / В.И. Зыков, А.А. Бондаренко, И.И. Манило // Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: материалы междунар. научн.-практ. конф. (19-20 апреля 2018 г.) / под общ. ред д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018.– С.1161-1165.
2. *Теплых С.С.* Самостраховка пожарного при тушении пожаров с применением автолестниц / студ. С.С. Теплых; научн. рук. д-р техн. наук И.И. Манило // Молодёжный научный потенциал в развитии Уральского федерального округа: материалы студ. научн. конф. – В 2-х ч. – Ч.2. – Курган: КГСХА, 2013. – С. 29-30.
3. *Теплых С.С.* Механизм самостраховки пожарного на автолестницах / С.С. Теплых, И.И. Манило // Зауральский научный вестник. – 2013. – № 2(4). – С. 51-53.
4. *Черёмухин В.С.* Самостраховочный механизм пожарного при тушении пожара с автолестницы / В.С. Черёмухин; научн. рук. канд. техн. наук В.П. Воинков // Наука в исследованиях молодёжи – 2017: Материалы студенческой научной конференции. В 4-х ч. 2017. – Ч.3. – С. 98-99.
5. *Рогачёв А.В.* Повышение безопасности работы пожарных и спасателей за счет модернизации шлема (на примере шлема модели ШКПС) / А.В. Рогачев; научн. рук., д-р техн. наук И.И. Манило и канд. техн. наук В.П. Воинков // Наука в исследованиях молодежи – 2018: сборник статей по материалам студенческой научной конференции (29 марта-24 апреля 2018 г.) / под общ. ред д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – В 2-х ч. – Ч.П. – С. 267-269.

УДК 62-788

*И. И. Манило<sup>\*</sup>, В. П. Воинков<sup>\*</sup>, В. Ю. Левитский<sup>\*</sup>, В. И. Зыков<sup>\*\*</sup>,  
Е. А. Емельянов<sup>\*\*\*</sup>*

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени  
Т.С. Мальцева

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

<sup>\*\*\*</sup>Акционерное общество «Варгашинский завод противопожарного и специального  
оборудования», г. Варгаши, Курганская область

### **МЕХАНИЗМ САМОСТРАХОВКИ ПОЖАРНОГО ПРИ РАБОТЕ НА АВТОЛЕСТНИЦЕ (НА ПРИМЕРЕ АВТОЛЕСТНИЦЫ АЛ-30)**

Для обеспечения безопасности пожарных при работе на автолестницах и при спуске пострадавших предлагается использовать новую конструкцию само страховочного механизма.

**Ключевые слова:** автолестницы, пожарная техника, безопасность пожарных, механизм само страховки.

*I. I. Manilo, V. P. Voinkov, V. Y. Levitskiy, V. I. Zykov, E. A. Emelyanov*

### **THE MECHANISM OF INSURANCE OF FIREMEN WHEN WORKING ON CARLADDERS (FOR EXAMPLE, CARLADDERS AL-30)**

To ensure the safety of firefighters when working on carladders and during descent, it is proposed to use a new design of the self-insurance mechanism

**Keywords:** carladders, fire fighting equipment, fireman safety, self-insurance mechanism.

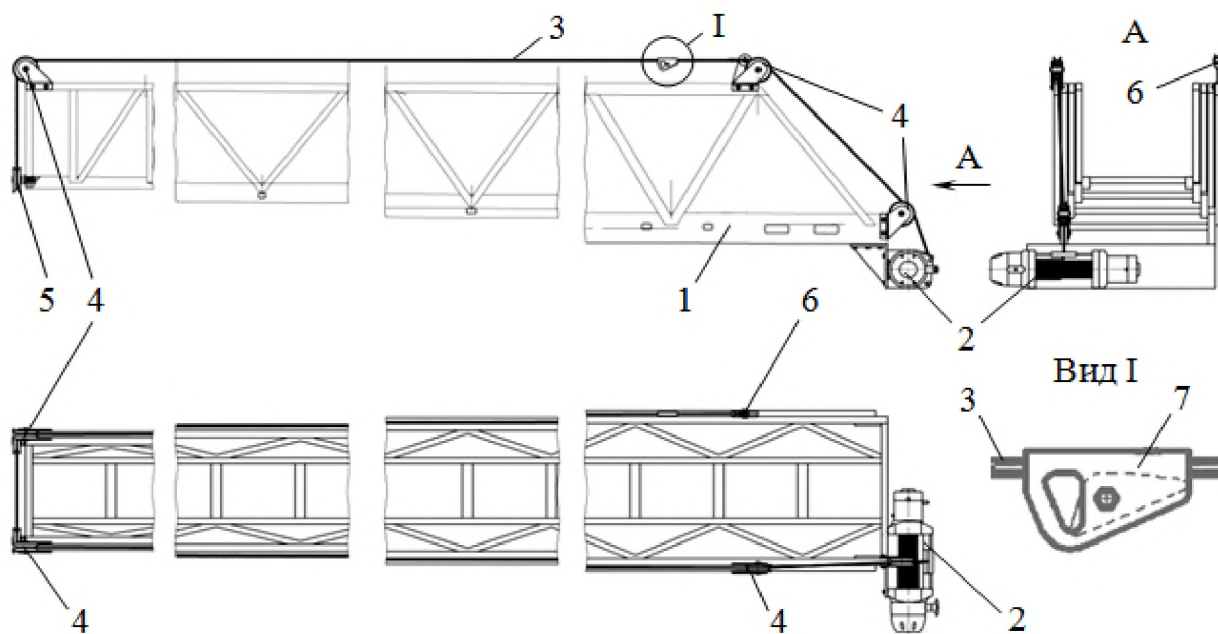
Падение пожарных и спасателей с высоты является одним из наиболее травмоопасных в перечне возможных несчастных случаев, происходящих с работниками в период несения службы. В этом случае профилактика и предотвращение возможных инцидентов при работе на автолестницах имеет особо важное значение [1, 2, 3].

Для решения данной задачи творческий коллектив сотрудников и студентов кафедры пожарной и производственной безопасности факультета промышленного и гражданского строительства КГСХА при сотрудничестве с Академией ГПС МЧС России (г. Москва) и Акционерным обществом «Варгашинский завод противопожарного и специального оборудования» (г. Варгаши, Курганская область) более пяти лет занимается поиском инженерных решений по повышению безопасности работы пожарных на автолестницах [4, 5]. В качестве

базы для исследований, экспериментов и апробации предлагаемых устройств использовалась существующая модель автолестницы АЛ-30 [6, 7, 8].

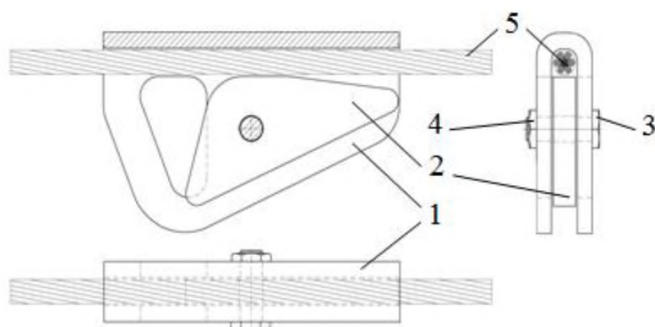
Для предотвращения падения с автолестницы пожарных нами предполагается установка дополнительного оборудования на автолестницу (рисунок 1): по обеим сторонам лестницы крепятся направляющие блоки, на которые натягивается металлический трос. Разматывание и натяжение троса синхронизировано с выдвиганием лестницы и осуществляется лебёдкой в автоматическом режиме.

Страховочное устройство (рисунок 2) имеет 4 конструктивные детали, но если заменить болт на заклепку то, число деталей можно снизить до 3. Фиксация происходит за счет зажима троса между корпусом и рычагом коромыслом при давлении карабина на коромысло (рисунок 3).



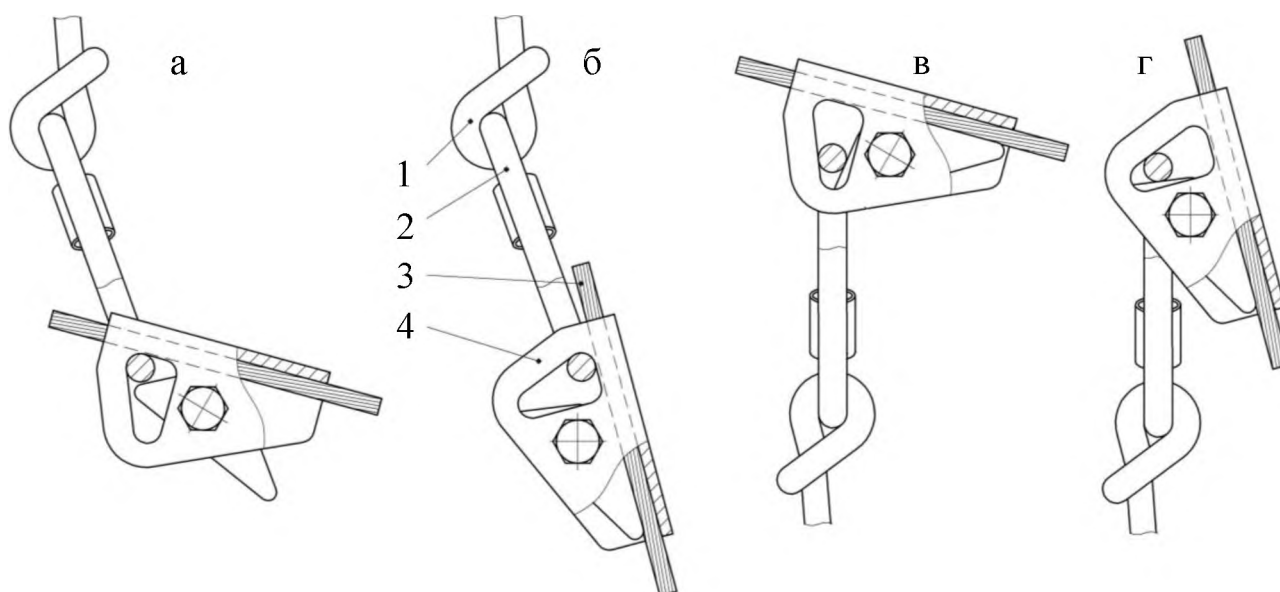
**Рис. 1.** Система самостраховки для АЛ-30

1 – автолестница; 2 – лебёдка; 3 – трос страховочный; 4 – кронштейн с блоком;  
5 – передний блок; 6 – кронштейн крепления троса; 7 – страховочное устройство



**Рис. 2.** Схема страховочного устройства  
1 – корпус; 2 – рычаг-коромысло;  
3 – болт; 4 – гайка;  
5 – трос страховочный

Для использования страховочного устройства обязательным условием является наличие у пожарного страховочной обвязки. Для безопасного движения по автолестнице необходимо при помощи карабина присоединить страховочный строп (с амортизатором рывка) обвязки пожарного к предлагаемому страховочному устройству на страховочном тросе пожарной лестницы. Самостраховочный механизм в положении «движение по лестнице» (рисунок 3(а), 3(б)) обеспечивает свободное перемещение пожарного вверх по лестнице, строп 1 с карабином 2, тянут за собой вдоль страховочного троса 3 страховочное устройство 4. При этом рычаг-коромысло выведено из зоны контакта с тросом. При спуске с лестницы механизм свободно перемещается вниз аналогично.



**Рис. 3.** Схема работы механизма самостраховки пожарного при движении по пожарной лестнице АЛ-30

- а – механизм в положении «движение по лестнице» (угол наклона лестницы  $< 45^\circ$ );  
б – механизм в положении «движение по лестнице» (угол наклона лестницы  $> 45^\circ$ );  
в – механизм в положении «страховка» (угол наклона лестницы  $< 45^\circ$ );  
г – механизм в положении «страховка» (угол наклона лестницы  $> 45^\circ$ );  
1 – строп страховочный (крепится к обвязке пожарного);  
2 – карабин альпинистский; 3 – трос страховочный (натянут вдоль АЛ-30);  
4 – устройство страховочное

В случае потери устойчивости и/или падении с лестницы срабатывает режим «страховка» (рисунок 3(в), 3(г)). Благодаря давлению карабина крепления страховочного стропы на рычаг-коромысло, за счёт веса тела пожарного висящего на обвязке, механизм надёжно блокирует перемещение вдоль страховочного троса лестницы. Как видно из схем, благодаря особой форме проушины корпуса, устройство эффективно работает при разных углах наклона лестницы.

В настоящее время предлагаемое устройство изготовлено и проходит прочностные лабораторные и натурные (практические) испытания.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Зыков В.И.* Объединенная система мониторинга безопасности объектов АПК и оповещения о ЧС / В.И. Зыков, А.А. Бондаренко, И.И. Манило // Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: материалы междунар. научн.-практ. конф. (19-20 апреля 2018 г.) / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – С. 1161-1165.
2. *Манило И.И.* Выдвижные пеналы для размещения пожарно-технического вооружения на пожарных автомобилях нового поколения / И.И. Манило, В.П. Воинков, Р.Э. Холодович, В.И. Зыков // Обеспечение пожарной безопасности объектов военной инфраструктуры в условиях военных конфликтов и чрезвычайных ситуаций: сборник статей и докладов межвузовской научн.-практ. конф. – Санкт-Петербург: Военный институт (инженерно-технический), 2016. – С. 76-80.
3. *Воинков В.П.* Расширение функциональных возможностей пожарных автомобилей путем перекомпоновки надстройки / В.П. Воинков, Е.А. Емельянов, М.В. Крупин // Безопасность жизнедеятельности: проблемы и решения – 2017: материалы междунар. научн.-практ. конф. (25-26 мая 2017 г.) / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. и д-ра техн. наук, засл. изобретателя РФ Манило И.И. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018.- С.129-132.
4. *Теплых С.С.* Самостраховка пожарного при тушении пожаров с применением автолестниц / студ. С.С. Теплых; научн. рук. д-р техн. наук И.И. Манило // Молодёжный научный потенциал в развитии Уральского федерального округа: материалы студ. научн. конф. – В 2-х ч. – Ч.2. – Курган: КГСХА, 2013. – С. 29-30.
5. *Теплых С.С.* Механизм самостраховки пожарного на автолестницах / С.С. Теплых, И.И. Манило // Зауральский научный вестник. – 2013. – № 2(4). – С. 51-53.
6. *Манило И.И.* Самостраховочный механизм пожарного на автолестнице пожарной машины / И.И. Манило, В.П. Воинков и др. // Материалы международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса». – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2016. – С. 368-371.
7. *Воинков В.П.* Механизм самостраховки пожарного при работе на автолестнице / В.П. Воинков, Е.А. Емельянов, А.П. Иванников // Материалы международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности: проблемы и решения – 2017», 2017. – С. 136-140.
8. *Черёмухин В.С.* Самостраховочный механизм пожарного при тушении пожара с автолестницы / студ. В.С. Черёмухин; научн. рук. канд. техн. наук В.П. Воинков // В сборнике: Наука в исследованиях молодёжи – 2017 Материалы студенческой научной конференции. В 4-х частях. 2017. – С. 98-99.

УДК 62-112.5

*И. И. Манило*<sup>\*</sup>, *В. П. Воинков*<sup>\*</sup>, *В. Ю. Левитский*<sup>\*</sup>, *В. И. Зыков*<sup>\*\*</sup>,  
*Е. А. Емельянов*<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия  
имени Т.С. Мальцева

<sup>\*\*</sup> ФГБОУ ВО Академия государственной противопожарной службы МЧС России

<sup>\*\*\*</sup> Акционерное общество «Варгашинский завод противопожарного и специального  
оборудования», г. Варгаши, Курганская область

## **ЛЕСОПОЖАРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАЗВЕДКИ И ЛОКАЛИЗАЦИИ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ НА БАЗЕ МОТОВЕЗДЕХОДА RM 650-2 6x4**

Для разведки и локализации низовых лесных пожаров для нужд лесопожарной охраны предлагается использовать мотовездеход с RM 650-2 с колёсной формулой 6x4.

**Ключевые слова:** мотовездеход с колёсной формулой 6x4, низовые лесные пожары, разведка лесных пожаров, оборудование для тушения лесных пожаров.

*I. I. Manilo, V. P. Voinkov, V. Y. Levitskiy, V. I. Zykov, E. A. Emelyanov*

## **FOREST FIRE COMPLEX FOR EXPLORATION AND LOCALIZATION GROUND FIRES AT THE BASE OF THE MOTO ALL TERRAIN VEHICLE RM 650-2 6x4**

For the exploration and localization of grassroots forest fires for the needs of forest fire protection, it is proposed to use an all-terrain vehicle with RM 650-2 with a 6x4 wheel formula.

**Keywords:** moto all terrain vehicle (ATV) wheel formula 6x4, grassroots forest fires, reconnaissance of forest fires, the equipment for fighting forest fires.

По статистике локализации пожаров прибытие на место занимает 20% времени. Каждая минута более раннего прибытия способна стать решающей [1, 2, 3, 4, 5]. Своевременная разведка низовых пожаров в лесах с применением компактного маневренного транспорта может существенно сократить не только масштабы распространения пожара и величину ущерба, но и снизить затраты на ГСМ для тяжелой техники.

Для локализации низового пожара на ранней стадии обычно не требуется большого количества сил и средств, но необходима возможность оперативного прибытия к очагу. Мотоциклы и мотовездеходы (квадроциклы, багги и т.п.) оптимально подходят для таких задач.



Такой технике необходимо только хорошее оснащение. Комплект инструментов и спецсредств должен быть компактным легким и эффективным, а запас огнетушащего вещества (ОВ) – максимально возможным по грузоподъёмности техники, так как десант будет работать (20...30 мин) автономно до прибытия основных сил и средств.

Выбор на рынке малогабаритной техники широк, но цена её имеет решающее значение. Отечественный мотовездеход РМ 650-2 впервые был выпущен в 2014 году, а уже в 2017 году появился на вооружении МЧС и армии России, что говорит об эффективности и надёжности данного образца.

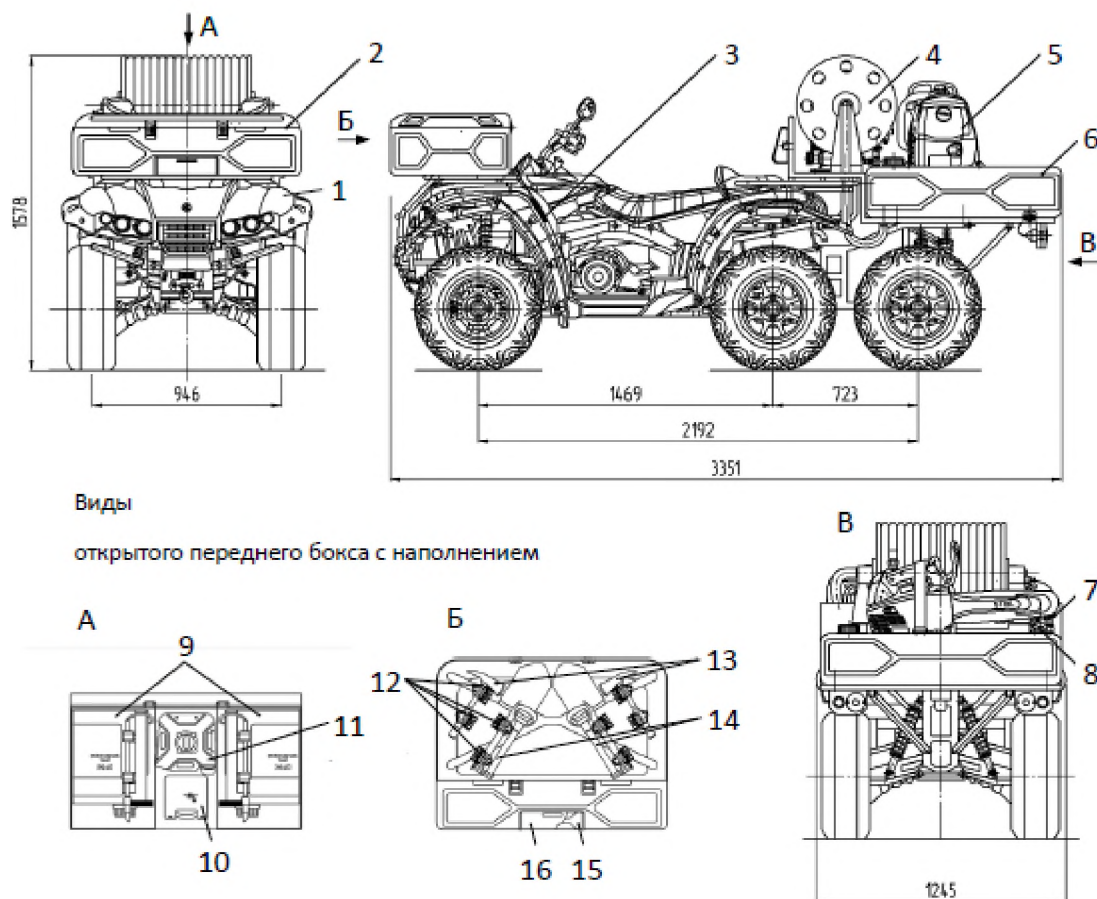
Мотовездеход РМ 650-2 в исполнении 6х4 оснащён передней багажной площадкой и быстросъёмной грузовой платформой, опирающейся на неведущую ось. Мощности двигателя хватает для транспортировки 450 кг груза. Жёсткое крепление кузова к раме повышает манёвренность и облегчает движение задним ходом. Электрическая лебедка повышенной мощности входит в стандартную комплектацию.

Данный мотовездеход [6] послужил базой для проектирования образца малогабаритного лесопатрульного комплекса для нужд лесопожарной охраны (рисунок 1). Предлагается оснастить РМ 650-2 6х4 комплектом необходимого противопожарного оборудования, включающим: рации KENWOOD TH-UVF1 Dual (2 шт.), аптечку «Фест», бензопилу STIHL MS 192 T, топоры ТПП – 1 (2 шт.), складные лопаты «Копанец» (2 шт.), ранцы пожаротушения РП-18 (2 шт.), канистру для топлива «Экстрим Драйв» (10 л), канистру для питьевой воды Art-Rider (5 л), катушку рукавную нормального давления КРНД 32/30 с пистолетом-распылителем для формирования тонкораспылённой водной струи (ТРВ) с низким расходом, автомобильный портативный компрессор BERKUT R20 (время бесперебойной работы 60 мин), ёмкость полиэтиленовую для ОВ (300 л) с предохранительным пневмоклапаном. Для размещения оборудования разработан передний бокс и открытая задняя платформа. Общая масса перечисленного оборудования (с учётом массы бокса и ёмкости для ОВ) соответствует грузоподъёмности, заявленной заводом производителем.

Особенностью предлагаемой схемы подачи воды является, отказ от мотопомпы (с целью снижения массы комплекта) в пользу компрессорной гидropневматической системы. По расчетным данным гидropневматические системы при давлении компрессора 4 атм. и расходе через распылительную дренчерную головку пистолета – 0,133 л/с запаса воды в ёмкости хватит для непрерывного тушения пожара в течении 38 мин. Наличие ранцев позволяют снять ограничения по радиусу тушения с помощью стационарной установки с катушкой рукавной нормального давления, радиус действия которой составляет 30 м (без учёта дальности распыла струи).



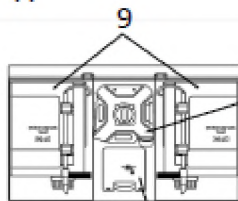
Общее количество пожарно-технического вооружения составляет 28 единиц, а общая масса 442 кг, что не превышает норму (450 кг). Спроектированные объемы и размеры комплекта оборудования полностью вписываются в допустимые габариты мотовездехода модели РМ 650-2 (6х4) и не требует существенных изменений конструкции.



Виды

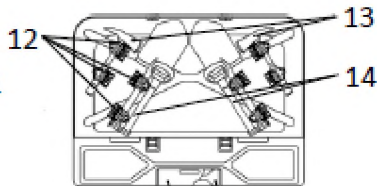
открытого переднего бокса с наполнением

А



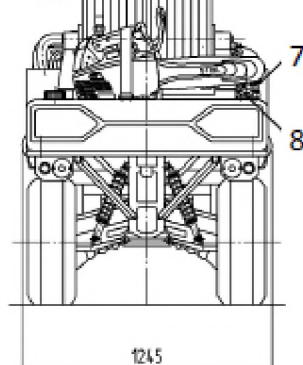
10

Б



16 15

В



1245

**Рис. 1.** Общий вид лесопожарного мотовездехода РМ 650-2 (6х4)  
с предлагаемым комплектом оборудования

- 1 – мотовездехода РМ 650-2 (6х4); 2 – бокс для пожарного оборудования;  
3 – рация; 4 – катушка рукавная КРНД 32/30 с пистолетом-распылителем;  
5 – бензопила; 6 – ёмкость для ОВ; 7 – пневмоклапан предохранительный;  
8 – электрокомпрессор; 9 – ранец противопожарный РП-18; 10 – аптечка;  
11 – канистра для питьевой воды (5 л); 12 – крепление-зажим; 13 – топор ТПП-1;  
14 – складная лопата; 15 – канистра для топлива (10 л); крышка-задвижка

Эффективность пожаротушения с применением данного компактного комплекса на базе мотовездехода можно существенно повысить, применяя при заправке ёмкости жидкость Bontel (в пропорции 1:10). Огнетушащие возможности возрастут в 15...20 раз, без ущерба для экологии леса!

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Зыков В.И.* Объединенная система мониторинга безопасности объектов АПК и оповещения о ЧС / В.И. Зыков, А.А. Бондаренко, И.И. Манило // Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: материалы междунар. научн.-практ. конф. (19-20 апреля 2018 г.) / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – С.1161-1165.
2. *Манило И.И.* Выдвижные пеналы для размещения пожарно-технического вооружения на пожарных автомобилях нового поколения / И.И. Манило, В.П. Воинков, Р.Э. Холодович, В.И. Зыков // Обеспечение пожарной безопасности объектов военной инфраструктуры в условиях военных конфликтов и чрезвычайных ситуаций: сборник статей и докладов межвузовской научн.-практ. конф. – Санкт-Петербург: Военный институт (инженерно-технический), 2016. – С. 76-80.
3. *Воинков В.П.* Расширение функциональных возможностей пожарных автомобилей путем перекомпоновки надстройки / В.П. Воинков, Е.А. Емельянов, М.В. Крупин // Безопасность жизнедеятельности: проблемы и решения – 2017: материалы междунар. научн.-практ. конф. (25-26 мая 2017 г.) / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. и д-ра техн. наук, засл. изобретателя РФ Манило И.И. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – С.129-132.
4. *Воинков В.П.* Механизм самостраховки пожарного при работе на автолестнице / В.П. Воинков, Е.А. Емельянов, А.П. Иванников // Безопасность жизнедеятельности: проблемы и решения – 2017: материалы междунар. научн.-практ. конф. (25-26 мая 2017 г.) / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. и д-ра техн. наук, засл. изобретателя РФ Манило И.И. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – С.136-140.
5. *Холодович Р.Э.* Выдвижные боксы для размещения пожарно-технического вооружения на пожарных автомобилях / Р.Э. Холодович; научн. рук., канд. техн. наук В.П. Воинков // Наука в исследованиях молодежи – 2016: материалы студенческой научной конференции. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2016. – В 2-х ч. – Ч. I. – С.106-108.
6. *Урастаева А.К.* Условия и эффективность применения квадроциклов для тушения низовых лесных пожаров / А.К. Урастаева; научн. рук., д-р техн. наук И.И. Манило и канд. техн. наук В.П. Воинков // Наука в исследованиях молодежи – 2018: сборник статей по материалам студенческой научной конференции (29 марта-24 апреля 2018 г.) / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – В 2-х ч. – Ч. II. – С. 275-277.

УДК 539.1.075

*И. И. Манило<sup>\*</sup>, В. Ю. Левитский<sup>\*</sup>, В. И. Зыков<sup>\*\*</sup>, В. П. Воинков<sup>\*</sup>,  
С. К. Белякин<sup>\*\*\*</sup>*

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

<sup>\*\*\*</sup>ФГБОУ ВО Курганский государственный университет

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОЗОНДА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ**

Проведена модернизация радиозонда космических лучей, применяемого для сбора и передачи информации о параметрах околоземного пространства и обнаружения пожаров. Введение связи между датчиком давления атмосферного воздуха и органом перестройки частоты генератора радиопередатчика повышает достоверность событий при передаче и приеме информации о параметрах околоземного пространства и обнаружения пожаров.

**Ключевые слова:** обнаружение пожаров; радиозонд; газоразрядный счетчик; формирователь импульсов; датчик давления; блок кодировки; модулятор; радиопередатчик; длительность импульса.

*I. I. Manilo, V. Y. Levitskiy, V. I. Zykov, V. P. Voinkov, S. K. Belaykin*

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE USE OF RADIOSONDE COSMIC RAYS FOR THE DETECTION OF FIRES**

The radiosonde of cosmic rays used to collect and transmit information about the parameters of near-earth space and fire detection has been modernized. The introduction of communication between the air pressure sensor and the frequency tuning body of the radio transmitter generator increases the reliability of events in the transmission and reception of information about the parameters of the near-earth space and fire detection.

**Keywords:** detection of fires; radiosonde; the gas-discharge counter; a pulse shaper; a pressure sensor; a coding unit; modulator; transmitter; the pulse duration.

Оперативное обнаружение и тушение лесных пожаров по праву может считаться одной из наиболее серьезных и нерешенных человеком (в настоящий момент) проблем [1]. Для решения этой проблемы в настоящее время используются самые современные технологии, начиная от спутникового мониторинга и закачивая самыми современными системами видеонаблюдения с элементами компьютерного зрения.

В связи с этим понятен научно-технический интерес к созданию новых и совершенствованию существующих приборов для изучения околоземного пространства, всесторонней интенсификации исследований по оперативному обнаружению лесных пожаров, оказывающих воздействие на состояние того же околоземного пространства. Ускорение научно-технического прогресса в этой области науки и техники – сложная проблема, требующая прежде всего значительного ресурсного обеспечения НИР и ОКР.

Главное – повышение объема получаемой и обрабатываемой информации на единицу совокупных затрат, опережающее увеличение получаемой информации по сравнению с дополнительными вложениями.

В сложившихся трудных экономических условиях нужно, привлекая относительно меньше ресурсов, наращивать конечную полезную информацию.

В число эффективных технических средств, применяемых для оперативного обнаружения и определения направлений распространения лесных пожаров, входят радиозонды, одновременно применяемые для проведения комплексных исследований космических лучей, параметров атмосферы Земли, в частности, получения оперативной и достоверной информации о её давлении, влажности и др.

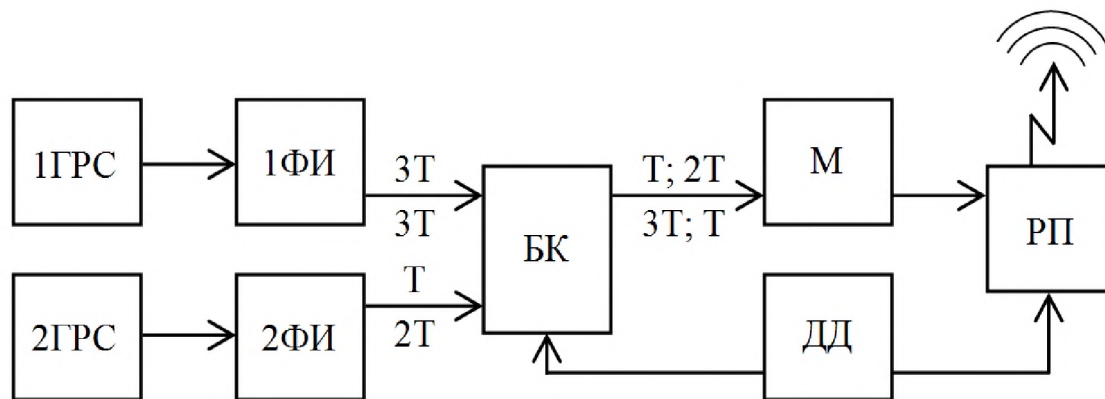
В числе эффективных направлений осуществления вышеперечисленных исследований одно из приоритетных мест занимает усовершенствование (модернизация) уже имеющихся сравнительно простых и надежных, прошедших длительную эксплуатацию технических средств.

Одним из таких эффективных технических средств, применяемых для изучения параметров атмосферы Земли [2, 3], является радиозонд космических лучей [4] – аэрологический прибор, поднимаемый в атмосферу на шарах-пилотах, наполненных (чаще всего) водородом, посылающий на Землю радиосигналы, принимаемые специальной радиоприемной аппаратурой.

В целях обеспечения надежного и эффективного применения радиозондов космических лучей для оперативного обнаружения возникающих пожаров необходимо повысить достоверность событий при передаче и приеме информации о параметрах околоземного пространства в районе осуществляемого мониторинга.

В процессе научно-технического сотрудничества кафедры «Пожарная и производственная безопасность» Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т.С. Мальцева, кафедры «Специальная электротехника, автоматизированные системы и связь» Академии государственной противопожарной службы Министерства чрезвычайных ситуаций России (г. Москва) и кафедры «Экология и безопасности жизнедеятельности» Курганского государственного университета проведены работы по модернизации ранее разработанного радиозонда [5, 6].

Конструктивно предлагаемый радиозонд состоит из двух газоразрядных счетчиков 1ГРС, 2ГРС (блок-схема прибора представлена на рисунке 1), подключенных на входы формирователей импульсов различных длительностей – 1ФИ и 2ФИ. Контактный датчик давления ДД соединен с блоком кодировки БК, который через модулятор М подключен к радиопередатчику РП, к одному из входов которого подключен контактный датчик давления ДД.



**Рис. 1.** Блок-схема радиозонда космических лучей

1ГРС, 2ГРС – газоразрядные счётчики;  
1ФИ, 2ФИ – формирователи импульсов; БК – блок кодировки;  
М – модулятор; ДД – датчик давления; РП – радиопередатчик

Ионизирующие частицы вызывают появление импульсов на выходах первого (1ГРС) и второго (2ГРС) счетчиков, которые запускают первый (1ФИ) и второй (2ФИ) формирователи. Длительность импульса на выходе первого формирователя 1ФИ равна  $3T$ , а на выходе второго формирователя 2ФИ –  $T$ . Когда импульсы со счетчиков 1ГРС и 2ГРС, соответственно, на выходах формирователей 1ФИ и 2ФИ не совпадают по времени, то блок кодировки БК пропускает на модулятор М оба импульса. Если счетчики 1ГРС и 2ГРС срабатывают одновременно (например, от одной частицы), то импульсы  $T$  и  $3T$  поступают на входы блока БК одновременно, и на его выходе появляется импульс разностной длительности, равной  $2T$ . Прием импульсов длительностью  $T$ ,  $2T$  и  $3T$  на радиоприемном пункте дает следующую информацию: импульс длительностью  $T$  – сработал счетчик 2ГРС;  $2T$  – сработали одновременно счетчики 1ГРС и 2ГРС;  $3T$  – сработал счетчик 1ГРС.

По мере подъема зонда атмосферное давление уменьшается и на определенных высотах включается контактный датчик ДД давления. Контакты датчика ДД изменяют длительность импульса на выходе формирователя 2ФИ до  $2T$ . Длительность импульса на выходе формирователя 1ФИ остается без изменений, т.е. равной  $3T$ . Разностная длительность импульса на выходе блока БК кодировки в случае одновременного срабатывания счетчиков 1ГРС и 2ГРС будет равной  $T$ , что соответствует случаю срабатывания счетчика 2ГРС при отключенном контактном датчике давления ДД, т.е. когда зонд находится на бо-

лее низких высотах. Это вносит определенную логическую ошибку в работу системы мониторинга и требует более внимательной и надежной (напряженной) работы операторов радиоприемного пункта.

С целью устранения этого недостатка и повышения объективности получаемой информации введена связь между датчиком давления ДД и радиопередатчиком РП. При подъеме зонда и включении контактного датчика давления ДД, последний осуществляет переключение органа перестройки частоты задающего генератора радиопередатчика (в зависимости от принципа построения структурной схемы радиопередатчика: кварца, варикапа и др.). Кроме перестановки длительностей импульсов, после включения контактного датчика давления ДД на радиоприемном пункте будет получен сигнал на другой фиксированной частоте, что достоверно покажет время включения и выключения контактов датчика давления ДД и, соответственно, переход радиозонда с одних высот в атмосфере на другие.

Излучение сигналов радиопередатчиком РП происходит только во время действия импульсов длительностей  $T$ ,  $2T$ ,  $3T$  на входе и, соответственно, на выходе модулятора  $M$ . Во время пауз, т.е. когда ионизирующие частицы не попадают в межэлектродное пространство газоразрядных счетчиков 1ГРС и 2ГРС, передатчик РП радиосигналы не излучает и потребляемая им энергия минимальна. Введение контактов датчика давления ДД в радиопередатчик РП для переключения элемента задающего генератора позволяет сохранить четыре информационных канала при всех случаях работы и повысить достоверность событий при приеме и анализе информации.

Описанный радиозонд космических лучей обладает более совершенной (объективной) логикой формирования сигнала соответствующего изменению высоты в атмосфере и изменению атмосферного давления при подъеме или опускании зонда.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Зыков В.И.* Объединенная система мониторинга безопасности объектов АПК и оповещения о ЧС / В.И. Зыков, А.А. Бондаренко, И.И. Манило // Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: материалы междунар. научн.-практ. конф. (19-20 апреля 2018 г.) / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018.- С.1161-1165.
2. *Федоров Е.К.* Новый метод исследования ионного спектра в атмосфере // Докл АН СССР. – 1952. – Вып.82. – №5.
3. *Кузнецов Ю.А.* Ионизационное состояние воздуха в условиях повышенного радиационного фона: Труды ЛИАП. – 1966. – Вып. 51.
4. А.с. 465607 СССР, МКИ<sup>7</sup> G01T 1/17. Радиозонд космических лучей / В.А. Жавков, Л.Л. Лазутин (СССР). – Опубл. 30.03.75. Бюл. №12.

5. *Усманов В.В., Манило И.И.* Радиозонд космических лучей // Курганский ЦНТИ Республиканского объединения «Росинформресурс». – ИЛОНТД №97-4.

6. *Манило И. И., Усманов В.В., Вережкин В.И. и др.* Радиозонд космических лучей как элемент сбора и передачи информации о параметрах околоземного пространства / Экологизация технологий: проблемы и решения. Научные сообщения Курганского Центра МАНЭБ / Под ред. И.И. Манило и В.П. Кветкова. – Курган: ИПП «Дамми», 1998. – С.159-161.

УДК 614.841.48

*А. И. Маннанов, Е. И. Алчинов, И. А. Хайретдинов, С. А. Иمامутдинов*  
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

## **МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Актуальность темы обусловлена тем, что лесные пожары наносят большой ущерб экосистеме страны, его последствия негативны и для биоты, и для атмосферы, гидросферы, литосферы. А экономический ущерб от лесного пожара исчисляется миллиардами рублей в год.

Ключевые слова: мониторинг, беспилотные летательные аппараты, программный продукт.

*A. I. Mannanov, E. I. Alchinov, I. A. Khayretdinov, S. A. Imamutdinov*

## **FOREST FIRE MONITORING USING UNMANNED AERIAL VEHICLES**

The relevance of the topic is due to the fact that forest fires cause great damage to the ecosystem of the country, its consequences are negative for biota, and for the atmosphere, hydrosphere, lithosphere. And the economic damage from the forest fire is estimated at billions of rubles per year.

Keywords: monitoring, unmanned aerial vehicles, software product.

На начальном этапе разработки системы мы ориентировались на вопросы исследования причин возникновения лесных пожаров, выявление приемов их обнаружения и ликвидации с применением беспилотных летательных технологий, а также обоснованность и целесообразность применения программного пакета для определения площади, направления и скорости распространения пожара, его интенсивности, наличия живых организмов (людей, животных) в площади возгорания [4].

Перспективными направлениями развития систем и технических средств, предназначенных для предупреждения, обнаружения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на региональном и общегосударственном уровнях могут стать [10]:

- создание систем непрерывного круглосуточного регионального и глобального мониторинга территорий с помощью беспилотных авиационных роботизированных систем;

- интеграция средств мониторинга со средствами связи для образования единой региональной информационно-аналитической системы предупреждения и ликвидации ЧС в реальном масштабе времени с целью принятия своевременных и правильных управленческих решений.

Беспилотная авиационная роботизированная система (БАРС) предназначена для решения следующих задач (рис. 1):

- мониторинг лесных массивов с целью обнаружения лесных пожаров;
- замер и передача данных по радиоактивному и химическому заражению местности и воздушного пространства в заданном районе;
- инженерная разведка районов наводнений, землетрясений и других стихийных бедствий;
- обнаружение и мониторинг ледовых заторов и разлива рек;
- мониторинг состояния транспортных магистралей, нефте- и газопроводов, линий электропередачи и других объектов;
- экологический мониторинг водных акваторий и береговой линии;
- определение точных координат районов ЧС и пострадавших объектов;
- мониторинг состояния сельхозугодий;
- доставка малогабаритных специальных грузов и средств в особо опасные районы ЧС и террористических актов.

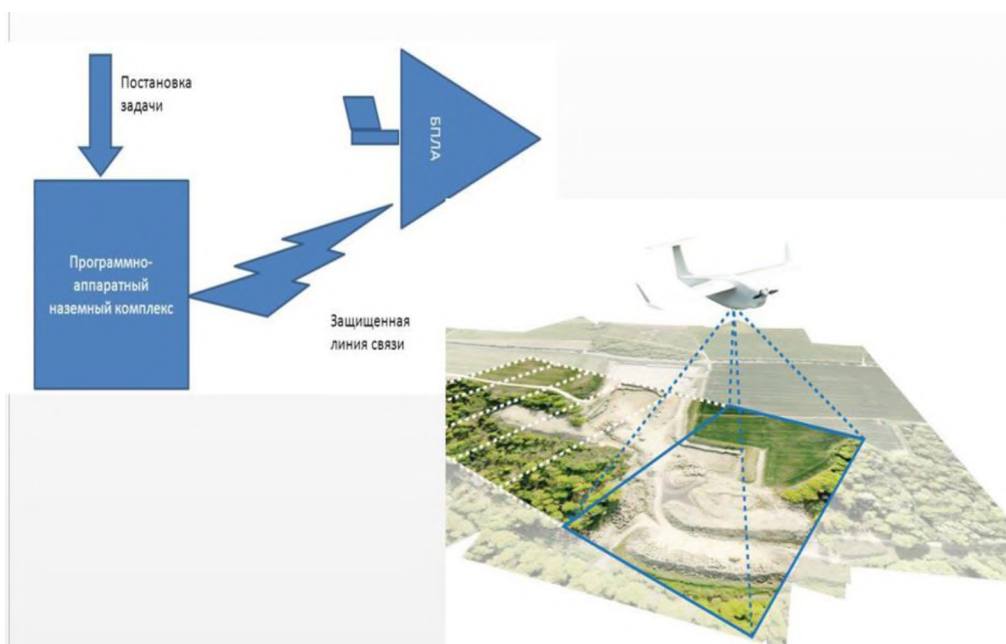
Мониторинг обеспечивается днем и ночью, в благоприятных и ограниченных метеоусловиях.

Воздушный мониторинг территорий с помощью БПЛА проводится на основе прогнозов повышенной вероятности возникновения ЧС или по сигналам из других независимых источников [3]. Это может быть облет лесных массивов в пожароопасных погодных условиях. С учетом статистических данных относительно того, что сам человек в большинстве случаев является источником лесных пожаров, сюда же можно отнести мониторинг зон загородного отдыха горожан.

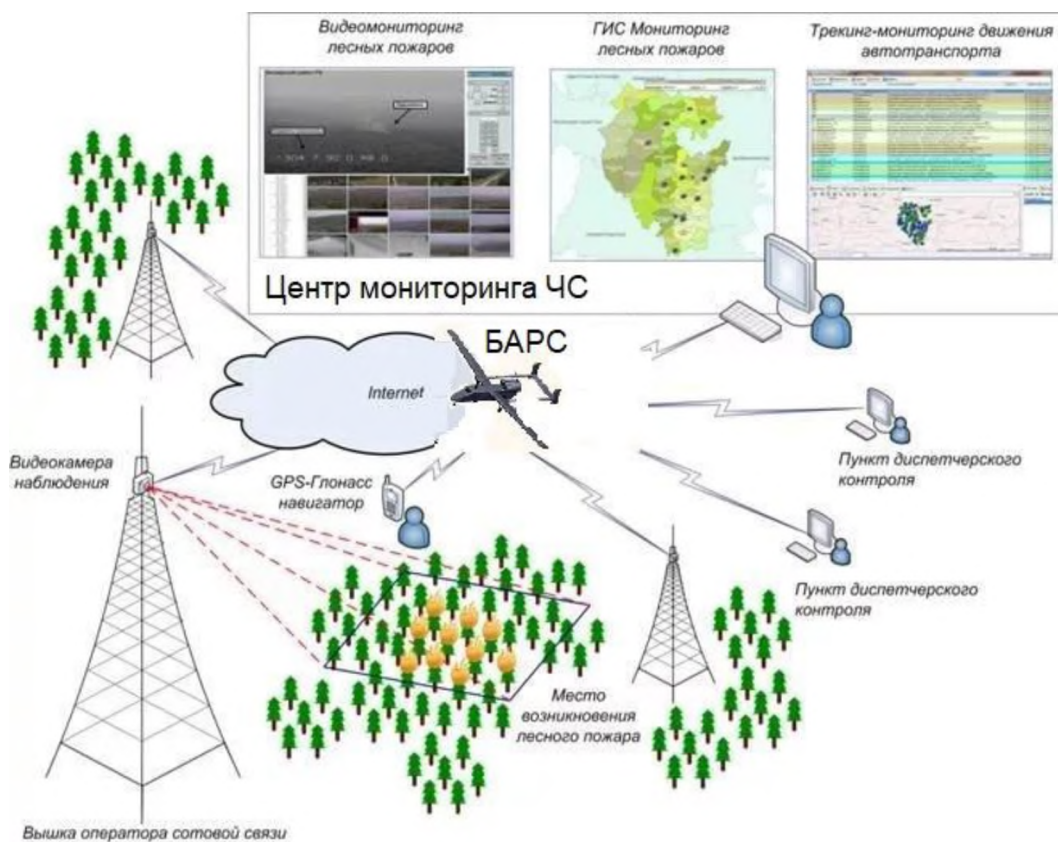
В таких задачах оператор БАРС должен оптимальным образом выбрать программу, маршрут, скорость и высоту полета БПЛА, чтобы охватить район наблюдения за минимальное время или количество пролетов с учетом секторов обзора телевизионной и тепловизионной камер. При этом необходимо исклю-



чать двукратный или многократный пролет одних и тех же мест с целью экономии материальных и людских ресурсов [9].



**Рис. 1.** Система управления комплексом БАРС



**Рис. 2.** Схема информационного обмена при высылке мобильного комплекса БПЛА на лесной пожар

Данные об опасных и быстро распространяющихся ЧС, таких как пожары, следует передавать в реальном масштабе времени для оповещения людей и принятия возможных срочных мер по их ликвидации.

Сведения о медленно развивающихся ЧС, например наводнениях и разливах рек, можно записать на бортовой или наземный видеомаягнитофон и обработать после возвращения БПЛА [7].

На рисунке 3 представлена совместная разработка кафедры ППБ УГНТУ и МБУ Управление пожарной охраны Администрации г. Уфы – беспилотный летательный аппарат – гексакоптер. Предназначен, для тепловизионной разведки мест ЧС и передачи информации в штаб СПТ [5].

В конструкции применены шесть винтов постоянного шага. Каждый винт приводится в движение собственным двигателем. Половина винтов вращается по часовой стрелке, половина — против. Маневрирование осуществляется путём изменения скорости вращения винтов, стабилизационным подвесом, для видеоборудования. Установлена система FPV для передачи видеоизображения в реальном времени. Оснащена парашютной системой для безопасной посадки.

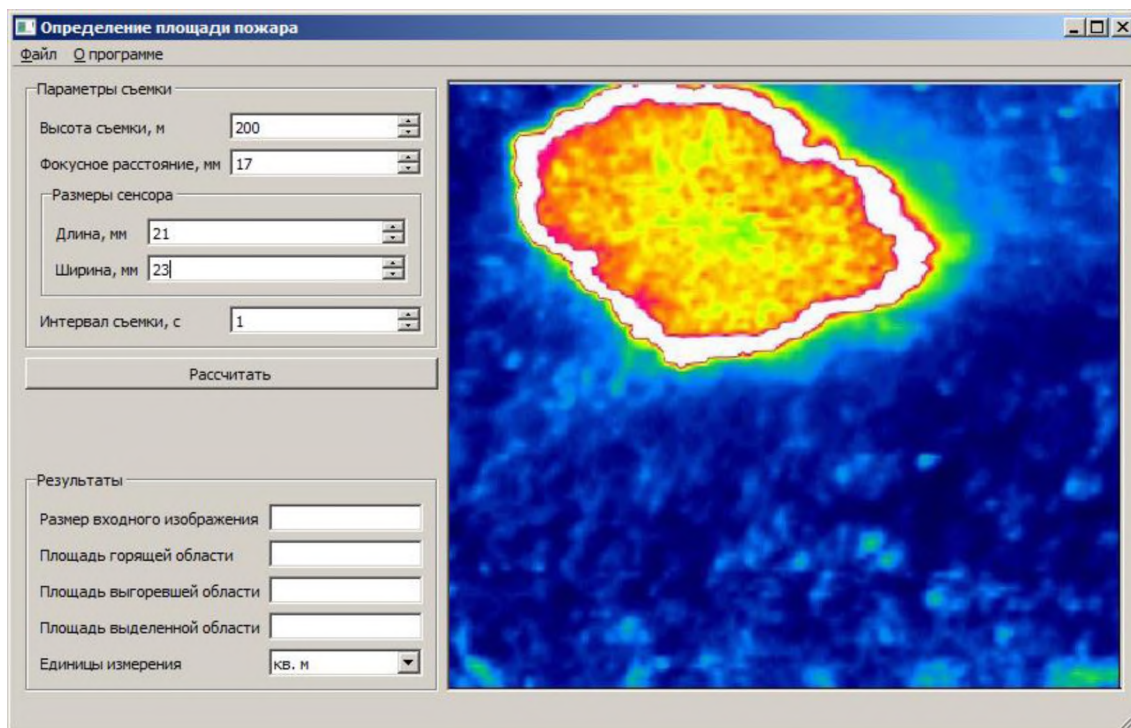


**Рис. 3.** Разработанный гексакоптер

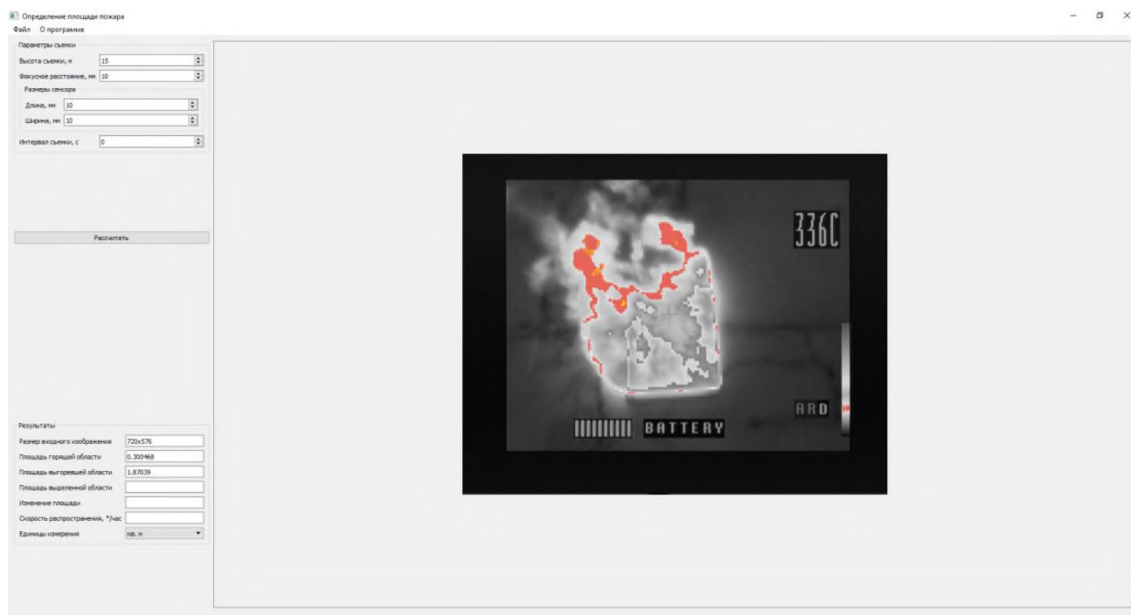
Технические характеристики: полётный вес -2800 грамм  
(без дополнительного оборудования); полезная нагрузка - 2000 грамм;  
количество несущих винтов – 6; максимальная скорость - 65 км/ч; максимальная  
высота полёта - 5000 м (над уровнем моря); максимальная дальность полёта - 8 км;  
суммарная мощность - 1900 ватт; диаметр аварийного парашюта - 168 см

В ходе разработки проекта проведены исследования, расчеты площади пожара применяя беспилотный летательный аппарат с программным продуктом для термоизображения «Мониторинг» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018610396 от 10.01.2018 г.).

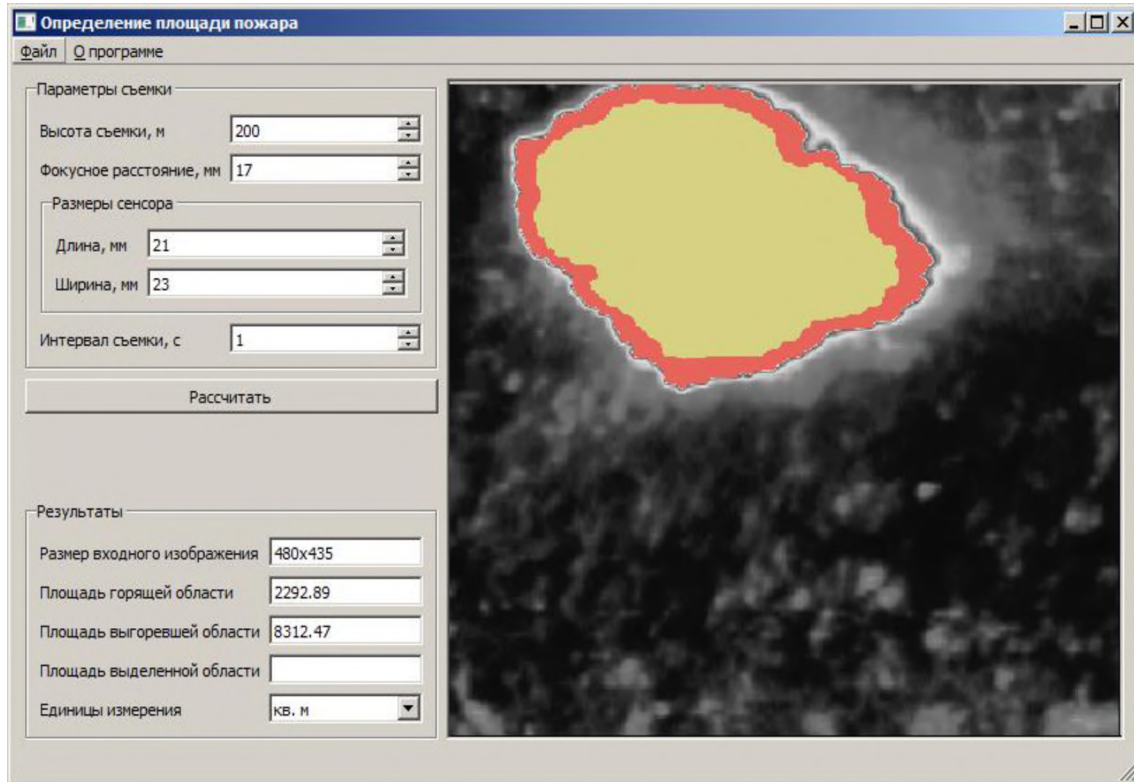
Система предназначена для использования в системах мониторинга пожарной безопасности объектов хранения, переработки и транспортировки нефти и нефтепродуктов, лесных массивов [6].



**Рис. 4.** Окно ввода исходных параметров







**Рис. 5.** Вывод результатов расчетов

Система обеспечивает [1]:

- мониторинг, запись и анализ видеозображений с аналитической обработкой в режиме реального времени;
- расчет параметров пожаров (географические координаты, площадь, направление распространения, скорость распространения, интенсивность горения);
- расчет параметров аварийных разливов нефти (географические координаты, площадь).

Перспективные направления развития робототехнических средств [2, 8]:

- совершенствование элементной базы и программных средств;
- миниатюризация технических средств;
- объединение различных технических средств во взаимодействующие и взаимодополняющие компоненты комплексных систем;
- повышение уровня автоматизации, снижение участия людей при решении практических задач, вплоть до полного их исключения из контура управления;
- увеличение надежности систем БПЛА;

- повышение безопасности их использования, как за счет повышения возможностей искусственного интеллекта бортовых систем БПЛА для принятия правильных решений без вмешательства человека – оператора, так и путем создания национальных и международных центров слежения и управления полетами БПЛА гражданского назначения;

- совершенствование средств дневного и ночного наблюдения, повышение их чувствительности, точности и разрешающей способности. Совершенствование датчиков, позволяющих в реальном масштабе времени проводить анализ проб воздуха и воды и передавать результаты на землю.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Габбасова А.И.* Решение пожарно-тактических задач с использованием компьютерных тренажерных систем/ А.И. Габбасова, О.И. Передерей, А.А. Шарафутдинов// Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф. / УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 209-210.

2. *Кабирова Э.Р.* Автоматизация системы обучения персонала пожарнотехническому минимуму и основам безопасности производства на объектах нефтепереработки/ Э.Р. Кабирова, Д.С. Кормакова, А.А. Шарафутдинов// Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 206-208.

3. *Устюжанина А.Ю.* Разработка и создание веб-приложения по моделированию чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса/ А.Ю. Устюжанина, А.А. Галкина, Д.С. Фукалов, А.А. Шарафутдинов, И.А. Хайретдинов, И.Ф. Хафизов// Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2017. - № 1 (107). - С. 210-218.

4. *Хасанова А.Ф.* Применение тренажерных систем для оптимизации действий персонала при возникновении пожара на нефтеперерабатывающих объектах/ А.Ф.Хасанова, В.С. Проскура, А.А. Шарафутдинов/ Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 210-212.

5. *Хафизов И.Ф.* Модель обучаемого в имитационных тренажерных комплексах для обучения оперативного персонала объектов нефтегазового сектора/ И.Ф. Хафизов, А.А. Кудрявцев, Д.И. Шевченко, А.А. Шарафутдинов// Современные технологии в нефтегазовом деле: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2016. - С. 369-374.

6. *Шайхуллина М.М.* Внедрение автоматизированных систем управления и систем поддержки принятия решений в деятельности службы связи пожарной охраны/ М.М. Шайхуллина, А.А.Шарафутдинов // Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 208-209.

7. *Шарафутдинов А.А.* Подготовка личного состава пожарной охраны с помощью ситуационных тренингов/ А.А. Шарафутдинов, И.Ф. Хафизов, А.А. Кудрявцев, В.С. Зубов// Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2015. - № 4. - С. 131-136.

8. *Шарафутдинов А.А.* Применение автоматизированной системы связи и оперативного управления подразделениями пожарной охраны государственной противопожарной службы при тушении крупных пожаров/ А.А. Шарафутдинов, Ф.Ш. Хафи-

зов, А.А. Кудрявцев, Р.Р. Каримов// Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. - 2015. - № 1. - С. 345-363.

9. *Шарафутдинов А.А.* Применение учебно-тренировочного комплекса для оптимизации действий персонала при возникновении пожара/ А.А. Шарафутдинов, А.Ф. Хасанова// Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. - 2015. Т. 2. - № 1 (4). - С. 319-323.

10. *Шарафутдинов А.А.* Разработка тренингов для тренажерного комплекса по обучению диспетчерского состава пожарной охраны/ А.А. Шарафутдинов, И.Ф. Хафизов, Л.А. Рамазанова// Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2015. - № 5. - С. 136-141.

УДК 614.841.48

*А. И. Маннанов, Е. И. Алчинов, И. А. Хайретдинов, С. А. Имамутдинов*  
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПРОЛИВА ПОЖАРООПАСНЫХ ЖИДКОСТЕЙ**

В мире есть огромное количество методик и способов определения наиболее вероятных площадей пролива во время аварий разливов нефтепродуктов, но в этих методиках не учитываются разные характеристики поверхности, свойства жидкости, и они не имеют достоверного единого подхода.

**Ключевые слова:** время, объем жидкости, площадь разлива, расход жидкости.

*A. I. Mannanov, E. I. Alchinov, I. A. Khayretdinov, S. A. Imamutdinov*

## **A COMPARATIVE ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF DETERMINING THE AREA OF THE STRAIT OF INFLAMMABLE LIQUIDS**

In the world, there are a huge number of techniques and methods for determining the most likely areas of the Strait during oil spill accidents, but these techniques do not take into account the different characteristics of the surface, the properties of the liquid, and they not have a reliable unified approach.

**Keywords:** time, volume of liquid, area of spill, flow rate.

К первым исследованиям, проведенным по определению площади пролива пожароопасных жидкостей в нашей стране, относятся исследования сотрудников Донецкой пожарно-технической станции ВНИИПО в 1973 г. Для прове-

дения экспериментов по проливу жидкостей использовали автол АС-10, дизельное топливо и бензин масло для скоростных механизмов. Под поверхность для разлива использовали силикатное стекло. Далее производили разлив жидкостей. Через зависимости радиуса растекания от времени, объема и вязкости жидкости была определена площадь разлива и с учетом режима истечения были получены следующие выражения:

- при непрерывном истечении

$$\frac{R}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}} = 0,46 \left( \frac{g \cdot Q \cdot \tau}{\nu^2} \right)^{0,08} \cdot \left( \frac{g \cdot \tau^2}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}} \right)^{0,06} \quad (1)$$

- при однократном истечении

$$\frac{R}{\sqrt[3]{V}} = 0,58 \left( \frac{g \cdot V}{\nu^2} \right)^{0,08} \cdot \left( \frac{g \cdot \tau^2}{\sqrt[3]{V}} \right)^{0,06} \quad (2)$$

где  $R$  – радиус разлива, м;  
 $\nu$  – кинематическая вязкость жидкости, м<sup>2</sup>/с;  
 $\tau$  – время истечения жидкости, с;  
 $\alpha$  – угол смачиваемости поверхности жидкостью, град.;  
 $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м;  
 $Q$  – расход жидкости, м<sup>3</sup>/с.

Но исследования, представленные выше, были проведены на стеклянной поверхности, отсюда следует что, физические характеристики других поверхностей, рельеф местности и его уклон, влияющие на размер и формы площади пожара, не были учтены. Также в работе [4] было подмечено, что эксперименты исследуемой жидкости во время истечения были проведены при постоянном расходе, но при авариях магистральных нефтепроводов для расчета объема вытекшей нефти учитывая изменение расхода истечения жидкости в три этапа движения жидкости [3]:

- 1) Происходит снижение давления в результате образования разрыва;
- 2) Перекачка после остановки до закрытия задвижек;
- 3) Перекачка после закрытия задвижек до прекращения истечения.

В работе [7] использовали экспериментальные жидкости: толуол, В качестве поверхностей использовали изопропиловый спирт воду, линолеум, метлахскую плитку, асфальт и бетонный пол, стекло. Анализ экспериментов, проведенных в лабораторных условиях, показал, что площадь пролива 1 л любой жидкости может быть равен нескольким квадратным метрам и зависит от свойств проливаемой жидкости и свойств поверхности. В данной работе выявлено, что при увеличении объема разлившейся жидкости, свойства поверхности, уклон и рельеф местности значительно всего влияют на размеры и форму

разлива. После обработки данных полученных экспериментальным путем, выведена формула определения площади пролива пожароопасных жидкостей:

$$f = 0,705 \cdot V_{ж}^{-0,175} \quad (3)$$

где  $f$  - удельная площадь пролива, м<sup>2</sup>/л;  
 $V_{ж}$  - объём разлившейся жидкости, л.

На площадь пролива при увеличении объёма проливаемой жидкости огромное влияние также оказывают свойства поверхности, что подтверждается в работе [8]. В этой работе проливали бензин Б-70, ацетон, ксилол, толуол, растворитель Р-5 и нитроцеллюлозный лак НЦ-222 на бетонные плиты с наполнителем из мраморной крошки. Анализ данных, полученных экспериментальным путем, выявлена зависимость:

$$S = V_{ж} \cdot ctg\alpha \cdot \frac{\rho \cdot g}{\sigma} \quad (4)$$

где  $S$  - площадь пролива жидкости, м<sup>2</sup>;  
 $V_{ж}$  - объём разлившейся жидкости, м<sup>3</sup>;  
 $\alpha$  - угол смачиваемости поверхности пола разлившейся жидкости;  
 $\rho$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  - ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  
 $\sigma$  - коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м.

Также для определения площади пролива авторы применяют коэффициент  $K_{п}$ , характеризующий состояния поверхностей учитывающий неровность, шероховатость и впитываемость жидкостей поверхности на которую проливают исследуемую жидкость:

- для плит из бетона и наполнителя из мраморной крошки  $K_{п} = 0,485$ ;
- для грунтовой поверхности  $K_{п} = 0,9$ ;
- для асфальта  $K_{п} = 1,1$ .

Анализ экспериментальных и расчетных данных показал, что коэффициент  $K_{п}$  при увеличении объёма разливаемой жидкости влияет на площадь разлива жидкости. Что подтверждает, то, что площадь пролива при увеличении объёма изменяется, и значительное влияние оказывают свойства поверхности.

При оценке растекания пожароопасных жидкостей в работе [10] использовали такое понятие как, удельная площадь растекания, которая показывает площадь разлива исследуемой жидкости при расходе массы или объема этой жидкости. Для проведения экспериментов по проливу были использованы бензин марки А-76, топливо ДС, масло АК-10 по трем поверхностям: бетон, ас-



фальт и грунт.

Данные эксперименты проводились в последовательности:

1) из ёмкости, подготовленной под эксперимент проводили разлив жидкости разных объёмов: 5, 10, 15 и 20 л на три поверхности.

2) Далее, по полученным экспериментальным данным произвели расчет площади разлива жидкостей.

Анализом экспериментальных данных была рассчитана удельная площадь растекания исследуемых жидкостей, результаты которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчетов по определению удельной площади растекания жидкости в работе [9]

Модельная жидкость	Удельная площадь растекания $f$ , м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>		
	Грунт	Бетон	Асфальт
Бензин А-76	522	670	648
Топливо ДС	260	1130	620
Масло АК-10	280	900	780

Проанализировав полученные данные, пришли к выводу, что площадь разлива зависит от видов нефти и нефтепродукта и от видов исследуемой поверхности. Отсюда следует, что есть необходимость учитывать свойства разливаемой жидкости.

В следующих работах [2, 5, 6] по определению площади разлива нефти и нефтепродуктов из резервуаров объёмом от 700 м<sup>3</sup> до 3000 м<sup>3</sup> был проведен статистический анализ аварий. При этом в этих работах учитывался уклон местности, в диапазоне  $0,01 \leq i \leq 0,07$ . После обработки полученных экспериментальных данных определения площади разлива пожароопасных жидкостей, в результате приведена формула:

$$S_p = 260000 \cdot (0,3326 \cdot (X_1 \cdot X_2)^2 + 1,552 \cdot X_1^2 \cdot X_2 \cdot X_3) \quad (5)$$

где  $S_p$  - площадь разлива, м<sup>2</sup>;

$D_p$  - диаметр аварийной ёмкости, м;

$h_{жс}$  - высота столба жидкости в ёмкости, м;

$H_p$  - высота ёмкости, м;

$i$  - гидравлический уклон местности.

Выражение, полученное после обработки данных, возможно использовать только для оборудования объемного типа, так как расчёт был произведен с учётом геометрических особенностей резервуара и степени его заполнения пожароопасной жидкостью. Также было установлено, что характер разрушения ёмкости, режим истечения жидкости и уклон местности оказывает значительное влияние на площадь разлива.

Немаловажными являются результаты исследований, представленные в работе [1]. Автор работы, при анализе моделей прогнозирования последствий аварий резервуарного оборудования, учитывал убывание исследуемой жидкости жидкости за счёт фильтрации в грунт, а также испарения исследуемой жидкости. Но эти факторы автор рассмотрел теоретически, так как при проведении экспериментов про проливу жидкостей по поверхностям в качестве исследуемой жидкости разливали воду. Во время проведения эксперимента рассматривался вариант аварии при квазимгновенном разрушении резервуара, вследствие этого использование результатов исследований автора применять для магистральных трубопроводов невозможно, так как характер распространения исследуемой жидкости по поверхности при мгновенном разрушении резервуара и разгерметизации магистрального трубопровода различается.

В работе для получения достоверных результатов [4] проводились эксперименты при разгерметизации патрубков АЦ на АЗС. Эксперимент, проведенный в работе, заключался в разливе воды из АЦ, объёмами 2, 4, 8 и 16 м<sup>3</sup> на подготовленные поверхности из бетона, грунта (без травяного покрова) или песка при уклоне местности в диапазоне 1 до 7 %. Но данные исследования, предназначены при разработке компенсирующих мероприятий для АЗС, при разгерметизации АЦ.

В работе [3] в лабораторных условиях площадь пролива жидкости определяется по методике, представленной в этой работе. Автор принял, что наиболее максимальное значение площади разлива нефтепродукта достигнуто на силикатном стекле. Вследствие этого, если данные эксперименты по проливу производить на силикатном стекле при комнатной температуре, получаем максимальное значение коэффициента разлива нефти и нефтепродукта. При разливе нефтепродукта на реальную поверхность площадь пролива будет отличаться от площади пролива на стекле. Влияние свойств материалов и состояний поверхности на площадь разлива нефти и нефтепродукта автор определяет коэффициентом  $K_{\phi}$ :

$$K_{\phi} = \frac{f_n}{f_{ст}} \quad (6)$$

где  $f_n$  - коэффициент разлива по реальной поверхности;  
 $f_{ст}$  - коэффициент разлива по стеклу.

Проанализировав рассмотренные работы и требования действующих нормативных документов, делаем вывод, что абсолютно единого подхода при определении площади пролива нефтепродукта нет. В одних нормативных документах учитываются свойства поверхностей, а в других свойства жидкостей.

Результаты расчетов ожидаемых площадей пролива, по рассмотренным выше зависимостям приведены в табл. 2 на примере разлива нефти, при разгерметизации магистрального трубопровода диаметром 720 мм. Объем вытекшей нефти принимаем равной 20 м<sup>3</sup>.

Таблица 2. Прогнозируемые площади пролива нефти при разгерметизации трубопровода

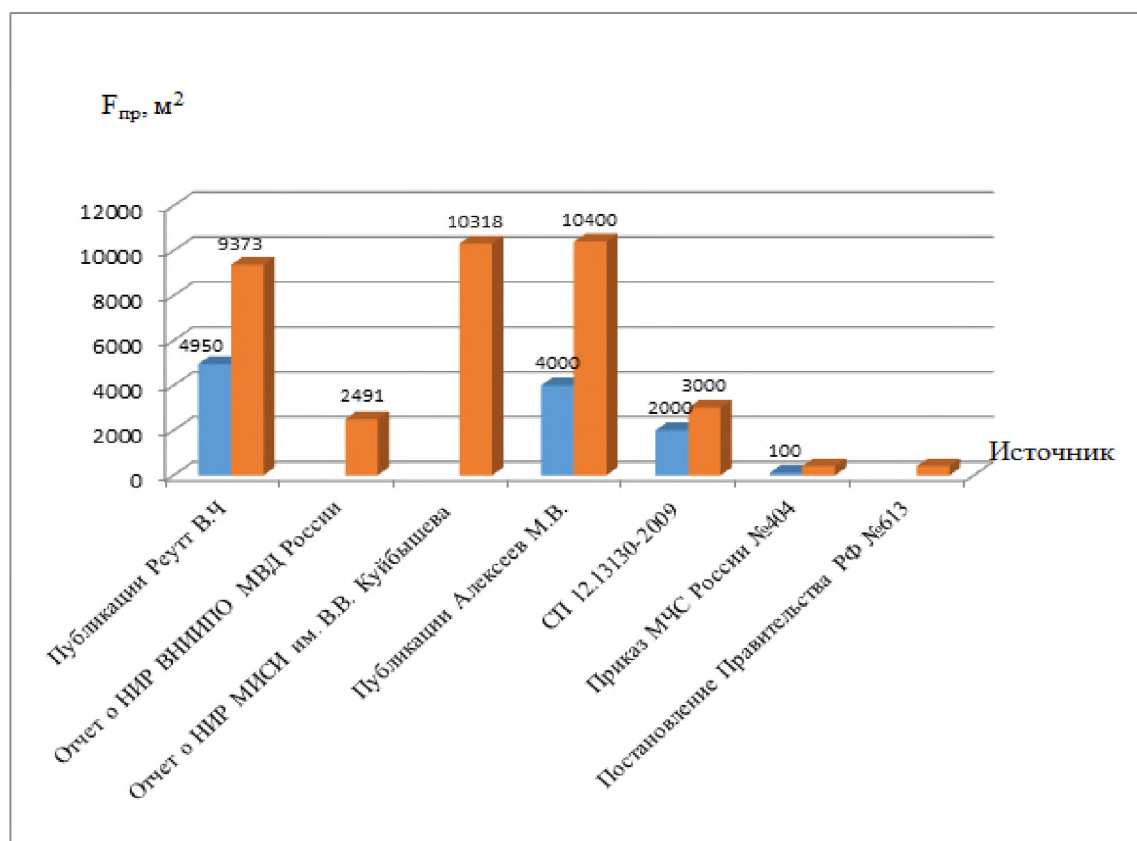
Источник	Предлагаемые выражения для расчета	Площадь пролива, м <sup>2</sup>
Публикации (Реутт В.Ч., Тимофеев Н.В., Перевощиков В.Н., 1973 г.)	$S = \pi R^2$ $\frac{R}{\sqrt[3]{V}} = 0,58 \left( \frac{g \cdot V}{v^2} \right)^{0,08} \cdot \left( \frac{g \cdot \tau^2}{\sqrt[3]{V}} \right)^{0,06}$ $\frac{R}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}} = 0,46 \left( \frac{g \cdot Q \cdot \tau}{v^2} \right)^{0,08} \cdot \left( \frac{g \cdot \tau^2}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}} \right)^{0,06}$	<p>≈ 4950</p> <p>≈ 9379</p>
Отчет о НИР ВНИИПО МВД России (Рябов И.В., Таубкин С.И., Монахов В.Т. 1974 г.)	$S = f V_{жс}$ $f = 0,705 V_{жс}^{-0,175}$	≈ 2491
Отчет о НИР МИСИ им. В.В. Куйбышева (Пчелин- цев В.А., 1975 г.)	$S = V_{жс} \cdot ctg \alpha \cdot \frac{\rho \cdot g}{\sigma}$	≈ 10318
Публикации (Алексеев М.В., Чаусов Ю.П., Вильданов Р.В., 1978 г.)	$S = f' V$ $f' = 200 - 520$	≈ 4000-10400
Публикации (Швырков С.А., Горячев С.А., и др. 2001-2008 гг.)	$S_p = 260000 \cdot (0,3326 \cdot (X_1 \cdot X_2)^2 + 1,552 \cdot X_1^2 \cdot X_2 \cdot X_3)$	Невозможно использовать
НПБ 105-03 СП 12.13130-2009	$S = f' V$ $f' = 100 - 150$	2000-3000
Приказ МЧС России №404	$S = f_{разл} V$ $f_{разл} = 5 \text{ не подготовленный грунт}$ $f_{разл} = 20 \text{ подготовленный грунт}$ $f_{разл} = 150 \text{ бетон, асфальт}$	<p>100</p> <p>400</p> <p>3000</p>

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

Источник	Предлагаемые выражения для расчета	Площадь пролива, м <sup>2</sup>
Постановление Правительства РФ №613	$S = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4}$ $d = \sqrt{25,5 \cdot V_{жс}}$	400

Из табл. 2, представленной выше прослеживается, что размер площади пролива нефти и нефтепродукта, отличается в несколько раз, что также в свою очередь, для прогнозирования возможных аварийных последствий трубопроводного транспорта нефтепродуктов приводит к большому завышению и занижению пожарной опасности, не только на нефтеперерабатывающих заводах, но и на магистральных трубопроводах, между объектами переработки, добычи, и потребления нефтепродуктов.

Результаты всех методов расчета площади пролива представим на рисунке. Столбцы, стоящие рядом рассчитаны по одной и той же методике и обозначают возможные интервалы изменения площади.



**Рис. 1.** Значения площади пролива нефти по методиками расчета площади пролива

Из рисунка видно, что по нормативным документам значения площади разлива нефти и нефтепродукта занижено по сравнению с результатами проведенного исследования более чем в 2 раза. Это также говорит о том, что при расчете ОФП, безопасные значения для человека будут пройдены быстрее и пораньше, в отличие от прогнозируемых, что приводит к гибели людей, и к огромному материальному ущербу, причиненному в результате аварий.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Габбасова А.И.* Решение пожарно-тактических задач с использованием компьютерных тренажерных систем/ А.И. Габбасова, О.И. Передерей, А.А. Шарафутдинов// Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф. / УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 209-210.

2. *Кабирова Э.Р.* Автоматизация системы обучения персонала пожарнотехническому минимуму и основам безопасности производства на объектах нефтепереработки/ Э.Р. Кабирова, Д.С. Кормакова, А.А. Шарафутдинов// Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 206-208.

3. *Устюжанина А.Ю.* Разработка и создание веб-приложения по моделированию чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса/ А.Ю. Устюжанина, А.А. Галкина, Д.С. Фукалов, А.А. Шарафутдинов, И.А. Хайретдинов, И.Ф. Хафизов// Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2017. - № 1 (107). - С. 210-218.

4. *Хасанова А.Ф.* Применение тренажерных систем для оптимизации действий персонала при возникновении пожара на нефтеперерабатывающих объектах/ А.Ф.Хасанова, В.С. Проскура, А.А. Шарафутдинов/ Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 210-212.

5. *Хафизов И.Ф.* Модель обучаемого в имитационных тренажерных комплексах для обучения оперативного персонала объектов нефтегазового сектора/ И.Ф. Хафизов, А.А. Кудрявцев, Д.И. Шевченко, А.А. Шарафутдинов// Современные технологии в нефтегазовом деле: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2016. - С. 369-374.

6. *Шайхуллина М.М.* Внедрение автоматизированных систем управления и систем поддержки принятия решений в деятельности службы связи пожарной охраны/ М.М. Шайхуллина, А.А.Шарафутдинов // Актуальные проблемы науки и техники: сб. тр. междунар. научн.-практ. конф./ УГНТУ. – Уфа, 2015. - С. 208-209.

7. *Шарафутдинов А.А.* Подготовка личного состава пожарной охраны с помощью ситуационных тренингов/ А.А. Шарафутдинов, И.Ф. Хафизов, А.А. Кудрявцев, В.С. Зубов// Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2015. - № 4. - С. 131-136.

8. *Шарафутдинов А.А.* Применение автоматизированной системы связи и оперативного управления подразделениями пожарной охраны государственной противопожарной службы при тушении крупных пожаров/ А.А. Шарафутдинов, Ф.Ш. Хафизов, А.А. Кудрявцев, Р.Р. Каримов// Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. - 2015. - № 1. - С. 345-363.

9. *Шарафутдинов А.А.* Применение учебно-тренировочного комплекса для оптимизации действий персонала при возникновении пожара/ А.А. Шарафутдинов, А.Ф. Хасанова// Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. - 2015. Т. 2. - № 1 (4). - С. 319-323.

10. *Шарафутдинов А.А.* Разработка тренингов для тренажерного комплекса по обучению диспетчерского состава пожарной охраны/ А.А. Шарафутдинов, И.Ф. Хафизов, Л.А. Рамазанова// Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2015. - № 5. - С. 136-141.

УДК 629.113

*П. Г. Митрофанов<sup>\*</sup>, В. С. Шкрабак<sup>\*\*</sup>, И. И. Манило<sup>\*</sup>, В. Ю. Левитский<sup>\*</sup>,  
Р. В. Шкрабак<sup>\*\*</sup>, В. И. Зыков<sup>\*\*\*</sup>, В. П. Воинков<sup>\*</sup>*

<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева

<sup>\*\*</sup> ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

<sup>\*\*\*</sup> ФГБОУ ВО Академия государственной противопожарной службы МЧС России

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОПРОКИДЫВАНИЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ ПРИ ТУШЕНИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

Показано устройство для оснащения пожарного автомобиля с целью предотвращения его опрокидывания при тушении лесных пожаров и в населенных пунктах с пересеченной местностью.

**Ключевые слова:** пожарный автомобиль, тушение лесных пожаров, опрокидывание пожарного автомобиля, датчик крена, гидронасос, гидролиния, сигнальные лампы, устройство подачи звукового сигнала.

*P. G. Mitrofanov, V. S. Shkrabak, I. I. Manilo, V. Y. Levitskiy, R. V. Shkrabak,  
V. I. Zykov, V. P. Voinkov*

## **DEVICE TO PREVENT TIPPING OF THE FIRE TRUCK WHILE FIGHTING FOREST FIRES**

Shows a device for equipping a fire truck to prevent it from tipping over when extinguishing forest fires and in localities with rough terrain.

**Keywords:** fire engine, forest fire fighting, overturning of fire engine, roll sensor, hydraulic pump, hydraulic hose, signal lights, sound warning device.

При тушении лесных пожаров и в населенных пунктах с плохим качеством дорог (улиц) возникает проблема обеспечения повышения устойчивости пожарных автомобилей (ПА) и других транспортных средств на автомобильном шасси [1, 2, 3, 4]. Другими словами: необходимо исключить опрокидывание автомобиля, тем более, передвигающегося с запасом воды и личным составом пожарного подразделения [5].

Предлагается установить на ПА устройство [6] (рисунок) для предотвращения опрокидывания пожарного автомобиля и другой колесной техники.

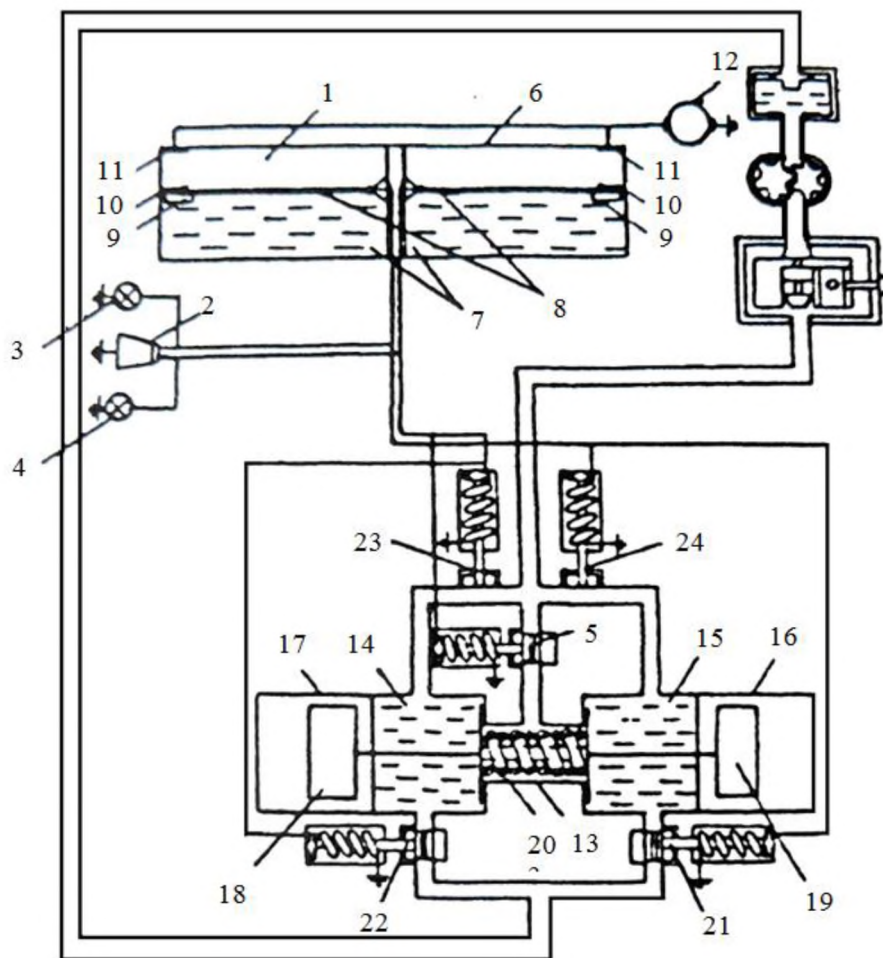


Рис. 1. Устройство для предотвращения опрокидывания пожарного автомобиля

Предлагаемое устройство содержит датчик 1 крена, устройство 2 для подачи звукового сигнала, две сигнальные лампы 3 и 4, электромагнитный клапан 5, гидрелинии, электропроводку, гидронасос, гидрораспределитель и маслобак (последние три узла являются общими для машины и предлагаемого устройства). Датчик 1 крена имеет корпус 6, состоящий из двух симметрично расположенных герметичных емкостей 7, изготовленных из токонепроводящего материала, наполненных до определенного уровня маслом. С поверхностью масла соприкасаются два электрода, каждый из которых выполнен из токопроводяще-

го материала и одним концом шарнирно закреплен на корпусе, а на другом конце имеет поплавок 9, находящийся в масле и контакты 10, расположенные напротив друг друга. Напротив контактов 10 симметрично расположены контакты 11, соединенные между собой и с источником тока 12. Противоопрокидывающий выбросной механизм содержит корпус 13 с двумя гидроцилиндрами 14 и 15, направляющими 16 и 17, балластными грузами 18 и 19, пружину 20, нормально закрытые электромагнитные клапаны 21 и 22 и нормально открытые электромагнитные клапаны 23 и 24 со своими гидролиниями и линиями электропитания. Электроды соединены с электроклапанами X – образными линиями (левый электрод соединен с электромагнитными клапанами, управляющими правым гидроцилиндром, а правый – с электромагнитными клапанами, управляющими левым гидроцилиндром). Это дает возможность осуществлять выброс балластного груза 18 и 19 в сторону, противоположную опрокидыванию) [2, 3].

Установка данного устройства на пожарный автомобиль позволит предотвратить опрокидывание автомобиля и снизить травматизм при тушении лесных пожаров и в населенных пунктах с плохими дорогами (улицами).

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Безбородько М.Д.* Пожарная техника / М.Д. Безбородько – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004 – 550с.
2. *Шкрабак В.С.* Безопасность труда при использовании самоходных грузоподъемных машин в АПК / В.С. Шкрабак, В.Ю. Бузлуков, В.В. Шкрабак, Р.В. Шкрабак, Л.А. Голдобина, Т.Ю.Салова – С-Пб.: СПГАУ, 2005. – 306с.
3. *Зыков В.И.* Объединенная система мониторинга безопасности объектов АПК и оповещения о ЧС / В.И. Зыков, А.А. Бондаренко, И.И. Манило // Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: материалы междунар. научн.-практ. конф. (19-20 апреля 2018 г.) / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018.- С.1161-1165.
4. *Манило И.И.* Выдвижные пеналы для размещения пожарно-технического вооружения на пожарных автомобилях нового поколения / И.И. Манило, В.П. Воинков, Р.Э. Холодович, В.И. Зыков // Обеспечение пожарной безопасности объектов военной инфраструктуры в условиях военных конфликтов и чрезвычайных ситуаций: сборник статей и докладов межвузовской научн.-практ. конф. – Санкт-Петербург: Военный институт (инженерно-технический), 2016. – С. 76-80.
5. *Воинков В.П.* Расширение функциональных возможностей пожарных автомобилей путем перекомпоновки надстройки / В.П. Воинков, Е.А. Емельянов, М.В. Крупин // Безопасность жизнедеятельности: проблемы и решения – 2017: материалы междунар. научн.-практ. конф. (25-26 мая 2017 г.) / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. Сухановой С.Ф. и д-ра техн. наук, засл. изобретателя РФ Манило И.И. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. – С.129-132.



б. А.С. № 2184671. Устройство для предотвращения опрокидывания мобильного грузоподъемного агрегата / Шкрабак В.С., Бузлуков В.Ю., Митрофанов П.Г., Опубл. 10.07.2002 г.

УДК 629.113.006

*П. Г. Митрофанов<sup>\*</sup>, В. С. Шкрабак<sup>\*\*</sup>, И. И. Манило<sup>\*</sup>, В. Ю. Левитский<sup>\*</sup>,  
Р. В. Шкрабак<sup>\*\*</sup>, В. И. Зыков<sup>\*\*\*</sup>, В. П. Воинков<sup>\*</sup>*

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева

<sup>\*\*</sup>ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

<sup>\*\*\*</sup>ФГБОУ ВО Академия государственной противопожарной службы МЧС России

## **СИГНАЛИЗАТОР УГЛА НАКЛОНА – ЭЛЕМЕНТ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОПРОКИДЫВАНИЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ**

Показано инженерно-техническое решение предотвращения опрокидывания пожарного автомобиля при тушении лесных пожаров и проведении спасательных работ на пересеченной местности. Основным элементом сигнализации о возможном опрокидывании автомобиля является креномер.

**Ключевые слова:** лесные пожары, пожарный автомобиль, устойчивость движения, опрокидывание пожарного автомобиля, креномер, электроды, источник тока, поплавки, сигнальные лампы, устройство подачи звукового сигнала.

*P. G. Mitrofanov, V. S. Shkrabak, I. I. Manilo, V. Y. Levitskiy,  
R. V. Shkrabak, V. I. Zykov, V. P. Voinkov*

## **ALERTER ANGLE OF INCLINATION – THE ELEMENT PREVENT TIPPING OF THE FIRE TRUCK**

The engineering solution of prevention of overturning of the fire truck at suppression of forest fires and carrying out rescue works on the cross-country terrain is Shown. The main element of the alarm about the possible overturning of the car is the roll-over.

**Keywords:** forest fires, fire truck, stability of movement, overturning of the fire truck, the slopometer, electrodes, a current source, floats, signal lamps, the device of giving of a sound signal.

На территории лесного фонда России ежегодно регистрируется от 10 до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 0,5 до 2,5 млн. га. Пожары – основная причина гибели лесов. В Российской Федерации ежегодно погибают

сотни тысяч гектар лесных насаждений (в среднем 450...500 тыс. га в год). Из этой площади лесного фонда около 70% погибает от пожаров.

Расходы на тушение лесных пожаров в России составляют десятки млрд. руб. При этом при оценке экономических ущербов оцениваются только потери древесины на корню, они составляют в среднем 27 млн. м<sup>3</sup> в год, что в пересчете на рыночную стоимость древесины составляет 1...2 млрд. руб.

На территории Курганской области сотни населенных пунктов и объектов надзора потенциально подвержены угрозе лесных пожаров.

Так как тушение лесных пожаров осуществляется в труднодоступных лесных районах, с не ровными и плохими дорогами, то обеспечение контроля движения пожарного автомобиля (ПА), в частности, предотвращение его опрокидывания, является актуальной научно-технической задачей, требующей своего решения.

Теория движения ПА рассматривает различные факторы, которые определяют время следования подразделения к месту пожара. Для оценки свойств конструкции ПА и его способности своевременно прибыть к месту вызова, необходим анализ следующих эксплуатационных свойств: тягово-скоростных, тормозных, устойчивости движения, управляемости, маневренности, плавности хода [1, 2].

Учеными и специалистами Курганской государственной сельскохозяйственной академии им. Т.С. Мальцева и Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в течение ряда лет решаются задачи по устойчивости движения ПА [2, 3]. В частности, разрабатываются устройства, устанавливаемые на ПА, для измерения наклона движущихся по наклонной плоскости объектов с помощью сигнализатора углов наклона, во избежание опрокидывания ПА.

Сигнализатор углов наклона пожарного автомобиля (рисунок 1) содержит креномер 1 и сигнализирующее устройство 2. Креномер имеет корпус 3, представляющий собой герметичную емкость, изготовленную из токопроводящего материала, до определенного уровня наполненную маслом 4. С поверхностью масла 4 соприкасаются электроды 5, 6, 7, которые в своем центре тяжести установлены с возможностью поворота в вертикальной плоскости на продольной планке 8, расположенной вдоль поперечной оси симметрии корпуса 3 креномера 1. При помощи крепежной планки 8 электроды 5, 6, 7 соединены с источником тока.

На своих концах электроды имеют поплавки 9, 10, 11 и вертикальные контакты 12, 13, 14 одинаковой высоты. Напротив контактов 12, 13, 14 и на разном удалении от них в торцевой части корпуса 3 креномера 1 расположены контакты 15, 16, 17. Контакты 15, 16, 17 выполнены с возможностью регулирования их положения по высоте для задания контролируемой величины углов наклона. Они электрически соединены с сигнализирующим устройством 2.

Сигнализирующее устройство 2 имеет панель, на которой расположены шесть сигнальных 18, 19, 20, 21, 22, 23 и одна зеленая 24 лампы.

Сигнализирующее устройство 2 имеет также устройство 25 подачи звукового сигнала, соединенный с красными сигнальными лампами 18 и 23, а желтые сигнальные лампы 20 и 21 соединены с нормально замкнутыми контактами реле 26 в цепи питания зеленой лампы 24 так, что при включении лампы 20 или 21 выключается зеленая лампа 24.

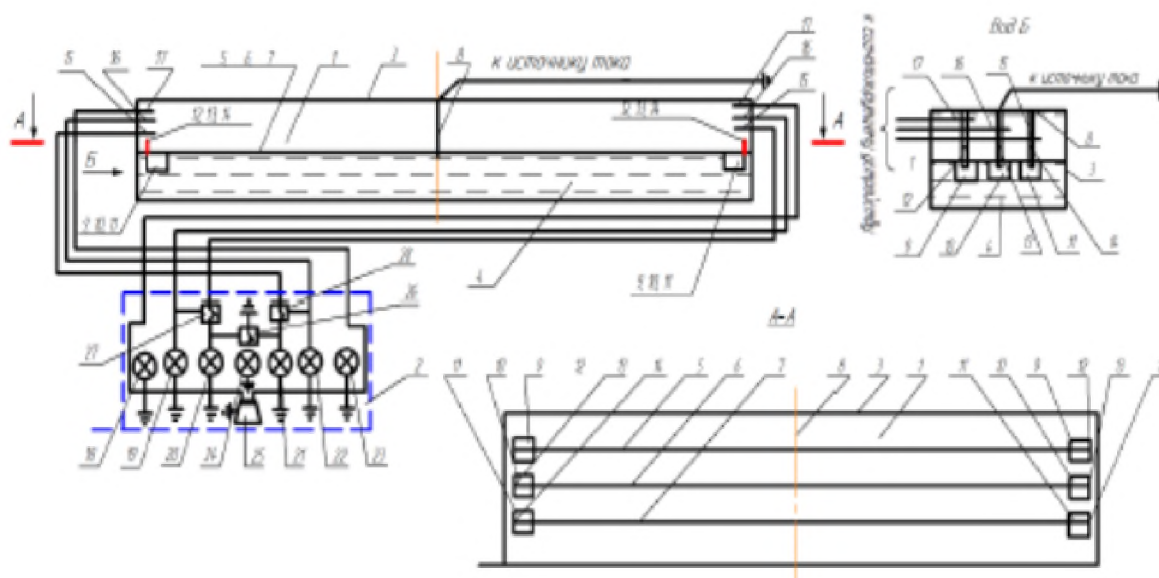


Рис. 1. Сигнализатор углов наклона пожарного автомобиля

Красные сигнальные лампы 19 и 22 соединены соответственно с нормально замкнутым реле 27 и 28 в цепи питания желтых сигнальных ламп 20 и 21 так, что при их включении выключаются желтые сигнальные лампы 20 и 21.

Сигнальные лампы 18, 19, 20, 21, 22, 23 электрически соединены с контактами 15, 16, 17, причем желтые сигнальные лампы 20 и 21 соединены соответственно с левым и правым контактами 15, красные сигнальные лампы 19 и 22 соединены соответственно с левым и правым контактами 16, а красные сигнальные лампы 18 и 23 соединены соответственно с левым и правыми контактами 17 и с устройством 25 подачи звукового сигнала.

Устройство работает следующим образом.

При работе прибора в горизонтальной плоскости от источника тока подаются питание на электроды 5, 6, 7 через продольную планку 8, при этом электроды 5, 6, 7 находятся также в горизонтальном положении. Цепь питания сигнальных ламп разомкнута, и на панели сигнализирующего устройства 2 горит зеленая лампа 24. При наклоне прибора влево или вправо на угол, равный заданному, электроды 5, 6, 7 за счет свойства свободной жидкости сохраняют горизонтальное положение под действием масла останутся в горизонтальной плоскости, причем контакт 14 электрода 7 замкнет контакт 15 в левой или пра-

вой торцевой части корпуса 3 креномера 1, тем самым включая левую или правую сигнальную желтую лампу 20 или 21 и через реле 26 выключая зеленую лампу 24 на панели сигнализирующего устройства 2.

При дальнейшем наклоне прибора влево или вправо под действием масла 4 контактами 13 электрода 6 замыкаются контакты 16 в левой или правой торцевой части корпуса 3, тем самым включая левую или правую красную сигнальную лампу 19 или 22 и выключая соответственно желтую сигнальную лампу 20 или 21 через реле 27 или 28 сигнализирующего устройства 2.

Если наклон прибора продолжается, то на заданном угле наклона, под действием масла 4, замыкаются контакты 17 контактами 12 электрода 5 в левой или правой торцевой части корпуса 3, тем самым включая левую или правую красную сигнальную лампу 18 или 23 сигнализирующего устройства 2 и включая устройство 25 подачи звукового сигнала.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Безбородько М.Д.* Пожарная техника / М.Д. Безбородько – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004 – 550с.
2. *Шкрабак В.С.* Безопасность труда при использовании самоходных грузоподъемных машин в АПК / В.С. Шкрабак, В.Ю. Бузлуков, В.В. Шкрабак, Р.В. Шкрабак, Л.А. Голдобина, Т.Ю.Салова – С-Пб.: СПГАУ, 2005. – 306 с.
3. А.С. № 2229099 Устройство для предотвращения опрокидывания мобильного грузоподъемного агрегата / Шкрабак В.С., Бузлуков В.Ю., Митрофанов П.Г., Опубл. 10.11.2002 г.

УДК 614.841.411:667.637

***С. Н. Наконечный, М. В. Винокуров, В. Н. Михалин***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА НА ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ**

Данная работа посвящена изучению процесса воспламенения образцов древесины лиственных и хвойных пород с использованием стандартной установки по определению групп воспламеняемости строительных материалов «ВСМ».

**Ключевые слова:** древесина лиственных пород, древесина хвойных пород, сосна, дуб, тепловой поток, огнезащита.

*S. N. Nakonechnyy, M. V. Vinokourov, V. N. Mikhailin*

## INVESTIGATION OF FIRE PROTECTION INFLUENCE ON WOOD FLAMMABILITY

This work is devoted to the study of the process of ignition of hardwood and softwood hardwood samples using a standard installation for determining the flammability classes of building materials «VSM».

**Keywords:** hardwood, softwood, pine, oak, heat flow, fire protection.

Целью данной работы является изучение процесса воспламенения необработанных и обработанных разработанным огнезащитным составом образцов древесины сосны и дуба и исследование разницы в их поведении при воздействии высоких температур с использованием стандартной установки по определению групп воспламеняемости строительных материалов «VSM». Данная работа является продолжением исследований в области изучения процессов воспламенения и самовоспламенения древесины лиственных и хвойных пород [2, 3].

Древесина хвойных пород в строительстве обычно используется в качестве несущих и ограждающих конструкций, древесина лиственных пород служит, как правило, в качестве облицовочных и отделочных материалов.

Древесина является сложным природным полимерным композиционным материалом. В составе древесины обычно выделяют четыре основных компонента: целлюлозу, гемицеллюлозу, лигнин и экстрактивные вещества. Также в составе древесины присутствуют неорганические соединения в количестве, не превышающем 1 % (таблица).

*Таблица. Физико-химические характеристики исследуемых пород древесины*

№, п/п	Образец	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Целлюлоза/ гемицеллюлоза, %	Лигнин, %	Экстрактивные вещества
1	Сосна	450	62,9	28,0	9,1
2	Дуб	570	68,7	23,6	7,7

Целлюлоза обеспечивают устойчивость и механическую прочность оболочек растительных клеток, образующих волокнистый каркас древесины. Гемицеллюлозы представляют собой олигосахариды со степенью полимеризации от 30 до 200. В эту группу входят пентозаны (преобладают в древесине лиственных пород) и гексозаны (преобладают в хвойных породах). В некоторых разновидностях лиственной древесины их содержание может достигать 30-35 %. Лигнин является веществом, упрочняющим стенки растительных клеток. В древесине большинства хвойных растений наблюдается довольно высокое содержание лигнина (28-34 %), по сравнению с лиственными разновидностями

(менее 20-24 %). Экстрактивные вещества – это низкомолекулярные органические соединения разных классов: терпены, многоатомные фенолы, сложные эфиры, смоляные и жирные кислоты, ненасыщенные углеводороды и спирты, воски, смолы и пр. Суммарное содержание экстрактивов из древесины разных пород может достигать 16 %, в зависимости от условий среды – как защитной реакции растений на возможные процессы гниения.

В целях обеспечения хороших огнезащитных свойств и достаточной экологичности, в состав разрабатываемого огнезащитного средства мы включили сульфат аммония (в виде антипирена, содержание компонентов 48,5% мас.об.), аммофос (48,5%), ортофосфорную кислоту (до 3,0%) и раствор аммиака. Практическая реализация способов огнезащиты заключается в пропитке древесины огнезащитным составом, который будет способствовать протеканию процесса ее дегидратации (отщепление химически связанной воды) с минимальным выделением горючих газов и максимальным выходом угля.

Для изучения процесса воспламенения образцов древесины лиственных и хвойных пород были проведены испытания по методике, определенной ГОСТ 30402-96 [1]. Сущность метода состоит в определении параметров воспламеняемости материала (КПТП, время воспламеняемости) при заданных стандартом уровнях воздействия на поверхность образца лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания.

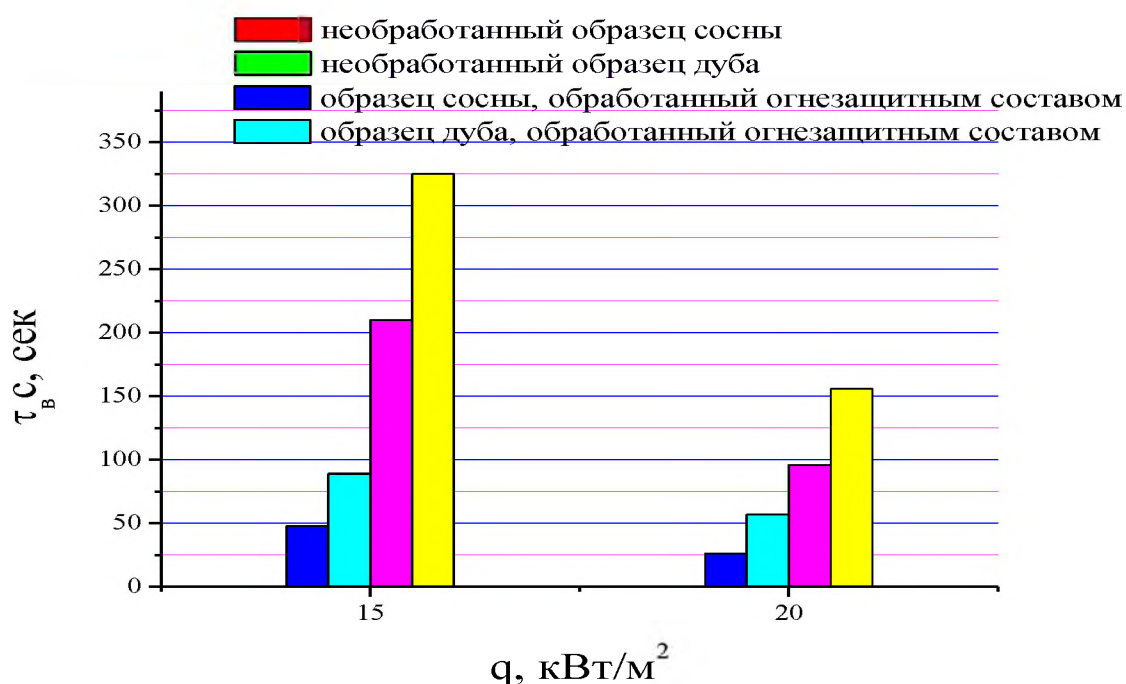
В ходе испытаний применялась установка «ВСМ» для определения воспламеняемости строительных материалов, весы (с точностью 0,01 г.), ИПП-2 (измеритель плотности теплового потока), секундомер, влагомер (для измерения значений показателя влажности образцов). Данное оборудование позволило провести исследования по изучению поведения образцов древесины.

Испытания образцов древесины сосны и дуба при изучении параметров воспламеняемости проводили на 3-х образцах для каждой контрольной точки, характеризуемой определенным значением поверхностной плотности теплового потока (температуры).

Образцы древесины изготавливались в виде квадратного бруска с габаритами 165x165 ( $\pm 5$ ) мм и толщиной не более 70 мм. Образцы имели влажность 12-20%, значение которой измерялось с помощью влагомера. Для этого образцы кондиционировали. Контроль влажности образцов осуществляли с помощью игольчатого влагомера. Образцы хранили в герметичной полиэтиленовой упаковке. Первоначально мы провели градуировку испытательного оборудования (установки «ВСМ») с помощью измерителя плотности теплового потока ИПП-2. Градуировка проводилась от 20 до 5000С (в целях снижения погрешности измерений при более высоких температурах из-за чувствительности измерителя ИПП-2). По полученным данным был построен график зависимости значений плотности теплового потока от температуры  $q_{ПТП}, \text{кВт/м}^2 = f(t0C)$ , определен полиномиальный закон третьего порядка распределения полученной зави-

симости и проведена экстраполяция графика данных до значений  $14200\text{C}$  ( $50,6 \text{ кВт/м}^2$ ). Более подробно градуировка описана в предыдущей работе [3].

Далее в качестве образцов были исследованы необработанные образцы сосны и дуба, а также обработанные образцы древесины с расходом разработанного огнезащитного состава  $400 \text{ г/м}^2$ . Для более полной оценки влияния огнезащитного состава на поведение древесины, мы провели серию испытаний образцов на воспламеняемость при тепловых потоках  $q = 15$  и  $q = 20 \text{ кВт/м}^2$ . Температура окружающей среды  $t_{\text{ос}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Результаты испытаний сведены на рисунке.



**Рисунок.** Результаты испытаний на воспламеняемость необработанных и обработанных огнезащитным составом образцов древесины лиственных (дуба) и хвойных пород (сосны)  $\tau_{\text{вс}}, \text{сек} = f(q, \text{кВт/м}^2)$

Полученный массив экспериментальных данных в ходе испытаний отличался сходимостью и воспроизводимостью, при этом погрешность результатов измерений не превышала 15%. Как показывают испытания, естественные различия в химическом составе и структуре древесины хвойных и лиственных пород оказывают существенное влияние на скорость образования и толщину поверхностного коксового слоя. Поэтому при пиролизе древесины лиственных пород образуется кокс с меньшей толщиной, но более плотной структурой.

В ходе испытаний были определены параметры воспламеняемости ( $\tau_{\text{вс}}, \text{сек} = f(q, \text{кВт/м}^2)$ ) образцов древесины сосны и дуба, обработанных разработанным огнезащитным составом на основе испытаний с использованием стандартной установки «ВСМ» (по определению групп воспламеняемости). Показано,

что эффект огнезащиты при испытаниях обработанной древесины проявляется в возрастании значений времени воспламенения при  $q = 15 \text{ кВт/м}^2$  в случае обработки огнезащитным средством с 48 до 210 секунд, при  $q = 20 \text{ кВт/м}^2$  – с 26 до 96 секунд.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.
2. *Наконечный С.Н.* Исследование процессов воспламенения и самовоспламенения огнезащищенных образцов древесины хвойных пород // Проблемы и перспективы пожарно-технической экспертизы и надзора в области пожарной безопасности: сборник трудов секции № 11 XXVIII Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь», 22 марта 2018 года. – ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2018. – 72 с.
3. *Наконечный С.Н.* Исследование процесса воспламенения образцов древесины ели // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 9 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/09/84264> (дата обращения: 04.09.2017).

УДК 621.314.22.

*А. Л. Никифоров, С. Н. Ульева, И. А. Роммель, М. В. Афанасьев*  
ФГБВОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **ВИЗУАЛЬНЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ПРЕДАВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

Разрабатываемый визуальный метод позволит осуществлять контроль критических температурных режимов работы оборудования и устройств, что позволит своевременно диагностировать развитие предаварийных режимов работы электроустановок. В отличие от аналогов, предлагаемый метод является простым, надежным и дешевым, что позволит использовать его повсеместно, как в производственных условиях, так и в быту.

**Ключевые слова:** диагностика, электроизоляционные материалы, пожароопасные режимы работы, термохромные материалы, электроустановки.



*A. L. Nikiforov, S. N. Ulyeva, I. A. Rommel, M. V. Afanasiev*

## **VISUAL METHOD OF DIAGNOSIS OF PRE-EMERGENCY MODES OF ELECTRICAL INSTALLATIONS**

The developed visual method will allow to control the critical temperature conditions of the equipment and devices, which will allow to diagnose the development of pre-emergency modes of electrical installations. Unlike analogues, the proposed method is simple, reliable and cheap, which will use it everywhere, both in production and in everyday life.

**Keywords:** diagnostics, electrical insulating materials, fire-hazardous operation modes, thermochromic materials, electrical installations.

Анализ статистических данных по пожарам в Российской Федерации показал на то, что, несмотря на общее снижение количества пожаров, проблемы неисправности или неправильной эксплуатации электрооборудования, приводящие к пожару, остаются на высоком уровне [3-5]. Это можно объяснить увеличением количества и ассортимента используемых на производстве и в быту электроприборов.

При этом, выделяя из общей статистики пожары, произошедшие по причине неисправности электрооборудования, следует отметить, что многие причины пожаров от электроустановок являются общими: зависят от тепловых проявлений электрического тока и определяются горючестью материалов изоляции, корпусов приборов и прочих предметов, находящихся в непосредственном контакте с нагретыми элементами.

В условиях современного использования электрооборудования нередко поднимается вопрос о повышении надежности и безопасности работы электросистем. На фоне этого для предотвращения аварийных режимов работы электрооборудования используются методы контроля

У каждой группы контроля есть свои преимущества и недостатки. Например, в группе разрушающего контроля оборудование подлежит отключению и разбору, а в группе повреждающего контроля часть электроприбора вообще изымается для проведения каких-либо испытательных работ [1,6]. Но эти две группы контроля позволяют более детально и подробно рассказать о процессах, происходящих в электроприборах.

Диагностика оборудования с использованием большинства из этих методов требуют применения специальных дорогостоящих приборов, навыков и умений пользования ими, знаний в той или иной области науки, специальных условий проведения измерений, временных затрат на анализ полученных результатов и проведение контроля.

К тому же, практически все перечисленные выше методы диагностики позволяют повысить качество и надежность работы электросистем, продлить долговечность, но к сожалению не позволяют выявить развитие пожароопасных предаварийных режимов работы электрооборудования.

Единственным из вышеперечисленных методов позволяющим диагностировать развитие пожароопасных режимов работы является метод тепловой диагностики. Как известно температура - самое обобщенное отражение состояния любого оборудования. Практически при любом, отличном от нормального режиме работы оборудования изменение температуры является самым первым показателем, указывающим на неисправное состояние. Температурные реакции при разных режимах работы в силу своей универсальности возникают на всех этапах эксплуатации электротехнического оборудования.

Применение методов контроля температуры основано на том, что наличие неисправностей в оборудовании вызывает изменение температуры, в первую очередь - дефектных элементов и, как следствие, изменение интенсивности их инфракрасного (ИК) излучения, которое может быть зарегистрировано тепловизионными приборами. Для контроля нагрева электрооборудования применяют четыре метода измерений: метод термометра, метод сопротивления, метод термопары и метод инфракрасного излучения [7].

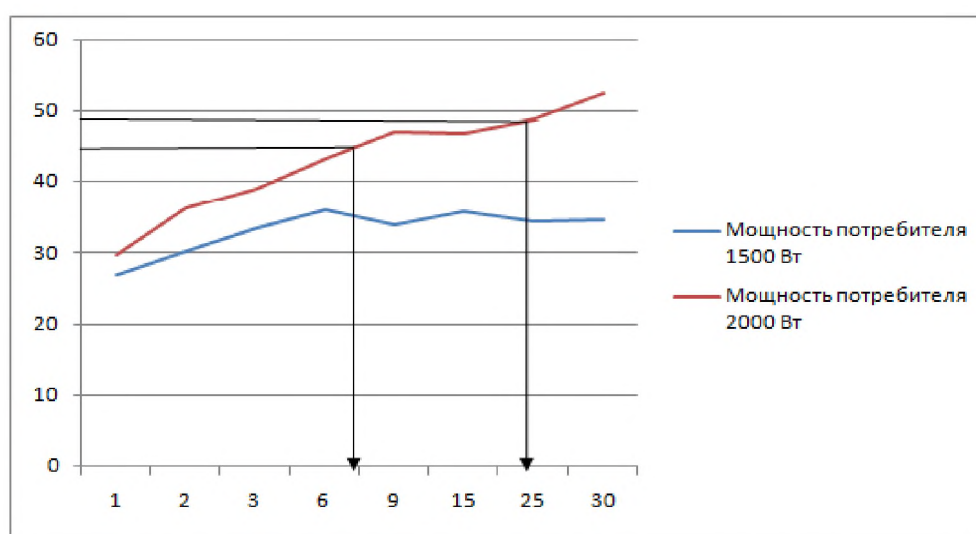
Из обзора литературных источников можно сделать вывод, что существует много способов защиты и предотвращения образования пожароопасных режимов работы как с точки зрения технических средств, так и с точки зрения нормативных документов, но тем не менее отсутствует доступный способ контроля тепловых процессов электрооборудования в частном секторе, что в свою очередь ставит задачу в создании простого и дешевого способа информирования о работе электрических изделий в предаварийном режиме.

Все имеющиеся приборы являются достаточно дорогостоящим оборудованием. Мало кто может позволить себе приобрести данные приборы для использования в бытовых условиях. Одним из наиболее перспективных и дешевых способов контроля температуры корпусов и оболочек электрооборудования, как в промышленности, так и в быту – применение термочувствительных красок. Предлагается использовать обратимые термохромные краски в виде добавок в изоляцию проводов или в виде индивидуальных стикеров – наклеек [2,8]. При достижении недопустимых для нормальных режимов работы электрооборудования температур термоиндикатор изменяет цвет и сигнализирует о наличии неисправности.

Далее для проведения эксперимента был выбран электрический удлинитель длиной три метра на 6А (2000 Вт). В ходе проведенного эксперимента были получены температурно-временные зависимости цветового перехода для термостикеров (рисунок). На удлинителе были проведены испытания при подключении потребителя мощностью 2000 Вт, которая соответствует предельно допустимой мощности удлинителя.

В ходе проведенных испытаний было выявлено, что средняя остаточная температура на поверхности удлинителя не превышала 35°C при подключении потребителя 1500 Вт и 53°C при подключении потребителя 2000 Вт. В связи с

этим изменение цвета на стикере не наблюдалось. С целью сравнительного анализа процессов, происходящих на поверхности изоляции удлинителя, моделировался аварийный режим работы – перегрузка, посредством подключения к нему потребителя, имеющего мощность 2500 Вт. На поверхность удлинителя наклеивались стикеры. Изменение цвета на стикерах оценивалось визуально, при этом также контролировались время и температура осуществления цветового перехода. В ходе испытаний выявлено, что изменение цветовой гаммы стикера, нанесенного на поверхность удлинителя, наблюдалось со второй минуты испытания. Полное перекрашивание красителя на удлинителе произошло к 30 минуте испытания.



**Рисунок.** Зависимость изменения температуры на поверхности провода удлинителя от времени работы

Таким образом, преимущества использования стикеров с термохромными красителями по сравнению с другими технологиями являются: простота и наглядность, небольшой размер продукции; легкость в использовании; не требует технического обслуживания и ремонта, дополнительных вложений денежных средств; не требует особых условий хранения и транспортировки; низкая себестоимость продукции, соответственно возможность значительного увеличения ее стоимости при выходе на рынок.

В результате проведенной работы был предложен метод обнаружения пожароопасных режимов работы путем применения обратимых термохромных самоклеящихся элементов (стикеров), которые способны изменять свой цвет в зависимости от температуры окружающей среды. Проведенные испытания стикеров доказали их работоспособность и пригодность для практического использования: в ходе моделирования предаварийного режима работы электроудлинителя удалось добиться изменения цвета стикера, т.е. предаварийный режим ра-

боты электрокабельного изделия может быть диагностирован визуально без использования сложных и дорогостоящих приборов.

В результате всего вышесказанного можно сделать заключение о том, что термохромные стикеры являются наиболее простым, доступным и наглядным способом обнаружения предаварийных режимов работы электрокабелей и электрических изделий.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Методы неразрушающего контроля. Неразрушающие методы контроля материалов и изделий [Электронный ресурс] : электрон.учеб. пособие /Н. В. Кашубский, А. А. Сельский, А. Ю. Смолин и др. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009.

2. *Никифоров А.Л., Карасев Е.В., Булгаков В.В., Животягина С.Н.* Использование термохромных материалов в качестве сигнальных средств предупреждения пожаров в электроустановках // «Пожаровзрывобезопасность» Т. 24, №9, 2015 г. С.41-46.

3. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Н.П. Копылова. - М.: ВНИИПО, 2010, - 135 с.: ил. 40.

4. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. - М.: ВНИИПО, 2012, - 137 с.: ил. 40.

5. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2017, - 124 с.: ил. 40.

6. *Хальясмаа А. И.* Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие — Екатеринбург:Изд-во Урал.ун-та, 2015. — 64 с.

7. *Хренников А.Ю., Сидоренко М.Г.* Тепловизионное обследование электрооборудования подстанций и промышленных предприятий и его экономическая эффективность // Рынок Электротехники. № 2 (14). 2009. С. 96–100.

8. *Ярунов Г.Р., Роммель И.А., Азовцев А.Г., Ульява С.Н., Никифоров А.Л.* Использование термохромных красителей для определения опасных режимов работы электроустановок сопровождающихся выделением тепловой энергии Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов (с международным участием) «Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера» ПОИСК-2018, Иваново, апрель 2018.С.60-61.

УДК 677.842.314

*П. М. Новиков, А. Р. Зимнуров, О. В. Козлова*

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ РИСУНКОВ ПОД «КАМУФЛЯЖ» НА ПАРААРАМИДНЫХ ТКАНЯХ**

Значение термо-, огнестойких синтетических волокон текстильного назначения трудно переоценить, поскольку они используются для изготовления термостойких негорючих тканей и различных изделий на их основе, обеспечивающих безопасность человека. В статье показана возможность колорирования параарамидных тканей с использованием пигментов и сублимационных дисперсных красителей и показаны результаты создания на этих тканях рисунков под «камуфляж».

**Ключевые слова:** параарамидные ткани, колорирование, пигменты, дисперсные сублимационные красители, камуфлированные рисунки.

*P. M. Novikov, A. R. Zimnurov, O. V. Kozlova*

## **DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY FOR CREATION OF THE FIGURES UNDER «CAMOUFLAGE» ON PARAARAMID FABRICS**

The importance of thermo-, fire-resistant synthetic fibers of textile use cannot be overestimated, since they are used for manufacturing heat-resistant incombustible fabrics and various products based on them, providing human security. In the article shows the possibility of coloring para-aramid tissues using pigments and sublimation disperse dyes and shows the results of the creation of «camouflage» drawings on these tissues.

**Keywords:** para-aramid fabrics, coloring, pigments, disperse subli dyes, camouflage patterns.

К настоящему времени появился ряд отечественных разработок по производству параарамидных волокон, нитей и тканей. Появление волокна нового поколения с уникальными свойствами негорючести открывает широкие возможности для создания материалов и одежды с комплексом защитных свойств (от огня, высокой температуры, теплового излучения и др. воздействий) и в полной мере отвечающих требованиям охраны и безопасности объектов, оборудования, а также целой категории рабочих и служащих [1].

Известно, что арамидные волокна окрашиваются с большим трудом обычным способом поверхностного крашения, поскольку они имеют плотную структуру, высокую кристалличность полимера и низкое содержание функциональных групп, способных взаимодействовать с красителем, что вызывает

определенные трудности колорирования, а использование таких волокон представляется возможным только в узкой сфере.

Одним из путей решения проблем колорирования арамидсодержащих тканей – использование приемов переводной печати [2]. Если способы печати пигментами возможны для любых тканей, то для параaramида, который сам по себе является плотным и предназначен для верхней рабочей или спецодежды, они не удовлетворяют всем требованиям качества получаемых материалов, т.к. повышается вероятность ухудшения грифа ткани и из-за большого количества полимерных связующих на ткани повышается ее горючесть. В этом случае прогрессивный метод колорирования сублимирующимися дисперсными красителями – переводная печать - более эффективен, особенно при создании рисунков «под камуфляж», т.к. позволяет получить отпечатки без дополнительных реактивов и токсичных интенсификаторов и при этом не ухудшить ценные эксплуатационные свойства параaramида.

Однако осуществить перевод дисперсного красителя в параaramидную ткань представляется возможным только после предварительной модификации ткани полимерными препаратами, которые легко проникают в межволоконное пространство и создают среду для диффузии и закрепления дисперсных красителей на волокнах.

При правильном научном подходе к выбору модификаторов и параметров процесса переводной печати достигаются положительные результаты печати:

- высокий колористический эффект с воспроизведением многокрасочных полноцветных фотографических эффектов печати;
- удовлетворительная прочность окрасок;
- требуемый гриф материала;
- экологичность технологии (беспромывочность, отсутствие стоков, использование экологически безопасных полимеров, красителей и ТВВ);
- конкурентоспособность.


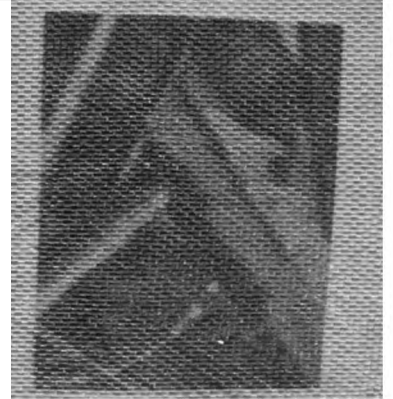

Модификацию ткани проводили различными методами: распылением полимера, печатью загущенным полимером через сетчатый шаблон и путем ракельного нанесения полимера. Последний метод выбран как наиболее эффективный с точки зрения последующих обработок и получаемого результата переводной печати.

Оценена эффективность и целесообразность использования отечественных акриловых полимеров для модификации текстильных материалов любого волокнистого состава, в т.ч. из параaramидных волокон и смесей их с натуральными и искусственными волокнами. Опробованы полимеры отечественного производства компаний ООО «Оргхимпром», ООО «Сван», ООО «Империя», ОАО «Пигмент» и др. Это препараты серий лакротенов, рузинов, ларусов, биндеров ЭМ, эмультексов и др. Из исследованных сополимеров акриловой природы выбран наиболее эффективный в качестве сублимационного праймера под

переводную печать - акриловый сополимер на основе метилметакрилата, бутилакрилата, стирола, 2-ЭГА, акрилонитрила – Ларус-21иэ.

В таблице представлены результаты как прямой печати пигментами, так и переводной печати по полиэфирной и параарамидной тканям с использованием отечественных дисперсных красителей.

*Таблица. Результаты прямой и переводной печати пигментами по полиэфирной и параарамидной тканям с использованием отечественных дисперсных красителей*

Переводная печать		Прямая печать пигментами
без модификации ткани	с модификацией ткани	
		
Полиэфирная ткань	Параарамидная ткань	

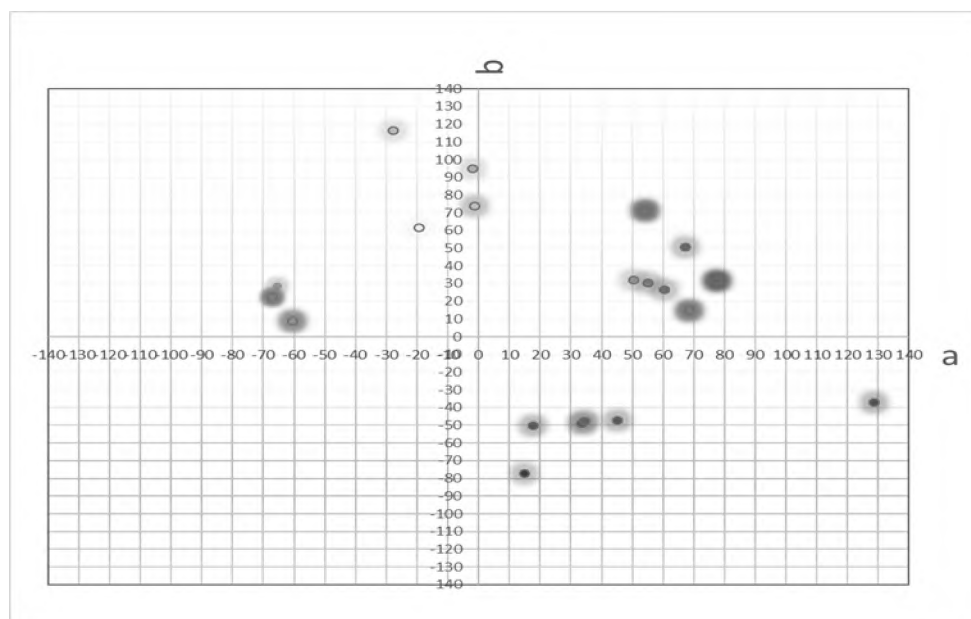
При переносе на ткань изображения главную роль играют три основных фактора: температура плиты термопресса, давление термопресса и время выдержки. Термоперевод изображения на модифицированную поверхность ткани осуществляли с помощью термопресса модели SFS-MO4B при температурах от 190 до 210 °С, время обработки изменяли от 10 до 60 сек.

Отработаны технологические параметры переводной печати, выявлены условия эффективного перевода дисперсного красителя на параарамидную ткань, обеспечивающие получение прочных и качественных рисунков. Показано, что наиболее технологичными параметрами перевода красителя на ткань являются: температура термообработки – 210°С в течение 40 сек. Подобраны отечественные дисперсные красители, обладающие высокой сублимационной способностью, на основе которых разработаны составы красок для печати по бумаге, включающие помимо дисперсного красителя, загуститель и интенсификатор.

Для ряда красителей, используемых в работе, данных по сублимационной способности в литературе не оказалось, поэтому был предложен оригинальный экспресс-метод, с помощью которого косвенно можно оценить способность красителей к сублимации. Суть эксперимента заключалась в переводе дисперсного красителя с бумаги на полиэфирную ткань и многократной обработке в

термопрессе с одной и той же бумажной подложки. Эксперимент проводили 7-9 повторов. Результаты перевода красителей с бумажной подложки на полиэфирную ткань позволили установить, что все красители в одинаковых условиях эксперимента ведут себя по-разному: некоторые из них склонны возгоняться практически сразу – на первых минутах термообработки, тогда как другие – длительное время с трудом переходят на ткань. Последние не представляют интереса для переводной печати. А такие красители, как дисперсный красный 2С п/э, дисперсный желтый п/э и дисперсный синий К п/э нами рассмотрены для дальнейших исследований при разработке эффективных композиций для печати по бумаге и при создании комбинаций красителей для расширения цветовой гаммы окрасок из триады дисперсных красителей.

В работе создана широкая гамма цветов (рисунок), в т.ч. подобраны сочетания цветов камуфлированного рисунка – оливкового, коричневого и хаки, полученных из триады вышеназванных отечественных дисперсных красителей.



**Рисунок.** Цветовой охват, полученный из цветов триады: дисперсный красный 2С, дисперсный желтый п/э и дисперсный синий К п/э

Учитывая огромный интерес отечественных производителей и потребителей в разработке камуфлированных тканей, полотен и защитных покрытий, относящихся к специальной подгруппе технического текстиля, одно из требований, которого – наличие особых свойств отражения текстильного материала в ИК-диапазоне спектра электромагнитного излучения, нами предприняты попытки получения ИК-ремиссии на камуфлированных тканях и уже получены положительные результаты в этом направлении.



Таким образом авторами работы подобраны эффективные полимеры из большого арсенала выпускаемых отечественной промышленностью, обеспечивающих максимальную степень переноса и требуемый эффект колорирования; выбран метод эффективного нанесения полимера на ткань; разработана экспресс-методика оценки сублимационной способности дисперсных красителей; подобраны сочетания новых цветов из триады красителей; разработаны модифицирующие составы с ИК-ремиссией и предложены варианты осуществления этой технологии.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Перепелкин К.Е.* Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиции. // Научные основы и технологии, 2009. 386 с.
2. *Kozlova OV, Odintsova OI, Melenchuk EV, Fedorinov AS.* Dyeing of Para-Aramid Fabrics in the Presence of Domestic Urethane Polymers / Russian Journal of General Chemistry, 2016, Vol. 86, No. 2, 488-491.
3. *Козлова О.В., Меленчук Е.В.* Использование полимеров-модификаторов при колорировании параарамидных тканей / Изв. Вузов. «Химия и химическая технология», 2013, т. 56, вып.8, стр.90-93.

УДК 351.862

***В. В. Панченков, А. И. Мазаник***

ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

### **АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАНДИДАТОВ, ПРЕТЕНДУЮЩИХ А ЗАМЕЩЕНИЕ ВАКАНТНОЙ ДОЛЖНОСТИ, НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

В настоящей статье предложен алгоритм для решения задачи оценки кандидатов на основе анализа качественных показателей, характеризующих их профессионально-важные качества, в основе которого лежит метод анализа иерархий. Сформулирована задача оценки и выбора должностного лица из множества кандидатов, претендующих на замещение вакантной должности. Разработанный алгоритм позволяет определить приоритетность (вектор глобальных приоритетов) кандидатов, претендующих на замещение вакантной должности, с учетом значимости профессионально-важных качеств, которыми они должны обладать.

**Ключевые слова:** оценка и отбор кадров; кандидаты, претендующие на замещение вакантной должности; результативность деятельности должностных лиц; профессионально-важные качества кандидатов; кадровое обеспечение; метод анализа иерархий.

В статье [1] показано, что на настоящем этапе развития МЧС России роль кадрового обеспечения в решении задач, стоящих перед образовательными учреждениями, существенно возрастает.

Несмотря на существующую в МЧС России достаточно эффективную систему отбора и подбора кадров, до настоящего времени не удалось полностью исключить кадровые ошибки при назначении кандидатов на вакантные должности. Одной из причин сложившейся ситуации является отсутствие в нормативных документах четких критериев оценки соответствия должностных лиц занимаемым ими должностям, а также несовершенство формализованных процедур оценки и отбора кандидатов, претендующих на замещение вакантных должностей.

Для разрешения данной проблемной ситуации необходимо:

сформировать целостную систему требований к кандидатам, претендующим на замещение конкретных должностей (групп должностей), обосновать перечень критериев для выбора лучшего кандидата;

разработать научно-методический аппарат для оценки и отбора кандидатов с целью принятия обоснованных решений о назначении на конкретную должность, включении в кадровый резерв и т.п.

Процедура оценки и отбора кандидатов, претендующих на замещение вакантных должностей, должна быть построена на систематическом, четко формализованном процессе сбора информации и принятия рационального решения, основанного на анализе нормативных документов, результативности деятельности должностных лиц и оценке их профессионально-важных качеств.

Решение задачи оценки и выбора должностного лица из множества кандидатов, претендующих на замещение вакантной должности, должно включать следующие этапы:

анализ соответствия кандидатов требованиям для замещения конкретной должности;

оценку кандидатов на основе анализа количественных показателей, характеризующих, как правило, результативность деятельности должностных лиц;

оценку кандидатов на основе анализа качественных (атрибутивных) показателей, характеризующих, как правило, профессионально-важные качества должностных лиц;

комплексную оценку и выбор лучшего кандидата для замещения конкретной должности.

В настоящей статье предложен алгоритм для решения задачи оценки кандидатов на основе анализа качественных показателей, характеризующих их профессионально-важные качества, в основе которого лежит метод анализа иерархий (далее – МАИ) [2].

Метод анализа иерархии обеспечивает решение сложных многомерных и многокритериальных задач выработки рационального решения, когда необходимо учитывать большое число различных по физическому смыслу факторов, которые не имеют четких количественных оценок, а представлены в форме различных суждений. В основу метода положен подход, разработанный американским ученым Т.Саати, позволяющий вырабатывать рациональный вариант решения путем парного сравнения относительно несложных элементов и влияющих факторов [3]. Данный подход предусматривает структурирование проблем в виде иерархии или сети, что является первым этапом применения МАИ.

В наиболее элементарном виде иерархия строится с вершины (целей – с точки зрения выбора рационального решения из множества альтернатив), через промежуточные уровни (частные критерии, которые влияют на выбор рационального решения) к самому низшему уровню (который обычно является перечнем альтернативных решений, сравниваемых между собой по каждому частному критерию)

В общем виде задача оценки и выбора должностного лица из множества кандидатов, претендующих на замещение вакантной должности, может быть сформулирована следующим образом.

**Для заданных:**

наименования вакантной должности;

перечня профессионально-важных качеств, которыми должны обладать кандидаты, претендующие на замещение вакантной должности (по сути, данный перечень является множеством частных критериев, влияющих на выбор лучшего кандидата);

множества кандидатов, претендующих на замещение вакантной должности (данное множество является перечнем альтернативных решений из которых необходимо выбрать рациональное)

**необходимо** из множества претендентов выбрать лучшего кандидата, в максимальной степени удовлетворяющего перечню профессионально-важных качеств с учетом их значимости.

Основными этапами алгоритма оценки и выбора должностного лица из множества кандидатов, претендующих на замещение вакантной должности являются:

1. Заполнение экспертами матрицы попарных сравнений соответствующей размерности на основе оценки предпочтительности сравниваемых объектов.

2. Определение значений элементов результирующей матрицы на основе обработки матриц попарных сравнений, заполненных каждым экспертом.

3. Определение значения среднего геометрического для каждой строки результирующей матрицы

$$q_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}},$$

где  $a_{ij}$  – значение элемента результирующей матрицы, расположенное на пересечении  $i$ -ой строки и  $j$ -го столбца.

4. Определение значений вектора локальных (глобальных) приоритетов на основе получения нормализованных значений средних геометрических

$$w_i = \frac{q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}.$$

5. Оценка согласованности мнений экспертов на основе расчета значения отношения согласованности и его сравнения с табличным значением.

6. На основе последовательного выполнения этапов 1-5 определяются:

а) вектор-столбец локальных приоритетов частных критериев (перечня профессионально-важных качеств, которыми должны обладать кандидаты, претендующие на замещение вакантной должности)

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_r \\ \vdots \\ w_R \end{pmatrix};$$

б) матрица локальных приоритетов кандидатов, претендующих на замещение вакантной должности, по каждому частному критерию

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1r} & \dots & w_{1R} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2r} & \dots & w_{2R} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_{f1} & w_{f2} & \dots & w_{fr} & \dots & w_{fR} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_{F1} & w_{F2} & \dots & w_{Fr} & \dots & w_{FR} \end{pmatrix}.$$

Значения данной матрицы и вектора локальных приоритетов частных критериев являются исходными данными для составления системы уравнений

$$w_{11}w_1 + w_{12}w_2 + \dots + w_{1r}w_r + \dots + w_{1R}w_R = \alpha_1$$

$$\begin{aligned}w_{21}w_1 + w_{22}w_2 + \dots + w_{2r}w_r + \dots + w_{2R}w_R &= \alpha_2 \\&\dots \\w_{f1}w_1 + w_{f2}w_2 + \dots + w_{fr}w_r + \dots + w_{fR}w_R &= \alpha_f \\&\dots \\w_{F1}w_1 + w_{F2}w_2 + \dots + w_{Fr}w_r + \dots + w_{FR}w_R &= \alpha_F.\end{aligned}$$

Результатом решения данной системы уравнений является вектор-столбец глобальных приоритетов кандидатов, претендующих на замещение вакантной должности, с учетом значений вектора локальных приоритетов частных критериев. На основе сравнительной оценки величин элементов вектора глобальных приоритетов определяется лучший кандидат для замещения вакантной должности, получивший максимальное значение.

Таким образом, предложенный алгоритм, основанный на методе анализа иерархий, позволяет определить приоритетность (вектор глобальных приоритетов) кандидатов, претендующих на замещение вакантной должности, с учетом значимости профессионально-важных качеств, которыми они должны обладать.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Панченков В.В.* Методический подход к решению задачи оценки и отбора кандидатов, претендующих на замещение вакантных должностей // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2018. № 3 (38). С. 37-44.
2. *Саати Т.Л.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. *Саати Т.Л., Кернс К.П.* Аналитическое планирование. Организация систем. /Пер. с англ. Под ред. И.А. Ушакова. – М. Радио и связь, 1991. – 224 с.

УДК 614.841.412

*А. Н. Песикин, М. В. Пуганов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПРИ ХРАНЕНИИ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Показано оборудование для хранения сжиженных углеводородных газов. Пожарная опасность процессов хранения сжиженных углеводородных газов. Обеспечение пожарной безопасности процессов хранения горючих газов.

**Ключевые слова:** пожарная опасность, пожарная безопасность.

*A. N. Pesikin, M. V. Puganov*

## FIRE HAZARD DURING STORAGE OF LIQUEFIED HYDROCARBON GAS. PROVISION OF FIRE SECURITIES

The equipment for storage of liquefied hydrocarbon gases is shown. Fire hazard of liquefied hydrocarbon gas storage processes. Ensuring fire safety of processes of storage of combustible gases.

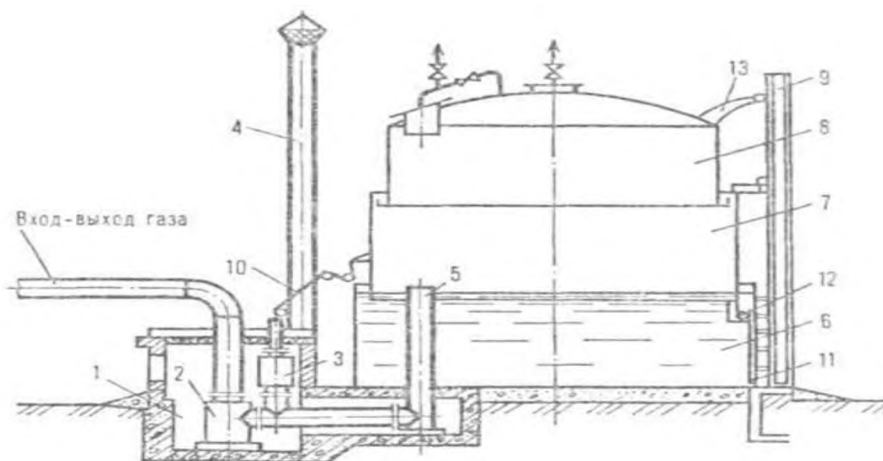
**Keywords:** fire danger, fire safety.

Газы в сжатом состоянии хранят в газгольдерах, в сжатом, растворенном или сжиженном состоянии – в баллонах и в сжатом или сжиженном состоянии – в резервуарах.

Газгольдер – это резервуар для хранения природного или бытового газа.

Сухие газгольдеры сложны в эксплуатации и очень пожароопасны, так как отсутствует бассейн с водой. Объем газа регулируется с помощью плотно подогнанного поршня, расположенного в нижней части цилиндрического хранилища.

Мокрые газгольдеры менее пожароопасны и просты в эксплуатации. Рассмотрим их устройство (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема конструкции мокрого газгольдера

- 1-камера газового ввода (вывода); 2-гидравлич. затвор;
- 3-клапанная коробка автоматич. сброса газа; 4-труба сброса газа;
- 5-газовый стояк; 6-резервуар с водой; 7-телескоп; 8-колокол;
- 9, 11 -соотв. внешняя и внутренняя направляющие;
- 10-подъемное приспособление; 12, 13-соотв. нижний и верхний ролики

Мокрые газгольдеры представляют цилиндрический бассейн с водой, в котором размещаются перевернутый колокол, опускающийся или поднимаю-

щийся при изменении объема газа. Газ под колокол поступает по газопроводу. При наполнении газгольдера колокол поднимается, а при опорожнении опускается. Ролики при этом скользят по направляющим шинам и устраняют качение и перекося колокола. Если в газгольдере хранят большие количества газа (свыше 10-15 тыс. м<sup>3</sup>), то он кроме колокола имеет звенья (телескопы), обеспечивающие необходимую вместимость газгольдера. В результате давления газа колокол поднимается и тянет за собой телескопы, находящиеся в зацеплении с желобами. При поднятии колокола и звеньев желоба заполняют водой и создают гидравлические затворы, обеспечивающие герметичность соединения подвижных элементов газгольдера. В северных и средних частях страны газгольдеры располагают в зданиях. Если же это невозможно, предусматривают специальные устройства для обогрева воды в бассейне и затворах.

Резервуарные парки, базы СУГ, газораспределительные системы и станции пикового потребления помимо склада сжиженного газа имеют ряд других сооружений: эстакады для слива газа из железнодорожных цистерн в резервуары, насосно-компрессорные станции для перемещения жидкой и паровой фаз, цехи для наполнения автоцистерн и баллонов, насосные для слива из баллонов остатков СУГ. На складах СУГ хранят под повышенным давлением при температуре окружающей среды — в стальных надземных резервуарах или подземных шахтного типа и образованных в соляных формациях; под давлением, близким к атмосферному, и при пониженной температуре (низкотемпературные изотермические хранилища) — в тонкостенных стальных резервуарах, покрытых теплоизоляцией, в железобетонных надземных и заглубленных, а также в ледопородных подземных резервуарах.

Цилиндрические резервуары с эллиптическими (полусферическими) днищами объемом 25, 50, 100, 175 и 200 м<sup>3</sup> применяют более широко, чем сферические. Цилиндрические резервуары (рис. 2) устанавливают горизонтально и располагают как на поверхности земли (надземные), так и под землей (подземные).

Для упаковки, хранения и перевозки газов, находящихся под давлением, для сжатых и сжиженных газов могут быть использованы:

- баллоны из углеродистой или специальных видов стали;
- сосуды из медных сплавов;
- специальные сосуды из углеродистой или специальных видов стали;
- толстостенные стеклянные или металлические трубки малой емкости,

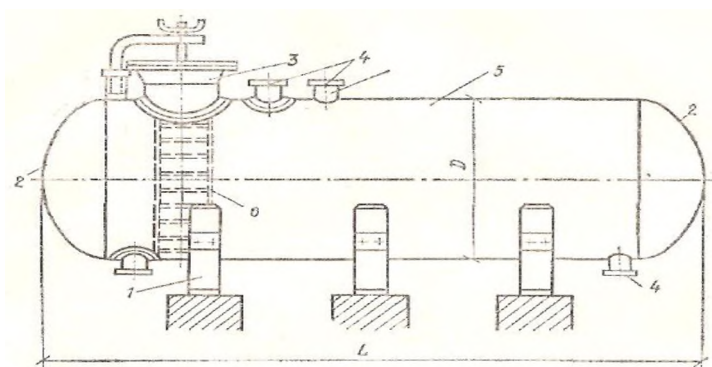
соответственно упакованные в прочные деревянные ящики, выложенные внутри металлом.

Для мелкой расфасовки газов используют стальные баллоны (рис. 3). Баллон представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд со сферическими днищами. Он состоит из корпуса, днища с башмаком, горловины с обоймой, предохранительного колпака, вентиля с редуктором или регулятором давления и штуцера. Стенки баллонов имеют толщину до 4 мм.

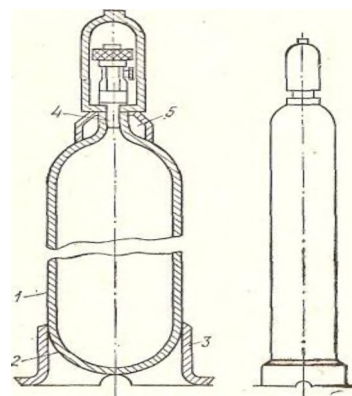
Баллоны должны иметь определенную опознавательную окраску.

На каждом баллоне должны быть выбиты клеймом следующие паспортные данные:

- наименование или товарный знак завода-изготовителя;
- номер баллона;
- дата (месяц, год) изготовления или испытания и год следующего освидетельствования;
- допустимое рабочее давление (кг/см<sup>2</sup>) и пробное гидравлическое давление (кг/см<sup>2</sup>);
- емкость баллона в литрах: для баллонов малой емкости (до 5 л включительно) – номинальная, а для баллонов средней емкости (от 5 до 55 л) – фактическая с точностью до 0,2 л.



**Рис. 2.** Цилиндрический наземный резервуар: 1 — опоры; 2 — сферические днища; 3 — люк—лаз; 4 — штуцера; 5 — цилиндрический корпус; 6 — лестница



**Рис. 3.** Схема баллона для хранения горючих газов 1 — корпус; 2 — днище; 3 — башмак; 4 — горловина; 5 — обойма

На каждом баллоне или сосуде должен быть наклеен ярлык опасности, соответствующий конкретному газу.

Пожарная опасность определяется специфическими пожароопасными свойствами хранимых газов, их большими количествами, возможностью выхода сжиженных газов наружу из оборудования, возможностью образования паро-воздушного облака большого объема, источниками зажигания, быстрым распространением пожара и трудностью его тушения. СУГ тяжелее воздуха, поэтому их пары скапливаются в низких местах, растекаются по земле в направлении ветра, образуя зоны ВОК.

Наиболее пожароопасной ситуацией является выход газа через неплотности и повреждения в резервуаре и трубопроводах, а также аварии резервуаров. К сложным авариям приводят взрывы резервуаров из-за дефектов в структуре



стенок металла при их нагревании солнечными лучами и на пожарах. Взрывы резервуаров и разрушение арматуры освобождают газ, который, мгновенно испаряясь приводит к взрывоопасной загазованности больших территорий.

Причинами выхода газа из резервуара также могут быть:

- повышенное давления;
- коррозия материала оборудования;
- переполнение резервуаров;
- вакуум, который приводит к смятию резервуара.

Значительную пожарную опасность представляет слив СУГ из автоцистерн в резервуары, поскольку по мере слива происходит выравнивание давления в автоцистерне и резервуаре, слив замедляется, и иногда для его ускорения газ из резервуара стравливают в атмосферу, и происходит загазованность. Небольшое повышение температуры переполненных резервуаров приводит к резкому возрастанию давления и их разрушению. В случае разрыва резервуара происходит бурное испарение газа, образование газового облака, которое ветром может перемещаться на несколько сот метров. Пары сжиженных газов относительно плохо рассеиваются в атмосфере, так как они тяжелее воздуха. При пожаре в разорвавшемся резервуаре давление падает до нуля и перегретая жидкость мгновенно вскипает. Внутри резервуаров сжиженных газов горючей среды нет из-за отсутствия воздуха. Взрывоопасные смеси газа с воздухом могут появляться при остановке резервуаров на ремонт и их первоначальном пуске.

Также повышенную пожарную опасность представляет хранение баллонов с горючим газом. При определенных условиях они могут взрываться. Причины взрывов могут быть следующие:

1) Образование взрывоопасной концентрации газа с кислородом или воздухом при зарядке баллона, ранее использовавшегося для сжатого воздуха или кислорода.

2) Попадание масла на вентили кислородных баллонов.

3) Газовая резка баллонов, не освобожденных полностью от горючих газов, при подготовке к сдаче в металлолом.

4) Попадание в кислородные баллоны компрессорного масла. Масла интенсивно окисляются кислородом и самовоспламеняются.

5) Возрастание давления до величины, когда стенки баллона не выдерживают нагрузки.

6) Увеличение давления в баллонах со сжиженным природным газом при их наполнении путем перекачивания сжиженного газа метаном.

7) Увеличение давления в ацетиленовом баллоне от взрывного разложения ацетилена.

8) Механические удары по стенкам баллона, особенно при низких температурах.

9) Выход газа из баллона через неисправный вентиль.

10) Повышение температуры для переполненных баллонов со сжиженными газами

В процессе хранения горючих газов возможно образование следующих источников зажигания:

- искры разрядов статического электричества и атмосферного;
- образование искр при использовании стального инструмента;
- образование искр при неисправности электрооборудования;
- искры двигателей внутреннего сгорания;
- самовозгорание сульфидов железа;
- воспламенение и взрыв газа от нагретых конструкций газомоторных двигателей и двигателей внутреннего сгорания;
- теплота трения при перегреве подшипников и сальников компрессоров и двигателей;
- теплота сжатия газов.

При возникновении пожара огонь может распространяться по парогазовому облаку, по поверхности разлившегося сжиженного газа, по трубопроводам промышленной канализации.

Основные мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности резервуаров с горючими газами:

- перед заполнением газом резервуары продувают инертными газами;
- организация принудительной и естественной вентиляции;
- оборудование приборами контроля и автоматики;
- устройство предохранительных клапанов, обратных клапанов на трубопроводах для защиты от гидравлических ударов;
- заземление резервуаров и трубопроводов;
- молниезащита технологического оборудования;
- применение искробезопасного инструмента;
- устройство скоростных клапанов для защиты от распространения пожара;
- устройство прерывателей потока, гидрозатворов, огнепреградителей на технологических линиях;
- неполное заполнение резервуаров (на 85%);
- окрашивание резервуаров в белый или серебристый цвет для защиты от солнечной радиации или устройство защитных экранов;
- защита надземных резервуаров и трубопроводов теплоизоляцией, которая задерживает их прогрев при пожарах;
- зонирование складов СУГ для защиты от распространения пожара (резервуары заключают в обвалование, наибольший эффект дает обвалование типа каре).

При хранении баллонов с горючими газами необходимо выполнять следующие мероприятия:

- 1) Выпускать газ из баллона разрешается только через редуктор, предназначенный для данного газа и окрашенный в соответствующий цвет.

2) Баллоны снабжают башмаками и хранят в вертикальном положении в специальных гнездах, клетках или ограждают барьером. Отдельно расположенные баллоны укрепляют цепью или хомутами.

3) Баллоны, не имеющие башмаков, хранят в горизонтальном положении на стеллажах высотой не более 1,5 м.

4) Вентили баллонов закрываются предохранительными колпаками.

5) Наполненные баллоны хранят отдельно от порожних.

6) Баллоны с водородом, ацетиленом, пропаном хранят отдельно от баллонов с кислородом, хлором, сжатым воздухом.

7) Склады устраивают одноэтажными, первой или второй степени огнестойкости, с легкобрасываемыми конструкциями.

8) Окна и двери складов должны открываться наружу. Полы выполняются из материалов, не высекающих искр.

9) Максимальная общая вместимость склада должна быть 3000 баллонов.

10) Склад разделяют противопожарными преградами на отсеки вместимостью не более 500 баллонов с горючими и не более 1000 баллонов с негорючими газами.

11) Складские помещения для хранения баллонов с горючими газами оборудуются вентиляцией, обеспечивающей безопасные концентрации газов.

12) Освещение складов выполняют электрическим с арматурой взрывозащищенного исполнения.

13) На расстоянии 10 м вокруг склада баллонов не разрешается хранить горючие материалы и производить огневые работы.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

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

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

3. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

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

5. *Корольченко, А.Я.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное издание/ А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. – Т. 1-2.

УДК 539.319

*А. А. Покровский*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ПОЖАРОБЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Сушка нетканых материалов от жидкостей отличных от воды, в частности от органических растворителей, резко сужает область применения её традиционных способов ввиду угрозы пожарной и экологической безопасности. Предлагаемый способ сушки нетканых материалов в процессе производства синтетической кожи нового поколения предусматривает использование в качестве сушильного агента перегретого водяного пара.

**Ключевые слова:** сушка, перегретый водяной пар, пожароопасность, нетканый материал.

*A. A. Pokrovsky*

## **FIRE-SAFE TECHNOLOGY OF DRYING NONWOVEN MATERIALS**

Drying non-woven materials from liquids other than water, in particular from organic solvents, drastically reduces the scope of its traditional methods due to the threat of fire and environmental safety. The proposed method for drying non-woven materials in the manufacturing process of synthetic leather of the new generation involves the use of superheated water vapor as a drying agent.

**Keywords:** drying, superheated water vapor, fire hazard, non-woven material.

В конце прошлого столетия увенчались успехом усилия исследователей, направленных на получение полимерных материалов, обладающих характерными для натуральной кожи структурой и свойствами. К таким материалам следует отнести так называемые «дышащие» (пропускающие пар и воздух) синтетические кожи на нетканых основах из тонких химических волокон. Натуральная кожа состоит из тончайших, перепутанных между собой коллагеновых волокон (микрофибрилл) и обладает хорошо развитой системой взаимосвязанных микро- и макропор. Поэтому разработка способа получения волокон матрично-фибрилярного строения явилась основой создания принципиально новых видов материалов, так называемых синтетических кож нового поколения.

Одна из стадий технологического процесса получения синтетической кожи нового поколения заключается в удалении органического растворителя

оставшегося в материале после экстракции матричного полимера из нетканой синтетической основы. Данную стадию можно рассматривать как сушку материала. Одним из главных факторов, влияющих на выбор способа сушки материала, является использование в технологии производства синтетической кожи нового поколения в качестве экстрагентов матричного полимера (полиэтилена низкой плотности) алкилбензолов (толуол, изомерные ксилолы) и нормальных алканов (гептан, декан). Все используемые растворители оказывают наркотическое воздействие на организм человека и вызывают кожное раздражение. Это говорит о том, что остаточное содержание растворителя в синтетической коже должно быть нулевым.

В текстильной промышленности для сушки и термообработки тканей и нетканых материалов применяют в основном два способа подвода тепла к материалу: кондуктивный и конвективный [1].

Кондуктивный способ сушки осуществляется посредством соприкосновения материала с горячей поверхностью сушильных цилиндров. Сушильные цилиндры обогреваются паром, поскольку газовый обогрев нецелесообразен.

Конвективный способ сушки осуществляется в машинах при обдуве ткани горячей парогазовой смесью. Достоинствами конвективного способа сушки являются простота конструкции и невысокая стоимость оборудования, а недостатками высокий удельный расход тепла, сравнительно низкая интенсивность теплообмена между сушильным агентом и поверхностью высушиваемого материала, и, следовательно, повышенная длительность процесса.

В нашем случае использование кондуктивного способа сушки неоправданно по причине ограничения температуры сушильных цилиндров ввиду пожароопасности используемых растворителей. Использование горячего воздуха в качестве сушильного агента при конвективном способе сушки, также не оправдано ввиду образования взрывоопасной смеси паров органического растворителя и воздуха. Дальнейшее разделение данной смеси затруднительно. Проведенные исследования показали, что процесс сушки синтетической кожи от органического растворителя в наиболее экологически и пожаробезопасном варианте реализуется в токе перегретого водяного пара.

Перегретый водяной пар успешно применяется для сушки и термообработки текстильных материалов, в том числе для сушки нетканых материалов и искусственных кож. При конвективной сушке тканей [2] прогрев материала заканчивается при достижении материалом температуры мокрого термометра. Свободная влага испаряется только с наружной поверхности материала, а недостаток влаги в наружном слое мгновенно пополняется за счёт её поступления из внутренних слоёв материала. Температура сушильного агента у поверхности материала равна температуре мокрого термометра, а его относительное влагосодержание равно единице. В ядре потока газовой фазы температура выше температуры мокрого термометра, а его относительное влагосодержание меньше единицы. При высокотемпературной сушке период прогрева материала незначительный.

Помещение ткани в паровую среду [3] обуславливает образование на её поверхности слоя конденсата и практически мгновенного прогрева до температуры кипения испаряемой жидкости. Интенсифицировать процесс испарения влаги из ткани можно путём повышения температуры и увеличения скорости пара около поверхности ткани [4], а также применение соплового обдува. Наибольшая интенсивность испарения наблюдается в первые 20-40 сек, при испарении поверхностного слоя конденсата. При влажности материала 30-40% её температура начинает повышаться, достигая температуры перегретого пара при полном высыхании. Несмотря на это, повышение скорости теплоносителя требует, в свою очередь, значительных расходов электроэнергии. К тому же повышение скорости теплоносителя целесообразно проводить лишь в первом периоде сушки, так как во втором периоде это не приводит к значительной интенсификации процесса [5].

Опыт показывает, что в перегретом паре в результате влагообмена между паром и тканью устанавливается равновесная влажность ткани. При помещении в паровую среду сухой ткани с температурой ниже 100°C происходит её увлажнение за счёт конденсации пара. При конденсации пара на поверхности охлаждения конденсат может находиться в виде плёнки или отдельных капель. Если ткань переувлажнилась, то будет происходить подсушка её до равновесной влажности.

В химической промышленности использование перегретого водяного пара и перегретых паров растворителей для сушки различных материалов обусловлено рядом факторов, таких как пожаробезопасность процесса [6] и легко осуществимый возврат дорогостоящего растворителя в технологический цикл. При этом конденсация паров может использоваться для нагревания других жидкостей, а отсутствие кислорода в перегретом паре исключает окисление и, как следствие, возгорание материала. Торф в среде горячего воздуха способен возгораться при температуре 170°C, тогда как при нагревании его в перегретом паре он не возгорается даже при температуре 500°C. Поверхность тканей при воздействии горячего воздуха способна изменять свою окраску, пищевые продукты теряют вкусовые качества. Для некоторых материалов применение других теплоносителей при высокотемпературной сушке является невозможным, что вызывает использование низких температур и, как следствие, высокую продолжительность процесса. Удельный расход тепла при сушке перегретым паром сокращается в 2-3 раза. Например, продолжительность сушки целлюлозы горячим воздухом с температурой 200°C составляет 3,3 часа, тогда как при сушке перегретым паром при той же температуре – 2,5 часа. При сушке нетканых клеёных материалов перегретым водяным паром и воздухом с одинаковой температурой среды, коэффициент полезного действия сушилки, работающей на перегретом паре, примерно на 8% больше коэффициента полезного действия сушилок, в которых применяется горячий воздух.

Использование насыщенного водяного пара с температурой 100°C мало эффективно, так как требует последующей сушки материала от водяного конденсата. Применение же перегретого пара исключает эту необходимость. Для доказательства этих утверждений, выбора оптимального способа удаления растворителя и нахождения основных технологических параметров, влияющих на скорость процесса, были проведены экспериментальные исследования, направленные на изучение кинетики данного процесса в токе насыщенного и перегретого водяного пара. Процесс удаления растворителя из кожи сопровождается образованием смеси практически взаимно не смешивающихся жидкостей – органического растворителя и воды. Данные жидкости способны смешиваться друг с другом на уровне, не превышающем 0,05%. Для возврата дорогостоящего растворителя в технологический цикл водно-органическая смесь подлежит разделению с последующей декантацией. Для рекуперации растворителя, смешанного с водой, применимы методы адсорбции и ректификации. Очищенная вода, ввиду жестких предельно-допустимых концентраций, пригодна лишь для технических целей. Поэтому, с учетом вредного воздействия на организм человека всех используемых реагентов и необходимости их дальнейшей рекуперации, следует, что решаемая нами задача заключается в отыскании оптимального способа, обеспечивающего полное удаление растворителя из синтетической кожи [7].

На основе проведенных исследований сделаны следующие основные выводы.

1. Экспериментально доказано, что использование насыщенного водяного пара для удаления органического растворителя из нетканого материала крайне неэффективно, так как место растворителя в поровом пространстве материала занимает конденсат водяного пара. Остаточная влажность материала составляет порядка 45%. Это приводит к необходимости его последующей сушки от воды другим способом.

2. Удаление растворителя наиболее целесообразно проводить в токе перегретого водяного пара. Данная стадия рассматривается нами как процесс конвективной сушки капиллярно-пористого материала от двух компонентов, так как при воздействии на материал перегретого пара вначале происходит полное удаление органического растворителя, а затем воды, сконденсировавшейся в его порах.

3. Повышение температуры перегретого пара приводит к резкому сокращению времени испарения, как растворителя, так и воды. Это ведёт к повышению эффективности сушки, которое сопровождается уменьшением удельного расхода водяного пара на единицу испарения органики. Увеличение расхода водяного пара, напротив, практически не повлияло на кинетику процесса сушки. Следовательно, нет необходимости проводить весь процесс сушки материала с одинаковыми параметрами водяного пара. На первой стадии, когда содержание растворителя в материале велико, имеет смысл применить перегретый пар с температурой, близкой к температуре кипения удаляемого растворителя,

что при минимизации расхода теплоносителя позволит сохранить высокое качество кожи.

4. Применение перегретого водяного пара в качестве теплоносителя позволяет получить пожаробезопасную технологию сушки нетканых материалов от жидкостей, которые способны образовывать взрывопожароопасную среду.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Лыков А.В.* Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
2. *Сажин Б.С., Гудим Л.И., Реутский В.А.* Гидромеханические и диффузионные процессы. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
3. *Бунин О.А., Малков Ю.А.* Машины для сушки и термообработки ткани. – М.: Машиностроение, 1971.
4. *Сажин Б.С., Авдюнин Е.Г., Коновалов А.В.* Сушка проницаемых длинномерных материалов. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности 1996. - №1. – С.95–98.
5. *Зуева Г.А., Блиничев В.Н., Падохин В.А., Покровский А.А.* Математическая модель сушки синтетической кожи. // Теоретические основы химической технологии. - 2002. - Т.36. - №4. - с. 400-404.
6. *Зуева Г.А., Покровский А.А.* Установка интенсивного действия для удаления органического растворителя из синтетической кожи. // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2004. – Т.47. – № 4. - с. 34-36.

УДК 677.027:614.841.1

*М. В. Пуганов<sup>\*</sup>, Л. В. Шарнина<sup>\*</sup>, Е. Л. Владимирцева<sup>\*\*</sup>*

<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

<sup>\*\*</sup> ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

### **ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК ОБЪЕКТЫ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

Знание вопросов горючести текстиля имеет важное значение как для процессов его переработки, складирования и применения, так и для пожаротушения. В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты пожароопасности текстильных материалов различной химической природы.

**Ключевые слова:** текстильные материалы, волокно, горючесть, пожароопасность



*M. V. Puganov, L. V. Sharnina, E. L. Vladimirtseva*

## TEXTILE MATERIALS AS OBJECTS OF FIRE HAZARD

The issues of flammability of textiles are of great importance both for the processes of its processing, storage and use, and for firefighting. The theoretical and practical aspects of various textile materials fire hazard are considered in the article.

**Keywords:** textile materials, fibre, flammability, fire hazard.

Несмотря на то, что в современной России значительно сократилось количество крупных текстильных производств, однако при этом резко возросло число малых предприятий по производству различных видов текстиля, швейных предприятий и больших торговых центров, имеющих огромные площади складских помещений. Особое значение этот факт имеет для Ивановской области, являющейся текстильно-промышленным кластером, производящим и реализующим различные виды текстильных материалов (волокно, пряжа, нити и нитки, трикотаж, ткани и нетканые полотна и пр.) и широкий ассортимент тканей, отличающихся химической природой волокнистого состава, ткацкой структурой, видом заключительной отделки, что определяет в конечном итоге потребительские свойства продукции. Из всего многообразия текстиля, являющегося чрезвычайно пожароопасным материалом, лишь незначительная часть, относящаяся к группе тканей специального назначения, подвергается огнестойкой отделке.

Практически все известные текстильные материалы горючи и легко распространяют пламя по поверхности. Большинство из них воспламеняются даже при воздействии малокалорийных источников зажигания, таких как непотушенные сигареты и горящие спички

До настоящего времени остаются высокими риски возникновения пожаров в торговых центрах, на текстильных и швейных производствах, в технологических процессах которых наблюдается значительное скопление текстильных материалов. Пожары на таких объектах, как правило, сопровождаются сложной обстановкой, которая затрудняет работу пожарных подразделений и увеличивает время тушения пожара. Наибольшие трудности наблюдаются при тушении пожаров в складских помещениях, так как горение в этих условиях сопровождается большой скоростью развития пожара, значительным ростом температуры и высокой плотностью задымления с самого начала пожара.

К сожалению, в литературе практически отсутствуют систематизированные данные о характеристиках пожарной опасности текстильных материалов широкого ассортимента. Нет таких сведений ни в курсах текстильного материаловедения, ни в учебных дисциплинах вузов, готовящих специалистов для организации и осуществления Государственного надзора в области пожарной безопасности.

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТИ**

---

В результате - текстильщики производственники, потребители текстильной продукции и также работники служб пожаротушения часто не знают особенностей горения текстильных материалов. Однако, знать и учитывать эти сведения очень важно как для того, чтобы сократить до минимума возможности возгорания текстиля на пути от волокна до применения текстильных изделий в быту и технике, так и для разработки эффективной тактики тушения пожаров на объектах скопления больших объемов текстильных материалов.

В Федеральном законе РФ, определяющем его основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и устанавливающим общие требования пожарной безопасности к объектам защиты (продукции), приводится классификация текстильных материалов по пожарной опасности (статья 13), которая определяется такими пожарно-техническими характеристиками как горючесть, воспламеняемость, распространение пламени по поверхности, дымообразующая способность и токсичность продуктов горения [7]. Это основные характеристики горения текстильных материалов, которые наиболее часто встречаются в нормативной и научно-технической литературе.

Представленные в таблице данные о горючести волокнистых материалов, обобщенные на основе различных литературных источников [1, 2, 4, 6] свидетельствуют о большом разбросе (в 100 - 300 °С) значений температурных показателей воспламенения для материалов одного и того же химического состава. В ряде случаев, данные о температурах самовоспламенения и возгорания от постороннего источника противоречат друг другу (шерсть, полиамидные, полиэфирные, ацетатные волокна). При этом авторы, представляя эти результаты, практически никогда не указывали, в каком виде был испытан материал. Однако, учитывая, многообразие текстильных материалов, очевидно, что эти характеристики будут определяться не только природой волокна. На них будут влиять также и вид текстильного материала, ткацкая структура, тип его отделки, условия хранения и складирования, обуславливающие объемную плотность материала, от чего во многом зависит скорость распространения пожара и тяжесть его последствий.

*Таблица. Характеристика горючести текстильных материалов*

Текстильные материалы	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	КИ, %
Целлюлозные (х/б, льняные, вискозные и т.п.)	210-255	390-410	17-20
Шерстяные	315-600	460-590	22-26
Ацетатные	300-540	380-520	18-19
Полиамидные.	355-575	424-530	20-23
Полиэфирные	380-560	400-500	20-22

Полиакрилонитрильные	200-250	465-515	18-20
Полипропиленовые	325-570	390-500	17-18
Поливинилхлоридные	~400	455-550	40-60

Текстильные материалы различных видов, подчиняясь общим закономерностям процесса горения, одновременно имеют и свою специфику. При их горении принято выделять четыре этапа [4], которые с одной стороны, являются циклическими, т.е. замкнутыми и повторяющимися во времени, а с другой стороны могут протекать единовременно, перетекая друг в друга:

- 1) теплопередача от источника воспламенения к материалу;
- 2) термическое разложение полимерной структуры текстильного материала;
- 3) диффузия и конвекция продуктов термического разложения;
- 4) кинетические реакции атмосферного кислорода и продуктов термического разложения.

При пиролизе волокон возникают как твердые и жидкие (углеводороды, кислоты альдегиды спирты, амины и т.д.), так и газообразные высокотоксичные продукты, которые при превышении ПДК являются причиной летального исхода: оксид углерода  $CO_2$  – из всех волокон; цианистый водород  $HCN$  - из полиамидных, полиакрилонитрильных и кератиновых волокон; хлористый водород  $HCl$  - из поливинилхлоридных волокон; бромистый водород  $HBr$  - из волокон, содержащих антипирены на основе брома. Вполне очевидно, что состав выделяющегося газа при пиролизе многокомпонентного текстильного материала, будет зависеть как от химического состава всех волокон, так и от вида используемого отделочного препарата. Наиболее опасны выделяющиеся токсичные газы при пожарах в замкнутых и ограниченных пространствах.

Особенностью волокнистых слоев и текстильных материалов является их пористость и соответственно малая теплопроводность, что уменьшает теплопотери, но в то же время облегчает поступление воздуха в зону горения. Кроме того, малый поперечный размер волокон и нитей приводит к очень быстрому их пиролизу и сгоранию, а наличие воздушных промежутков между волокнами способствует быстрой передаче тепловой энергии между волокнами и нитями путем лучеиспускания.

В случае высокой пористости волокнистого слоя распространение пламени происходит чрезвычайно быстро, охватывая большой объем и поверхность. В случае с плотным материалом, особенно лежащим в виде толстого слоя или в несколько слоев, механизм его горения приближается к горению массивных твердых тел, хотя имеет и свою специфику - возможность длительного тления внутри слоя вследствие низкой теплопроводности и ограниченного поступления воздуха [6].

Вполне очевидно, что знание вопросов горючести текстиля имеет важное значение как для процессов его переработки, складирования и применения, так и для пожаротушения. Для этого целесообразно обобщить и систематизиро-

вать пожарно-технические характеристики различных видов текстильных материалов, ассортимент которых чрезвычайно широк. Все они состоят из текстильных волокон, которые являются как бы строительными кирпичиками структуры текстиля, поэтому в первую очередь необходимо оценить поведение индивидуальных волокон в условиях горения. С этой целью тонкие скрученные пучки волокон сжигались в пламени газовой горелки. При этом оценивалось:

- поведение волокна при приближении к пламени, характер горения, поведение после удаления из пламени, скорость и характер горения;
- запах выделяющихся продуктов горения;
- цвет, плотность и целостность остатка от горения [5].

Совокупная оценка полученных данных позволила все волокна условно разделить на две группы:

*I группа* объединяет натуральные целлюлозные и белковые волокна, а также волокна на основе регенерированной целлюлозы: хлопок, лен, вискоза, медно-аммиачное, шелк и шерсть. Они горят и обугливаются, превращаясь в золу. В этой группе можно выделить 2 подгруппы волокон, отличающихся запахом, выделяющимся при горении:

- на основе природной и регенерированной целлюлозы, характерным для которых является горение с запахом жжёной бумаги;
- животные белковые волокна, издающие запах жженных перьев или рога.

*II группа* включает ацетилцеллюлозные и синтетические волокна. Они горят практически без характерного запаха: для ацетатных материалов наблюдается едва уловимый запах уксусной кислоты, для полиамида – легкий запах сургуча.

Обращает на себя внимание тот факт, что в эту группу попадают волокна на основе целлюлозы, подвергнутой реакции ацетилирования. Это вызывает изменение химической природы и надмолекулярной структуры целлюлозы, что придает волокну свойство термопластичности [3].

Все эти волокна при поднесении к пламени частично оплавляются и термоусаживаются. Способность к плавлению приводит к тому, что после остывания продуктов горения образуется спек в виде шарика, устойчивость которого к действию раздавливающей нагрузки зависит от вида волокна.

Именно поведение волокон в условиях горения лежит в основе первичной экспертизы и идентификации волокон по химическому составу.

Вместе с тем, технологические переходы от волокна к пряже и полотну, связанные с применением различных отделочных препаратов, могут изменить не только объемную плотность текстильного материала, но и внести определенные изменения в химический состав. Это может отразиться на характеристиках процесса горения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Vladimirtseva E.L., Smirnova S.V., Odintsova O.I., Vinokurov M.V.* Flame-retardant Finishing of Different Textiles // Russian J. of General Chem., 86, 2, 460-469 (2016).
2. *Баратов А.Н., Константинова Н.И., Молчадский И.С.* Пожарная опасность текстильных материалов. М.: 2006. 271 с.
3. *Блиничева И.Б., Мизеровский Л.Н., Шарнина Л.В.* Физика и химия волоконно-образующих полимеров. Иваново, 2004. 376 с.
4. *Козинда З.Ю., Горбачева И.Н., Суворова Е.Г., Сухова Л.М.* Методы получения текстильных материалов со специальными свойствами (антимикробными и огнезащитными). М.: Легпромбытиздат, 1988. 112 с.
5. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов: Учеб. пособие для вузов. / под ред. Г.Е. Кричевского. М.: Легпромбытиздат, 1994. 398 с.
6. *Перепёлкин К.Е.* Горючесть волокон и текстиля - одна из важнейших характеристик опасности/безопасности // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2009. Т. 4. № 2. С. 22-28.
7. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

УДК 681.1

**В. И. Селиверстов, В. А. Тарасенко**

ООО «Каланча»

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ, РАЗРАБОТАННЫЕ ООО «КАЛАНЧА»

Около 20 лет ООО «Каланча» занимается разработкой новых средств предотвращения и тушения пожаров, и достигло на этом пути некоторых результатов. Комплекты оборудования с использованием мотопомп «Гейзер» различных модификаций для оснащения подразделений добровольной пожарной охраны и технические решения для профилактики и тушения лесных и торфяных пожаров, с использованием мотопомп «Гейзер» и торфяных стволов ТС-1М «Гидробур». Системы автоматического газопорошкового пожаротушения «ViZone» для защиты различных объектов, в том числе резервуаров с нефтепродуктами. Установки гидроабразивной резки и пожаротушения тонкораспыленной водой «Гюрза».

**Ключевые слова:** пожаротушение, мотопомпа, торфяные пожары, торфяные стволы, резервуары, гидроабразивная резка, автоматическое газопорошковое пожаротушение.

*V. I. Seliverstov, V. A. Tarasenko*

## **NEW TECHNOLOGIES FOR THE PREVENTION AND SUPPRESSION OF FIRES, DEVELOPED BY OOO «KALANCHA»**

ООО «Kalancha» is engaged about 20 years in development of new means of prevention and suppression of fires, and reached some results. Sets of equipment using power pumps «Geyser» of various modifications to equip voluntary fire protection units; and technical solutions for the prevention and suppression of forest and peat fires. Systems of automatic gas-powder fire extinguishment «BiZone» to protect various facilities, including oil tanks. Waterjet cutting and fire extinguishing installations with water mist «Gyurza».

**Keywords:** fire extinguishment, power pump, peat fires, peat nozzles, fire tanks, waterjet cutting, automatic gas-powder fire extinguishment.

**Комплекты оборудования с использованием мотопомп «гейзер» различных модификаций для оснащения подразделений добровольной пожарной охраны**

**Модельный ряд мотопомп:**

**Пожарная мотопомпа МП-10/70 «Гейзер»,** (рис. 1) обладает высокой производительностью при небольших размерах. Сравнительно небольшой вес около 100 кг обеспечивает мобильность мотопомпы. Эту мотопомпу мы рекомендуем для оснащения подразделений добровольной пожарной охраны, садовых товариществ и дачных кооперативов. Мотопомпа может поставляться на прицепе с комплектом ПТВ, согласованным с заказчиком. Помимо основной задачи, пожаротушения, мотопомпа может использоваться для перекачки воды, аварийной подачи воды, мойки и т.п.

**Переносная мотопомпа пожарная МП 20/100 «Гейзер»** (рис. 2), с двигателем ВАЗ 21083. Применяется для подачи воды через напорную магистраль к очагу пожара. Отличается от мотопомп общего назначения мощным напором.

Мотопомпа оснащена съёмными колёсами для облегчения перемещения по ровной площадке. Выпускается так же на автомобильных и тракторных прицепах.

**Мотопомпа пожарная МП 40/100 «Гейзер»** (рис. 3), предназначена для подачи воды или водных растворов пенообразователей температурой до +30 С<sup>0</sup> с водородным показателем рН от 7 до 10,5 и плотностью до 1100 кг/м<sup>3</sup>, массовой концентрацией твердых частиц до 0,5 % при их максимальном размере 3 мм.



**Рис. 1.** Мотопомпа пожарная МП-10/70 «Гейзер»



**Рис. 2.** Мотопомпа пожарная МП-20/100 «Гейзер»



**Рис. 3.** Мотопомпа пожарная МП-40/100 «Гейзер»



**Рис. 4.** Мотопомпа пожарная МП-20/100 «Гейзер» на базе прицепа УАЗ

Отличается мощным напором, высокой производительностью, надежностью и удобством эксплуатации. Для введения в поток воды пенообразователей необходимой концентрации и получения раствора пены применяется пеносмесь ПС-5.

Мотопомпа пожарная МП-20/100 П «Гейзер» на базе прицепа УАЗ (рис. 4) оборудована баком под пенообразователь ёмкостью 200 л.

### **Технические решения для профилактики и тушения лесных и торфяных пожаров с использованием мотопомпы «Гейзер-1600» и торфяных стволов тс-1м «Гидробур»**

Данный пожарный автомобиль – это внедорожник, оснащенный оборудованием для ликвидации лесных и торфяных пожаров, предназначенный, кроме того, нести патрульную службу в пожароопасный период в труднопроходимых местах. Эти устройства особенно важны в случаях изолированности очагов пожаров в лесу и на торфяниках от основных дорог водными преградами и топкими местами.

Автомобиль оснащен мотопомпой «Гейзер-20/100» с характеристиками в номинальном режиме: производительность  $0,02 \text{ м}^3/\text{с}$  или 20 л/с и напором 100 м (рис. 6) и мягкой емкостью ПЭР-12 вмещающей 12 тонн воды.

**Полимерный эластичный резервуар ПЭР-12** (рис. 7) разворачивается на месте проведения работ. Заполнение емкости производится в зависимости от условий его использования автомобилем АНР(л)-20-330 или переносной мотопомпой РТГ-307, входящей в комплект поставки. Конструкция емкости позволяет перевозить ее как в свернутом состоянии в составе ПТВ автомобиля АНР(л)-20-330, так и в заполненном состоянии любым специализированным транспортным средством с соответствующей грузоподъемностью.





**Рис. 5.** Пожарный автомобиль легкого класса АНР(л)-20-330



**Рис. 6.** Оснащение автомобиля



**Рис. 7.** Полимерный эластичный резервуар ПЭР-12

Приспособление ПЭР-12 используется также:

- как промежуточная емкость для воды в местах с заболоченными берегами, когда машина не может подъехать вплотную к берегу водоёма;
- при тушении лесных пожаров с использованием ранцевых огнетушителей РЛО.

Автомобиль оснащен комплектом торфяных стволов ТС-1М «Гидробур», (рис. 8).

Торфяные стволы ТС-1М «Гидробур» обеспечивают:

- экономию воды при тушении;
- удобство в работе пожарных;
- уменьшение затрат времени на борьбу с огнем.

**Ствол «Гидробур»** представляет собой трубу диаметром 25 мм с наконечником специальной конструкции и шаровым краном. Ствол подает воду не на поверхность горящего торфа, а под давлением в пласт на нужную глубину непосредственно к очагу возгорания. Таким образом, достигается высокая эффективность тушения. При этом конструкция «Гидробура» позволяет ввести ствол в пласт торфа с незначительным усилием.

Данное уникальное пожарное оборудование, а также высокая проходимость и наличие собственного насоса делают автомобиль АНР(л)-20-330, на настоящий момент, незаменимым средством для борьбы с лесными и торфяными пожарами.



**Рис. 8.** Сопловой наконечник «Гидробура» формирует мощную иглообразную струю воды



Оборудование сертифицировано, на транспортные средства имеется «одобрение типа», освоен серийный выпуск.

### **Системы автоматического газопорошкового пожаротушения «ViZone» для защиты различных объектов, в том числе резервуаров с нефтепродуктами**

Одним из направлений нашей деятельности является производство систем газопорошкового пожаротушения «ViZone». Данная технология позволяет ликвидировать пожар на начальной стадии возгорания, что подтверждено многочисленными натурными испытаниями (рис. 9.1-9.2), сохраняя человеческие жизни, снижая риски финансовых потерь и экологического ущерба.

Газопорошковое огнетушащее вещество состоит из огнетушащего порошка «Феникс АВС-70», который представляет тонкодисперсную смесь фосфата аммония и композиции добавок для улучшения текучести, предотвращения слеживаемости и придания порошку гидрофобных свойств. Вторым компонентом является двуокись углерода – благодаря запатентованному соотношению, газ используется не только для вытеснения из емкости, но и участвует в процессе тушения.



**Рис. 9.1.** 1-ая сек. работы системы



**Рис. 9.2.** 10-ая сек. работы системы

Модули применяются для тушения объемным способом, локально по объему или по площади пожаров классов А, В, С и электрооборудования без ограничения по пробивному напряжению.

В зависимости от характеристик и условий эксплуатации объекта проектировщик систем пожаротушения применяет соответствующий задаче модуль «ViZone» (рис. 10)



**Рис. 10.** Модули порошкового пожаротушения «BiZone»

### **Защита резервуаров и резервуарных парков**

В качестве альтернативы традиционным системам пенного пожаротушения для защиты отдельно стоящих или групп резервуаров со стационарной крышей с понтоном (РВСП) и без понтона (РВС) применяется установка автоматического газопорошкового пожаротушения (АУГПП) «BiZone», предназначенная для тушения светлых и темных нефтепродуктов, в том числе резервуаров с высоковязкой нефтью и нефтепродуктами.

В зависимости от исходных данных выбирается вариант установки и состав технологического оборудования для подачи газопорошкового огнетушащего вещества (ГПОВ) к насадку-распылителю (рис. 11)

### **Схемы защиты различных типов резервуаров с помощью установок газопорошкового пожаротушения**



**Резервуар со стационарной крышей**

распыление происходит параллельно поверхности нефтепродукта

**Группа из 4-х резервуаров**

распыление происходит параллельно поверхности нефтепродукта

**Рис. 11.** Варианты трубопроводов для подачи ГПОВ

### Варианты исполнения установок

#### АУГПП

«BiZone» может располагаться на открытой площадке под навесом или в контейнере (рис. 12.1 – 12.2)

Установка из стандартных модулей газопорошкового пожаротушения МГПП-110 «BiZone»: состоит из основной и резервной батареи установленных на едином фундаменте.

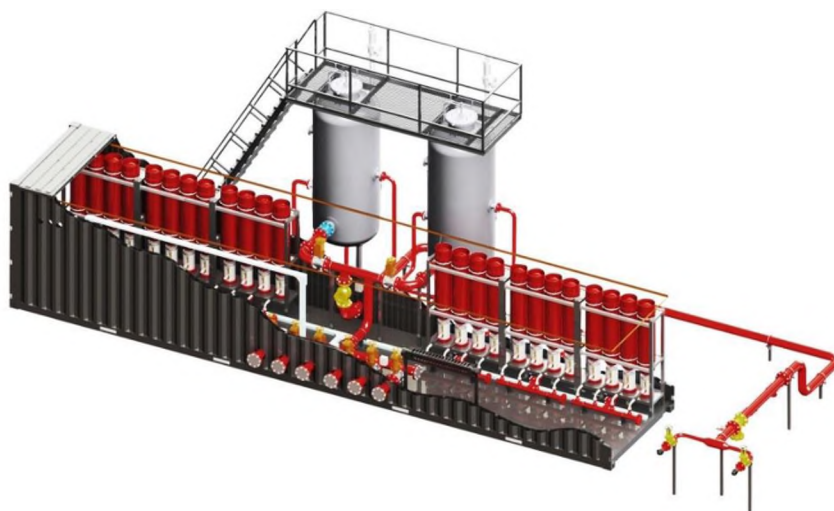


Рис. 12.1. АУГПП в контейнере

Установка с отдельной порошковой емкостью и кассетами баллонов с диоксидом углерода: применяют для защиты РВС/РВСП объёмом хранения от 10 000 м<sup>3</sup>



Рис. 12.2. АУГПП в контейнере

Установка из модулей МГПП-110 «BiZone» с размещением в контейнере 40' позволяет решить проблему эксплуатации при температурах ниже -50 °С

#### Установка гидроабразивной резки и пожаротушения тонкораспыленной водой «гюрза»

Рост количества и уровень опасности техногенных катастроф и стихийных бедствий постоянно растет, при этом достаточно высоким остается уровень гибели работников спасательных служб при исполнении своих обязанностей. В связи с этим одной из главных задач разработчиков новых образцов пожарной и

спасательной техники является повышение эффективности и одновременно повышение уровня безопасности работы пожарных и спасателей.

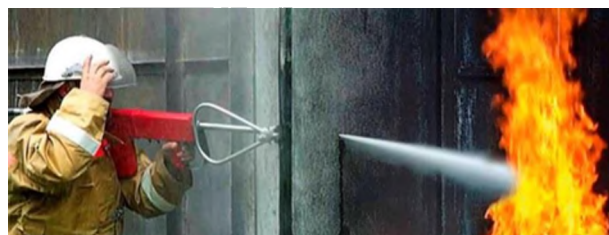
**Система гидроабразивной резки и пожаротушения «Гюрза»** представляет собой именно такое устройство, которое позволяет тушить пожар, не входя в горящее помещение, и обеспечить безопасную работу спасателей во взрывоопасных и пожароопасных средах, (рис. 13).

Установка «Гюрза» способна создавать струю воды или смеси абразива с водой с начальной скоростью около 200 м/с и осуществлять вскрытие отверстий и резку металла, бетона, кирпича, композитных материалов, пластиков, древесно-волоконистых плит и других строительных материалов.



**Рис. 13.** Комбинированная установка гидроабразивной резки и пожаротушения «Гюрза»

Струя тонкораспыленной воды с расходом 50 л/мин способна тушить открытое пламя с расстояния около 10 м, но самое главное преимущество установки «Гюрза» перед традиционными способами пожаротушения реализуется при тушении пожара в помещении, (рис. 14).



**Рис.14.** Установки «Гюрза»

**Три основных режима работы установки «Гюрза»:**

- Режим резки струей воды с добавлением абразивного материала.
- Режим пожаротушения тонкораспыленной струей воды.
- Режим пожаротушения водой с добавкой пенообразователя.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ Р 56028-2014 «Техника пожарная. Установки и модули газопорошкового пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний»
2. ГОСТ Р 53286-2009 «Техника пожарная. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Модули. Общие технические требования. Методы испытаний».
3. ГОСТ Р 53332-2009 «Техника пожарная. Мотопомпы пожарные. Основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний.»

УДК 621.373.8.002

*Э. Т. Сиабандов, Т. А. Мочалова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **О ПРИМЕНЕНИИ ГРАФЕНА В КАЧЕСТВЕ СЕНСОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОГНЕУПОРНЫХ ОБОЯХ**

В данной статье рассматривается новейшая технология – графеновые температурные датчики, встроенные в неорганическую бумагу, на основе которой планируется изготовление обоев. Отмечена область применения графена, особое внимание уделено строению огнеупорных обоев.

**Ключевые слова:** графен, гидроксипатитовая бумага, датчики

*E. T. Siabandov, T. A. Mochalova*

## **ABOUT APPLICATION OF GRAPHEN AS AS SENSOR ELEMENT-TOO IN REFRACTORY WALLS**

In this article the latest technology is considered - graphene temperature sensors built into inorganic paper, based on which wallpaper is planned to be manufactured. The area of application of graphene was noted, special attention was paid to the structure of fire-resistant wallpaper.

**Keywords:** graphene, hydroxyapatite paper, sensors

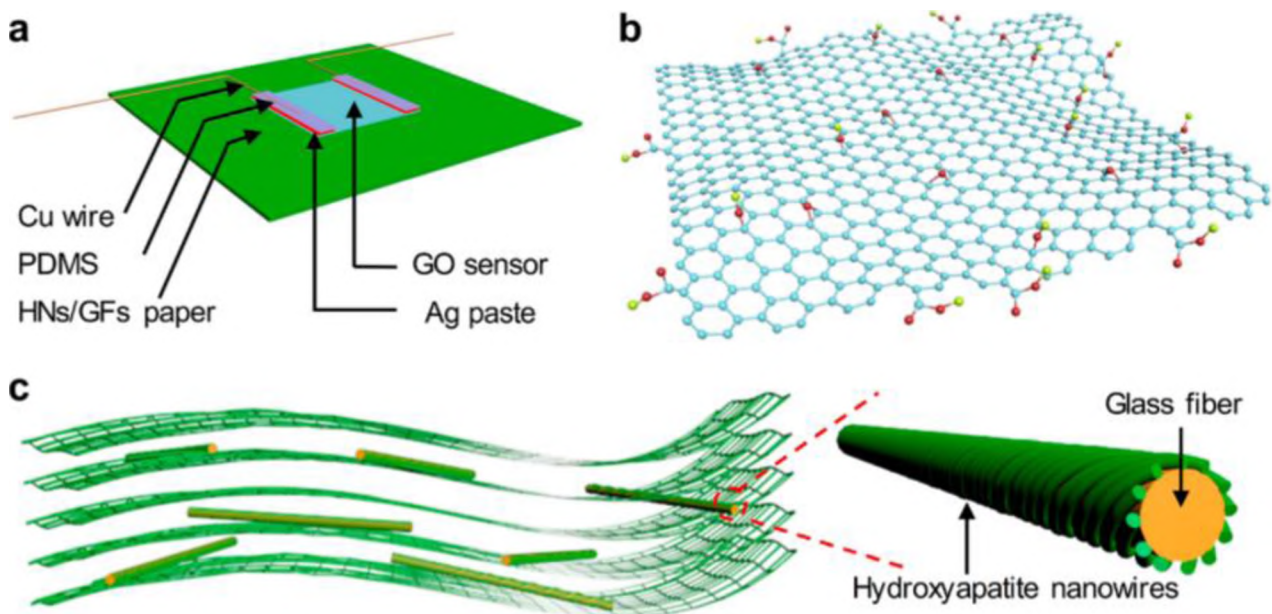
Обои являются наиболее распространенными материалами при отделке стен в современных домах и квартирах. Однако данный элемент декора интерьера, особенно бумажные и виниловые обои, быстро воспламеняется и поддерживает горение. В 2018 году китайские ученые создали огнеупорную неорганическую бумагу, которая способна подать сигнал о пожаре с помощью графеновых температурных датчиков[4].

Графен – один из недавно открытых революционных материалов XXI столетия, который стремительно применяется для создания разнообразных элементов электронных приборов, в первую очередь как проводящий сенсорный материал. Это самый прочный, легкий и электропроводящий вариант углеродного соединения. Графен был обнаружен Константином Новоселовым и Андреем Геймом, работающими в Институте Манчестера, за что русские ученые были удостоены Нобелевской премии [1].

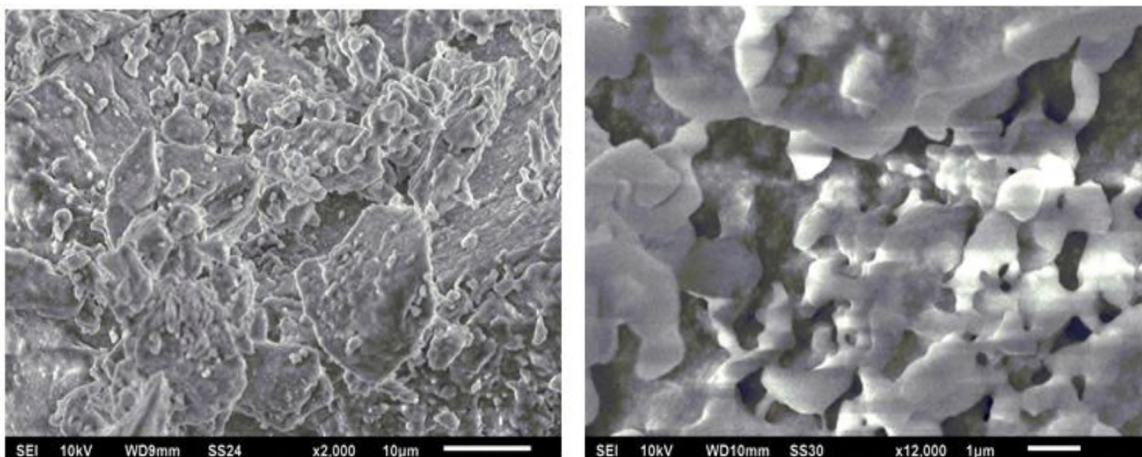
Одним из возможных способов применения графена ученые называют использование его в качестве сенсорных элементов в красках или умных обоях, способных «оповестить» о возгорании. Ученые-химики из Шанхайского института керамики усовершенствовали технологию использования графеновых сен-



соров в обоях и создали негорючую неорганическую бумагу, которая не только устойчива к огню, но и содержит термодатчики, способные вовремя предупредить о пожаре. Основу обоев составляет структура нанонитей гидроксиапатита длиной более 10 микрометров и толщиной около 10 нанометров (рис. 1). За механическую прочность и огнеупорность обоев так же отвечают нанонити синтетического гидроксиапатита (рис. 2) – вещества, которое в хирургии, ортопедии и стоматологии используют для покрытия имплантов, наращивания костей и укрепления зубной эмали. Они переплетены в плоские сетки и намотаны на провода из оксида кремния.



**Рис. 1.** Схематическая структура устройства неорганических обоев с графеновыми сенсорами



**Рис. 2.** Нанонити синтетического гидроксиапатита

В бумаге эти нити находились в двух состояниях: во-первых, в форме плоских переплетенных сеток, а во-вторых, в виде микрометровых волокон, в которых гидроксипатитные нити намотаны на стеклянные провода из оксида кремния. Эти волокна придают структуре механическую прочность, сохраняя при этом небольшую массу материала и устойчивость к открытому огню. Максимального предела прочности такой бумаги при растяжении – около двух мегапаскалей – ученым удалось добиться при введении в структуру гидроксипатитовой бумаги 20 процентов стеклянных волокон [3].

В качестве термодатчика в этих неорганических обоях ученые предложили использовать оксид графена. При повышении температуры из структуры оксида графена отрываются все кислородсодержащие функциональные группы. Это приводит к его переходу из диэлектрического в проводящее состояние. Следовательно, такой материал можно использовать для замыкания цепи в датчиках двух типов: со световым и звуковым оповещением.

Оказалось, что подобные датчики из чистого графена на гидроксипатитовой бумаге срабатывают при температуре около 250 градусов Цельсия примерно с временем отклика около двух секунд.

Чтобы дополнительно повысить чувствительность графенового сенсора к изменению температуры и его устойчивость к открытому огню, ученые дополнительно модифицировали поверхность сенсора, добавив на нее молекулы полидофамина. За счет такого усовершенствования ученым удалось добиться срабатывания датчиков уже при нагревании всего до 130 градусов Цельсия, а время отклика составляло только две секунды [2].

При этом длительность работы таких сенсоров (продолжительность светового и звукового сигналов) составляла не менее 5 минут. Для сравнения, не модифицированные графеновые датчики переставали работать примерно через 3 секунды, а такие же датчики, но на обычных обоях из целлюлозной бумаги прекращали сигнализировать о перегреве через 7 секунд, просто потому что сгорали сами обои.

Чтобы продемонстрировать, что разработанную гидроксипатитовую бумагу возможно применять с целью изготовления настоящих обоев, ученые покрасили зоны огнеупорной сенсорной бумаги площадью в несколько сотен квадратных сантиметров с использованием нескольких различных красителей, а кроме того с помощью обыкновенного принтера напечатали в ней полноцветное изображение и представили, что при надобности данная бумага может беспрепятственно гнуться и складываться.

Ученые отмечают, что разработанные ими умные пожаростойкие обои с тепловыми датчиками владеют достаточной чувствительностью и устойчивостью к пламени, для того чтобы в будущем аналогичные материалы можно было применять в целях повышения пожарной безопасности жилых помещений.

Такие качества графена как высокая подвижность электронов, минимальная толщина в один атом, низкое удельное сопротивление открывают перспективы для формирования именно графеновых температурных датчиков. А сов-

мещение их с гидроксипатитовой бумагой способно найти практическое применение в жилых домах, делая их более пожаробезопасными.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Гейм А., Новоселов К.* «Рост графена», Ман 2007.
2. *Захаров, Н.А., Ткачев, А.Г., Демина, Л.И. и др.* Влияние оксида графена на биоминерализацию и растворимость гидроксипатита кальция // Физикохимия поверхности и защита материалов. -2016. - Т. 52. - № 2. - С. 1-12.
3. *Новиков, В.П., Кирик, С.А.* Низкотемпературный способ получения графена // Письма в ЖТФ. - 2011. - Т. 37. - № 12. - С. 44-49
4. Огнеупорные обои смогут предотвратить пожар [Электронный ресурс] – Режим доступа.- URL: <http://www.1rre.ru/78482-ogneupornye-oboii-smogut-predotvratit-pozhar.html> (Дата обращения 02.09.2018).

УДК 621.3

*И. Л. Скрипник*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОИЗДЕЛИЙ НА ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ**

В статье рассматриваются требования и конструктивные решения по обеспечению пожаробезопасности электроизделий на этапах проектирования и разработки. На примере разработанного информационно-измерительного устройства проводится его анализ по условию пожароопасности на основе апробированной методики

**Ключевые слова:** изделие, режим, авария, пожаробезопасность, короткое замыкание, перегрузка, аппарат защиты, вероятность, пожар, блок, отказ, сопротивление.

*I. L. Skrypnyk*

### **THE FIRE SAFETY OF ELECTRICAL PRODUCTS AT THE STAGES OF DESIGN AND DEVELOPMENT**

The article discusses the requirements and design solutions to ensure fire safety of electrical products at the stages of design and development. On the example of the developed information-measuring device, its analysis on the condition of fire hazard is carried out on the basis of the tested technique



**Keywords:** product, mode, accident, fire safety, short circuit, overload, protection device, probability, fire, block, failure, resistance.

Для обеспечения пожаробезопасности изделий, составными частями которого являются блоки, функциональные узлы полупроводниковых элементов, микросхем, микросборок, электронных устройств, оно должно быть разработано так, что бы в нормальных и аварийных режимах работы не представляло пожарную опасности. Для выполнения этих условий необходимо выполнять следующие основные требования и конструктивные решения по обеспечению пожаробезопасности изделий при проектировании и эксплуатации:

- любой элемент изделия должен нагреваться до температуры, не превышающей значений ГОСТ 12.2.006-92;
- питающие цепи должны содержать аппараты защиты от токов короткого замыкания (к.з.) и перегрузки;
- в качестве элементов защиты от аварийных режимов работы предусматриваются плавкие предохранители, автоматические воздушные выключатели, тепловые реле и другие электронные устройства;
- ограничение горения достигается применением противопожарных кожухов;
- части изделия, состоящие из неметаллических материалов, на которых находятся элементы, проводящие электрический ток, должны иметь стойкость к пожару;
- материалы печатных плат должны выдерживать возможный нагрев элементов;
- соединитель между токоведущими частями, выполненный из изоляционных материалов, должен быть стойким к образованию токоведущих мостиков.

С учетом перечисленных требований, условие пожаробезопасности любого электротехнического изделия определяется по следующему выражению [1]:

$$Q_{изд} = Q_{н.р.} \cdot Q_{н.з.} \cdot Q_{н.з.} \cdot Q_a \leq 10^{-6} \quad (1)$$

Вычисленная по формуле (1) вероятность  $Q_{изд}$  сравнивается с нормативной величиной  $10^{-6} \frac{1}{200}$ . Электротехническое изделие является не пожароопасным, если полученное значение будет меньше одной миллионной [1] и требованиями 123 Федерального закона.

Рассмотрим данную методику на примере информационно-измерительного устройства УИИ СКВ, которое имеет блочную структуру и рассматривается как совокупность из трех блоков: монитор механических колебаний (ММК; рабочая станция (РС); блок дополнительных элементов

(БДЭ). Устройство применяется для диагностики технологического оборудования атомных станций.

Возникновение пожара в устройстве возникает за счет возгорания в одном из блоков, при этом данное событие не зависит от состояния, рядом находящихся элементов. При определении значения вероятности возникновения пожара (ВВП) исследуются 3 блока устройства. С учетом принятых в [2, 3] допущений и ограничений, а также математического аппарата теории вероятности, предполагающим, что отказы в блоках являются независимыми и совместными ВВП можно выразить следующим аналитическим выражением:

$$Q_{np} = f(Q^{MMK} n, Q^{PC} n, Q^{БДЭ} n) \quad (2)$$

где  $Q^{MMK} n$  - ВВП в ММК, год<sup>-1</sup>;

$Q^{PC} n$  - ВВП в РС, год<sup>-1</sup>;

$Q^{БДЭ} n$  - ВВП в БДЭ, год<sup>-1</sup>.

ВВП в ММК рассчитывается как:

$$Q^{MMK} n = f(Q^{un} n, Q^{M_{18}} n, Q^e n) \quad (3)$$

где  $Q^{un} n$  - ВВП в модуле источника питания (ИП), год<sup>-1</sup>;

$Q^{M_{18}} n$  - ВВП в 18 модулях (М), год<sup>-1</sup>;

$Q^e n$  - ВВП в модуле вентиляции (В), год<sup>-1</sup>.

ВВП в РС для конкретного пожароопасного режима определяется как:

$$Q^{PC} \Pi_i = f(Q^{PC} \Pi_{Pi}, Q^{PC} \Pi_{Pi}, Q^{PC} \Pi_{Hz}, Q^{PC} \Pi_{ei}) \quad (4)$$

где  $i$  - номер пожароопасного режима,  $i=1,2,3$ ;

$Q^{PC} \Pi_{Pi}$  - вероятность возникновения пожароопасного режима в РС, год<sup>-1</sup>;

$Q^{PC} \Pi_{Pi}$  - вероятность того, что значение электрической величины находится в пожароопасном интервале, год<sup>-1</sup>;

$Q^{PC} \Pi_{Hz}$  - вероятность несрабатывания автоматических воздушных выключателей, год<sup>-1</sup>;

$Q^{PC} \Pi_{ei}$  - вероятность приближения горючего материала к критической температуре, год<sup>-1</sup>.

По результатам анализа конструкции и состава РС, режимов ее функционирования пожароопасными режимами будут: к.з.; повышение большого переходного сопротивления в контактных соединениях; перегрузка. Далее определяется ВВП  $Q^{БДЭ} \Pi$  в группе БДЭ, состоящей из источника непрерывного питания

(ИНП)  $Q^{ИНП}_{II}$  и вентилятора потолочного  $Q^{ВП}_{II}$ . Вначале определяется ВВП для ИНП ( $Q^{ИНП}_{II}$ ). В качестве пожароопасных режимов характерных для него принимаются: короткое замыкание ( $i = 1$ ); перегрузка ( $i = 2$ ); перенапряжение ( $i = 3$ ). При расчете ВВП  $Q^{ВП}_{II}$  - потолочного вентилятора, пожароопасными режимами будут: к.з.; повышение большого переходного сопротивления.

Для нахождения вероятностных значений используются следующие исходные величины:

- среднегодовое процентное распределение пожаров по причинам к.з., перенапряжения и перегрузки в электротехнических устройствах;
- численные значения интенсивности отказов аппаратов защиты,  $ч^{-1}$ ;
- усредненные по однотипной группе горючих материалов вероятность воспламенения;
- вероятность нахождения горючего материала рядом с предполагаемым источником зажигания;

- время работы изделия в течение года,  $t = 1 \text{ год} = 8760 \text{ час}$ ;

Остальные величины принимаются по справочным данным.

Тогда  $Q^{ММК}_{II} = 3,75 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ .

Аналогично определяем ВВП в РС. Она равна  $Q^{РС}_{II} = 2,42 \cdot 10^{-8}$ .

ВВП в БДЭ равна  $Q^{БДЭ}_{II} = 4,6 \cdot 10^{-9}$ .

Окончательно ВВП в устройстве рассчитывается по следующей формуле:

$$Q_{Изд} = Q^{ММК}_{II} + Q^{РС}_{II} + Q^{БДЭ}_{II} - Q^{ММК}_{II} \cdot Q^{РС}_{II} - Q^{ММК}_{II} \cdot Q^{БДЭ}_{II} - Q^{РС}_{II} \cdot Q^{БДЭ}_{II} + Q^{ММК}_{II} \cdot Q^{РС}_{II} \cdot Q^{БДЭ}_{II}$$

$$Q_{Изд} = 2,98 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1} < 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Таким образом, используя представленную методику в ГОСТ 12.1.004-91\*. определили, что разработанное устройство считается не пожароопасным. Произведенные вычисления показали, что ВВП рассматриваемого устройства меньше нормативного значения -  $10^{-6}$ , указанного в требованиях нормативных и руководящих документов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 12.1.004-91\*. Пожарная безопасность. Общие требования.
2. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Расчет вероятности возникновения пожара от электрического изделия // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (41)-2017, с. 50-59.
3. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Технические решения задачи согласования критериев безопасности в электрических сетях // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 2 (42)-2017, с. 110-117.

УДК 614

*И. Л. Скрипник*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

## **НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ**

В статье рассматриваются вопросы снижения пожарной опасности резервуарного парка. Предложены основные направления повышения пожарной безопасности с применением новых устройств тушения пожара, разработке огнетушащих веществ и способов тушения, откачки, гидравлических систем с огнепреградителями и робототехнических комплексов.

**Ключевые слова:** резервуарный парк, пожар, пожарная техника, огнетушащее вещество, пена, конструкция, установка, гидравлическая система, откачка, кислород, коррозия, робототехнические средства.

*I. L. Skripnik*

## **SOME OF THE ISSUES REDUCE THE FIRE HAZARD OF THE TANK FARM**

The article deals with the issues of reducing the fire danger of the tank farm. The main directions of fire safety improvement with the use of new fire extinguishing devices, the development of fire extinguishing agents and methods of extinguishing, pumping, hydraulic systems with fire barriers and robotic systems.

**Keywords:** tank farm, fire, fire equipment, fire extinguishing agent, foam, construction, installation, hydraulic system, pumping out, oxygen, corrosion, robotics.

Современная нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность представляет наибольшую пожарную опасность в Российской Федерации и подготовленные мероприятия, связанные с возможностью сохранности вложенных в нее затрат, оказываются неэффективными для предотвращения потерь от пожаров. Многообразие выпускаемых ЛВЖ и ГЖ подталкивает ученых на разработку новых огнетушащих веществ, способов и тактики тушения предприятий нефтедобывающего и перерабатывающего комплексов [1].

Особенно актуальными в настоящее время являются вопросы обеспечения пожарной безопасности резервуарных парков (РП). Стоимость, находящихся в них нефтепродуктов, за последнее время увеличилась более чем в семь раз. По данным статистики ежегодно в России происходит пять-семь пожаров в РП.

Анализ произошедших аварий показал, что системы пожаротушения имеют достаточно низкую эффективность, поскольку могут выйти из строя уже в начале пожара.

Поэтому в РП должны применяться надежные средства защиты от пожаров, разработка которых осуществляется по следующим направлениям:

1. Разрабатываются и модернизируются автоматические средства противопожарной защиты в РП, которая производится совместно с развитием нефтегазовой отрасли. Совершенствуется пожарная техника, улучшаются ее тактико-технические характеристики. В настоящее время используется мобильная установка с твердым гранулированным диоксидом углерода.

Разработано устройство оперативной врезки для технологических коммуникаций.

2. Проводятся работы по:

разработке новых огнетушащих веществ и материалов;

применению комбинированных огнетушащих составов на основе пены низкой, средней кратности и газовых составов (жидкий хладон); химически активного фреона и огнетушащего порошка;

получению нового комбинированного способа пожаротушения на базе одного пенообразующего состава “Мультипена” и освоение в производстве, на базе единой технологии создания пен, пленкообразующих фторсинтетических пенообразователей типа “Подслойный”;

тушению пламени ЛВЖ и ГЖ тонкораспыленной водой высокой степени дисперсности; пенами, полученными на базе углеводородных и фторированных пенообразователей.

3. Учеными предложены новые технические решения и изготовлены:

конструкции защитной стены с отбойным козырьком;

установки, находящейся за обвалованием для ликвидации пожара внутри резервуара, заключающийся в уменьшении процентного содержания кислорода, путем быстрой закачки в воздушное пространство резервуара углекислого (азотосодержащего) или негорючего газа;

установки автоматической системы, расположенные по периметру резервуара в виде короба из стальных или бетонных столбов, соединенных между собой.

4. РП предлагается снабжать вспомогательной гидравлической системой. На конструкциях применять современные типы огнепреградителей [2,3].

5. Уменьшение пожарной опасности на вертикальных стальных резервуарах достигается последовательной откачкой горючих нефтепродуктов через технологические трубопроводы.

6. Снижение пожарной опасности насосных станций при пожаре легко воспламеняющихся и горючих жидкостей достигается применением устройств самотушения, состоящие из конструктивных приемов, нарушающие синергизм пламени и уменьшающие концентрацию кислорода в зоне горения. Это достигается в плоских газовых слоях [4].

7. Уменьшение коррозионного воздействия на РП возможно вследствие применения электрофизического метода, заключающегося в подаче переменного частотно-модулированного потенциала на резервуар. Электрохимический способ, основанный на использовании постоянного электрического тока, также предназначен для катодной защиты основания резервуара от коррозии [5].

8. Совершенствуется система тушения пожаров в РП с помощью стационарных средств на основе применения роботизированных лафетных стволов.

9. Существующая современная стратегия развития робототехнических систем (РС) предполагает совместное их использование с пожарной техникой.

Внедрение современных технологий пожарной безопасности позволит автоматизировать технологический процесс пожаротушения, локализуя и ликвидируя аварийную ситуацию до прибытия пожарных бригад в первые минуты возникновения пожара и при устранении чрезвычайных ситуаций во время пожара минимизировать и исключить риски угроз человеческим жизням, экологии и материального ущерба.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Воронин С.В., Скрипник И.Л.* Некоторые способы уменьшения последствий пожаров на нефтебазах // Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции “Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной жизнедеятельности населения” 27 сентября 2017 года. – Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, с. 179-182.

2. *Марухин П.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В.* Система охлаждения резервуара с гидравлическим коллектором // Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции “Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной жизнедеятельности населения” 27 сентября 2017 года. – Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, с. 289-291.

3. *Скрипник И.Л., Воронин С.В.* Исследование на пламянепроницаемость и огнестойкость пламягасящих насадок сухих огнепреградителей // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 19 апреля 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – с. 420-424.

4. *Воронин С.В., Скрипник И.Л.* Моделирование опасных факторов пожара с использованием монтажа ячеистого настила // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 19 апреля 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – с. 105-109.

5. *Сорокин А.Ю., Скрипник И.Л., Воронин С.В.* Некоторые способы уменьшения последствий пожаров на объектах хранения и транспортировки нефтепродуктов //

Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. по материалам VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 26 дек. 2017 г. / Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановский пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. - Воронеж, 2017. – с. 179-183.

УДК 621.314.22

*П. С. Сучкова, С. Н. Ульева, А. Л. Никифоров, А. Г. Азовцев*  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ В РОССИИ**

В настоящее время в России идет большое развитие технологий и науки. Огромной проблемой в стране является организация эксплуатации и монтаж систем молниезащиты. Наличие большого количества предложений на российском рынке не имеет под собой достаточной нормативной базы, что приводит к застою в развитии данного направления.

**Ключевые слова:** система молниезащиты, молниеотвод, молниеприемник.

*P. S. Sychkova, S. N. Ulyeva, A. L. Nikiforov, A. G. Azovcev*

## **ANALYSIS OF THE APPLICATION OF MODERN SYSTEMS OF LIGHTNING PROTECTION IN RUSSIA**

Currently in Russia there is a great development of technology and science. A huge problem in the country is the organization of operation and installation of lightning protection systems. The presence of a large number of proposals on the Russian market does not have a sufficient regulatory framework, which leads to stagnation in the development of this direction.

**Keywords:** lightning protection system, lightning rod, lightning receiver.

В настоящее время в России происходит колоссальное развитие науки и техники, которое ведет за собой развитие и совершенствование средств и устройств молниезащиты. Стадия роста систем молниезащиты на рынке вызвана изменением в структуре спроса, что напрямую связано с модернизацией коммуникационных и информационных систем, для которых удар молнии представляет серьезную угрозу[5].

Данная ситуация ставит множество новых задач в традиционных сферах использования таких систем как энергетика, транспорт, промышленность, бизнес-структуры, а также в дополнение ко всему все чаще о защите от молний стали задумываться собственники частного жилья. Защита жилья и имущества насыщенного компьютерной и бытовой техникой управляемой процессорными системами добавили головной боли повседневной жизни человека. При покуп-

ке новой техники и оборудования человек начал задумываться о защите данного имущества от внезапного воздействия высокого напряжения, в результате ударов молнии, анализируя возможный ущерб, что акцентировало большое внимание человека к проблеме. Все эти факторы привели к большому увеличению защищаемых объектов, следовательно, к увеличению спроса на средства молниезащиты. Таким образом, дальнейшее развитие и совершенствование технологий будет притягивать все больше потребителей, увеличивая спрос. При всем этом надо отметить, что защита от удара молнии и ее вторичные проявления приводящих к пожару по-прежнему остается актуальной темой в области обеспечения пожарной безопасности. Отдельную статистику возгораний от атмосферного электричества собрать достаточно сложно т.к. на данный момент в России ее чаще всего относят в раздел «прочие причины».

В отличие от множества развитых стран Россия не оснащена локальными средствами мониторинга грозовой деятельности, следствием чего является отсутствие базы данных для создания средств и методов молниезащиты в области энергетики, топливдобывающей промышленности, связи. Во многих случаях технически необоснованные решения молниезащиты приводят к нарушению функционирования объектов, что приводит к увеличению убытков, а также нарушению условий жизни людей.

На сегодняшний день количество предлагаемых отечественных систем молниезащиты ограничено, а нормативно-правовая база устарела или вовсе отсутствует. Все имеющиеся в мире системы молниезащиты можно разделить на два класса по типу молниеприемника:

1. «Традиционная» система молниезащиты;
2. «Активная» система молниезащиты (по принципу «восходящего стримера»).

Рассматривая «традиционные» системы молниезащиты мы можем сказать, что отечественные системы во многом уступают европейским. Весь ассортимент европейских компаний рассчитан с соблюдением безопасных расстояний и расчетом зон защиты, что объясняется выполнением стандартов МЭК 1024-1-1 и DIN EN 62305 (VDE 018565305) с единым подходом к проектированию, монтажу, эксплуатации и проверке [8]. Европа использует современную линейку внешней защиты из различных материалов, а также их сочетания для повышения стойкости к коррозии. Россия в свою очередь ориентируется на положения Инструкции по молниезащите зданий и сооружений РД 34.21.122-87 (далее РД) [2] и Инструкцию по молниезащите зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003 [3]. Данные действующие в России нормы по молниезащите во многом устарели и не соответствуют мировым стандартам, которые приняты и используются специалистами в европейских странах. В данный момент нормы, разработанные Международной электротехнической комиссией (МЭК или IEC), наиболее полно отображают современные средства и технологии, которые позволяют проектировать надежную молние-



защиту на различных объектах. При сравнении существующей в России нормативной базы с международными нормативными документами очевиден ряд недостатков, которые касаются молниезащиты.

Основными различиями молниезащиты по РД и ИЕС являются:

1. В стандартах ИЕС показана технология монтажа защитной системы с применением молниеприемной сетки для сложных кровель с рельефными участками - в отличие от документа РД или СО.
2. В инструкциях РД 34.21.122 87 и СО 153-34.21.122-2003 нет рекомендаций и требований по использованию материалов с повышенной коррозионной стойкостью для заземляющих устройств.
3. В инструкции РД [2] рассмотрено использование крыш с покрытием из металла в качестве молниеприемника, в свою очередь как ИЕС стандарты в исключительных случаях допускают подобную практику.

В то же время монтаж системы молниезащиты стержневого типа обеспечивает достаточную надежную защиту от прямых попаданий молнии. Из-за отсутствия нормативной базы, а также достаточной практики использования элементов заводской готовности является единственным способом молниезащиты на объектах частной собственности, но чаще всего такие конструкции не получают положительных отзывов так как нарушается внешний облик здания и появляются дополнительные затраты на оборудование и монтаж системы. По этой причине систему молниезащиты устанавливают кустарно, что нарушает нормы эксплуатации, уменьшают внутреннюю защиту от высокого напряжения и сокращает срок эксплуатации. В России существует практика использования кровли в виде молниеприемника, но такие решения ведут за собой разрушение кровли, а также риск возгорания горючих материалов крыши.

Стремительный научно-технический прогресс и инженерная мысль не стоят на месте, что приводит к совершенствованию и разработке новых решений в системе молниезащиты [7]. Одним из таких решений стало развитие активной молниезащиты. Основное отличие активной молниезащиты от «традиционной» является наличия активного молниеприемника, который реагирует на рост напряженности электромагнитного поля, возникающий при приближении грозового фронта. Плюсами данной системы является отсутствия нарушения эстетического облика объекта, а также уменьшения массивной конструкции молниезащиты и повышения эффективности защиты объекта [6].

При наличии большого количества предложений на российском рынке европейские специалисты отмечают множество недостатков данной системы и нецелесообразности использования ее для защиты от молний, что привело к отказу эксплуатации и запрету использования [9]. Недостатками активной молниезащиты являются серьезные нарушения эксплуатации и безопасности людей. Первым и основным минусом является эффективность. Эффективность данной системы не доказана экспериментальными методиками, а установка недостаточного количества молниеприемников уменьшает надежность и безопасность данной системы [4]. Вторым минусом активной молниезащиты является

ее стоимость. Для надежной защиты данной системой необходимо увеличить количество молниеприемников на объекте, а это значит увеличение затрат на покупку, монтаж и установку данной системы, которая превышает «традиционную» в несколько раз. Третьим недостатком является методика расчета зон защиты, которую приводят в каталогах большое количество производителей неутвержденной ни одним нормативным документом РФ и МЭК, а также отсутствие сертификации и наличие документов обосновывающих методику и увеличение зон по сравнению с «традиционными»[8].

Делая вывод можно сказать, что на данный момент использования активной молниезащиты в России нецелесообразно и ненадежно не только так как отсутствие нормативно-правовой базы не дает гарантий надежности и безопасности эксплуатации данной системы.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». - Режим доступа: [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru)
2. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122 87- Режим доступа: [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru)
3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003- Режим доступа: [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru)
4. Зоричев А.Л. «Первая Российская конференция о молниезащите», <http://www.teziz.ru/pages.phtml>
5. «Современные технологии молниезащиты», [http://www.mzke.ru/sovremennye\\_tehnologii\\_molniezashhity.html](http://www.mzke.ru/sovremennye_tehnologii_molniezashhity.html)
6. «Активная молниезащита-преимущества под вопросом?», <http://komfortnyj-dom.info/active-lightning-benefits-under-the-question-2.html>;
7. «Активная молниезащита», <http://www.zandz.ru/molniezashchita/vneshnyaya/aktivnaja.html>
8. «Как обстоят дела с активной молниезащитой в мире?», <https://www.amnis.ru/aktivnaya-molniezashchita>;
9. Луканов О.Г. «Обзор систем молниезащиты, предлагаемых на российском рынке», <http://www.krovlirossia.ru/rubriki/materialy-i-tehnologii/molniezashchita/obzor-sistem-molniezashhity-predlagaemyx-na-rossijskom-rynke>;

УДК 614.84

*С. А. Сырбу, Т. В. Сорокина, А. Х. Салихова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЕКОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА**

В статье представлены результаты исследования огнезащитных композиций на основе коммерческих препаратов «Пента-814», «Пекофлам» и «Пироватекс» для декоративной ткани «Жаккард», состоящей из 62% вискозы и 38 % полиэстера. Предложены методики нанесения огнезащитных композиций на образцы тканей. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 50810-95 проведены испытания на воспламеняемость и классификация образцов ткани, обработанных предложенными составами. Также описаны исследования обработанных образцов ткани на задержку теплового потока.

**Ключевые слова:** огнезащитный состав, испытание образцов ткани, пожарная опасность, воспламеняемость, тепловой поток.

*S. A. Syrbue, T. V. Sorokina, A. H. Salikhova*

## **A STUDY OF THE FIRE PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS DECORATIVE PURPOSES AND FORMULATION OF A FLAME RETARDANT**

The article presents the results of the research of flame retardant compositions based on commercial preparations of «Penta-814», «Pecoflam» and «Pyrovatex» for the decorative fabric «Jacquard», consisting of 62% viscose and 38 % polyester. Methods of applying flame retardant compositions on tissue samples are proposed. In accordance with the requirements of GOST R 50810-95, tests for Flammability and classification of tissue samples treated with the proposed compositions were carried out. Also described studies of treated tissue samples in the delay of the heat flow.

**Keywords:** flame retardant, testing of fabric samples, fire hazard, Flammability, heat flow.

Снижение пожарной опасности декоративных тканей - основная задача, которую необходимо решать и производителям текстильных материалов, и специалистам, проводящим научные исследования в области обеспечения пожарной безопасности объектов. Большинство декоративных тканей имеет смешанный состав, поэтому не существует универсального способа огнезащиты декоративных тканей, оптимально сочетающих цену и качество.

Исходя из вышесказанного, целью нашей работы является разработка огнезащитных композиций для ткани декоративного назначения «Жаккард» и исследование их свойств.

Основными задачами исследования явились

- подбор составов огнезащитных композиций;
- разработка методик нанесения огнезащитных композиций;
- выполнение эксперимента по определению коэффициента задержки теплового потока;
- проведение испытаний обработанных образцов ткани на воспламеняемость.

Ткань «Жаккард» была выбрана, потому что обладает рядом достоинств:

- эффектный внешний вид;
- прочность;
- устойчивость к деформированию;
- легкость в уходе;
- долговечность.

В качестве основного компонента одной из предлагаемых огнезащитных композиций была предложена водная кремнийорганическая эмульсия «Пента<sup>®</sup>-814», известная как гидрофобизатор для пористых материалов.

Она представляет собой эмульсию белого цвета без механических примесей, содержащую раствор органогидридсилоксана в воде. Стабильность при разведении не менее 24 часов, реакция среды (рН 25% водного раствора) не выше 7, содержание кремния - 20-24%. Температура работы с жидкостью не ниже +5°C.

Состав и свойства:

- глубина проникновения в обрабатываемый материал до 6-10 мм;
- образовавшееся покрытие не смывается водой, спиртами и другими органическими растворителями; сохраняет защитные свойства не менее 10 лет при воздействии климатических факторов (замораживание, оттаивание, УФ облучение и т.п.);
- предотвращает образование органических соединений;
- придает водо- и грязеотталкивающие свойства материалам без ухудшения их внешнего вида, газо- и паропроницаемости (материал «дышит»);
- водопоглощение снижается в 20 раз.

Гидрофобизирующая эмульсия «Пента<sup>®</sup>-814» относится к веществам малоопасным, она не токсична, не обладает кумулятивным действием. При работе рекомендуется использовать защитные очки и перчатки. Помещение необходимо проветривать.

В предлагаемые нами антипирлирующие композиции были добавлены частицы диоксида кремния (в виде коммерческого препарата «Ковелос»), тефлона

и порокварца. В композиции на основе препарата Пироватекс был добавлен препарат Росульфан Д в качестве поверхностно-активного вещества (далее – ПАВ) и препарат Ковелос для усиления огнезащитных свойств. Кроме того, концентрация Пироватекса в отдельных составах была уменьшена до 300 г/л по сравнению с предлагаемой производителями 600-400 г/л. Аналогичные составы имели и композиции на основе коммерческого препарата Пекофлам.

Композиции на ткань наносили методом плюсования, закрепляли термофиксацией. Следует отметить, что относительный привес испытуемых образцов ткани находился в диапазоне от 7 до 22 %. После обработки ткань не приобрела грифа жесткости, следовательно, пошив изделий из обработанной ткани не будет затруднен.

Образцы ткани после обработки подобно экрану могут быть теплоотражающими или теплопоглощающими. Эффективность защиты от теплового излучения с помощью образцов ткани можно оценить по следующей формуле:

$$n = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $Q_1$  - интенсивность теплового излучения без использования ткани, Вт/м<sup>2</sup> ;  
 $Q_2$  - интенсивность теплового излучения с использованием ткани, Вт/м<sup>2</sup>.

В работе был оценен коэффициент задержки теплового потока в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 6942-2007 [2]. Эксперимент проводился на «Измерителе плотности теплового потока ИПП-2». Расстояние от источника теплового потока до испытуемых образцов составляло 23,5 см. а до датчика измерения - 30,0 см. Диапазон измерений плотности теплового потока составлял 0 – 2000 Вт/м<sup>2</sup>. Относительная погрешность измерения плотности теплового потока ± 5%. Результаты исследований приведены в таблице.

*Таблица. Величины коэффициентов задержки теплового потока для образцов ткани, покрытых различными огнезащитными композициями*

Составы огнезащитных композиций	n (%) по основе	n (%) по утку
Базовый образец	33.3	35.7
Пента-814	-33.3	-33.3
Пента 814+ 1 масс. % Ковелоса	-32.0	-53.4
Пента 814+1 масс. % Тефлона	-69.1	-90.5
Пента 814+1 масс. % порокварца	-107.1	-173.8
Росульфан Д	42.8	50.0
10% Росульфан Д+ Пекофлам 300 г/л	38.1	45.2
10% Росульфан Д + Пироватекс 300 г/л	38.2	43.5
Пироватекс 300 г/л	38.1	45.2
Пекофлам 300 г/л	54.7	48.1
Пироватекс 300 г/л+1 масс. % Ковелоса	52.3	54.7

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

Пекофлам 300 г/л+1 масс. % Ковелоса	52.3	50.0
Пироватекс 400 г/л+1 масс. % Ковелоса	54.8	66.7
Пекофлам 400 г/л+1 масс. % Ковелоса	52.4	66.7

Анализ данных таблицы показывает, что базовый образец ткани обладает теплоотражающими свойствами. При обработке ткани составами на основе препарата «Пента-814» ее свойства с теплоотражающих меняются на теплопоглощающие. Способность обработанных образцов ткани поглощать тепло увеличивается при добавлении в композицию 1 масс.% тефлона на 36 %, а при добавлении 1 масс.% порокварца – на 74 %.

Обратная картина наблюдается для составов на основе препаратов «Пироватекс» и «Пекофлам». Коэффициент отражения теплового потока увеличивается на 5 % при обработке образцов композицией на основе Пироватекса (при концентрации 300 г/л) и на 22 % при обработке образцов композицией на основе Пекофлама (при концентрации 300 г/л).

Интересно отметить, что введение в композицию с той же концентрацией Пироватекса и Пекофлама 1 масс. % Ковелоса приводит к увеличению коэффициента отражения теплового потока на 19 %. Введение Росульфана Д в композицию на основе Пироватекса не влияет на значение коэффициента отражения теплового потока, а введение его в композицию на основе Пекофлама на 17 % понижает его значение.

Испытания декоративной ткани «Жаккард» на воспламеняемость проводились в соответствии с ГОСТ Р 50810-95 [1] на установке марки «Gibitre Instruments S.r.l.».

Результаты испытаний показали, что необработанные образцы ткани, а так же образцы ткани, обработанные композициями на основе препарата Пента-814, не соответствуют требованиям указанными указанного ГОСТа. Тогда как образцы, обработанные композициями на основе препаратов Пироватекс и Пекофлам, даже с уменьшенными концентрациями основного компонента полностью соответствовали требованиям ГОСТа.

Отметим, что добавление в огнезащитные композиции 1 масс. % препарата Ковелос уменьшает высоту оплавленных участков.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что для практического применения можно снизить концентрацию огнезащитного компонента и Пироватекса и Пекофлама до 300 г/л. Кроме того, эффективным является добавление 1 масс. % препарата Ковелос в указанные огнезащитные композиции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50810-95 Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация.
2. ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Одежда для защиты от тепла и огня.

УДК 621

*А. В. Топоров*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОГО ЭЛАСТОМЕРНОГО МАТЕРИАЛА В СТАТИЧЕСКИХ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ УПЛОТНЕНИЯХ**

Рассмотрены вопросы и особенности применения магнитной жидкости для герметизации статических зазоров. Предложено в качестве источника магнитного поля использовать магнитоэластомерный материал.

**Ключевые слова:** магнитная жидкость, магнитный эластомер, статическое уплотнение.

*А. V. Toporov*

### **THE MAGNETIC ELASTOMERIC MATERIAL APPLICATION IN A STATIC MAGNETIC FLUID SEALS**

The questions and features of the use of magnetic fluid for sealing static gaps are considered. Proposed as source of magnetic field to use magnetoelectric material.

**Keywords:** magnetic fluid, magnetic elastomer, static seal.

В технике часто возникает задача уплотнения неподвижных соединений. Для этих целей используются различные устройства и способы, наиболее распространенными из которых являются различные уплотнительные кольца, прокладки и герметики [1].

Наиболее широко для герметизации поршней, штоков и деталей совершающих возвратно – поступательное движение применяются резиновые кольца различных профилей поперечного сечения. Тем не менее уплотнительные кольца изготовленные из эластомерных материалов могут применяться и для герметизации статических зазоров.



**Рис. 1.** Различные профили поперечного сечения уплотнительных колец

Существует целый ряд профилей уплотнительных колец, однако самыми простыми и распространенными являются уплотнительные кольца круглого сечения.

Как правило, такие кольца устанавливаются в специально изготовленное посадочное место с дальнейшим прижатием, после которого оно приобретает эллиптическое поперечное сечение. Герметичность такого уплотнения обеспечивается за счет силы прижатия кольца к стенкам устройства.

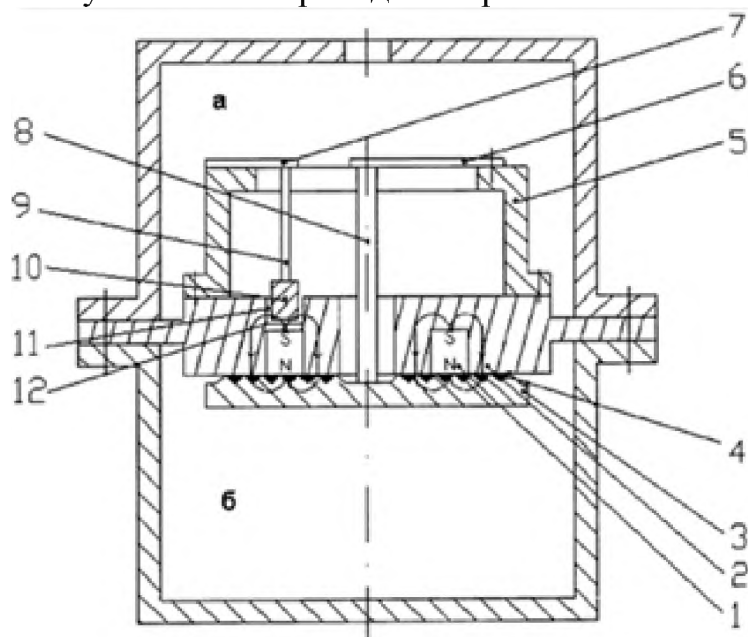
Такие уплотнения надежны и долговечны, однако при длительной эксплуатации возможно «прикипание» резины к металлу. Решить данную проблему возможно за счет использования магнитной жидкости, удерживаемой в зоне контакта уплотнительного кольца с металлом магнитными силами. В качестве источника магнитного поля целесообразно использовать магнитоэластомерный материал, изготовив из него уплотнительное кольцо. Как показывают исследования в таком классе уплотнений [2] основной задачей является удержание магнитной жидкости в рабочей области, для чего достаточно величины магнитной индукции 0.05-0.1 Тл.

Другим направлением применения магнитной жидкости для уплотнения статических зазоров является создание специальных герметизаторов неподвижных соединений. [3, 4]. Такие герметизаторы имеют «классическую» конструкцию, состоящую из источника магнитного поля, магнитопроводов и полюсных приставок, имеющих зубцовую зону. Магнитная жидкость помещается в зубцовую зону уплотнения и удерживается там пондермоторными силами. Подобные уплотнения обеспечивают абсолютную герметичность, ресурс работы, достига-



щий до 25 лет, а при демонтаже и последующей сборке уплотнения достаточно заменить магнитную жидкость [3].

Пример такого уплотнения приведен на рис. 2.



**Рис. 2.** Термоуправляемое статическое магнитожидкостное уплотнение

Уплотнение [5] состоит из постоянного магнита 1 кольцевого типа, неподвижного магнитопровода 2, подвижного магнитопровода 3, на внутренней поверхности которого, обращенной к неподвижному магнитопроводу, нарезаны кольцевые канавки. Зазор между подвижным магнитопроводом и неподвижным заполнен магнитной жидкостью 4. На поверхности неподвижного магнитопровода, находящегося в полости «а», неподвижно закреплена кольцевая втулка 5. Внутри втулки установлен термдеформируемый элемент 6 и термдеформируемый элемент 7. Термдеформируемый элемент 6 соединен через тягу 8 с подвижным магнитопроводом, а термдеформируемый элемент 7 через тягу 9 соединен с подвижной кольцевой магнитопроводящей втулкой 10, свободно скользящей в кольцевой проточке 11 неподвижного магнитопровода. С целью уменьшения трения магнитопроводящей кольцевой втулки 10 относительно внутренней поверхности кольцевой проточки 11 ее поверхность покрыта антифрикционным материалом 12.

Как видим из представленного чертежа, конструкция имеет достаточно массивную магнитную систему и для обеспечения приемлемых рабочих характеристик требует высокого качества изготовления и сопряжения деталей. Для устранения этих недостатков в подобном классе уплотнений предлагается в качестве источника магнитного поля использовать магнитный эластомерный материал. Использование радиально установленных в неподвижный магнитопровод 2 колец из магнитоэластомера позволит отказаться от постоянного магнита

1 и выполнения на подвижном магнитопроводе 3 концентраторов магнитного поля, изготовление которых требует использования фасонных резцов.

Таким образом, использование магнитного эластомерного материала в качестве источника магнитного поля в статических уплотнениях позволит улучшить их рабочие характеристики, упростить конструкцию и повысить технологичность изготовления.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Уплотнения и уплотнительная техника : Справочник / А.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.Б. Овандер и др.; Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. - М.: Машиностроение, 1986.- 464 с., ил.

2. *Топоров А.В.* Разработка комбинированных магнитожидкостных уплотнений и исследование их трибологических характеристик Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иваново, 2000

3. *Сайкин М.С.* Магнитожидкостные герметизаторы технологического оборудования монография / М.С. Сайкин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 136 с.

4. Магнитные жидкости в машиностроении / Д.В. Орлов, Ю.О. Михалёв, Н.К. Мышкин и др. / Под. общ. ред. Орлова Д.В., Подгоркова В.В. – М.: Машиностроение, 1993. – 272 с

5. *Сизов А.П., Снегирёв Д.Г., Сергеев Е.В., Топоров А.В., Топорова Е.А.* Термоуправляемое магнитожидкостное уплотнение патент РФ 2353839 от 27.04.2009

УДК 614.845

***Е. А. Топорова***

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

### **О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН В ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКЕ**

Композиционные материалы и ткани на основе углеродных волокон обладают рядом ценных свойств, в частности: высокими значениями прочности, жесткости и термостойкости, низкой плотностью, химической инертностью, низким значением коэффициента линейного термического расширения и др. Поэтому, использование данных материалов в различных областях техники, в том числе, пожарной технике - весьма перспективно.

**Ключевые слова:** материалы на основе углеродных волокон, пожарная техника, термостойкость.

*E. A. Toporova*

## **ON THE POSSIBILITY OF USING MULTILAYER CARBONACEOUS MATERIALS IN FIRE EQUIPMENT**

Composite materials and the fabric-based carbon fibers have a number of valuable properties, in particular high values of strength, stiffness and thermostat-bones, low density, chemical inertness, low coefficient of linear thermal expansion, etc. Therefore, the use of these materials in various engineering fields including fire technology - is very promising

**Keywords:** carbon fiber based materials, fire engineering, heat resistance.

Использование материалов на основе углеродных волокон в пожарной технике, а именно пожарных рукавах может решить проблему прогорания рукавов в процессе тушения пожаров. Применяемые для данной цели материалы обладают рядом недостатков, а именно:

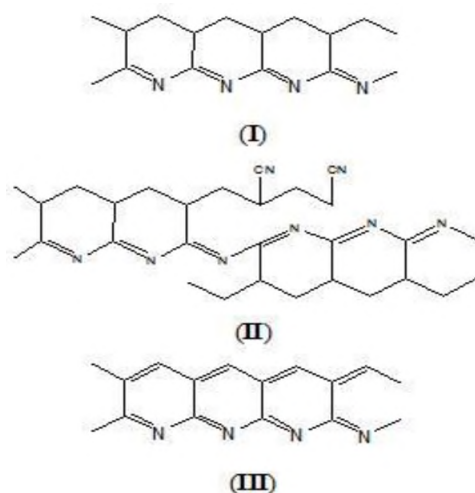
- химические волокна, из которых изготовлены пожарные рукава имеют, как правило, низкую температуру термодеструкции. Покрытия синтетических рукавов обычно выполняются из каучукоподобных полимеров, имеющих температуру термодеструкции порядка 150-160°C [1];

- рукава на натуральной основе (льняная техническая ткань) в процессе пропускания жидкости намокают и становятся тяжёлыми (поскольку лён очень гигроскопичен), что затрудняет их передвижение во время тушения пожаров. В отдельных случаях под воздействием высокой температуры происходит полная деструкция структуры льноволокна.

Перспективным направлением является применение материалов, термостойкость которых значительно превышает термостойкость традиционно используемых материалов и позволяет снизить массу рукавов на натуральной основе. К материалам, обладающим отличной термостойкостью относятся, в частности, углеродные волокна. При тепловом воздействии вплоть до 1600—2000 °C в отсутствие кислорода механические показатели волокна не изменяются. Это предопределяет возможность применения углеродного волокна в качестве тепловых экранов и теплоизоляционного материала в высокотемпературной технике. Предельная температура эксплуатации на воздухе составляет до 450 °C.

В зависимости от условий обработки углеродные волокна делятся на графитизированные и карбонизированные. Производство углеродных волокон основано на нагреве полимеров в инертной среде и их термической деструкции, при которой в материале волокна остаются главным образом атомы углерода.

Температурная обработка состоит из нескольких этапов. Первый из них представляет собой окисление исходного (полиакрилонитрильного, вязкого) волокна на воздухе при температуре 250 °С в течение 24 часов. В результате окисления образуются лестничные структуры, представленные на рис. 1. После окисления следует стадия карбонизации — нагрева волокна в среде азота или аргона при температурах от 800 до 1500 °С. В результате карбонизации происходит образование графитоподобных структур. Процесс термической обработки заканчивается графитизацией при температуре 1600-3000 °С, которая также проходит в инертной среде.



**Рис.1.** Структуры, образующиеся при окислении ПАН-волокна

В результате графитизации количество углерода в волокне доводится до 99 %. Помимо обычных органических волокон (чаще всего вискозных и полиакрилонитрильных), для получения углеродных волокон могут быть использованы специальные волокна из фенольных смол, лигнина, каменноугольных и нефтяных пеков [2]. В таблице приведена сравнительная характеристика физико-механических свойств различных типов углеродных волокон и стекловолокон, так же обладающих высокой термостойкостью.

*Таблица.* Сравнительная характеристика физико-механических свойств различных типов углеродных волокон и стекловолокон

Характеристика	УВ на основе ПАН			УВ на основе жидкокристаллических пеков	Средние значения для стеклянных волокон
	Высокопрочное	С высоким удлинением	Высокомодульное		
Диаметр волокна, нм	$(7-8) \cdot 10^3$	$(6-7) \cdot 10^3$	$(6-7) \cdot 10^3$	$10^3$	$(5-24) \cdot 10^3$
Модуль упругости при растяжении, ГПа	230-240	230-250	350-450	380-690	72-90
Разрушающее напряжение при растяжении	3,0-3,5	4,0-4,5	2,0-2,5	2,1-2,4	2,6-3,8

Характеристика	УВ на основе ПАН			УВ на основе жидкокристаллических пексов	Средние значения для стеклянных волокон
	Высокопрочное	С высоким удлинением	Высокомодульное		
модуль упругости, ГПа					
Относительное удлинение при растяжении, %	1,3-1,4	1,7-1,8	0,5-0,6		2-4,9
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,74-1,78	1,74-1,78	1,78-1,84	2,00	2,16-2,68

Углеродные волокна достаточно дороги в производстве, поэтому изготавливать пожарные рукава можно из материала, выработанного частично из традиционно используемого льноволокна и частично – из углеродного волокна, обеспечивая тем самым уменьшение массы рукава в результате его намочения за счёт наличия в структуре лёгкого углеродной составляющей.

Чтобы материал работал эффективно в условиях повышенных температур, необходимо, чтобы «удар» по термическому воздействию «принимало на себя» преимущественно углеродное волокно.

Решить данную проблему можно использованием текстильных материалов – двухслойных и многослойных тканей, структура которых такова, что на внешнюю поверхность выходит пряжа из углеродного волокна, а внутренняя поверхность, где температурное воздействие менее интенсивно, состоит преимущественно из льняной пряжи.

При использовании тканей двухслойных и многослойных переплетений образуются два или более слоёв ткани, располагающихся один над другим и соединённых между собой определённым образом. В каждом слое имеются свои системы основных и уточных нитей, которые могут участвовать, но могут и не участвовать в образовании переплетения другого слоя. Существуют различные способы соединения отдельных слоёв между собой. Одним из способов соединения слоёв является перевязка в краях. В этом случае получаются полые, или мешковые переплетения[3].

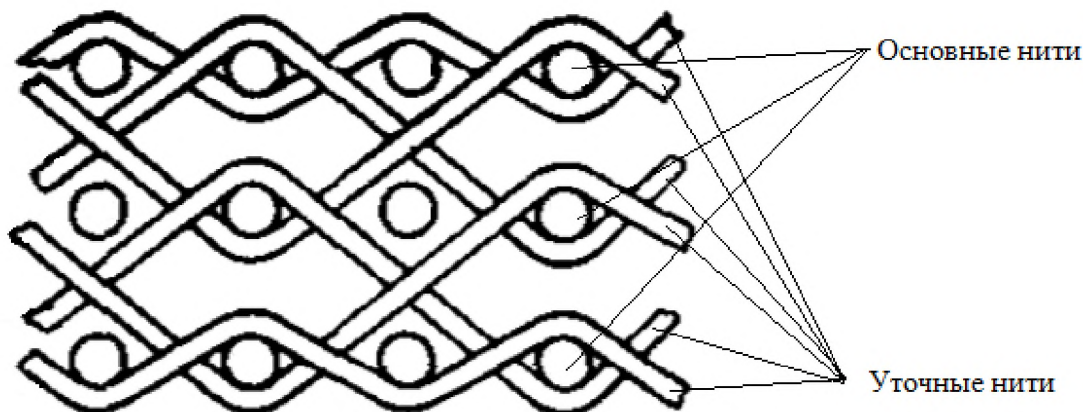
На рис. 2 показан разрез ткани, верхнее и нижнее полотна которой имеют полотняное переплетение.



Рис. 2. Структура ткани полого (мешкового) переплетения

Двухслойные и многослойные технические ткани должны соответствовать определенным условиям эксплуатации, обладать большими прочностью и сопротивлением разрыву, продавливанию, изгибу и др., что может быть обеспечено внедрением в структуру ткани углеродных волокон, обладающих высокими механическими характеристиками.

На рис. 3 изображена структура трёхслойной ткани.



**Рис. 3.** Структура трёхслойной ткани

Для изготовления пожарных рукавов с использованием пряжи или нитей из углеродных волокон целесообразно использовать углеродные нити для верхней основы и утка, а нижнюю основу, обращённую вовнутрь, производить из льноволокна (в тканях мешкового переплетения). Если предполагается изготовить многослойную ткань, то углеродная нить может быть использована только для верхней или для верхней и промежуточной основ, а также для утков, участвующих в переплетениях с верхней и промежуточной основами.

Таким образом, использование углеродных волокон как термостойкого материала, обладающего рядом ценных физико-механических свойств, в том числе применение данных волокон для изготовления многослойных материалов, в частности, в производстве пожарных рукавов, является весьма перспективным направлением.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Энциклопедия полимеров / ред. кол.: М.С. Акутин, Н.Ф. Бакеев, В.Ф. Евстратов и др. ; отв. секр. Е.В. Вонский и др. - Москва : Советская энциклопедия, 1972. - Т. 1. А - К. - 609 с. : ил.
2. Углеродные волокна и углекомпози́ты. Пер. с англ./Под Фитцера. —М.: Мир, 1988. — 336 с. ил. Авторы: Э. Фитцер, Р. Дифендорф, И. Калнин, Х. Ягер, Б.

Хейес, К. Стензенбергер, Д. Адаме, К. Брунш, Х. Бергман, Г. Гастингс, Т. Нагабхушанам, Х. Зенг, С. Ким, Б. Ри.

3. Стрoение и анализ тканей: учебник для СПТУ / Т. С. Грановский, А. П. Мшвениерадзе. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Легпромбытиздат, 1988. - 95 с. УДК 614.843

***С. Б. Федотов***

ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ МОНГОЛИИ**

Аварии и крушения поездов имеют место в Монголии. Увеличение протяженности железных дорог приведет к росту опасности. Необходимо совершенствовать систему обеспечения безопасности в зоне железных дорог. Требуется рассмотрения вопрос создания Транспортных войск Монголии.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, строительство, аварии, крушения, опасности, безопасность, транспортные войска.

***S. B. Fedotov***

## **ACTUAL PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF THE SYSTEM SAFETY OF NEW RAILWAYS IN MONGOLIA**

Accidents and train crashes are taking place in Mongolia. An increase in the length of Railways will lead to an increase in danger. It is necessary to improve the security system in the railway zone. The question of the creation of transport troops of Mongolia needs to be considered.

**Keywords:** railway transport, construction, accidents, wrecks, dangers, safety, transport troops.

Исследование организационных вопросов пожарной и промышленной безопасности технологических процессов и транспортных систем, совместно со специалистами Государственного агентства по чрезвычайным ситуациям Монголии (ГАЧС Монголии), привело к исследованию вопросов, имеющих крупномасштабное значение для дружественной соседней с Россией страны.

Всего в Монголии ежегодно происходит около 5 тысяч ЧС, из которых основное количество (до 4,5 тысяч) составляют природные и техногенные пожары, другие ЧС природного (до 140) и техногенного (до 150) характера [9].

Монгольско-российская сухопутная государственная граница имеет протяженность 3485 км, больше которой пограничное соприкосновение на суше у Российской Федерации только с Республикой Казахстан (7512,8 км) и Китайской Народной Республики (4209 км). С точки зрения пожарной безопасности

на сопредельных территориях уже существует много общих проблем связанных с возникновением чрезвычайных ситуаций (ЧС), особенно в отношении природных пожаров в горных и степных районах российской Республики Бурятия и монгольского аймака Сэлэнгэ. Между пожарными двух государств налажено взаимодействие – помощь подразделениями при тушении лесных пожаров, вызвавших возникновение ЧС.

Налажено взаимодействие в сфере безопасности транспортных систем. Например, после крушения пассажирского поезда 12 августа 2018 г., потребовалось проведение разбора завалов в зоне разрушения [10; 11]. Так как в Монголии нет восстановительных поездов, то по просьбе монгольского руководства был направлен российский восстановительный поезд из Улан-Удэ, работавший три дня.

Не смотря на небольшую протяженность основных железнодорожных магистралей Монголии (менее 1500 км) и общую эксплуатационную длину дороги — 1815 км, аварии и крушения поездов имели место ранее.

13 октября 2001 года на Улан-Баторской железной дороге было остановлено движение всех поездов из-за схода с рельсов цистерн железнодорожного состава [12]. Более 300 дорожников в труднодоступном участке дороги 12 часов ликвидировали последствия аварии.

24 июля 2016 года грузовые вагоны с древесиной сошли с рельсов вблизи города Дархан, после сильных дождей.

Нынешние среднесрочные и долгосрочные государственные планы Монголии предусматривают расширение железнодорожной сети к 2030 г. до 5600 км, охватывающей почти всей аймаки страны [2].

Полная реализация таких планов должна сопровождаться объективным прогнозом о предстоящем повышении опасности возникновения ЧС в районах строительства железных дорог. Соответственно, возникает вопрос об адекватном реагировании на такую ситуацию, то есть – на совершенствование системы обеспечения безопасности транспортных систем, включая железные дороги и автомобильный транспорт [14].

Оценка современной системы обеспечения безопасности на транспорте показывает, что она имеет значительно меньше сил и средств, чем в соседних России и Китае. Теперь эта система должна преобразовываться на существующей сегодня базе, которая, с точки зрения пожарной безопасности,

Так как многие предприятия в зоне новой железнодорожной сети будут создаются иностранными компаниями или с иностранным участием. Очевидно, что эти организации должны вкладывать средства в обеспечение безопасности транспортных систем, подходящих к создаваемым предприятиям [6].

Новый облик общей системы безопасности должен подразумевать снижение нагрузки на государственные системы защиты от ЧС, именуемые в Мон-



голии как защиту от бедствий. Нынешняя структура опирается, в основном, на силы и средства ГАЧС Монголии, которых в будущем будет недостаточно.

Если сравнивать систему безопасности, включая пожарную, в России, то она включает в основном силы ОАО «Российские железные дороги» («РЖД»): более 310 пожарных поездов и более 230 восстановительных поездов [5].

К этой системе необходимо добавить, часто не учитываемые в исследованиях, силы 4 территориальных командований железнодорожных войск России. 10 отдельных железнодорожных бригад распределены по всей России: поселок Красный Бор около Смоленска, г. Рыбное, г. Ярославль, г. Волгоград, г. Керчь и г. Тимашёвск, г. Абакан, г. Екатеринбург, г. Омск, г. Комсомольск-на-Амуре и г. Свободный. Еще в группе населенных пунктов располагаются отдельные понтонно-мостовые железнодорожные батальоны.

Оснащение перечисленных воинских частей позволяет решать большой комплекс задач мирного и военного времени, включая чрезвычайные ситуации. Это высокопроизводительные технические комплексы, конструкции и приспособления для восстановления и строительства железных дорог: путеукладчики, другие путевые машины, путепрокладочные поезда, сваебойное и буровзрывное оборудование, краны (мостовые, автомобильные, железнодорожные, сборно-разборные консольные краны) копёрные агрегаты, сборно-разборные пролетовые строения и опоры, инвентарные сборно-разборные мосты-эстакады, тракторные тягачи-дозировщики, подвижные ремонтные комплексы, автопоезда, специализированное имущество наплавных мостов, бульдозеры, самосвалы, бортовые автомашины, седельные тягачи и др.

Если учитывать опыт соседней с Россией Республики Беларусь, железнодорожная сеть которой будет иметь много общего с будущей железнодорожной сетью Монголии, то следует отметить, что Транспортные войска Вооруженные сил Республики Беларусь включают в своем составе три бригады: дорожно-мостовую бригаду, отдельную железнодорожную бригаду, автомобильную бригаду и склад материально-технического обеспечения. В свете рассматриваемого нами вопроса интересен состав железнодорожной бригады: путевой железнодорожный батальон, 3 отдельных железнодорожных батальона (мостовой, механизации, мобильно-восстановительный), ремонтный батальон, рота материального обеспечения, школа подготовки младших специалистов.

В Монголии строительные войска имеют численность в 500 человек. Этого будет недостаточно для защиты новой структуры экономики и транспортной сети Монголии. Создание Транспортных войск с железнодорожными подразделениями является востребованной и реальной к осуществлению задачей.

Аналогично российским и белорусским железнодорожным войскам в Монголии возможно создание железнодорожных (транспортных) войск, которые должны:

- участвовать в мероприятиях по оперативному оборудованию территории Монголии;

- осуществлять подготовку технического прикрытия, восстановления, повышения живучести и пропускной способности дорог (железных и автомобильных);
- определение вероятных объемов разрушения дорог и ресурсов, необходимых для восстановления;
- корректировка военно-технического описания путей сообщения;
- участие в ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера на железных и автомобильных дорогах;
- участие в обороне Монголии;
- обеспечение технического прикрытия, восстановления, разминирования и заграждения железных и автомобильных дорог, повышение их живучести и пропускной способности;
- наведение и эксплуатация железнодорожных и автодорожных мостов и переправ, сборка инвентарных эстакад и других технических средств и др.

Востребованность и эффективность деятельности военных железнодорожных подразделений подтверждена опытом создания действующей железнодорожной сети Монголии, которая почти полностью была создана железнодорожными войсками Советской Армии [7; 13]. Также железнодорожные войска успешно применялись при строительстве Байкало-Амурской магистрали в СССР, при ускоренном создании объездной ветки Журавка - Миллерово вокруг территории Украины [4]. Специалисты железнодорожных войск проводят специальные научные исследования [8].

Кроме того, неактуальная для сегодняшней Монголии задача защиты от терактов и диверсий может сделать особенно актуальной военную защиту железнодорожных объектов при многократном увеличении нагрузки на дороги и при особой опасности проведения работ [1; 15].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Алгоритм выбора рационального маршрута перемещения спасательного воинского формирования МЧС России к потенциально опасному объекту [Текст] / П.Ф. Барышев, А.И. Мазаник // Научный журнал «Научные и образовательные проблемы гражданской защиты». - Химки: Изд-во АГЗ МЧС России. – 2015. - № 4(27). – С. 24-29.
2. *Балжир Мунхдэлгэр*. Обоснование освоения перспективных объемов перевозок на Монгольской железной дороге: диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.08 / Балжир Мунхдэлгэр; [Место защиты: Петерб. гос. ун-т путей сообщ.]. - Москва, 2016. - 127 с. : ил.
3. *Брушлинский Н.Н.* Организация пожарно-спасательных служб в городах мира [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, М.П. Григорьева // Журнал «Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация». – Москва: Изд-во АГПС МЧС России. – 2017. - № 1. – С. 49-55.

4. *Бут М.* Железная дорога в обход Украины «вывозит» в РФ сотни миллионов долларов [Электронный ресурс] / М. Бут // Сайт Федерального бизнес-агентства «Экономика сегодня». - URL: <https://rueconomics.ru/277749-zheleznaya-doroga-v-obhod-ukrainy-vyvozt-v-rf-sotni-millionov-dollarov>. - (Дата обращения - 18.08.2018).

5. ВСЖД направило восстановительный поезд для расчистки автодороги через Северо-Муйский перевал [Электронный ресурс] // Сайт Инф. агентства «Восток-Телеинформ». - URL: [http://vtinform.com/news/187/67536/?sphrase\\_id=6565039](http://vtinform.com/news/187/67536/?sphrase_id=6565039). (Дата обращения - 16.08.2018).

6. *Зельский А.Г.* Использование материальных ресурсов частного сектора экономики для повышения эффективности реагирования на чрезвычайные ситуации [] / А.Г. Зельский // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2016. - №2(19). – С. 46-48.

7. *Иванович В.* УБЖД как зеркало российско-монгольской дружбы [Электронный ресурс] / В. Иванович // Портал деловой информации «ARD». - URL: <http://asiarussia.ru/blogs/4461/>. - (дата обращения – 24.03.2018).

8. *Калугин Ю.Б., Тупицын Р.Ю.* Влияние дестабилизирующих факторов на технологические процессы сооружения мостовых железнодорожных переходов [Текст] / Ю.Б. Калугин, Р.Ю. Тупицын // Журнал «Наука и военная безопасность». - 2017. - №1(8). – С. 123-127.

9. Классификация происшествий на железных дорогах. Краткие сведения о пожарных и восстановительных поездах [Электронный ресурс] / Сайт 1520mm.ru. - URL: <http://www.1520mm.ru/catastrophe/recoveryTrain.phtml>. - (Дата обращения - 18.08.2018).

10. Крушение поезда в Монголии [Электронный ресурс] // Сайт Монголия сейчас. - URL: <https://www.mongolnow.com/krushenie-poezda-v-mongolii/>. (Дата обращения - 13.08.2018).

11. Поезд Улан-Батор — Сайншанд сошел с рельсов [Электронный ресурс] // Форум Монгол Су. - URL: <http://mongol.su/поезд-улан-батор-сайншанд-авария/> (Дата обращения - 13.08.2018).

12. Российские грузовые вагоны сошли с рельсов в Монголии [Электронный ресурс] // Сайт ARD: портал деловой информации. - URL: <http://asiarussia.ru/news/13163/> (Дата обращения - 18.08.2018).

13. Российско-Монгольское Акционерное Общество Улаанбаатарская железная дорога (УБЖД) [Электронный ресурс] / Сайт компании «Legend tour». - URL: <https://legendtour.ru/rus/mongolia/informations/ubzd.shtml>. - (дата обращения – 24.03.2018).

14. *Седнев В.А.* Методика обоснования и оценки эффективности комплекса средств механизации работ по развёртыванию аварийно-спасательных формирований [Электронный ресурс] / В.А. Седнев // Интернет-журнал Академии ГПС МЧС России «Технологии техносферной безопасности». Выпуск № 1 (65), 2016 г. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>. (Дата обращения - 18.08.2018).

15. *Сильников М.В.* Проблемы организации обеспечения безопасности при перевозке аварийно химически опасных веществ железнодорожным транспортом [Текст] / М.В. Сильников и др. // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. - 2016. - № 3. - С. 28-32.

УДК 614.842

*Р. И. Харламов, И. С. Бачихин, А. А. Смирнов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ЛИТИЙ-ТИТАНОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ КАК ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ПОЖАРНОГО ИНСТРУМЕНТА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ**

В работе изложена проблема отказа источников питания для механизированного инструмента с электроприводом. Представлен обзор существующих на сегодняшний день автономных источников питания. Предложено альтернативное решение по применению литий-титановых аккумуляторов в качестве резервных источников электроэнергии для соответствующего пожарного инструмента.

**Ключевые слова:** инструмент с электроприводом, аккумуляторы, литий-титановые аккумуляторы, источники питания.

*R. I. Kharlamov, I. S. Bachikhin, A. A. Smirnov*

## **LITHIUM-TITANIUM BATTERIES AS A POWER SOURCE OF A FIRE ELECTRICALLY POWERED TOOL**

The paper presents the problem of power failure for mechanized tools with electric drive. An overview of the existing Autonomous power sources is presented. An alternative solution for the use of lithium-titanium batteries as backup power sources for the corresponding fire tool is proposed..

**Keywords:** electric tool, batteries, lithium-titanium batteries, power supplies.

Нам известно, что для тушения пожаров, проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ используется пожарное оборудование различное по виду привода и источникам питания. Говоря об инструменте для проведения специальных работ на пожаре различают инструмент с мотоприводом, гидроприводом, пневмоприводом и электроприводом [1].

Все вышеизложенные представители механизированного инструмента по виду привода выполняют неотъемлемые задачи по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ. В данной статье речь пойдет об инструменте, работающем посредством потребления электрического тока и напряжения.

Инструменты с электрическим приводом представляют собой электро и вибробезопасные переносные агрегаты, состоящие из корпуса, встроенных в

корпусе электропривода, передаточного механизма, рабочего органа и пусковой аппаратуры [1].

Источниками питания инструментов с электроприводом при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ являются электрогенераторы постоянного тока в переносном исполнении или стационарном на базе специальных пожарных автомобилей. В свою очередь работоспособность электрогенераторов обеспечивается непосредственно от мотоагрегатов или посредством дополнительной трансмиссии от двигателя базового шасси пожарных автомобилей.

Следовательно, имея значительный набор необходимого условного оборудования, обеспечивающего выработку электроэнергии, повышается вероятность потенциальных преждевременных отказов в случае выхода хотя бы одного из перечисленных элементов источников питания.

Для решения данной проблемы предлагается провести анализ альтернативных по финансовой составляющей и эффективности источников питания, в случае отказа штатных источников для обеспечения работоспособности инструмента с электроприводом.

Идея сборки альтернативного источника питания заключается в использовании аккумуляторных батарей напряжением 12 вольт с последующим инверторным преобразованием на 220 вольт. Необходимо только определиться с выбором аккумуляторных батарей, обеспечивающих токоотдачу на обеспечение работы электроинструмента.

Свинцово-кислотный аккумулятор (рис. 1) – тип аккумуляторов, получивший широкое распространение ввиду умеренной цены, неплохого ресурса (от 500 циклов и более), высокой удельной мощности. Принцип работы свинцово-кислотных аккумуляторов основан на электрохимических реакциях свинца и диоксида свинца в водном растворе серной кислоты [2].

При подключении к электродам аккумулятора внешней нагрузки начинается электрохимическая реакция взаимодействия оксида свинца и серной кислоты, при этом металлический свинец окисляется до сульфата свинца.

Недостатками таких аккумуляторов являются: негативность хранения в разряженном состоянии, высокая чувствительность к изменению температуры, низкая плотность энергии, низкая ограниченность циклов заряда, негативное экологическое воздействие, транспортные ограничения.



**Рис. 1.** Свинцово-кислотный аккумулятор

Принцип и устройство гелевого аккумулятора аналогичны кислотному. В нем так же кислота и дистиллированная вода, вот только в кислоту добавлена двуокись кремния, которая и превращает получившийся электролит в гелеобразную жидкость.

AGM (Absorbent Glass Mat (рис. 2) – пропитанный стекло-мат/стекловолокно). В этих батарейках электролит не залит как все привыкли, внутри корпуса находится стекловолокно, пропитанное электролитом.

Аккумуляторы AGM имеют дополнительные преимущества: высокие пусковые токи, длительный срок службы, отсутствует принципиальная возможность утечки, очень устойчивая работа при низких температурах, быстрая зарядка, он может принимать до 30% силы тока от емкости как и гелевый, их можно устанавливать в любом положении, что бывает необходимо при расположении дополнительного питания в нестандартных местах. К недостаткам можно отнести высокую цену (по сравнению с кислотными) и возможно большой вес [3].

Аккумуляторы, построенные на основе различных соединений лития (рис. 3), сейчас являются одними из наиболее емких и компактных, за что и получили широкое распространение. В настоящее время, наиболее эффективными считаются литий-титановые элементы. Электроды из диоксида титана позволяют увеличить удельную емкость аккумулятора на 60% при этом используя материал значительно менее дорогой в производстве, более долговечный и позволяющий уменьшить время заряда по сравнению с обычной графитовой литий-ионной батареей.

Литий-титанатные аккумуляторы  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  (более сокращённое название - LTO) представляют собой серьёзную заявку на большую часть рынка аккумуляторов. Характеристики таких аккумуляторов выглядят внушительно: количе-



**Рис. 2.** Аккумулятор с AGM-технологией



**Рис. 3.** Литий-титановые элементы



ство циклов заряд–разряд до падения ёмкости на 20% (при токе разряда 0.5 C – 10 000 000, при токе разряда 3 C – более 10 000), максимальный ток заряда – 10 C (заряд до 80% ёмкости за 5 минут - некоторые модели за 1 минуту), срок годности более 10 000 циклов, в то время как обычные литий-ионные батареи 800 циклов, внутреннее сопротивление ~1.0 мОм, работа при температурах до –40 °С, саморазряд – 2–5% в месяц, пожаро и взрывобезопасность в сравнении с обычными Li-ion аккумуляторами.

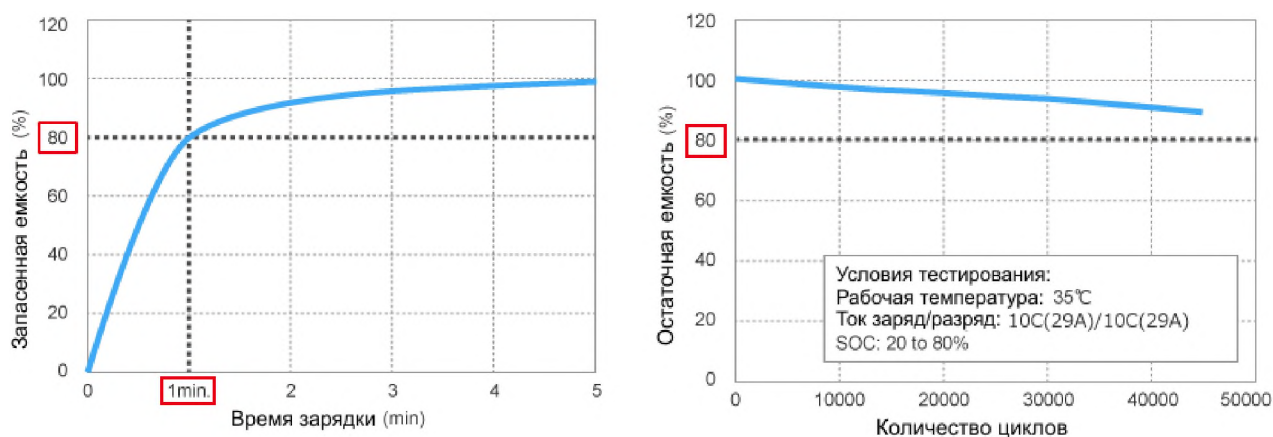


Рис. 4. Параметры эксплуатации литий-титановых аккумуляторов

Благодаря таким преимуществам литий-титанатных аккумуляторов, как высокая безопасность, высокая стабильность, длительный срок эксплуатации, батареи из литий-титаната могут получить широкое применение в пожарной технике и пожарной охране в целом.

В данный момент литий-титанатные аккумуляторы находятся в стадии активного распространения на новые и новые отрасли. Ограничивающим является лишь тот фактор, что об этом виде аккумуляторов известно еще не многим.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50982-2009 Техника пожарная. Инструмент для проведения специальных работ на пожарах. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. Свинцово-кислотные аккумуляторы URL: <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения: 30.08.2018).
3. AGM-технология URL: <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения: 30.08.2018).
4. Литий-титанатные аккумуляторы или Lithium Titanium Oxide (LTO) батареи и их преимущества URL: <http://ndft.com.ua/litij-titanatnye-akkumulyatory-ili-lithium-titanium-oxide-lto-batarei-i-ih-preimushchestva> (дата обращения: 30.08.2018).

УДК 614.842

*Р. И. Харламов, А. Н. Бочкарев, А. С. Ефанов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ТЕПЛОЗАЩИТНЫЙ ЭКРАН ДЛЯ ОГNETУШИТЕЛЕЙ**

В работе изложена необходимость и значимость первичных средств пожаротушения. Роль огнетушителей и особенности их применения при тушении пожаров. Обозначены основные достоинства и недостатки. Предложен проект теплозащитного экрана для переносных огнетушителей с целью защиты от теплового потока.

**Ключевые слова:** первичные средства пожаротушения, огнетушители, теплозащитный экран, тепловой поток.

*R. I. Kharlamov, A. N. Bochkarev, A. S. Efanov*

## **HEAT SHIELD FOR FIRE EXTINGUISHERS**

The paper describes the need and importance of primary fire extinguishing means. The role of fire extinguishers and features of their use in extinguishing fires. The main advantages and disadvantages are indicated. The project of heat shield for portable fire extinguishers in order to protect against heat flow is proposed.

**Keywords:** primary fire extinguishing means, fire extinguishers, heat shield, heat flux.

Первичные средства пожаротушения – переносные или передвижные средства пожаротушения, используемые для борьбы с пожаром в начальной стадии его развития. К ним относятся переносные и передвижные огнетушители, пожарные краны и средства обеспечения их использования; пожарный инвентарь; покрывала для изоляции очага возгорания.

Согласно [1], здания, сооружения и строения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения чтобы рабочий персонал имел возможность самостоятельно ликвидировать небольшие возгорания, препятствовать распространению пожара на начальной стадии его развития, до прибытия пожарных. Это сводит к минимуму причиненный возгоранием ущерб имуществу предприятий, уменьшает опасность работы пожарных, иногда исключает необходимость эвакуации персонала.

Номенклатура, количество и места размещения первичных средств пожаротушения устанавливаются в зависимости от вида горючего материала, объ-



емно-планировочных решений здания, сооружения или строения, параметров окружающей среды и мест размещения обслуживающего персонала.

Наиболее ярким представителем первичных средств пожаротушения являются огнетушители (рис. 1). Огнетушитель – это переносное или передвижное устройство, предназначенное для тушения очага пожара оператором за счет выпуска огнетушащего вещества, с ручным способом доставки к очагу пожара, приведения в действие и управления струей огнетушащего вещества [2].

Исходя из технических параметров огнетушителей, длина струи огнетушащего вещества варьируется от 3 до 6 метров. В то же время говоря о переносных огнетушителях, время действия которых составляет от 20 секунд до 1 минуты, не самым лучшим образом отражается на эффекте тушения пожара в целом. Соответственно, чем больше удастся оператору приблизиться к очагу пожара, тем выше будет эффективность его тушения. Но здесь приходится сталкиваться с очередным опасным фактором пожара, а именно высоким значением теплового потока.

На сегодняшний день существует множество средств и способов защиты от теплового потока на пожаре, но в большинстве случаев они используются пожарно-спасательными подразделениями при непосредственном тушении. Примерами таковых являются мобильные теплозащитные экраны (рис.2), водяные завесы (рис.3), теплоотражающие костюмы (рис.4), боевая одежда и снаряжение пожарных.



**Рис. 1.** Внешний вид огнетушителя



**Рис. 2.** Теплозащитный экран «Согда-2А»



**Рис. 3.** Защитная водяная завеса

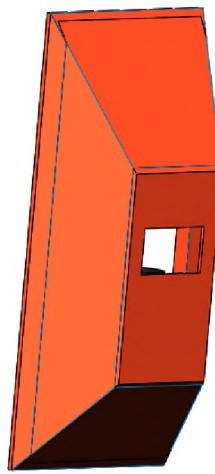


**Рис. 4.** Теплоотражающий костюм

Для решения проблемы воздействия теплового потока в случае тушения пожаров переносным огнетушителем, авторский коллектив предлагает проект теплозащитного экрана для всех переносных огнетушителей (рис. 5).

Идея заключается в изготовлении теплозащитного экрана из максимально облегченных на сегодняшний день материалов (стекломат, полиэфирная смола, асбестовые материалы и т.д.) с дальнейшей обработкой огнезащитными составами. Габаритные размеры 1000x500 мм. Во внутренней части экрана предполагается смонтировать жесткое крепление для огнетушителя в виде быстроразъемных хомутов.

На рис. 6 изображен теплозащитный экран с уже закрепленным огнетушителем. Эргономика, вес всего оборудования обеспечит достаточную маневренность при работе с огнетушителем. Теплозащитный экран возможно размещать рядом с огнетушителями и использовать их совместно в случае возникновения пожаров, в результате чего воздействие теплового потока на оператора исключается, что позволит обеспечить минимальную дистанцию до очага пожара и тем самым повысит эффективность тушения пожара.



**Рис. 5.** Трехмерная модель теплозащитного экрана для огнетушителей



**Рис. 6.** Крепление огнетушителя в теплозащитном экране

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон от 22.07.2008г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
2. СП 9.13130.2009. Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации. - М.:ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.-21с.
3. *Теребнев В.В.* Пожарная техника. Первичные средства пожаротушения. Книга 1. Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2012. - 88 с.

УДК 614.846

*Р. И. Харламов, В. А. Годлевский, М. А. Колбашов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНТИФРИКЦИОННЫЕ ПРИСАДКИ ДЛЯ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

В работе изложена проблема преждевременного износа взаимодействующих элементов узлов и агрегатов пожарных автомобилей, представлен анализ существующих на сегодняшний день смазывающих компонентов и присадок и намечены решения для решения проблем трения с учетом условий эксплуатации пожарных автомобилей.

**Ключевые слова:** пожарный автомобиль, трение, износ, смазочный слой, присадки.

*R. I. Kharlamov, V. A. Godlevsky, M. A. Kolbashov*

## **ANTIFRICTION ADDITIVES FOR LUBRICATING OILS COMPONENTS AND ASSEMBLIES FIRE TRUCKS**

The paper presents the problem of premature wear of interacting elements of components and assemblies of fire trucks, presents an analysis of existing to date lubricating components and additives and outlined solutions to solve friction problems taking into account the operating conditions of fire trucks.

**Keywords:** fire truck, friction, wear, lubrication, additives.

Пожарный автомобиль как транспортное средство не сильно отличается от грузовиков, работающих в общих отраслях народного хозяйства, однако существенно отличается по условиям эксплуатации, что заставляет особым образом заботиться о его надежности. В первую очередь заметны следующие эксплуатационные отличия:

- ограниченное время подготовки к выезду и связанный с этим недостаточный прогрев двигателя;
- движение к месту пожара с максимально возможной скоростью и с максимальной нагрузкой (полный комплект пожарно-технического вооружения, максимально загруженные емкости с огнетушащим веществом);
- возможность движения к месту пожара по бездорожью;
- неравномерность работы систем и механизмов (частый переход с одного нагрузочного режима на другой, частые разгоны и торможения);
- большая доля времени (около 70%) работы автомобильного двигателя «на насос», т.е. в режиме высокой частоты;

– всепогодный характер работы, в том числе во время выпадения осадков (дождя, снега), в условиях высоких или, наоборот, низких температур.

В силу перечисленных особенностей интенсивность изменения технического состояния ПА в процессе эксплуатации существенно выше, чем у автомобилей общего назначения. Отсюда можно сформулировать перспективные задачи трибологического совершенствования ПА.

– повышение эффективности фильтрации воздуха, поступающего в двигатель, для предотвращения повышенного абразивного износа элементов двигателя при движении по грунтовым дорогам в условиях повышенной запыленности;

– применение моторных и трансмиссионных масел с улучшенными температурно-вязкостными характеристиками и эффективными пакетами функциональных присадок; перспективными в этом отношении являются антизадирные агенты типа металлоплакирующих присадок, модификаторов трения (в частности, так называемых «геомодификаторов»), поверхностно-активных адсорбатов, нанокпозиционных твердых присадок.

– конструктивное совершенствование работы агрегатов трансмиссии, обеспечивающее отсутствие ударов, вибраций и перегрузок.

Исходя из вышеизложенного предлагается проанализировать существующие на сегодняшний день смазочные вещества с целью их оптимизации под условия работы узлов и агрегатов пожарных автомобилей.

Смазочные масла делятся на масла общего применения и специализированные. Основное назначение смазочных масел – снизить износ и трение машин. Основным считается требование снижения износа [2]. Однако, если учитывать, что на практике обычно реализуется смешанный режим трения, то при условии достаточной несущей способности образованных смазочным материалом адсорбированных или хемосорбированных слоев требование минимизации износа будет выполнено автоматически, т. е. антифрикционные свойства смазочных веществ можно считать основными. Это подтверждается тем, что доля применения антифрикционных смазок составляет величину порядка 75% от смазок всех сортов [3].

Смазочные свойства обеспечивают работоспособность масел путем снижения или предупреждения всех видов износа (противоизносные свойства) и снижения (или модификации) трения (фрикционные свойства). Эти свойства являются итогом реализации объемных и поверхностных свойств. Объемные свойства масла более важны при гидродинамическом режиме трения. Важнейшее из объемных свойств – вязкость. Поверхностные (физико-химические и химические) свойства масла, определяют способность образовывать адсорбированные или хемосорбированные слои. Следует отметить, что при реализации смешанного режима трения мы имеем суммарный эффект как объемных, так и поверхностных свойств масел.

Несмотря на то, что смазочные масла сами по себе способны образовывать на поверхности металлов граничные смазочные слои, довольно низкая несущая способность этих слоев приводит к необходимости ввода в базовые масла различных присадок. Назначение присадок не ограничивается только улучшением антифрикционных свойств смазочного масла, они применяются для улучшения как триботехнических свойств, так и придания смазочным маслам других функциональных свойств, например, моющих.

Трибоактивные присадки по физико-химическому механизму их действия делятся на две группы [4]:

#### Поверхностно-активные присадки

Действие поверхностно-активных присадок связано с их адсорбцией на поверхности трения, в результате чего образуются прочные граничные слои, препятствующие непосредственному металлическому контакту этих поверхностей, их износу и заеданию. К таким присадкам относят естественные жиры животного и растительного происхождения (эферы глицерина и высокомолекулярных жирных кислот), жирные кислоты, из которых более эффективны непредельные; мыла жирных и нафтеновых кислот, жирные амины и амиды и другие соли органических кислот.

#### Химически активные присадки

Такие присадки наиболее широко применяются в современных тяжело нагруженных узлах трения. Вследствие фрикционного разогрева и влияния силового поля твердой фазы молекулы этих соединений при определенной температуре разлагаются, а активные компоненты молекулы вступают в химическое соединение с металлом поверхностей трения, образуя модифицированные слои, обладающие пониженным сопротивлением сдвигу и поэтому заметно снижающие коэффициент трения. Разделяя поверхности трения, эти слои предотвращают металлический контакт и тем самым устраняют адгезионный износ и заедание.

Химически активные присадки практически всегда обладают определенной поверхностной активностью. Таким образом, при невысоких температурах химически активные присадки могут обеспечить снижение трения и износа благодаря адсорбционному эффекту (как и поверхностно-активные), а при температурах, превышающих температуру разложения присадки, благодаря образованию химически модифицированных слоев.

Помимо растворимых присадок, иногда в масла добавляют *нерастворимые компоненты*, играющие роль *твердого смазочного материала*. В таком качестве применяют коллоидные дисперсии графита, дисульфида молибдена или вольфрама, диселенида ниобия — высокоанизотропных материалов со слоистой структурой, обладающих различной прочностью на срез в разных направлениях кристаллической решетки.

В соответствии с *функциональным назначением* трибоактивные присадки составляют три основные группы [4]:

#### Противоизносные

Противоизносный эффект от применения современных присадок этого назначения частично связан с их способностью образовывать прочные адсорбционные пленки на трущихся поверхностях, которые препятствуют их непосредственному контакту.

Противозадирные.

Целью применения противозадирных присадок является стремление избежать задира смазанных узлов трения.

Антифрикционные.

Цель применения присадок такого типа — снижение энергетических потерь в трибосопряжениях, а также устранение релаксационных автоколебаний при трении.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что большинство используемых присадок характеризуются ярко выраженными поверхностно-активными свойствами и способны образовывать на поверхностях трения прочные граничные смазочные слои. Эти слои работоспособны только при достаточно невысоких пределах температур, и при ее повышении разрушаются [2]. Так как многие присадки имеют в составе молекул активные компоненты, то после разрушения молекулярного строения происходят химические реакции данных компонентов с поверхностью трения, что приводит к образованию новых граничных слоев работоспособных при повышенных температурах [4, 5].

Таким образом, чтобы выполнять работу по подбору старых и созданию новых видов присадок, необходимо хорошо представлять то, как происходит процесс образования граничных слоев в узлах и агрегатах пожарной техники и что с ними происходит в процессе трения [6,7]. Для решения этой задачи требуется рассмотреть не только уже существующие в трибологии методы исследования смазочных слоев, но и проанализировать, что известно на данный момент о строении граничных смазочных слоев.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Мышкин Н.К., Свириденко А.И., Ткачук Д.В. Тенденции в развитии трибологии // Сб. мат-лов Науч.-техн. конф. с участием иностранных специалистов «Трибология – машиностроению», Москва, 2008 г. НИИМАШ им. Благонравова, 1-2 октября 2008. Электронный ресурс.
2. Розенберг Ю.А. Влияние смазочных масел на надежность и долговечность машин. М.: Машиностроение, 1972. 524 с.
3. Словарь по топливам, маслам, смазкам присадкам и специальным жидкостям: Химотологический словарь / К.К. Папок, М.А. Рагозин.—4-е изд., перераб. и доп.—М.: Химия, 1975. 392 с.

4. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский и др. М.: Машиностроение, 1989. 224 с.

5. *Матвеевский Р.М.* Температурная стойкость граничных смазочных слоев и твердых смазочных покрытий при трении металлов и сплавов. М.: Наука, 1971. 277 с.

6. *Адамсон А.* Физическая химия поверхностей / Пер. с англ. к. т. н. И. Г. Абидора. М.: Мир, 1979. 567 с.

7. *Ахматов А.С.* Молекулярная физика граничного трения М.: Физматгиз, 1963. 472 с

УДК 614.842

***Р. И. Харламов, М. А. Колбашов, И. В. Сараев***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **МЕХАНИЧЕСКИЙ ПРИВОД ДЛЯ ШИБЕРНОГО НАСОСА**

В работе изложена проблема забора огнетушащих веществ из открытых водоемов посредством вакуумных систем центробежных насосов. Предложено решение по модернизации электропривода шиберного насоса в механический, от трансмиссии центробежного насоса.

**Ключевые слова:** центробежный насос, шиберный (пластинчатый насос), забор воды, привод.

***R. I. Kharlamov, M. A. Kolbashov, I. V. Saraev***

## **MECHANICAL DRIVE FOR THE SLIDE PUMP**

The paper presents the problem of fire extinguishing substances intake from open water sources by means of vacuum systems of centrifugal pumps. The decision on modernization of the electric drive of the gate pump in mechanical, from transmission of the centrifugal pump is offered.

**Keywords:** centrifugal pump, vane (rotary vane pump), the water intake, drive.

На территории Российской Федерации ежегодно происходит более 100 тысяч пожаров различной сложности, которые приносят значительный ущерб экономике государства в целом и его гражданам в частности. Из официальных источников [1] известно, что только за 10 месяцев 2017 года в России произошло 94911 пожаров с прямым ущербом в 11,1 млн. рублей.

Для успешной борьбы с пожарами и их последствиями наряду с целым комплексом мер обеспечения пожарной безопасности необходимо решать зада-

чу совершенствования пожарной техники, и в том числе - повышать эффективность работы пожарных автомобилей - автоцистерн и автонасосов - основных технических средств, при ликвидации возникшего пожара, находящихся на вооружении пожарной охраны.

Стоит отметить, что используемые в пожарной технике центробежные насосы могут начать подачу воды в пожарные рукава только после предварительного заполнения водой их рабочей полости и всасывающей линии. Вместе с тем, более чем на 30% всех пожаров подача воды пожарными автоцистернами (ПА) производится из открытых водоисточников. Одним из основных недостатков всех центробежных насосов является отсутствие возможности самостоятельного изначального забора воды из открытого водоисточника, в связи с чем все центробежные насосы оборудуются дополнительной вакуумной системой, которая в 80% представлена шиберными (пластинчатыми) насосами (рис. 1).

Не вызывает сомнений удобство и эргономичность эксплуатации шиберных насосов, но зачастую данный тип насосов выходит из строя, при попадании, например, небольшой изморози, на блок управления насоса. Также не стоит забывать золотое правило «больше электроники – больше поломок».

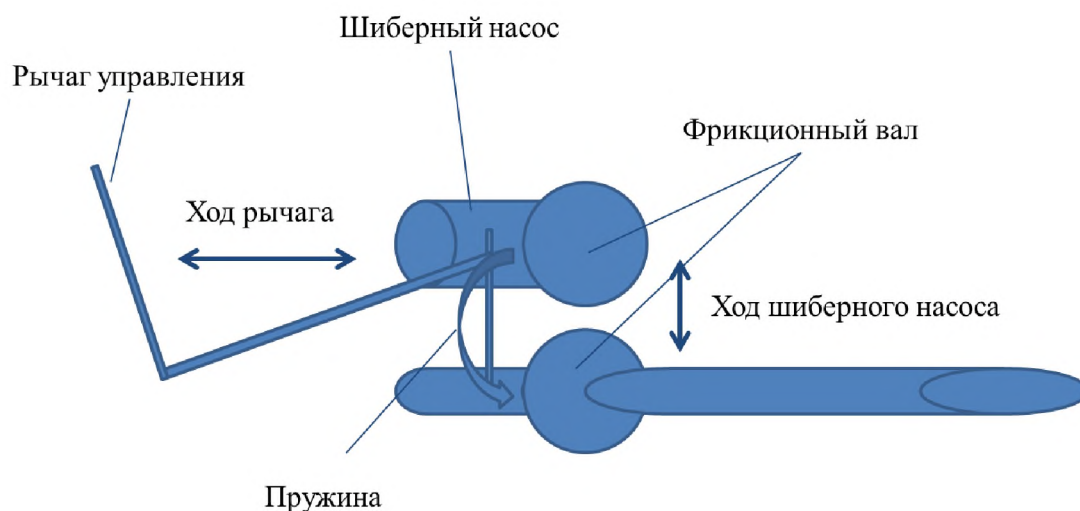
Все мы прекрасно знаем, что силовая установка (насос) не будет работать без его предварительного заполнения водой. Из чего следует, что именно от исправности шиберного насоса во многом и будет зависеть оперативность подачи огнетушащих веществ на тушение пожара.

Суть идеи заключается в следующем - мы предлагаем использовать в качестве источника энергии для запуска шиберного насоса не электрический привод, как это происходит в настоящее время, а механический, запускающийся путём сообщения вала шиберного насоса с валом насоса посредством разъёмной фрикционной (путём трения) передачи вращательного типа для передачи вращательного момента от вала насоса валу шиберного насоса. Ниже представлена принципиальная схема крепления шиберного насоса (рис. 2).



**Рис. 1.** Вакуумная система центробежных насосов





**Рис. 2.** Принципиальная схема крепления шиберного насоса

После того, как рычаг управления шиберным насосом опускается в нижнее положение, фрикционный валик шиберного насоса прижимается к валику вала насоса пружинами, предназначенными для предотвращения «отскока» валиков и их плотного «прижима», после чего происходит заполнение рабочей полости насоса ПА (рис. 3). После заполнения рабочей полости насоса ПА излишняя вода будет изливаться из сливного шланга, предназначенного для снижения избыточного давления в полости насоса ПА и высвобождения излишков воды. При заполнении рабочей полости насоса ПА, рычаг управления шиберным насосом переводится в верхнее положение для его отключения.

Достоинства предлагаемой фрикционной передачи:

1. Простота конструкции, простая форма рабочих тел (катков) и относительно низкая стоимость.
2. Плавность и бесшумность работы, в том числе и при высоких скоростях.
3. Возможность бесступенчатого регулирования передаточного числа, причем на ходу, без остановки передачи.

Возможность пробуксовки при перегрузке, т. е. фрикционная передача способна выполнять функцию своеобразного механического предохранителя, избавляющего дорогостоящие узлы и детали насоса от поломки при неожиданных перегрузках.

Таким образом предлагаемая конструкция монтажа привода шиберного насоса будет востребована во всех пожарно-спасательных подразделениях, обеспечивая наиболее успешное выполнение задач по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Сведения о пожарах и их последствиях за январь-сентябрь 2017 г. URL: [http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2017\\_god](http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2017_god) (дата обращения: 15.01.2018).
2. Техника и оборудование URL: <http://52.mchs.gov.ru/folder/1576659> (дата обращения: 19.02.2018).
3. Пожарная техника / М.Д. Безбородько. М.: Академия ГПС МЧС России. 2004. 289с.
4. Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 289с.
5. Расчеты опор с подшипниками качения / М.В. Фомин. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 64с.

УДК 502

*О. М. Холодов, Н. Р. Аббасов, М. Ю. Соловьева*

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж

### **ВЛИЯНИЕ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НА ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОСТАВ АЭРОДРОМА**

В статье рассматривается, как на членов экипажа в процессе трудовой деятельности могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы.

**Ключевые слова:** безопасность, опасные факторы, инструктаж.

*O. M. Kholodov, N. R. Abbasov, M. U. Solovieva*

### **ASSESSMENT OF HARMFUL AND HAZARDOUS FACTORS AT THE AIRPORT**

The article discusses how members of the crew in the course of employment may be affected by hazardous and harmful production factors.

**Keywords:** safety, hazards, instructions.

Изучение вопроса влияния вредных и опасных факторов на летно-технический состав аэродрома, позволяет определить *«вредный производственный фактор»*, как производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определённых условиях, приводит к заболеванию или снижению работоспособности. Вместе с тем – *«опасный производственный фак-*

*тор»* – это производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определённых условиях, приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья [3].

Основные требования по охране труда летно-технического состава при выполнении ими своих должностных обязанностей и специальные требования, обеспечивающие безопасность труда членов экипажа в процессе подготовки определяют, что летно-технический состав самолета независимо от квалификации и стажа работы должен своевременно и в полном объеме пройти все виды инструктажа по безопасности труда (вводный, первичный на рабочем месте, повторный). При перерывах в летной работе более чем на 60 календарных дней, а также в случае нарушения требований инструкции по охране труда, члены экипажа должны пройти внеплановый инструктаж (индивидуально или всем экипажем самолета). Лица, не прошедшие инструктаж, к работе не допускаются.

Во время работы на летно-технический состав могут оказывать воздействие в основном следующие опасные и вредные производственные факторы:

- пожар или взрыв на воздушном судне;
- струи отработавших газов авиадвигателей, а также камни, песок и другие предметы, попавшие в них;
- разряды статического электричества;
- электрический ток, который в случае замыкания может пройти через тело человека;
- вращающиеся винты стоящих на стоянках самолетов и вертолетов;
- движущиеся по территории аэродрома воздушные суда, спецавтотранспорт и самоходные механизмы;
- воздушные всасывающие потоки, движущиеся с большой скоростью (зона сопел авиадвигателей);
- выступающие части самолета и его оборудования (острые кромки антенн, незакрытые створки люков, лючков и т.п.);
- повышенное скольжение (вследствие обледенения, увлажнения и замасливания поверхностей самолета, трапа, стремянок, места стоянки и покрытия аэродрома);
- предметы, находящиеся на поверхности места стоянки самолета (шланги, кабели, тросы заземления и др.);
- выполнение работы вблизи от неогражденных перепадов по высоте (на стремянке, приставной лестнице, плоскости самолета, у незакрытого люка, входной двери и т. п.);
- острые кромки, заусенцы, шероховатость на поверхности оборудования, грузов, канатов и т.п.;
- перемещаемые грузы во время погрузки-выгрузки самолета;
- падающие грузы, обрушающиеся конструкции грузоподъемных механизмов;
- повышенный уровень шума от работающих авиадвигателей;
- повышенная или пониженная температура и влажность воздуха;

- недостаточная освещенность рабочей зоны, места стоянки самолета, перрона.

Для контроля состояния здоровья члены экипажа должны ежегодно проходить медицинское освидетельствование во врачебно-летной экспертной комиссии и периодические медицинские осмотры в установленном порядке.

Члены экипажа, не прошедшие периодический медицинский осмотр и годовое освидетельствование во ВЛЭК, к летной работе не допускаются. Члены экипажа должны пользоваться спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты в соответствии с действующими Нормами.

В случае заболевания, плохого самочувствия, недостаточно предполетного отдыха (при нахождении вне места базирования) члены экипажа обязаны доложить о своем состоянии командиру воздушного судна и обратиться за медицинской помощью.

Если с летно-техническим составом произошел несчастный случай, то ему необходимо оказать медицинскую помощь и сообщить о случившемся в установленном порядке для организации расследования этого случая в соответствии с действующими Положением о порядке расследования и учета несчастных случаев на производстве.

Члены экипажа и технический персонал должны уметь оказать первую доврачебную помощь, пользоваться бортовой медицинской аптечкой.

Члены экипажа должны соблюдать установленный для них режим рабочего времени и времени отдыха: нормы полетного времени, предполетного и послеполетного отдыха, правила поведения во время нахождения на дежурстве, в резерве и т.д.

Для предупреждения возможности возникновения пожаров и взрывов летно-технический состав должен сам соблюдать требования пожаро- и взрывобезопасности и не допускать нарушений со стороны пассажиров (не курить на месте стоянки воздушного судна, не пользоваться открытым огнем и т.п.).

Летно-технический состав, не соблюдающий требования инструкции по охране труда, может быть привлечен к дисциплинарной ответственности. Если нарушение инструкции связано с причинением предприятию материального ущерба, виновные могут привлекаться к материальной ответственности в установленном порядке [1].

Между вредными и опасными производственными факторами наблюдается определенная взаимосвязь. Во многих случаях наличие вредных факторов способствует проявлению травмоопасных факторов. Например, чрезмерная влажность в производственном помещении и наличие токопроводящей пыли (вредные факторы) повышают опасность поражения летно-технического состава электрическим током (опасный фактор). **Вредные условия труда** – это условия труда, характеризующиеся наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающие неблагоприятное

воздействие на организмы членов экипажа и технический персонал и (или) их потомство.

Следует иметь в виду, что одни опасности влияют только на человека (вращающиеся части машин, отлетающие частицы металла), а другие – как на человека, так и на среду, окружающую рабочие места (шум, пыль). Риск – количественная оценка опасности, т.е. отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определённый период. Знание уровня риска позволяет сделать определённое заключение о целесообразности (или нецелесообразности) дальнейших усилий для повышения безопасности того или иного рода деятельности с учётом экономических, технических и гуманитарных соображений [2].

Полная безопасность не может быть гарантирована никому, не зависимо от образа жизни. Поэтому современный мир пришел к понятию приемлемого (допустимого) риска, суть которого в стремлении к такой малой безопасности, которую приемлет общество в данный период времени. Во всём мире за приемлемый риск принята величина 10<sup>-6</sup> степени. Пренебрежительно малым считается индивидуальный риск гибели 10<sup>-8</sup>.

Вывод: Свойство опасности проявляется только в определённых условиях, называемых потенциальностью. Уберечь членов экипажей и технический персонал от скрытых потенциальных опасностей удастся не всегда, так как, во-первых, некоторые опасности носят скрытый характер, обнаруживаются не сразу, возникают неожиданно, непредвиденно; во-вторых, сотрудники не всегда выполняют правил безопасности, которые им хорошо известны.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Василенко А.Е., Воробьев В.И., Салеев В.Н., Столяров М.А.* Типовая инструкция по охране труда для летного состава экипажа самолета Ил-76 (ТОИ Р-54-004-96. утв. Минтранс России 10.04.1996). – 493 с.
2. *Васнов В.А., Мишин А.Т., Смирнов Б.И.* Основы безопасности жизнедеятельности / В.А. Васнов, А.Т. Мишин, Б.И. Смирнов. – М.: Просвещение, 2009. – 204 с.
3. *Холодов О.М., Альдааджех С.А.* Вредные и опасные факторы влияющие на летно-технический состав аэродрома / О.М. Холодов, С.А. Альдааджех // VIII Научно-практическая региональная студенческая конференция с международным участием «Медико-биологические и естественно-научные аспекты физической культуры и спорта» – Воронеж: ВГИФК, 2018. – С. 5-8

УДК 614.841.33

*А. С. Швырков, С. А. Горячев, С. А. Швырков*  
ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ ЗАЩИТНОЙ СТЕНКИ РЕЗЕРВУАРОВ ТИПА «СТАКАН В СТАКАНЕ»**

Экспериментально определена минимальная высота защитной стенки резервуаров типа «стакан в стакане», при которой не происходит перелива жидкости в случае полного разрушения внутреннего резервуара.

**Ключевые слова:** резервуар типа «стакан в стакане», разрушение, эксперимент, высота защитной стенки.

*A. S. Shvyrkov, S. A. Gorychev, S. A. Shvyrkov*

## **THE RESULTS OF THE EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE MINIMUM HEIGHT OF THE PROTECTIVE WALL TANKS OF THE TYPE «GLASS IN THE GLASS»**

Experimentally determined the minimum height of the protective wall tanks of the type «glass in the glass», where liquid overflow does not occur in the case of total destruction of the inner tank.

**Keywords:** tank type «glass in the glass», destruction, experiment, the height of the protective wall.

К современным технологиям по ограничению аварийного пролива нефти или нефтепродуктов в резервуарных парках следует отнести устройство вертикальных стальных цилиндрических резервуаров типа «стакан в стакане» (далее – РВСЗС). Такие сооружения состоят из внутреннего (основного) резервуара, предназначенного для хранения продукта, и наружного резервуара – защитной стенки для удержания продукта в случае аварии или нарушения герметичности основного резервуара [1–3].

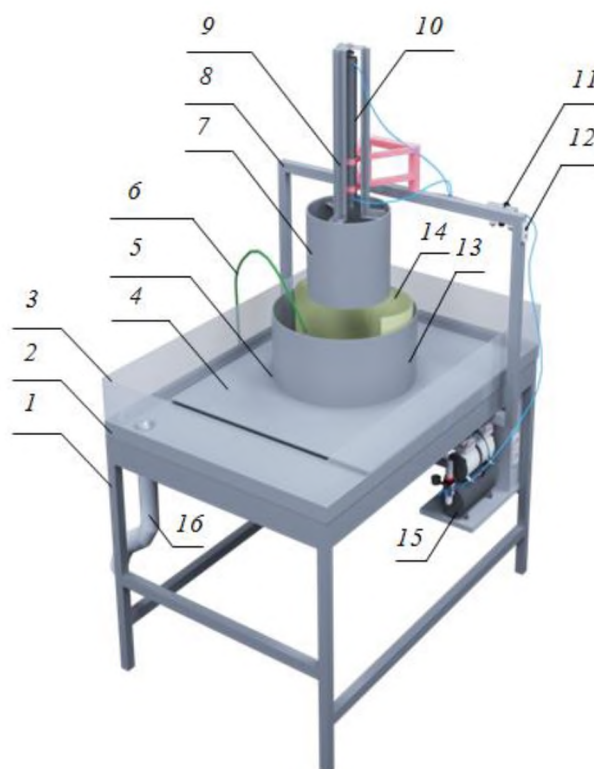
Анализ требований нормативных документов в области обеспечения промышленной безопасности РВСЗС [4] показал, что в них имеются существенные несоответствия. Так, в частности, указывается, что высота защитной стенки

должна составлять не менее 80 % от высоты стенки основного резервуара при ширине межстенного пространства не менее 1,8 м. Однако требование к максимальной ширине межстенного пространства, которая, очевидно, будет непосредственно влиять на высоту защитной стенки, нормами не установлено. Следует также отметить, что содержащиеся в действующем нормативном документе в области обеспечения пожарной безопасности складов нефти и нефтепродуктов [5] положения не распространяются на РВСЗС, при этом иные нормативные документы, регламентирующие требования пожарной безопасности к таким типам резервуаров, отсутствуют.

Таким образом, для возможности нормирования требований пожарной безопасности к РВСЗС актуальны исследования, направленные, прежде всего, на определение геометрических параметров защитной стенки.

Для решения указанной задачи были проведены экспериментальные исследования по определению минимальной высоты защитной стенки, при которой будет исключен перелив жидкости в случае полного разрушения внутреннего резервуара. Исходя из необходимости обслуживания оборудования и проведения ремонтных работ, а также с учетом экономического эффекта от применения защитной стенки, ширина межстенного пространства принята в диапазоне 1,5–3,0 м. Эксперименты проводились на лабораторном стенде (рис. 1), позволяющем моделировать процесс образования потока жидкости при полном разрушении резервуара, подробное описание которого приведено в работе [6].

На рис. 1 приняты следующие обозначения: 1 – каркас из стального профиля (В×Ш×Г: 0,9×1,6×1,1 м); 2 – столешница в виде поддона из нержавеющей стали с высотой борта 0,05 м; 3 – экраны из прозрачного органического стекла высотой 0,025 м; 4 – основание из листового алюминия толщиной 0,01 м с четырьмя регулируемыми по высоте опорами и двумя встроенными пузырьковыми горизонтальными уровнями; 5 – уплотнительное резиновое кольцо; 6 – шланг с краном для заполнения водой модельного резервуара; 7 – обечайка мо-



**Рис. 1.** Принципиальная схема стенда для изучения перелива потока жидкости, образующегося при разрушении внутреннего резервуара, через защитную стенку

дельного резервуара диаметром 0,35 м и высотой 0,3 м; 8 – стальная рама, жёстко закреплённая на каркасе стенда; 9 – три направляющие, жёстко закреплённые на обечайке модельного резервуара; 10 – пневматический поршень с узлом крепления направляющих к его штоку; 11 – манометр с датчиками давления; 12 – кнопки управления резким подъёмом модельного резервуара и его плавным опусканием на уплотнительное резиновое кольцо; 13 – защитные стенки в виде стальных цилиндрических обечаек; 14 – вкладыш для имитации квазимгновенного разрушения внутреннего резервуара (вкладыш представляет собой свернутый в цилиндр и вставленный внутрь обечайки 7 лист поликарбоната толщиной 0,0006 м, шириной 0,3 м, который при заполнении резервуара водой плотно прижимается к его обечайке по всей длине); 15 – воздушный поршневой компрессор с ресивером; 16 – сливная арматура в трубопровод канализации.

Методика проведения экспериментов заключалась в следующем. В выбранном масштабе моделирования (1:30 по отношению к натурному резервуару типа РВС-700 м<sup>3</sup>) на расстояниях 0,05, 0,07, 0,08 и 0,10 м (соответственно 1,5, 2,1, 2,4 и 3,0 м для натурального объекта) от стенки модельного резервуара (7) устанавливали защитную стенку (13), имеющую необходимую для полного удержания жидкости начальную высоту при статическом воздействии с учетом превышения на 0,03 м (на 1,0 м для натурального объекта) уровня жидкости в соответствии с требованиями [1–3]. На защитную стенку дополнительно крепили цилиндрическую обечайку с замковым устройством, позволяющим перемещать её вверх/вниз по защитной стенке (рис. 2). Посредством компрессора (15) в поршень (10) нагнетали воздух. Используя кнопки управления (12) модельный резервуар (7) под давлением опускали и прижимали к уплотнительному кольцу (5) стенда, обеспечивая условие герметичности. В резервуар (7) заливали воду до максимального уровня (0,3 м), предварительно установив внутри его обечайки вкладыш (14). Посредством компрессора в поршень вновь нагнетали воздух. Используя кнопки управления модельный резервуар под давлением резко поднимали вверх, освобождая вкладыш, который под действием напора воды свободно раскрывался на 180°, имитируя разрушение резервуара по вертикальному шву [7]. Образовавшийся поток жидкости набегал на защитную стенку и перехлестывал через нее (рис. 3).

Затем дополнительную цилиндрическую обечайку постепенно с шагом 0,001 м перемещали вверх по защитной стенке, закрепляли и повторяли опыты до тех пор, пока жидкость полностью не удерживалась в границах ограждения; измеряли высоту стенки. Аналогично были проведены опыты для защитных стенок, установленных от модельного резервуара на всех указанных выше расстояниях. На рис. 4 представлены результаты экспериментов, а также приведены для сравнения расчетная зависимость по статическому удержанию жидкости [5] и зависимость при высоте защитной стенки, соответствующей 80 % от



первоначальной высоты жидкости в резервуаре [1, 2].

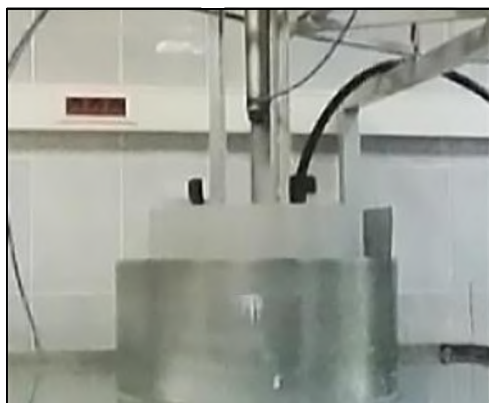


Рис. 2. Общий вид модельного резервуара с дополнительной цилиндрической обечайкой

Рис. 3. Фрагмент характерного перелива жидкости через защитную стенку

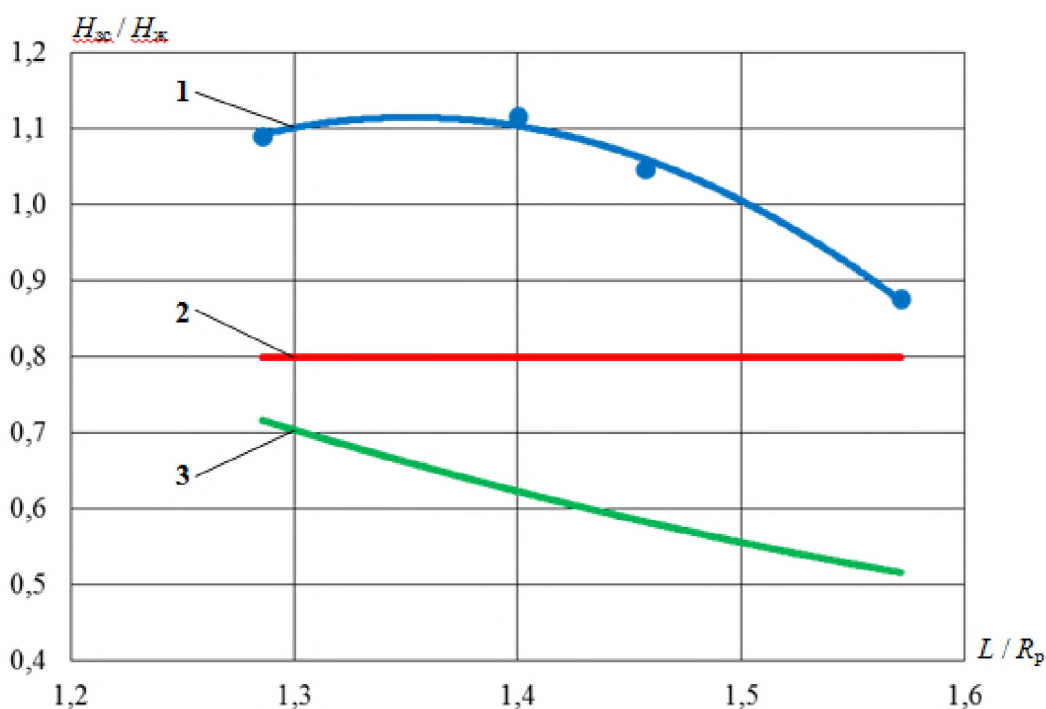


Рис. 4. Графические зависимости для определения минимальной высоты защитной стенки резервуаров типа «стакан в стакане» от ее расстояния до стенки внутреннего резервуара: 1 – экспериментальная зависимость при гидродинамическом воздействии потока жидкости; 2 – нормативная зависимость при высоте стенки 80 % от первоначального уровня жидкости в резервуаре; 3 – расчетная зависимость по статическому удержанию пролитой жидкости;  $H_{zc}$  – высота защитной стенки;  $H_{ж}$  – первоначальный уровень жидкости в резервуаре;  $L$  – расстояние от центра резервуара до защитной стенки;  $R_p$  – радиус резервуара

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

- в исследуемом диапазоне расстояний, на которых размещалась защитная стенка (от 1,5 до 3,0 м), ее высота для полного удержания жидкости значительно выше не только высоты стенки, рассчитанной на статическое удержание пролитой жидкости, но и нормативно заявленной высоты – 80 % от первоначального уровня жидкости в резервуаре;
- на расстояниях от 1,5 до 2,6 м от стенки внутреннего резервуара высота защитной стенки превышает высоту стенки основного резервуара, что, очевидно, является нецелесообразным;
- наиболее эффективным для полного удержания жидкости в пределах ограждения при минимальной высоте защитной стенки является межстенное пространство шириной 3,0 м, однако и в этом случае высота защитной стенки выше нормативно рекомендуемой;
- для снижения высоты защитной стенки, как минимум, до нормативно установленного значения, необходимо предусмотреть дополнительные технические решения, например, обустройство стенки волноотражающим козырьком, что требует специальных исследований.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. СТО-СА-03-002-2009. Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.
2. РБ 03-69–2013. Руководство по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.
3. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
4. Швырков С.А., Горячев С.А., Швырков А.С. Актуальные вопросы нормирования требований пожарной безопасности к защитной стенке нефтяных резервуаров типа «стакан в стакане» [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 3. – 8 с. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-3/32-03-16.ttb.pdf>.
5. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.
6. Швырков С.А., Горячев С.А., Воробьев В.В., Швырков А.С. Лабораторное моделирование волны прорыва при разрушении резервуара типа «стакан в стакане» [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 2. – 8 с. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-2/23-02-17.ttb.pdf>.
7. Швырков С.А. Пожарный риск при квазимгновенном разрушении нефтяного резервуара: монография / Швырков Сергей Александрович. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 289 с.

УДК 614.895

*А. Э. Шингалеев, Д. Г. Снегирев*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕРМОСТОЙКИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены текстильные материалы с повышенной термо- и огнестойкостью, используемые для изготовления защитной одежды. Описаны их основные физико-механические свойства и условия практического применения.

**Ключевые слова:** защитная одежда, термозащитные текстильные материалы, рабочая температура, термостойкость, огнестойкость, огнестойкая пропитка, термопирен.

*A. E. Shingaleev, D. G. Snegirev*

## CLASSIFICATION OF HEAT-RESISTANT TEXTILE MATERIALS

We consider textile materials with increased thermal and fire resistance, used for the production of protective clothing. Their basic physical and mechanical properties and conditions of practical application are described.

**Keywords:** protective clothing, thermal protective textile materials, working temperature, heat resistance, fire resistance, fireproof impregnation, thermopyrene.

Длительное воздействие теплового излучения и наличие высоких температур в эпицентре пожара приводит к нарушению функционирования всех систем жизнедеятельности спасателя. Поэтому большое значение уделяется разработке новых и усовершенствованию имеющихся типов текстильного материала используемых при создании боевой одежды пожарно-спасательных подразделений МЧС России. Широкое использование защитной одежды для них обуславливает постоянный рост ассортимента текстильных материалов с повышенными термо- и огнестойкими свойствами, экологической безопасностью при практическом применении (рис. 1).

Увеличение термо- и огнестойкости текстильного материала спецодежды позволяет повысить ее устойчивость к воспламенению и уменьшению деструкции при длительном термическом воздействии. Это напрямую связано с возможностью увеличения времени нахождения пожарного в зоне ликвидации чрезвычайной ситуации.

Выбор текстильного материала для изготовления спецодежды в значительной степени зависит от условий ее эксплуатации. В качестве огне- и термозащитных текстильных материалов используют следующие типы ткани: натуральные и синтетические ткани с огнестойкой пропиткой; стеклоткани; асбестовые ткани; кремнеземные материалы; базальтовые ткани; арселоновые и арамидные ткани.

Для защитной одежды используются натуральные льняные, хлопчатобумажные и синтетические полиэфирные ткани плотностью от 400 до 700 г/м<sup>2</sup>.

Недостатком натуральных волокон является их гигроскопичность (способность поглощать влагу), кроме того, они имеют относительно невысокую прочность на разрыв 40 - 80 кг/мм<sup>2</sup> [1].

Поэтому часто используются смесовые ткани, состоящие из 10 % армированной полиэфирной нити и 90 % хлопкового волокна. Армирование полиэфирной нити позволяет увеличить прочность текстильной ткани при одинаковой плотности материала и повысить ее эксплуатационные показатели. Для увеличения термостойкости, устойчивости к действию открытого пламени эти ткани обрабатывают огнестойкими пропитками и термопиренами. Недостатком защитной одежды, изготовленной из этой ткани, является недолговечность действия пропиток. Ее практическое применение ограничено рабочей температурой 200 °С.

Если длительное температурное воздействие не превышает 260 °С, то в качестве материала для изготовления боевой одежды используют тефлоновую ткань, состоящую из стеклоткани с фторопластовой пропиткой. Эта же ткань используется при кратковременном температурном воздействии до 290 °С. Она устойчива к действию агрессивных сред и обладает прочностью на разрыв 112 кг/мм<sup>2</sup> [2].

Защитная одежда из вышеперечисленных тканей экологически безвредна.

Увеличение рабочей температуры в зоне ликвидации чрезвычайной ситуации до 500 °С, предполагает использование для защитной одежды асбестовых тканей. Повышение температуры окружающей среды приводит к потере конструкционной воды, волокнистости и, следовательно, к разрушению материала. Высокая термоизоляционная способность этих материалов объясняется неплотной структурой ткани, содержащей в межволоконном пространстве значительное количество воздуха - воздушные прослойки. Материал обладает высокими термоизоляционными свойствами, способен длительное время выдержать



**Рис. 1.** Огнестойкая ткань

воздействие высоких температур и имеет кратковременное сопротивление разрыву  $300 \text{ кг/мм}^2$  [3].

При изготовлении защитной одежды с высокими показателями огне- и термостойкости применяются кремнеземные ткани. Однако при воздействии высоких температур они дают линейную усадку, поэтому перед изготовлением одежды ткань подвергают термоусаживанию. После чего эксплуатационные свойства защитного материала практически не изменяются при температуре до  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ткани устойчивы к действию влаги, большинства кислот (кроме  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), слабых щелочей и имеют прочность на разрыв  $80 \text{ кг/мм}^2$ . Кремнеземная ткань экологически безопасна в любых условиях эксплуатации.

Перспективным текстильным материалом, используемым для изготовления защитной одежды, позволяющим проводить спасательные работы в агрессивных средах, является базальтовая ткань. Она обладает не только повышенными огнестойкими свойствами, но и способна выдерживать длительное воздействие температур до  $700 \text{ }^\circ\text{C}$ . Является устойчивой к воздействию кислот и щелочей. Отличительной особенностью базальтовой ткани, в отличие от кремнеземной, является ее устойчивость к деформации при действии высоких температур. В качестве недостатка необходимо отметить ее невысокую прочность на разрыв  $70 \text{ кг/мм}^2$  [1].

Высокой термо- и огнестойкостью обладают арселоновые и арамидные ткани (кевлар и карбон), защитная одежда из которых используется при температурном воздействии до  $480 \text{ }^\circ\text{C}$ . При невысокой плотности кевлара  $90 \text{ г/м}^2$  ткань обладает высокой механической прочностью  $280 \text{ кг/мм}^2$ . Ткани этого класса являются экологически безопасными. К недостаткам следует отнести высокую стоимость материала, что существенно ограничивает области его применения [1].

Выбор типа ткани для защитной одежды, используемой при ликвидации чрезвычайных ситуаций, зависит от условий эксплуатации. При этом уровень защиты специальной одежды пожарных и спасателей должен обеспечивать возможность длительного проведения спасательных работ в опасных условиях для здоровья человека, а особенности ее конструкции - обеспечивать способность работы с пожарным и аварийно-спасательным оборудованием.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 3813-72. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. - Москва: Изд-во стандартов, 1992. - 20 с.
2. ГОСТ 19907-83. Ткани электроизоляционные из стеклянных крученых комплексных нитей. - Москва: Изд-во стандартов, 2000. - 14 с.
3. ГОСТ 6102-94. Ткани асбестовые. Общие технические требования. - Москва: Изд-во стандартов, 2001. - 8 с.

УДК 614.841.412

*Е. В. Ширяев*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОГРАНИЧЕНИЕ РАСТЕКАНИЯ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ**

В статье проведен анализ зарубежных и отечественных разработок (технических устройств) в области снижения пожарной опасности локальных аварийных проливов горючих жидкостей, представлены технические решения, направленные на ограничение растекание горючих жидкостей и снижающие геометрические и термодинамические параметры пламени при их воспламенении.

**Ключевые слова:** нефтепродукт, пролив, пожарная опасность, инженерно-технические решения.

*E. V. Shiryayev*

## **ANALYSIS OF ENGINEERING DECISIONS AIMED AT LIMITING THE SPREADING OF FLAMMABLE LIQUIDS**

The article analyzes foreign and domestic developments (technical devices) in the field of reducing the fire hazard of local emergency spills of flammable liquids, presents technical solutions aimed at limiting the spread of flammable liquids and reducing the geometric and thermodynamic parameters of the flame at their ignition.

**Keywords:** petroleum, strait, fire hazard, engineering solutions.

Пожарная опасность аварийного выхода горючей жидкости из контура технологического оборудования состоит в возможности растекания на значительных площадях с образованием паровоздушных смесей, способных вспыхивать или взрываться, и, как следствие, переходить в стадию пожара пролива. Величины опасных факторов пожара пролива зависят главным образом от взрывопожароопасных свойств горючих жидкостей и от площади пролива.

Ограничение распространения пожара за пределы очага регламентируется ст. 59 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1]. Снижение пожарной опасности локальных проливов горючих жидкостей может быть достигнуто за счет применения технических решений, ограничивающих разлив и растекание жидкости при пожаре, при этом

предотвращающих развитие пожара за счет уменьшения характеристик пламени вплоть до полного его затухания.

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

В первую группу инженерно-технических решений можно выделить:

– дренажные системы с отведением проливов ЛВЖ, ГЖ в аварийный резервуар;

– бортики, выполненные из негорючих материалов на твердой непроницаемой поверхности (с системой аварийного слива горючих жидкостей).

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

– поддоны, оборудованные трубчатыми вертикальными каналами (гасителями пламени);

– модульные поддоны в виде напольных покрытий, с наполнителем в виде металлической ваты для ограничения распространения пламени по поверхности;

– поддоны с гранулированным наполнителем.

Применение дренажных лотков и отбортовки для ограничения растекания ЛВЖ, ГЖ регламентировано рядом нормативных документов ГОСТ Р 12.3.047.2012, СП 156.13130.2014 [2, 3] и другими.

Применение поддонов для локализации и повышения эффективности тушения аварийных проливов горючих жидкостей, регламентируется рядом требований нормативных документов по пожарной безопасности. В СП 13.13130.2009 [4] введено понятие «поддоны самотушения» для предотвращения и подавления пожаров ЛВЖ и ГЖ. Так при размещении емкостей с горючей жидкостью в подвале допускается выполнять под емкостями устройства самотушения проливов из расчета удержания всего объема жидкости с дальнейшей откачкой ее насосом в сборный бак за пределами здания.

В рекомендациях «Обеспечение пожарной безопасности установок по ликвидации аварийных проливов нефти и нефтепродуктов» указано, что поддон для сбора нефти и нефтепродуктов необходимо применять под вентилями, связанными с обращением ГЖ [5].

В Правилах промышленной безопасности складов нефти и нефтепродуктов для сбора остатков продукта, стекающих с наливной трубы при отсоединении от цистерны, должен быть предусмотрен каплесборник [6].

В Правилах противопожарного режима в Российской Федерации указано, что под трансформаторами и реакторами требуется располагать маслоприемные устройства с гравийной засыпкой, при этом предъявляется ряд требований к содержанию гравия [7].

В Правилах устройства электроустановок (7-е издание) приведены габариты маслоприемника в зависимости от количества масла в трансформаторе, кроме того указана высота слоя гравия (не менее 0,25 м), размер фракции гравия (от 30 до 70 мм) [8].

Применение поддонов для сбора капельных утечек под манифольдами предусматривают Международный стандарт по безопасности для нефтяных танкеров и терминалов [9]. В данных нормах содержатся еще ряд требований, направленных на применение переносных поддонов для сбора локальных проливов горючих жидкостей:

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

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

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

В ряде сводов федеральных законов США [10-13] содержатся нормы предписывающие обеспечивать устройствами сбора локальных утечек горючих жидкостей технологическое оборудование, на котором проводятся сливо-наливные операции ГЖ, осуществляются перевозки и хранение ГЖ в таре.

Для снижения параметров ОФП локального пролива или самотушения горючих жидкостей эффективны мероприятия второй группы, при этом они могут быть совместимы с техническими решениями первой группы, например, установка поддонов с пламегасящим наполнителем под сливные патрубки аппаратов или фланцевые соединения [14].

Несмотря на разнообразие технических решений, направленных на снижение параметров горения локального аварийного пролива горючих жидкостей каждое из них имеет свои достоинства и недостатки. Поддоны с трубчатыми гасителями пламени применяются чаще всего в качестве капитального элемента пола в помещениях с обращением горючих жидкостей, при этом они металлоемки, имеют достаточно большой вес и высокое ценообразование [15].

Модульные поддоны в виде напольных покрытий, с наполнителем в виде металлической ваты для ограничения распространения пламени по поверхности сложны в техническом исполнении (имеются большое количество соединений, ребер жесткости и т.д.), что также увеличивает металлоемкость и ценообразование, кроме того они требуют объемное техническое обслуживание после применения [16].



Поддоны с гранулированным наполнителем гораздо проще в исполнении, могут быть выполнены из подручных материалов, но при этом менее эффективны в области снижения ОФП пролива ЛВЖ, ГЖ, чем поддоны с металлическими пламегасящими элементами [17].

Таким образом, несмотря на довольно широкую базу нормативных требований, направленных на ограничение распространения пожара пролива горючих жидкостей и разнообразие инженерно-технических решений в данной области существует неопределенности выбора конкретного вида технических устройств на объектах, где возможны локальные проливы ЛВЖ, ГЖ.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).
2. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
3. СП 156.13.130.2014. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности.
4. СП 13.13.130.2009 Атомные станции. Требования пожарной безопасности (с Изменением N 1).
5. Обеспечение пожарной безопасности установок по ликвидации аварийных проливов нефти и нефтепродуктов. Рекомендации ФГУ ВНИИПО МЧС России и ДНД МЧС России. Согласованы письмом ДНД МЧС России от 2 июля 2008 г. №19-2-3-2261.
6. Приказ от 7 ноября 2016 г. №461 об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности складов нефти и нефтепродуктов».
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. №390 «О противопожарном режиме».
8. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое. М.: НЦ ЭНАС, 2004.
9. *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. International chamber of shipping oil companies international marine forum international association of ports and harbors (ISGOTT, Fifth Edition): Published and Printed by WITHERBY & CO. LTD. London EC1R 0ET, UK, 2007. – 418 P.*
10. *Stormwater Management Regulations: National Pollutant Discharge Elimination System. 40 CFR 122.26. URL: <http://www.spillcontainment.com/>*
11. *10. Spill Prevention, Control, and Countermeasures Rule. 40 CFR 112. URL: <http://spillsolutionscanada.com>*
12. *11. EPA Container Storage Regulation. 40 CFR 264.175. URL: <http://www.spillcontainment.com/>*
13. *Spill Prevention, Control and Countermeasure Act. Uniform Fire Code (UFC) 79.406. URL: <http://cotradeco.com>.*
14. Ширяев Е.В., Назаров В.П. Влияние гранулированной подложки на процесс горения нефтепродукта при его аварийном проливе. Интернет-журнал «Технологии

техносферной безопасности», 2017. Выпуск 3 (73) <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2017-3/2017-3.html>.

15. Патент РФ №2010111822/12, 26.03.2010 В.И. Потякин, В.Ф. Коротких, В.В. Добриков и др. Устройство пожаротушения подавлением конвекции для горящих жидкостей // Патент России №2442625 С2, 2012. Бюл. №5.

16. Patent EP A2 2730716 Nov.13, 2013. T. W. Mackintosh Modular fire prevention flooring /// Patent EP2730716 A2, 2014.

17. Авторское свидетельство СССР №1729521, Кл. А 62 С 3/06, 1988. Бюл. №16.

УДК 614.841.412

***Е. В. Ширяев***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **О СНИЖЕНИИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ ПРОЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Установлено, что на гранулированной поверхности происходит снижение пожарной опасности аварийных проливов нефтепродуктов. Проведен анализ физических свойств различных гранулированных материалов. В качестве компонента гранулированной подложки предложено использовать гранулированное пеностекло марки «Термоизол». Определена область применения гранулированной подложки.

**Ключевые слова:** нефтепродукты, проливы, пожарная опасность, гранулированный материал.

***E. V. Shiryayev***

## **ABOUT REDUCING FIRE DANGER, LOCAL SPILLS OF PETROLEUM PRODUCTS USING MODERN GRANULAR MATERIALS**

It is established that on the granulated surface there is a decrease in fire danger of emergency spills of oil products. The analysis of physical properties of various granulated materials is carried out. As a component of the granular substrate it is offered to use the granulated foam glass of the Termoizol brand. The scope of the granular substrate is determined.

**Keywords:** oil products, spills, fire hazard, granular material.

На территории Российской Федерации с 2000 г. по настоящее время на объектах нефтепродуктообеспечения ежегодно происходит в среднем 600 по-

жаров, при этом гибнут десятки, получают травмы сотни людей, материальный ущерб от пожаров на данных объектах огромен (достигает нескольких млрд. рублей) [1, 2].

Крупные аварии на объектах с обращением нефтепродуктов связаны с пожарами и взрывами паров нефтепродуктов при их утечке или аварийном проливе. Даже незначительные проливы нефтепродуктов в местах расположения технологического оборудования могут нести серьёзную опасность. Известно немало примеров пожаров, когда сценарий аварии развивался по принципу «домино» - от небольшой утечки нефтепродукта до полного выгорания объекта.

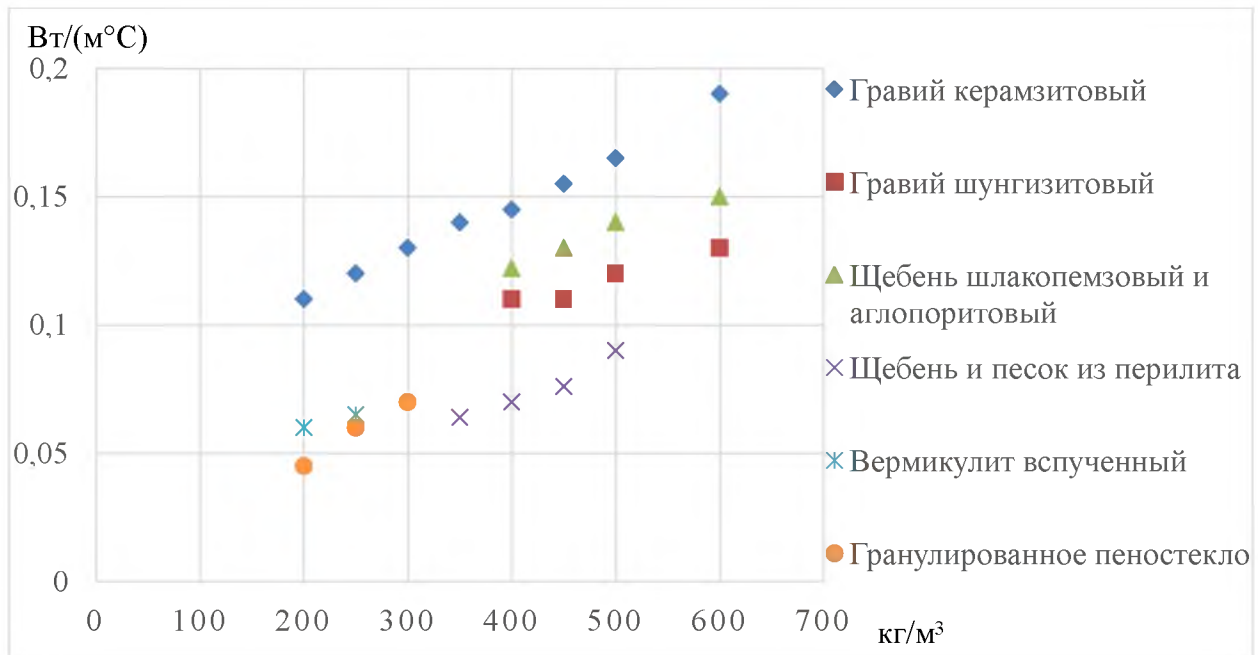
Как правило, технологические установки с нефтепродуктами проектируются на бетонной, грунтовой и асфальтированной поверхности. При проливе нефтепродукта на такую поверхность происходит интенсивное испарение, что может привести к вспышке и даже взрыву паров. При возгорании нефтепродукта создаётся мощный тепловой поток, который разрушает технологическое оборудование и несёт урон людям. Возможно, существенно снизить интенсивность испарения и тепловой поток пожара пролива, если растекание горючей жидкости будет происходить на заранее подготовленную спланированную поверхность (противопожарную подложку), состоящую из приемника нефтепродуктов, заполненных гранулированным материалом [3, 4].

В настоящее время существует множество современных негорючих гранулированных материалов, которые могут быть применимы в качестве подложки для снижения пожарной опасности локальных проливов нефтепродуктов. Совершенствуя существующие способы тушения горючих жидкостей с применением гранулированных материалов необходимо обеспечить быструю ликвидацию процесса горения пролива без подачи в зону горения огнетушащих веществ. Для этого необходимо провести сравнительную характеристику физических свойств различных гранулированных материалов.

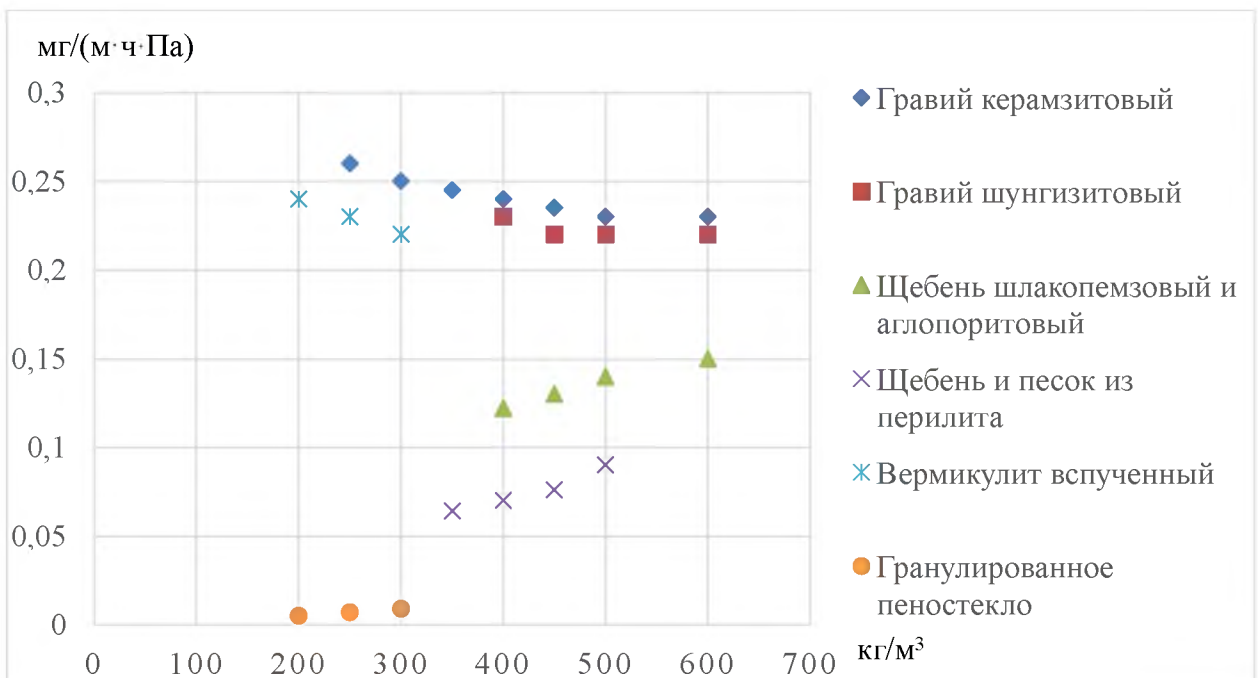
Сыпучие гранулированные материалы достаточно широко используются в качестве наполнителя насадок огнепреградителей в виде гранул силикагеля, цеолита, оксида алюминия и др.

Гравийный гаситель пламени используют в маслоприемниках силовых трансформаторов для ограничения распространения пожара при аварийном проливе. Слой гравия или щебня, уложенного в приемную емкость, служит в качестве экрана, закрывающего зеркало пролитой жидкости. Тушение пожара пролива в слое гравия значительно эффективнее, чем со свободной поверхности. Установлено, что на геометрические и тепловые характеристики пламени оказывает влияние диаметр гравия и высота его слоя. Однако, анализ этих работ показал, что вопросам снижения пожарной опасности локальных проливов горючих жидкостей при подготовке к ремонтным работам на трубопроводной арматуре и при проведении сливо-наливных операций уделено не достаточно внимания.

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**



**Рис. 1.** Теплопроводность гранулированных материалов различной плотности



**Рис. 2.** Паропроницаемость гранулированных материалов различной плотности

При разливе горючей жидкости до верхнего уровня слоя гравийной подложки образуется открытое зеркало и горение пролива происходит, как со свободной поверхности.

Для подавления и локализации пожаров-проливов разрабатывается подложка из гранулированных материалов. В качестве компонента таких подложек предлагается использовать гранулированные материалы повышенной термостойкости, низкой теплопроводности, устойчивые к агрессивным средам, а также обладающие низкой теплопроводностью и гигроскопичностью.

Исследовав физические свойства более десятка различных гранулированных материалов (керамзит, перлит, вермикулит, пеностекло и др.) в качестве низкогигроскопичного материала, способного длительное время держаться на поверхности светлых нефтепродуктов, и при этом не разрушаться под воздействием температуры углеводородного пожара, было выбрано гранулированное пеностекло марки «Термоизол».

Термоизол не горит и не поддерживает горение, относится к группе негорючих материалов (НГ). Химическая стойкость материала наряду с его негорючестью, морозостойкостью, влагостойкостью делает его незаменимым для использования в качестве теплоизоляции в агрессивных средах. Пеностекло широко применяется в различных отраслях промышленности, однако до настоящего времени его не применяли для снижения пожарной опасности аварийных проливов нефтепродуктов.

Применение подложек из гранулированного пеностекла может позволить решить ряд важных задач: предотвращение каскадного развития пожара, повышение эффективности тушения нефтепродукта, снижение затрат на огнетушащие средства, снижение экологического ущерба при аварийных разливах, снижение величины пожарного риска.

Противопожарная подложка из гранулированного пеностекла может быть эффективна в местах, где происходят локальные утечки нефтепродуктов, например, сливо-наливных эстакадах, манифольдных, при подготовке к проведению ремонтных работ на технологических трубопроводах с нефтепродуктами и т.д.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Письмо ФГБУ ВНИИПО МЧС России от 10.08.2017 г. №115-34-59 «О предоставлении статистической информации по пожарам» // ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России. Общий отдел. – 2017. – 10 августа.
2. Письмо ФГБУ ВНИИПО МЧС России от 31.01.2014 г. №408-11-6-02 «О предоставлении статистической информации по пожарам». Общий отдел. – 2014.
3. *Ширяев Е.В., Назаров В.П.* Влияние гранулированной подложки на процесс горения нефтепродукта при его аварийном разливе. Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности», 2017. Выпуск 3 (73) <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2017-3/2017-3.html>

4. *Ширяев Е.В.* Огнезащитный эффект гранулированной пеностекольной подложки при углеводородном пожаре пролива. Статья / Ширяев Е.В., Рубцов Д.Н., Назаров В.П., Булгаков В.В. – Безопасность жизнедеятельности. №4, 2016. – С. 33-37.

УДК 614.841.412

*Е. В. Ширяев, А. Н. Песикин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ ВДОЛЬ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ**

Предложено инженерно-техническое решение в части защиты объектов социального и жилого назначения от опасных факторов пожара при аварийном выходе нефти из магистральных нефтепроводов. Показана эффективность применения защитной стены (экрана) вдоль магистральных нефтепроводов для защиты автомобильных и железнодорожных магистралей, а также населенных пунктов. Поставлена проблема в части определения технических параметров защитной стены (экрана).

**Ключевые слова:** магистральный нефтепровод, проливы, защитный экран.

*E. V. Shiryayev, A. N. Pesikin*

## **TO THE USE OF PROTECTIVE SCREENS ALONG THE MAIN OIL PIPELINES**

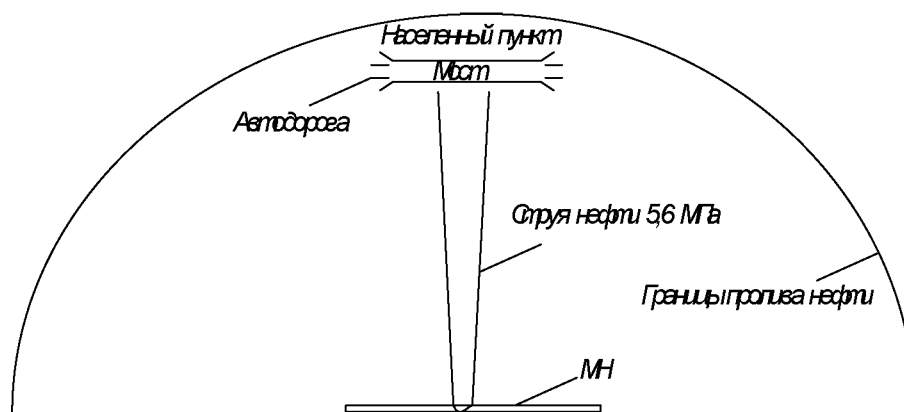
The engineering solution in terms of protection of social and residential facilities from fire hazards in the event of an emergency oil outlet from the oil trunk pipelines is proposed. The effectiveness of the protective wall (shield) along the oil trunk pipelines for the protection of highways and Railways, as well as settlements is shown. The problem in terms of determining the technical parameters of the protective wall (screen).

**Keywords:** oil trunk pipeline, straits, protective shield.

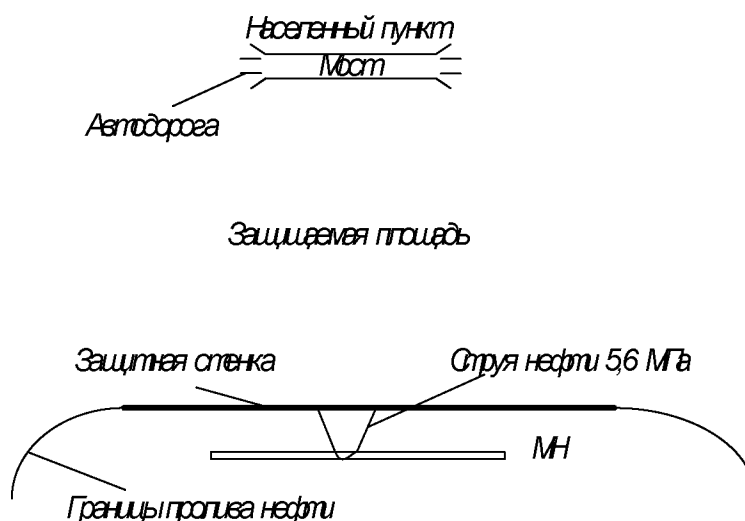
При проектировании и строительстве объектов транспортного значения – высокоскоростных автомобильных и железнодорожных магистралей близ магистральных нефтепроводов, как правило, возникает необходимость в переустройстве существующих коммуникаций последних. Данная проблема возникает в связи с пересечением проектируемых транспортных железнодорожных (далее – ж/д) и/или автомобильных артерий с участками магистральных трубопроводов углеводородов. Переустройство коммуникаций обусловлено невозможностью соблюдения требований СП 36.13330.2012 [2] в части минимально допустимых расстоя-

ний не только от ж/д и автодорог, но и от населенных пунктов, а также отдельных зданий и сооружений.

Для соблюдения требований пожарной безопасности в соответствии с [1], требуется разработка специальных технических условий с оценкой пожарного риска в соответствии с [3]. А именно: определение величин пожарного риска на линейной части переустраиваемого магистральных нефтепроводов, находящихся вблизи населенных пунктов и/или автомобильных, железнодорожных дорог различной категории, а также разработки компенсирующих мероприятий, при выполнении которых величина пожарного риска не превысит нормативных значений при отступлении от действующих требований пожарной безопасности.



**Рис. 1.** Развитие аварии на линейной части магистрального нефтепровода без защитной стенки (экрана)

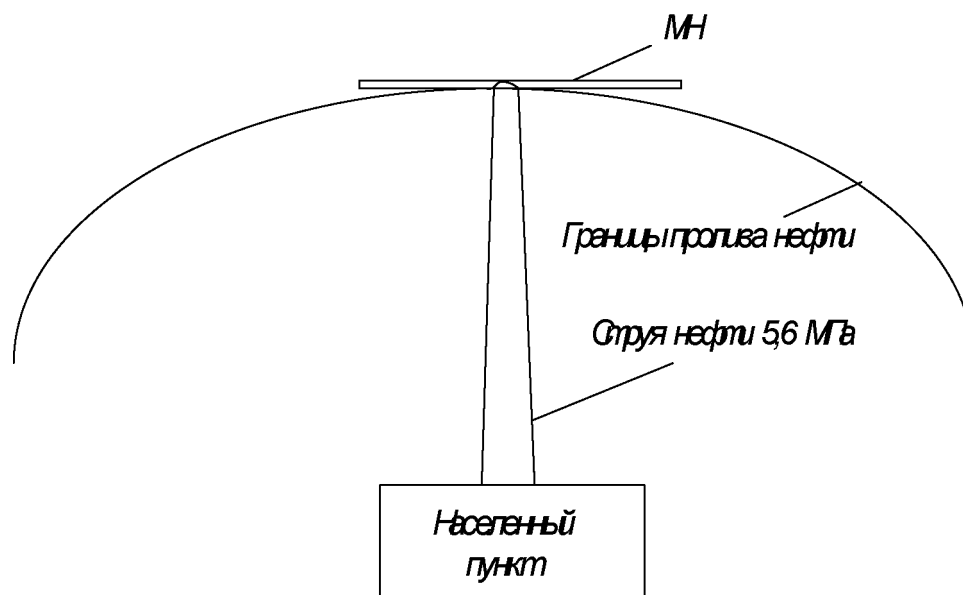


**Рис. 2.** Развитие аварии на линейной части магистрального нефтепровода с защитной стенкой (экрана)

Одним из проблемных вопросов является необходимость в применении дополнительных инженерно-технических средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага на основании требования части 1 ст. 52 123-ФЗ и части 4 ст. 59 123-ФЗ [1]. Например, разработка противопожарной стены вдоль магистрального нефтепровода, защищающей от опасных факторов пожара объекты защиты (социальную инфраструктуру и населенные пункты), в частности от теплового потока горизонтального факела, взрыва (вспышки) паровоздушной смеси, а также от разрушающего воздействия гидравлической струи, давление которой может превышать 5 МПа.

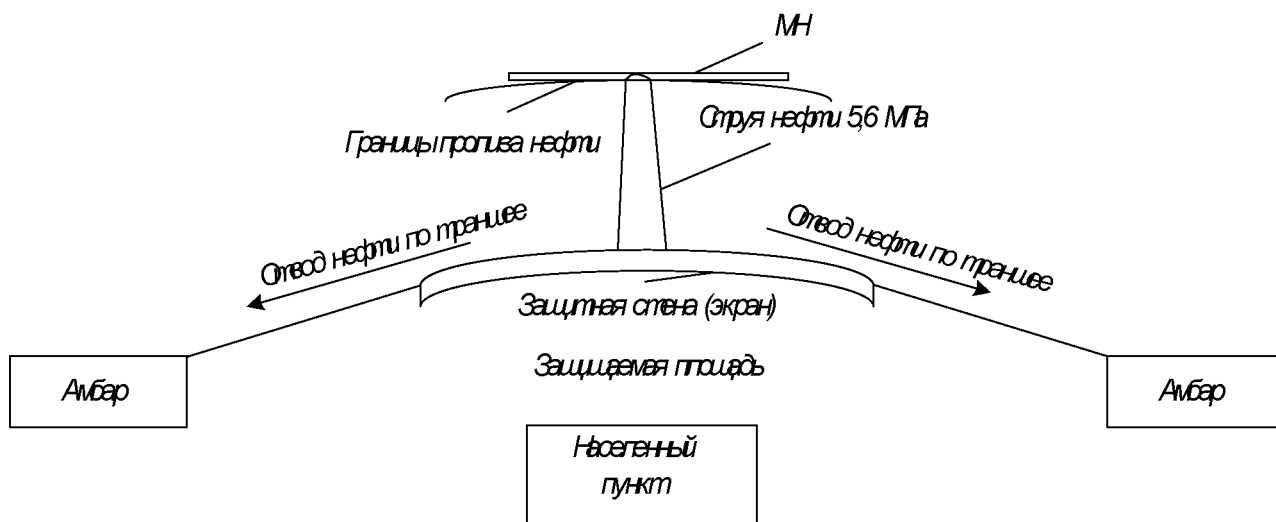
При развитии аварии на магистральном нефтепроводе и наличием инженерно-технического решения - защитной стенки исключаются условные вероятности поражения людей вблизи объектов защиты от пожара-вспышки, теплового излучения горизонтального и вертикального факела, а также сокращается площадь аварийного разлива нефти, которая в свою очередь влияет на количественную величину испарения нефти.

Рассмотрим аналогичную ситуацию при разгерметизации магистрального нефтепровода (далее – МН) и отведением нефти ее по траншее (дренажным лоткам) в амбары – приемники нефти. На рис. 3, 4 схематично показано развитие аварии на МН с защитной стенкой и отведением аварийного пролива нефти в амбары.



**Рис. 3.** Развитие аварии на линейной части магистрального нефтепровода без защитной стенки и амбаров для приёма нефти





**Рис. 4.** Развитие аварии на линейной части магистрального нефтепровода без защитной стенки и амбаров для приёма нефти

Без защитного обвалования или защитной стенки увеличится площадь пролива, а также появится необходимость рассчитывать дополнительные сценарии развития пожара, представляющие угрозу для жизни и здоровья людей.

Требования норм в части защитных экранов (стенок) для МН отсутствуют. При этом существуют нормы пожарной безопасности в части параметров ограждения резервуаров защитными стенами с волноотражающими козырьками [4]. При этом отсутствуют как нормативные параметры для защитных экранов МН, так и рекомендации по применению защитных экранов для линейной части магистральных нефтепроводов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. от 10 июля 2012 г., 2 июля 2013 г., 23 июня 2014 г., 13 июля 2015 г., 3 июля 2016 г., 29 июля 2017 г.).
2. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85\*.
3. Приказ МЧС России от 10.07.2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» с изм., утв. Приказом МЧС России от 14.12.2010 № 649 «О внесении изменений в Приказ МЧС России от 20.07.2009 № 404». Зарег. в Минюсте РФ 20.01.2011 №19546.
4. ГОСТ Р 53324-2009 Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ  
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ  
И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 614.84

*А. А. Бритков, Е. В. Карасев, Н. А. Таратанов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ  
НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**

В данной статье рассматриваются возможные причины разрушения отопительных котлов на твердом топливе для применения данной информации в судебной пожарно-технической экспертизе на примере конкретного пожара произошедшего в жилом доме, расположенного в Ивановской области.

**Ключевые слова:** отопительный котел, физический взрыв, аварийный режим работы, пожарно-техническая экспертиза.

*А. А. Britkov, E. V. Karasev, N. A. Taratanov*

**POSSIBLE CAUSES OF DESTRUCTION OF BOILERS ON SOLID FUEL**

This article discusses the possible causes of destruction of heating boilers on solid fuel for the application of this information in the judicial fire-technical expertise on the example of a specific fire occurred in a residential building located in the Ivanovo region.

**Keywords:** heating boiler, physical explosion, emergency operation, fire-technical expertise.

В настоящее время котлы на твердом топливе довольно часто применяют для отопления частного дома, несмотря на то, что они уступают в удобстве эксплуатации своим электрическим и газовым конкурентам. Такая популярность этого оборудования в первую очередь обусловлена растущими ценами на традиционные энергоносители (особенно на электричество), а также отсутствием централизованного газоснабжения во многих регионах страны. Не стоит также забывать, что зачастую в качестве топлива для твердотопливных котлов применя-

ются отходы сельскохозяйственного или деревообрабатывающего производства, благодаря чему отопление частного дома получается абсолютно бесплатным.

В самом простом исполнении бытовые котлы на твердом топливе представляют собой устройства, состоящие из корпуса, расположенной внутри него камеры сгорания и дымохода. Такие котлы обеспечивают так называемое воздушное отопление, то есть, попросту говоря, нагревают воздух вокруг себя подобно тому, как это делает традиционная русская печь. Эти модели имеют наименьшую стоимость, но применять такие виды современных котлов для частного дома с несколькими помещениями невозможно. Они подходят для небольших строений, состоящих из одного-двух помещений.

Для нагрева теплоносителя водяной системы отопления используют твердотопливный котел с теплообменником. Теплообменник обдувается образующимися при сгорании топлива горячими газами, благодаря чему циркулирующая через него вода нагревается [4]. В последнее время участились случаи аварийного разрушения котлов, сопровождающиеся гибелью людей и разрушением строительных конструкций. Установление причин такого рода аварий невозможно без тщательного исследования как отопительного прибора, так и всей системы отопления в целом (см. рисунок).



**Рисунок.** Пример разрушения отопительного котла на твердом топливе

При этом, как правило, эксперт определяет вид и тип оборудования по его основным параметрам [1], определяет соответствие оборудования общим техническим требованиям, предъявляемым к отопительным котлам, выявляет причины разрушения оборудования и прямую причинно-следственную связь между разрушением котла и повреждением строительных конструкций здания.

При осмотре котла необходимо уделить внимание обнаружению продувочных труб с запорной арматурой, обеспечивающих возможность удаления воды и осадков из нижних участков всех элементов котла и удаления воздуха - из верхних; наличие соединений к магистралям системы теплоснабжения резьбовых соединений наружным диаметром менее 50 мм.

Особое внимание при осмотре котла уделяется обнаружению средств измерения, контроля и безопасности (термометра, датчиков регулятора и ограничителя температуры воды); наличия на подводящей и отводящей трубах котла запорных устройств, обеспечивающих возможность полного отключения котла от системы теплоснабжения.

Чаще всего причиной взрывообразного разрушения отопительных котлов на твердом топливе является повышение давления теплоносителя в нагревательном контуре котла из-за перегрева и вскипания теплоносителя в контуре теплообменника. Причинами перегрева теплоносителя могли быть:

а) Отсутствие средств измерения, контроля и безопасности теплоносителя и как следствие перегрев отопительного котла на твердом топливе, повышение давления теплоносителя в нагревательном контуре котла.

б) Недостаточное количество теплоносителя в системе отопления вследствие его испарения или утечки, что вызывает прекращение его циркуляции, повышение давления теплоносителя в нагревательном контуре котла.

в) Закрытые запорные устройства на подводящей и отводящей трубах котла в период его эксплуатации.

г) Замерзание, застывание, кристаллизация теплоносителя при отрицательных температурах окружающего воздуха вызывающего образование пробок в магистралях.

д) Остановка циркуляционного насоса при устройстве принудительной подачи теплоносителя в нагревательный контур котла.

Характерные следы разрушения котлов, позволяют сделать вывод о протекании физического взрыва, т.е. взрыва, вызываемого изменением физического состояния вещества (п. 3.2.1 [2]) (теплоносителя).

Аварийный режим работы котла может привести к образованию взрывоопасной системы, т.е. термодинамической системы, состоящей из сосуда, работающего под давлением, обладающим способностью выделять энергию в виде взрыва (п. 3.1.9 [2]) в результате внешнего нагрева (п. 3.3.1 [2]). При пластическом разрушении, т.е., разрушении, сопровождающемся пластическим деформированием материала сосуда (п. 3.3.5 [2]) может достигаться удельная мощность взрыва (п. 3.1.8 [2]) достаточная для повреждения строительных конструкций не обладающих взрывоустойчивостью (п. 3.1.11 [2]).

При достижении критического давления в нагревательном контуре корпус котла разрушается. Из-за выброса из поврежденного котла пароводяной смеси образуется ударная волна, т.е. распространяющаяся со сверхзвуковой скоростью переходная область в газе, в которой происходит резкое увеличение плотности, давления и скорости среды [3], приводящая к разрушению несущих конструкций здания.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30735-2001 «Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт. Общие технические условия» (введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 13 июня 2002 г. № 239-ст);

2. ГОСТ Р 22.0.08-96 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения;

3. ГОСТ 26883-86 (СТ СЭВ 5127-85) Внешние воздействующие факторы. Термины и определения (с Изменением № 1);

4. <http://cotlix.com/sovremennye-kotly-na-tverdom-toplive-dlya-otopleniya-chastnogo-doma>

УДК 004

*А. А. Бритков, Н. А. Таратанов, Ж. Ф. Гессе*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ**

В работе рассмотрен вопрос технологии визуализации объектов защиты. УНК «Государственный надзор» реализует научный проект «Панорамный комплекс «Инспектор»», в рамках которого создается база 3D-сферических панорам и 3D-виртуальных туров, ориентированная на совершенствование экспертной, надзорной и инспекционно-аудиторской деятельности выпускников образовательных организаций МЧС России.

**Ключевые слова:** визуализации, сферические панорамы, виртуальные туры, объекты защиты.

*A. A. Britkov, N. A. Taratanov, Zh. F. Gesse*

## **MODERN APPROACH TO OBJECTS PROTECTION VISUALIZING**

Visualization technology of protection objects were considered. UNK «State Supervision» carried out a scientific project named ««Inspector» Panoramic Complex». The database of 3D-spherical panoramas and 3D virtual tours were created. This database is needed for improving of expert, supervisory and inspection-audit activities of graduates of EMERCOM educational organizations.

**Keywords:** visualization, spherical panoramas, virtual tours, objects of protection.

На протяжении нескольких лет преподавателями высших учебных заведений проводится непрерывная работа по совершенствованию алгоритмов формирования и совершенствования профессионально-ориентированных практических навыков у обучающихся. Для этого уже разработаны и активно используются различные полигоны, виртуальные площадки и программные комплексы, которые имеют ряд недостатков: достаточно высокая стоимость; отсутствие возможности обновления и пополнения базы данных (изучаемых объектов).

В работе предлагается визуализировать объекты защиты с применением виртуальной реальности посредством создания «эффекта присутствия». Средняя стоимость VR-бокса (очков) составляет 700-1500 рублей. Поэтому их использование в комплекте со смартфоном, который сейчас есть практически у каждого обучающегося, является альтернативой вышеописанных учебных площадок. Несомненным преимуществом сферического VR-изображения является его простота использования и возможность перемещения по объекту защиты.

Цель визуализации объектов защиты состоит в оптимизации проведения практических занятий по специальным дисциплинам кафедр УНК «Государственный надзор» за счет использования технологий виртуальной реальности. Разрабатываемый панорамный комплекс, включающий в себя базу 3D-сцен объектов защиты, позволит визуализировать процесс проведения мероприятий, связанных с профилактикой пожаров, организацией надзорной деятельности и изучением обстановки на месте происшествия.

Технология трехмерного изображения была разработана благодаря стремительному развитию информационных технологий. Первые 3D-очки представлены на рис. 1. Принцип их работы заключается в цветовом разделении изображения, иными словами в цветовом кодировании изображения.

За несколько лет [3] очки виртуальной реальности претерпели существенные изменения и расширили круг своего использования. Так, на рис. 2 представлены VR-очки, позволяющие подключить смартфон со специальным программным обеспечением для просмотра сферических панорам. Технический прогресс не стоит на месте и в последние годы на рынке появились шлемы виртуальной реальности, обладающие еще большим функционалом.



**Рис. 1.** Первые 3D-очки:  
анаглифная технология трехмерного изображения



**Рис. 2.** Очки виртуальной  
реальности, позволяющие  
подключить смартфон со  
специальным программным  
обеспечением

Для просмотра сферических панорам, используя 3D-очки, необходимы сферические панорамы [2]. При этом картинка, которую вы смотрите, становится «живой» и вы выступаете в роли активного участника событий, что служит существенным преимуществом просмотра изображения с помощью 3D-очков. Ранее нами были описаны [1] общие требования, предъявляемые к смартфонам для комфортной работы со сферическими панорамами, которые сводятся к следующему:

- размеры: диагональ экрана 4,5-5,5 дюймов;
- разрешение: не ниже FullHD (1920×1080 точек) у IPS матрицы или QHD (2560×1440) у AMOLED;
- чипсет: не менее 2 (4) ядер с частотой 1,5-3 ГГц;
- графический модуль: не ниже среднего класса;
- датчики: наличие акселерометра и гироскопа, магнитного датчика (датчика Холла).
- вес: 100-200 г.;
- аккумулятор: емкая батарея, хорошая оптимизация питания

Следует отметить, что большая часть современных смартфонов отвечает вышеупомянутым требованиям.

Проводя мониторинг программ, необходимых для просмотра 3D-панорам, создания 3D-сферических панорам и виртуальных туров, был выделен широкий круг программных средств: KMPlayer; DevalVR; Adobe Flash Player; Adobe Shockwave player; Shockwave Player; ImmerVision Pure Player Quick Time; Panotour Pro; Pano2QTVR free; Pano2VR Pro; Photo Warp; Panoweaver; Tourweaver; freeDEXpano; Panorama2Flash; Pixtra TourMaster; Flash Panorama Player.

Программные средства для просмотра 3D-панорам, как правило, бесплатны, а программы для создания 3D-сферических панорам и виртуальных туров в большинстве своем подразумевают приобретение лицензии на 1 или несколько персональных компьютеров. Существуют также специальные программы для склейки панорам (Autopano Pro, Panorama Factory, PanaVue ImageAssembler и т.д.). В таблице представлены программные средства, выбранные нами для создания 3D-сферических панорам и виртуальных 3D-туров объектов защиты.

*Таблица. Программы, используемые для просмотра 3D-сцен объектов защиты*

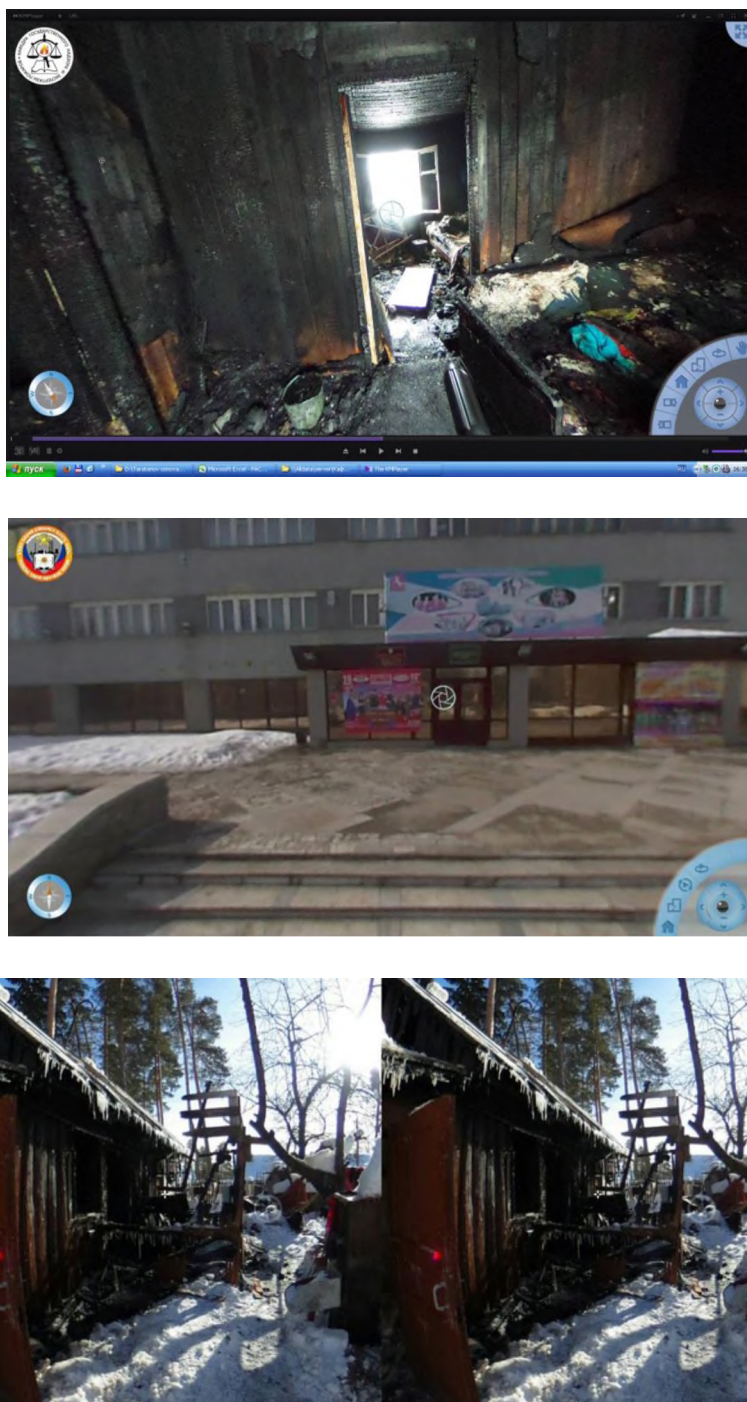
<b>Способ просмотра</b>	<b>Используемые программные средства</b>
I. Персональный компьютер	Любой браузер или KMPlayer
II. Смартфон, планшет	Visor HTML (Local HTML Viewer); RICOH THETA; VaR's; VR Player PRO; Cardboard
III. Смартфон посредством подключения к персональному компьютеру	Trinus VR
	Trinus VR Server



**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ  
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ  
И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

---

На рис. 3 представлены скриншоты режима просмотра 3D- сферических панорам, 3D-виртуальных туров.



**Рис. 3.** Скриншоты режима просмотра 3D-панорам, 3D-виртуальных туров (сверху вниз): I, II, III способом



Современный подход к визуализации объектов защиты, который в настоящее время реализует коллектив УНК «Государственный надзор» включает в себя разработку и создание базы 3D-сферических панорам и 3D-виртуальных туров, ориентированных на совершенствование экспертной, надзорной и инспекционно-аудиторской деятельности выпускников образовательных организаций МЧС России. Данная технология может быть распространена и на другие виды деятельности выпускников.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Богданов И. А., Гессе Ж. Ф., Таратанов Н. А.* Оценка общих требований к персональным компьютерам и смартфонам, обеспечивающих комфортную работу со сферическими панорамами // От поиска – к решению. От опыта – к мастерству: материалы V Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием (Абакан, 20 апреля 2018 г.) / науч. ред. Г. А. Минюхина; отв. ред. И. А. Давыдова. – Абакан: Издательство ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова». 2018. С. 92-93

2. *Бокарева Ю. С., Мартусь Д. А.* Исследование методов съемки для различных видов панорам // Тез. докл. 1-й Междунар. науч.-техн. конф. «Полиграфические, мультимедийные и WEB-технологии». 2016. Т. 1. С. 132–133.

3. *Трущенков И. В.* Использование сферической панорамной съемки и устройств виртуальной реальности для фиксации осмотра места происшествия // Научно-практический журнал «Энциклопедия судебной экспертизы». 2017. № 4 (15).

УДК 544.454

**Ж. Ф. Гессе, Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина, Т. В. Фролова**  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **К ВОПРОСУ О ВЗРЫВАХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Проанализированы причины взрывов и пожаров, сопряженных со взрывом, на предприятиях. Отмечается, что экспертное исследование пожаров, которым предшествовал взрыв, требует особого подхода. Показано, что для предотвращения взрывов на предприятиях необходим постоянный мониторинг исправности технологических линий и оборудования.

**Ключевые слова:** взрыв, пожар, предприятия.

*Zh. F. Gesse, T. A. Mochalova, O. E. Storonkina, T. V. Frolova*

## TO THE QUESTION OF EXPLOSIONS AT ENTERPRISES

The reasons of explosions and fires associated with the explosion at enterprises were analyzed. It is noted that the expert study of fires after explosion requires a special approach. It is shown that prevent of explosions at enterprises needs continuous monitoring of technological lines and equipment.

**Keywords:** explosion, fire, enterprises.

Как известно, пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства [1]. В некоторых случаях пожар усложняется взрывом - быстрым химическим превращением среды, сопровождающимся выделением энергии и образованием сжатых газов [2].

Достаточно часто взрывы возникают на взрывоопасных и пожароопасных объектах, где образуются газо(паро-)воздушные и пылевоздушные смеси, в больших объемах применяются такие углеводородные газы, как этан, метан и пропан. Вероятны взрывы котлов в котельных, продукции химических заводов, полуфабрикатов и газовой аппаратуры. Взрывопожароопасные объекты потенциально представляют высокую опасность не только для населения, объектов народного хозяйства, инфраструктуры в целом, но и для окружающей среды. Аварии на таких объектах относятся к наивысшей категории сложности, а при их устранении или локализации, а также при проведении превентивных мероприятий применяются специальные средства и технологии.

Согласно статистике, за последний месяц по всему миру произошло несколько крупных взрывов:

- 1) 2 августа 2018 г. серия взрывов прогремела на газопроводе в штате Техас;
- 2) 10 августа 2018 г. на заводе в г. Ипатинга (Бразилия) взорвались емкости для хранения газа;
- 3) 31 августа 2018 г. на территории завода имени Я. М. Свердлова в Нижегородской области произошел взрыв в здании утилизации мин;
- 4) 31 августа 2018 г. в Самаре на предприятии акционерного общества «Кузнецов» прогремел взрыв кислородной смеси на оборонном заводе;
- 5) 2 сентября 2018 г. в Македонии на предприятии по производству боеприпасов произошел взрыв.
- 6) 3 сентября 2018 г. в Южно-Африканской Республике произошел взрыва на заводе по производству боеприпасов.

К сожалению, практически в каждом случае есть погибшие и раненые.

Взрыв является одним из наиболее распространенных видов чрезвычайных ситуаций техногенного характера. К поражающим факторам взрывов относят ударную волну и осколочные поля, создаваемые летящими обломками. В результате действия поражающих факторов взрыва происходит полное или частичное разрушение конструкций, гибель людей и т.д. Конечно, конструкции будут разрушаться и деформироваться в отсутствие взрыва - при длительном горении из-за аномально высоких температур, что приводит к последующему разрушению объекта. Однако взрыв ускоряет этот процесс. Кроме того, взрыву может сопутствовать не только пожар, но и утечка вредных веществ из поврежденных емкостей.

Очевидно, что пожары и взрывы тесно связаны между собой. Так, например, взрывоопасные вещества могут взрываться вследствие пожаров или пожары могут возникать вследствие взрывов. В некоторых случаях продукты неполного сгорания могут образовывать с кислородом горючие и взрывоопасные смеси. В любом случае пожары, сопряженные со взрывом, всегда приводят к серьезным разрушениям.

Экспертное исследование пожара, сопряженного со взрывом, требует особого подхода [3]. К примеру, очаговые признаки по месту инициирования взрыва не успевают сформироваться и горение после взрыва может возникать сразу в нескольких местах, что осложняет осмотр места происшествия экспертами. В литературе по судебной пожарно-технической экспертизе [4] показано, что возникновение возгорания в нескольких очагах не всегда должно рассматриваться как поджог.

Если основными причинами взрыва в быту является утечка газа и неисправность газового оборудования, то причин взрыва на предприятиях гораздо больше. Чаще всего причинами взрывов на взрывоопасных предприятиях являются разрушения и повреждения емкостей, аппаратуры и трубопроводов; изменение технологических условий; отсутствие контроля за исправностью оборудования и своевременностью проведения ремонтных работ.

Взрывы и пожары, сопряженные со взрывом, могут возникать при освоении новых технологических процессов производства, нового оборудования при недостаточном контроле пожаро- и взрывоопасности проводимых работ.

Особенно опасны аварии на предприятиях химической, нефтехимической, нефтегазодобывающей и перерабатывающей промышленности. Вырвавшийся нефтяной фонтан при его воспламенении может перебросить огонь на резервуары с нефтью, компрессорные установки и нефтепроводы, мастерские, гаражи, жилые дома, лесные массивы. Предприятия нефтегазовой отрасли характеризуются высокой вероятностью аварий с образованием горючих газопаровоздушных смесей, способных воспламеняться при воздействии на них источников зажигания. В качестве эффективных средств предотвращения разрушительных последствий промышленных взрывов, за которыми обычно следует не менее разрушительные пожары, следует рассматривать как предотвращение

образования горючих газовых смесей, так и снижение вероятности воздействия на них источников зажигания [5]. Среди источников зажигания, характерных для предприятий нефтегазовой отрасли, следует отметить в качестве одного из основных, искры удара и трения (фрикционные искры).

Анализ данных по взрывам на предприятиях показывает, что в целях предотвращения возможных взрывов необходим постоянный мониторинг исправности технологических линий и оборудования, которые нуждаются в плановых ремонтных работах и техническом обслуживании. Особое внимание при этом должно уделяться и соблюдению правил пожарной безопасности.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 N 69-ФЗ.
2. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ.
3. *Таубкин С.И.* Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. М.: 1999. 600 с.
4. *Пономаренко Д.В., Васильев Д.В., Вершинин О.А., Кайргалиев Д.В., Внуков В.И.* Некоторые особенности установления причины пожара, возникшего вследствие взрыва топливно-воздушной смеси малой мощности // *Современные проблемы науки и образования.* 2013. № 6. С. 1046.
5. *Голов Н.В.* Особенности воспламенения и горения горючих газов и паров в различных окислительных средах: дисс. канд. техн. наук. М.: 2017. 156 с.

УДК 614.84

*Н. Е. Дорофеева, К. В. Семенова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПРОПАГАНДЫ СРЕДИ ШКОЛЬНИКОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПОСРЕДСТВОМ ИГРОВОГО ОБУЧЕНИЯ**

В статье рассматривается проблема обучения школьников основам пожарной безопасности, так как процент пожаров, возникающий от детских шалостей с огнем достаточно высок.

**Ключевые слова:** противопожарная пропаганда, пожарная безопасность, требования пожарной безопасности.

*N. E. Dorofeeva, K. V. Semenova*

## IMPROVEMENT OF FIRE PROPAGANDA AMONG SCHOOLCHILDREN OF THE VORONEZH REGION BY GAME TRAINING

The article deals with the problem of teaching schoolchildren the basics of fire safety, since the percentage of fires arising from children's pranks with fire is high enough.

**Keywords:** fire prevention, fire safety, fire safety requirements.

Ежегодно в России происходит более 150 тысяч пожаров, при которых погибают свыше 10 тысяч человек, в том числе около 500 детей.

Противопожарная пропаганда среди детей требует особого внимания. При возникновении пожара от человека требуется очень много сил, стойкий характер, а также проявляется эмоционально-волевая черта, поэтому особое внимание следует уделять психологической подготовке всего населения и в первую очередь для детей. Противопожарная пропаганда среди школьников осуществляется посредством бесед, организацией тематических вечеров и викторин, встреч с работниками и ветеранами пожарной охраны, конкурсами рисунков и фотографий, изготовлением плакатов на противопожарные темы, проведением экскурсий в пожарные части, показом кинофильмов с противопожарной тематикой, показом средств тушения пожара и приёмов тушения огня. Более эмоциональное воздействие на обучающихся, оказывает посещение места пожара. У сгоревшего или повреждённого огнем здания школьникам обязательно рассказывают о причинах этого и других пожаров, особенно по причине детской шалости.

Воронежские спасатели периодически проводят работу по противопожарной пропаганде среди школьников города и области. Целью проводимых социальных акций является привлечение всех заинтересованных лиц к вопросам безопасности подрастающего поколения и предотвращению любых чрезвычайных ситуаций.

В школе № 85 г. Воронежскими спасателями совместно с представителями комиссии по делам несовершеннолетних, отделом по работе с молодежью, а также с районной детской организацией «Карандаш» проведена масштабная социальная акция, направленная на обеспечение детской безопасности (рис. 1).

В ходе социальной акции были организованы конкурсы, викторины, тематические занятия, со всеми детьми и учителями проведены подробные инструктажи, вручены тематические конструкторы на тематику «Детской безопасности». Игры по противопожарной безопасности способствуют закреплению прочных навыков и умений по безопасному обращению с огнем.

Пожар или другая экстремальная ситуация естественно сопровождается эмоциональной напряжённостью, что для детей может иметь непредсказуемые последствия (шок, заикание и т.п.). Для предотвращения таких явлений необходимо приучить детей спокойно относиться к подобным ситуациям, проводить, своего рода, профилактику эмоциональной напряжённости.



**Рис. 1.** Обучение требованиям пожарной безопасности

С этой целью Воронежские спасатели провели показательные занятия на территории средней общеобразовательной школы № 1 (рис. 2), которые включали в себя учебный тренировку по эвакуации учащихся в случае возникновения пожара, ознакомление обучающихся с работой пожарных, демонстрацией возможностей пожарно-спасательной техники.

Ещё до школы ребенок привыкает к мысли о необходимости получения знаний, требующихся в будущем. При этом он не представляет их конкретного состава. Он тянется к знаниям вообще, к знаниям, как таковым, имеющим общественную значимость и ценность. В этом-то и проявляется у ребенка любознательность, неодолимый интерес к окружающему. И очень важно, чтобы в это время, были заложены знания по пожарной безопасности. Ведь те азы, которые впитают младшие школьники, останутся у них на всю жизнь, изменяясь и совершенствуясь.



**Рис. 2.** Показательные занятия спасателей со школьниками

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лазарев А.А., Емелин В.Ю., Прыткова А.Е., Кокурин Д.А. Совершенствование противопожарной пропаганды посредством использования образовательного квеста. // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 29–30 ноября 2017 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017, с. 656- 659.

УДК 537.321

*В. А. Калмыков, Д. В. Калашников*

ФГБУ СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»

## **ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗВОНКОВ НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРА, ПРОИЗОШЕДШЕГО НА ТЕРРИТОРИИ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В настоящее время остается актуальным вопрос возникновения пожаров в результате аварийных режимов работы электрозвонков установленных в квартирах и жилых домах, которые периодически происходят. Подобные обстоятельства являются основанием для отдельного рассмотрения электрозвонков как потенциального источника зажигания и объекта экспертного исследования.

**Ключевые слова:** электрозвонок, пожар, аварийный режим работы, перегрузка, искрение, электрический ток, соленоид, катушка, сердечник.

*V. A. Kalmykov, D. V. Kalashnikov*

## **ANALYSIS OF FIRE HAZARD OF ELECTRICAL CALLS ON THE EXAMPLE OF FIRE IN IVANOVSKOY AREA**

At present, the issue of fire emerges as a result of emergency operation modes of the electrical devices installed in apartments and apartment houses that periodically occur. Such circumstances are the basis for a separate examination of the electrical wiring as a potential source of ignition and an object of expert research.

**Keywords:** electrical, fire, emergency operation, overload, sparking, electric current, solenoid, coil, core.

В быту все знакомы с кнопкой над дверью в квартиру или здание. При нажатии на нее подается звуковой сигнал – мелодичный звон колокольчика или музыкальная композиция.

Звонок может стать причиной пожара. Разберемся, почему это происходит. Электрозвонок предназначен для подачи кратковременной звуковой сигнализации в жилых, общественных и служебных помещениях. Различают звонки мелодичного звучания и зуммерные электрозвонки.

При подаче на соленоид электрозвонка мелодичного звучания рабочего напряжения (кнопка нажата) происходит втягивание сердечника в соленоид и удар бойка в нижнюю или одну из боковых пластин резонатора. При обесточивании цепи питания звонка (кнопка отпущена) сердечник под действием возвратной пружины производит удар по верхней или второй боковой резонаторной пластине и возвращается в исходное положение. Следует отметить, что

данные звонки, если они не снабжены прерывателями тока, работают только при периодическом кратковременном замыкании и размыкании цепи питания звонка. Таким образом, при длительном замыкании цепи питания таких звонков происходит протекание тока в соленоиде и нагрев последнего, в то время как звучания звонка нет.

При подаче напряжения на клеммы зуммерного электрозвонка по катушке соленоида протекает переменный электрический ток, создающий переменное электромагнитное поле. При этом происходит периодическое притягивание пластины с бойком к сердечнику с одновременными ударами бойка по резонатору.

Электрические звонки при нормальных условиях работы, регламентированных инструкцией по эксплуатации, не представляют пожарной опасности. Пожарная опасность звонков резко возрастает при ненормальной их эксплуатации, т.е. при работе звонков в длительном режиме. От длительного протекания тока происходит перегрев обмотки электромагнита (соленоида), разрушение изоляции и межвитковое замыкание. На обмотке катушки в местах межвитковых коротких замыканий, как правило, образовывается прогар. Следует отметить, что токи межвиткового замыкания не превышают номинальной величины защиты квартирной электросети, и защита при этом не срабатывает. Такие режимы создаются заклиниванием звонковой кнопки спичками или пластилином, а в некоторых случаях от неисправности самой кнопки, которая после нажатия не возвращается в исходное положение и не размыкает электрическую цепь.

Защита ряда звонков при работе в аварийном режиме осуществляется за счет повышенного собственного сопротивления катушки соленоида, применения термовыключателей, биметаллических термореле, понижающих трансформаторов, введением дополнительных нагрузочных сопротивлений.

Пожарная опасность звонков в основном определяется наличием в их конструкции плавящихся горючих пластмасс - полистирола, полиэтилена, полиамида и др.

Так как токи при аварийных режимах работы электрозвонка, как правило, не превышают номинальных токов срабатывания защиты, сеть не обесточивается. Тем временем пластмассовые детали звонка нагреваются, деформируются, плавятся, пластмасса стекает вниз, загорается, начинается пожар.

Причастность электрозвонка к возникновению пожара устанавливается по нахождению в очаге пожара, локальным термическим поражениям на корпусе звонка в зоне, где находится электромагнит или трансформатор, а также осмотром кнопки.

Пожарная безопасность электрозвонков была актуальна и несколько десятков лет назад, когда в большинстве своем использовались звонки с катушками. Так сотрудниками Испытательной пожарной лаборатории в 1988 году были выпущены рекомендации по обеспечению пожарной безопасности при



эксплуатации электрических звонков, где в частности они отмечают следующее:

*«пожарная опасность звонков в основном определяется:*

*- нагревом катушек, превышающим температуру 200 °С;*

*- уменьшение зазора между контактами звонковой кнопки вплоть до залипания;*

*- наличие легкогорючего корпуса из полистирола, масла которого у некоторых типов составляет 40% массы электрозвонка».*

Стоит отметить современную экспертную практику пожаров связанную с загоранием электрозвонков. В рамках научно-исследовательской работы по исследованию пожаров, представляющих научный и практический интерес, экспертами судебно-экспертного учреждения выявлены несколько случаев в течении последних двух лет, в которых установлена причастность электрических звонков к возникновению пожаров.

Одним из ярких примеров подобных случаев является пожар 2016 года в квартире Ивановской области. Квартира расположена на третьем этаже трехэтажного кирпичного дома. В ходе осмотра места пожара и изучения материалов дела был установлен один очаг пожара, расположенный в прихожей справа от входа в квартиру. В очаге пожара находился электрический звонок. В результате пожара корпус звонка был полностью уничтожен огнем. Сохранилась лишь его кнопка на наружной поверхности входного проема и подведенные к ней электрические провода. С места пожара данные электротехнические устройства были изъяты и предоставлены экспертам на исследование. В ходе исследования на контактных деталях кнопки звонка были обнаружены микрооплавления (следы электроэрозии).

Образование обнаруженных на контактных соединениях кнопки электрозвонка оплавлений свидетельствует об их локальном нагреве. Подобные повреждения могли образоваться при протекании электрического тока в месте неплотного соединения контактов между собой и возникновении искривлений вызвавших проплавление пластин и оплавление торцевых частей цилиндрического контакта.

Анализируя вышеизложенное можно заключить, что внутри кнопки происходили электродуговые процессы связанные с выделением значительного количества тепла в местах неплотного прилегания контактов относительно друг друга. Подобный режим может возникнуть при заклинивании кнопки, или просто при ее неисправности.

При возникновении данной ситуации в звонках мелодичного звучания при длительно зажатой кнопке происходит непрерывное протекание тока в соленоиде и нагрев последнего. У зуммерного звонка по катушке протекает переменный электрический ток, создающий переменное электромагнитное поле. При этом происходит периодическое притягивание пластины с бойком к сердечнику с одновременными ударами бойка по резонатору. У тех и у других электрозвонков электроцепь длительное время не размыкается и длительное

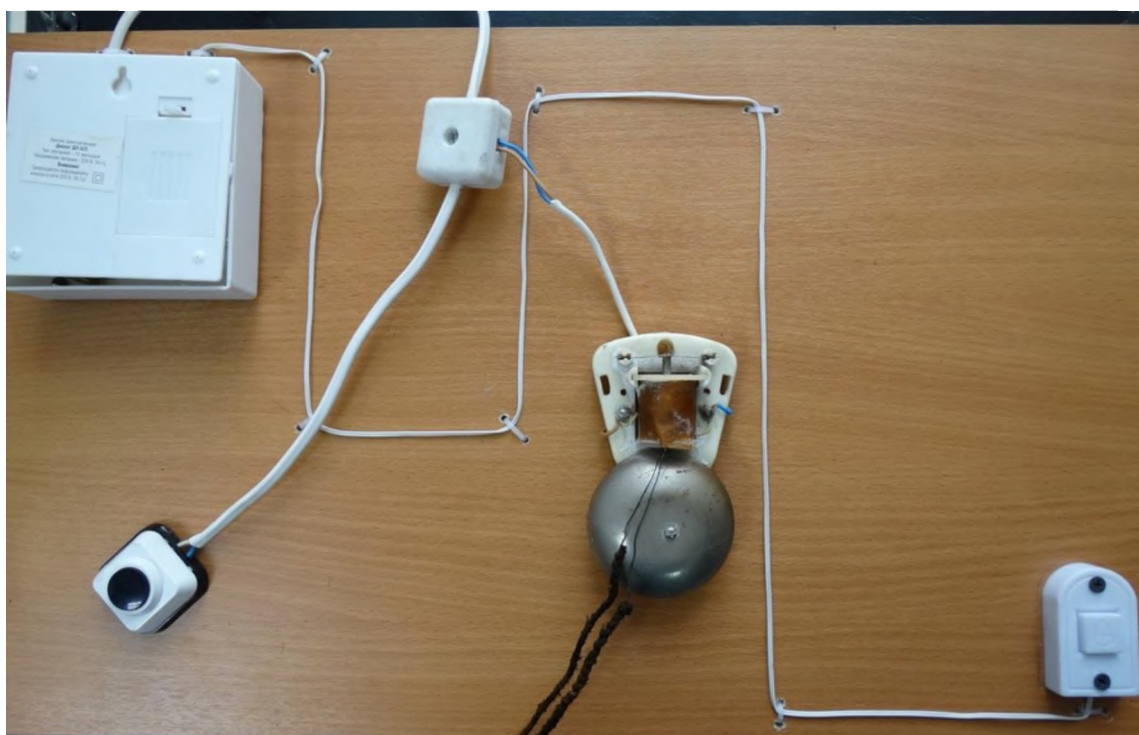
протекание тока приводит к перегреву обмотки электромагнита (соленоида), разрушению изоляции, возникновению межвиткового КЗ, что еще более увеличивает ток и разогрев обмоток. А так как токи при этом, как правило, не превышают номинальных токов срабатывания защиты, электросеть не обесточивается.

Так согласно указанной маркировке на кнопке электрического звонка, можно предположить, что она была запитана от однофазной внутридомовой электросети с напряжением не превышающим 250 В.

В связи с этим для проверки возможности загорания электрического звонка экспертами был проведен эксперимент с использованием двух различных звонков.

### **Описание объекта**

Электрозвонок подключенный через электрокнопку к электрической сети переменного тока напряжением 220 В (рис.1).



**Рис. 1.** Собранная и подключенная к электросети схема звонка

Испытания проводились путем замыкания электрической цепи путем нажатия кнопки электрозвонка. Для определения температуры на поверхности соленоида к нему была подключена термопара. Показания температуры считы-

вались преобразователя термоэлектрического ТП-0198. Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица. Результаты испытаний

Время	Температура на поверхности соленоида, °С	Результат испытания	Особенности испытания
10.27	23	-	-
10.31	136	обугливание внешнего слоя слюды соленоида	-
10.45	181	обугливание внешнего слоя слюды соленоида	-
11.12	184	обугливание внешнего слоя слюды соленоида по всей поверхности	-
13.36	284	загорание	-

Так в результате проведенных испытаний было установлено, что максимальная температура на поверхности рабочих частей электророзводка достигала 284 °С. Произошло загорание горючих материалов электророзводка.

По результатам натурных испытаний теоретически экспертами доказана вероятность, что разогретые до высоких температур детали звонка могли явиться источниками зажигания для горючих материалов.

Таким образом, экспертами установлена возможность возникновения пожара в результате возникших в электророзводке аварийных режимов работы связанных с выделением значительного количества теплоты.

Обычный электромеханический звонок рассчитан на кратковременную работу, поэтому, зажатая кнопка может привести к перегреву и возгоранию звонка, с последующим воспламенением горючей отделки помещения. В качестве решения по обеспечению пожарной безопасности при эксплуатации электрических звонков, по мнению авторов, может являться следующая схема подключения, которая ограничит длительность звучания электророзводка (рис. 2).

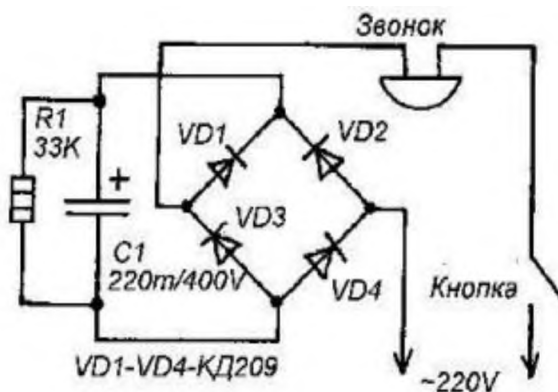


Рис. 2. Схема для ограничения длительности звучания квартирного звонка

#### Устройство и принцип работы схемы

На диодах VD1...VD4 собран выпрямительный мост. В диагональ моста по постоянному току включен конденсатор C1, который задает длительность

звучания звонка. Собственно звонок включен в диагональ того же моста, но уже по переменному току.

При нажатии на кнопку конденсатор С1 начинает заряжаться, индуктивное сопротивление катушки звонка ограничивает ток заряда. В это время и происходит звучание звонка. Как только конденсатор зарядится до амплитудного значения напряжения сети, около +310В, звучание прекратится. Если быть точнее, то звучание прекратится несколько раньше, а именно, когда конденсатор зарядится до 2/3 емкости, то есть приблизительно до 200В. В дальнейшем зарядный ток падает настолько, что его не хватает для звучания звонка.

Если теперь удерживать кнопку в нажатом состоянии, то через звонок и диодный мост будет проходить незначительный ток, ограниченный резистором R1. Этот ток настолько мал, что вреда звонку он никакого принести не сможет. Назначение резистора R1 в том, чтобы после отпускания кнопки быстро разрядить конденсатор С1, и тем самым подготовить схему для следующего нажатия кнопки. В дальнейшем необходимо проведение ряда лабораторных испытаний по работе звонков по указанной схеме подключения с целью ее дальнейшего практического применения.

Проведенные исследования и полученные результаты представляют практический интерес для сотрудников, работающих в области дознания и судебно-экспертной деятельности. Результаты в дальнейшем могут использоваться при проведении судебных пожарно-технических экспертиз.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности при эксплуатации электрических звонков, под редакцией сотрудников Испытательной пожарной лаборатории Управления пожарной охраны УВД Ивановского облисполкома Л.И. Бендер, В.С. Брагина, 1988, – с. 12.

2. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, Кн. 1 – Санкт-Петербург: ООО «Типография «Береста», 2010. – 708 с.

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

4. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие. – М.: ВНИИПО, 2002. – 330 с.

5. Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 184 с., ил.

6. Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. – М., 1999. – 600 с.

7. Исследование и экспертиза пожаров: Словарь общих и специальных терминов / Под ред. И.Д. Чешко. – М.: ВНИИПО, 2009. – 520 с.

УДК 614

*Е. В. Карасев, К. М. Волкова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧАСТНОСТИ ОБРЫВА N (PEN) ПРОВОДА К ПРИЧИНЕ ПОЖАРА В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ**

Электричество приносит много пользы для человечества, но оно очень опасно не только на производстве, а также в быту. Исследование его свойств и является важным вопросом в обеспечении безопасности. Количество пожаров от электроустановок в России составляет более четверти от общего количества пожаров, а потери от пожаров, источником зажигания которых стали электроустановки, достигают более четверти от общего числа потерь.

**Ключевые слова:** электротехника, пожарная безопасность в быту, исследование, пожар, ущерб, разработка методики.

*E. V. Karasiov, K. M. Volkova*

## **INVESTIGATION OF THE PRECISION OF THE BREAK N (PEN) OF THE WIRE TO THE CAUSE OF FIRE IN A MULTI-QUARTER HOUSE**

Electricity brings many benefits to humanity, but it is very dangerous not only in production, but also in everyday life. Investigation of its properties is an important issue in ensuring security. The number of fires from electrical installations in Russia is more than a quarter of the total number of fires, and losses from fires, the source of ignition of which are electrical installations, reach more than a quarter of the total number of losses.

**Keywords:** electrical engineering, fire safety at home, research, fire, damage, development of methodology.

Без достаточно широкого внедрения достижений электротехники станет невозможно дальнейшее развитие научно-технического прогресса. Это подтверждается применением электричества практически во всех областях деятельности человека. Сегодня не найти другого вида энергии, который способен конкурировать с электрической энергией по таким качествам как доступность, удобство в использовании, преобразовании в другие виды энергии и передачи на значительные расстояния без существенных потерь. При всём этом использование электрической энергии напрямую связано с пожарной опасностью.

Количество пожаров от электроустановок в России составляет более четверти от общего количества пожаров, а потери от пожаров, источником зажигания которых стали электроустановки, достигают более четверти от общего чис-

ла потерь. Материальные потери от пожаров, связанных с электроустановками больше чем материальные потери от других причин возгорания.

Имея необходимую информацию об электрических режимах эксплуатации электросетей, которые предшествовали пожароопасному режиму, возможно обеспечение их защиты от возникновения пожаров. Одним из таких режимов является изменение напряжения вследствие перекоса фаз (то есть перенапряжение, или сдвиг по фазе).

Установить факт пожара от перекоса фаз довольно не простая задача, которая требует комплексного подхода к своему решению, начиная от изучения устройства электросети, а так же ее расчета и заканчивая инструментальными исследованиями электротехнических объектов, которые были изъяты из очага пожара.

Длительность перенапряжения может составлять от единиц микросекунд до нескольких часов. Воздействие перенапряжения на изоляцию может привести к ее пробое и короткому замыканию, влекущему возникновение пожара. Перекосом же фаз (перенапряжением) называют любое превышение напряжением амплитуды наибольшего рабочего напряжения.

Установление причин возникновения нештатных режимов работы электрооборудования и сетей - непростая задача, тем более, когда объектом пожара выступает многоквартирный жилой дом. Обобщая многолетний опыт исследования обстоятельств таких пожаров, авторы предлагают позицию по определению границ ответственности хозяйствующих субъектов которая могла бы быть полезной как молодым специалистам так и опытным сотрудникам правоохранительных органов вовлеченных в орбиту расследования дел о пожарах возникших вследствие обрыва N (PEN) (или нулевого) провода в вводных распределительных устройствах жилых домов.

На начальном этапе расследования в качестве соответчика выступает, как правило, местная «Горэлектросеть». Однако, «Горэлектросеть» в соответствии со ст. 37 Федерального закона от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» и Правилами недискриминационного доступа к услугам по передаче энергии электрической энергии (утв. Постановлением Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 861) является территориальной сетевой организацией и оказывает потребителям услуги по передаче электрической энергии, имеющих технологическое присоединение к ее объектам электросетевого хозяйства.

Поскольку, «Горэлектросеть» является территориальной сетевой организацией оказывающей услуги по передаче электроэнергии до границы балансовой принадлежности сторон – линия раздела объектов электроэнергетики между владельцами по признаку собственности или владения на ином, предусмотренном федеральными законами основании, определяющая границу эксплуатационной ответственности между сетевой организацией и потребителем услуг по передаче электрической энергии (потребителем электрической энергии, в

интересах которого заключается договор об оказании услуг по передаче электрической энергии), то она ответственна за состояние и обслуживание электроустановок согласно Постановлению Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 861, в котором четко определено:

«акт разграничения балансовой принадлежности электросетей» - документ, составленный в процессе технологического присоединения энергопринимающих устройств (энергетических установок) физических и юридических лиц к электрическим сетям, определяющий границы балансовой принадлежности;

«акт разграничения эксплуатационной ответственности сторон» - документ, составленный сетевой организацией и потребителем услуг по передаче электрической энергии в процессе технологического присоединения энергопринимающих устройств, определяющий границы ответственности сторон за эксплуатацию соответствующих энергопринимающих устройств и объектов электросетевого хозяйства.

Таким образом, следует, что граница балансовой принадлежности делит инженерные сети по признаку собственности или иного законного владения, а граница эксплуатационной ответственности предполагает линию раздела по признаку возложения бремени содержания инженерных коммуникаций.

Согласовывая границы эксплуатационной ответственности, стороны предусматривают порядок содержания и эксплуатации инженерных сетей и оборудования. Акт разграничения эксплуатационной ответственности является техническим документом, формой, позволяющей отразить такое соглашение.

По многоквартирным домам «Горэлектросеть» оказывает услуги по передаче электрической энергии только до границы балансовой принадлежности своих электрических сетей, которыми являются наконечники, например: КЛ-0,4 кВ во ВРУ-0,4 кВ домов устанавливаемых на вводе в здание.

Вводное распределительное устройство (ВРУ) – совокупность конструкций, аппаратов и приборов устанавливаемых на вводе питающей линии в здание, а также отходящих линий. ВРУ входит в состав общего имущества многоквартирного дома.

«Горэлектросеть» не является ни исполнителем коммунальных услуг, ни ресурсоснабжающей организацией, в отношении многоквартирного дома. Дома оснащены ОДПУ (общедомовым прибором учета), который и является расчетным прибором учета электроэнергии сетевой организации. Учет общего потребления дома производится сетевой организацией на основании общедомовых приборов учета, установленных во ВРУ.

Таким образом, в силу норм действующего законодательства «Горэлектросеть» в непосредственных взаимоотношениях с потребителями (гражданами) не участвует, каких-либо услуг им не оказывает, и в связи с этим, может оказаться ненадлежащим ответчиком.

В соответствии с требованиями норм ст. 161 ЖК РФ собственники помещений в многоквартирном доме обязаны выбирать один из способов управления многоквартирным домом. Этими способами являются либо управление

управляющей компанией, либо управление товариществом собственников жилья (ТСЖ).

Согласно ч. 1 ст. 161 ЖК РФ – «Управление многоквартирным домом должно обеспечивать благоприятные и безопасные условия проживания граждан, надлежащее содержание общего имущества в многоквартирном доме...».

В соответствии с нормами пункта 7 Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и правил изменения размера платы за содержание и ремонт жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества или с перерывами, превышающими установленную продолжительность (утв. Постановлением Правительства РФ от 13.08.2006 № 491), где внутридомовые инженерные сети, входят в состав общего имущества дома и находятся в сфере ответственности исполнителя коммунальных услуг.

Согласно п. 10 вышеуказанных правил общее имущество должно содержаться в соответствии с требованиями законодательства РФ (в том числе о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения, техническом регулировании, защите прав потребителей) в состоянии обеспечивающим соблюдение характеристик надежности и безопасности многоквартирного дома, безопасности для жизни и здоровья граждан, сохранности имущества физических и юридических лиц, государственного, муниципального и иного имущества.

Кроме того, в соответствии с п.п. 5.6.2. и 5.6.6 Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда, утвержденных Постановлением Госстроя России от 27.09.2003 № 170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда» организации по обслуживанию жилищного фонда должны обеспечивать эксплуатацию шкафов вводных и вводно-распределительных устройств, начиная с вводных зажимов питающих кабелей от вводных изоляторов на зданиях, питающихся от воздушных электрических сетей, с установленной в них аппаратурой защиты, контроля и управления, а также электроустановочными изделиями за исключением квартирных счетчиков энергии. Организации по обслуживанию жилищного фонда обслуживающей электрооборудование жилого дома обязаны: обеспечить нормальную, безаварийную работу силовых, осветительных установок и оборудования автоматизации; при выявлении неисправностей; угрожающих целостности электрооборудования дома или системы внешнего электроснабжения, безопасности теле- радиоаппаратуры немедленно отключить неисправное оборудование или участок сети, приводящих к нарушениям режима ее функционирования с целью предотвращения повреждений бытовых электроприборов, компьютеров, теле- и радиоаппаратуры.



На основании изложенного, именно управляющая компания или ТСЖ обязана следить за надлежащим состоянием вверенного ей имущества, в том числе электрического оборудования дома, которое в связи с использованием электрической энергии, в совокупности является источником повышенной опасности. В силу положений ст.ст. 1095 и 1098 ГК РФ, Закона РФ от 07.02.1992 №2300-1 «О защите прав потребителей», п. 3.3. Постановления Пленума Верховного Суда РФ от 28.07.2012 № 17 отношения истца (погорельцев) и ответчика (УК или ТСЖ) являются отношениями в области защиты прав потребителей. В соответствии с ч. 1 ст. 7 Закона РФ «О защите прав потребителей» потребитель имеет право на то, чтобы товар (работа, услуги) при обычных условиях его использования, хранения, транспортировки... был безопасен для жизни, здоровья потребителя, окружающей среды, а также не причинял вред имуществу потребителя. В силу ч. 1 и ч. 5 ст. 14 Закона вред, причиненный жизни, здоровью или имуществу потребителя вследствие конструктивных, производственных или иных недостатков товаров (работы, услуги), подлежат возмещению в полном объеме. Осуществляя оплату за содержание и ремонт общего имущества, истец вправе требовать от ответчика выполнения обязанности по оказанию услуг и выполнению работ по надлежащему содержанию и текущему ремонту общего имущества многоквартирного дома.

Таким образом, при определении границ ответственности хозяйствующих субъектов необходимо установить:

- сведения о разграничении ответственности сторон при подаче и потреблении электроэнергии в жилом доме;
- сведения о заявках на производство каких-либо работ связанных с электрооборудованием;
- факт производства указанных работ;
- факт перебоев с подачей электроэнергии на объекте.

Имея необходимую информацию об электрических режимах эксплуатации электросетей, предшествующих пожароопасному режиму, можно обеспечить их защиту от возникновения загораний. Одним из таких режимов эксплуатации является изменение напряжения вследствие перекоса фаз или перекос фаз (перенапряжение, сдвиг по фазе). Установить факт пожара от перекоса фаз – не простая задача, требующая комплексного подхода к своему решению, начиная от изучения устройства электросети и ее расчета и заканчивая инструментальными исследованиями электротехнических объектов изъятых из очаговой зоны.

Для установления факта пожара от перекоса фаз нами предлагается алгоритм установления признаков причастности перегрузки трехфазной электросети к возникновению пожара. Он включает в себя: осмотр места пожара и фиксацию факта обрыва нуля; выяснение особенностей устройства электрических сетей и проведение расчетов электрических сетей жилых зданий с целью определения электрических нагрузок и выбора аппаратов защиты в распределительных пунктах (шкафах) в осветительных и силовых сетях; обоснование выбора

сечений проводов и кабелей по допустимому нагреву электрическим током и экономической плотности тока; проведение расчета трехфазных сетей напряжением до 10 кВ по потере напряжения. Завершающим этапом является инструментальное исследование болтового соединения нулевого провода к распределительной шине.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 188-ФЗ;
2. Гражданский кодекс Российской Федерации часть первая от 30 ноября 1994 г. N 51-ФЗ, часть вторая от 26 января 1996 г. № 14-ФЗ, часть третья от 26 ноября 2001 г. N 146-ФЗ и часть четвертая от 18 декабря 2006 г. N 230-ФЗ;
3. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»;
4. Закон РФ от 7 февраля 1992 г. № 2300-1 «О защите прав потребителей»;
5. Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 861 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям»;
6. Постановление Правительства РФ от 13 августа 2006 г. № 491 «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и Правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность»;
7. Постановление Госстроя РФ от 27 сентября 2003 г. № 170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда».

УДК 004.65: 614.841

*В. В. Карпычева, Н. Е. Егорова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ПРИМЕНЕНИЕ БАЗ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Возможности баз данных позволяют управлять информацией и быстро систематизировать ее. Базы данных используются во многих сферах деятельности. В данной статье рассмотрены основные базы данных и их применение в пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** базы данных, использование баз данных, пожарная безопасность.

*V. V. Karpycheva, N. E. Egorova*

## THE USE OF DATABASES IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

Databases capabilities allow you to manage information and quickly systematization it. Databases are used in many areas. This article describes the main databases and their application in fire safety are considered.

**Keywords:** databases, database usage, fire safety.

Внедрение компьютерной техники во все отрасли экономики приводит к постоянному развитию и разработке программного обеспечения для различных процессов. Для успешного функционирования и решения задач обработки данных существует специальный программно-аппаратный комплекс – информационная система. Информационная система – это система, реализующая сбор, обработку, манипулирование данными, включает различные средства обработки данных, обслуживающий персонал и программное обеспечение [1]. Основа информационных систем - базы данных. Под базами данных обычно понимаются информационные модели, дающие возможность упорядоченно хранить данные о группе объектов, обладающих одинаковым набором свойств.

База данных применяются также и в сфере пожарной безопасности. Современная анализ и разработка баз данных в области пожарной безопасности проводится с помощью технологии оперативной аналитической обработки данных OLAP (On-Line Analytical Processing). Эта технология создает наглядное представление многомерных данных, позволяет выполнить аналитические операции над ними, обеспечивает высокое быстродействие и построение аналитических отчетов. Это позволяет обнаружить тренды и закономерности в развитии ЧС, не фиксируемые другими методами обработки [2].

Основными программными средствами, содержащие в себе базы данных и применяемых в области пожарной безопасности, являются: автоматизированная информационная справочная система «Право», банк данных по показателям пожаровзрывоопасности веществ и материалов и средствам их тушения «НIFEX Bank» программное средство «ИМГТ», программное средство «Расчетные методы», автоматизированная информационно-графическая система ГраФиС и другие.

На примере нескольких программных средств разберем, как используются базы данных в области пожарной безопасности.

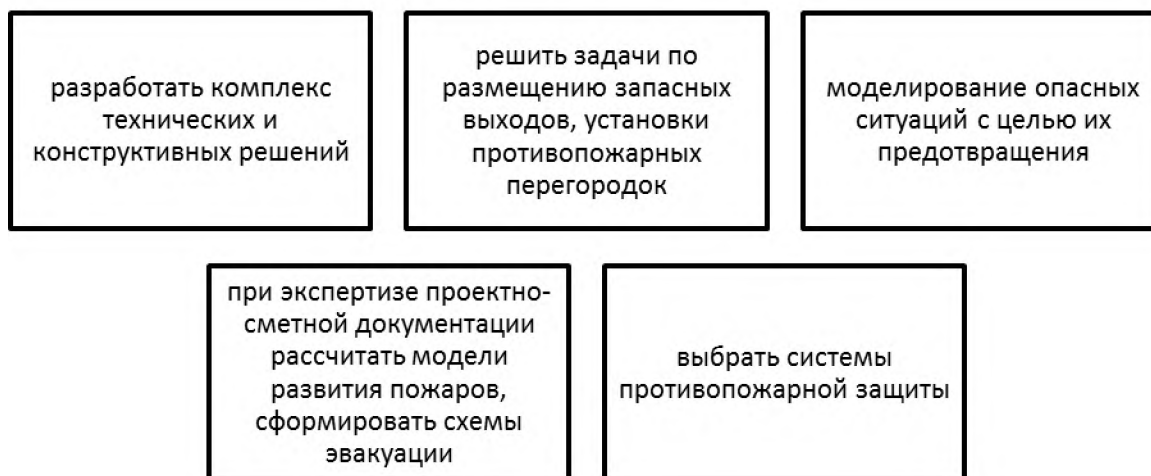
Для редактирования тактико-технических схем разработана автоматизированная информационно-графическая система ГраФиС [3]. Возможности рассматриваемой системы представлены на рис. 1. При использовании наборов трафаретов и фигур MS Visio с помощью данной системы создаются тактико-технические схемы, тем самым реализуется графическая информация о месте пожара. Информация основывается на стандартных обозначениях пожарной охраны РФ. Интегрированная база данных позволяет редактировать и просматривать тактико-технические характеристики снаряжения и оборудования, используемых в работе. Эти данные применяются для дальнейших пожарно - технических расчетов, анализа данных и вывода результатов. Данная система используется теми сотрудниками МЧС России, в чьей компетенции работа с графической пожарно-тактической информацией.



**Рис. 1.** Возможности АИГС ГраФиС

Автоматизированная информационно-измерительная система «Экспертиза» необходима для проверки проектов зданий и сооружений противопожарной безопасности, проведение расчетов пожарной безопасности. Система содержит

в себе три модуля [4]. Первый из этих модулей служит для выполнения задач, представленных на рис. 2, и использует программу «Эксперт».



**Рис. 2.** Возможности первого модуля АИИС «Экспертиза»

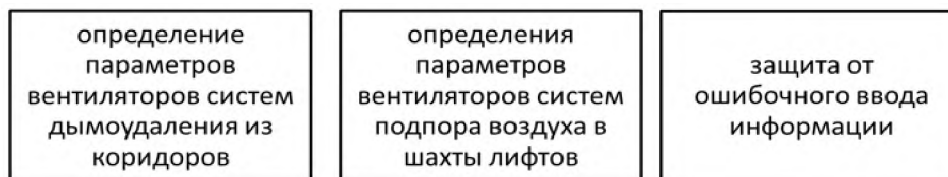
Для эффективной работы первого модуля используется информация о характеристиках горючей нагрузки в зданиях, значениях вероятности возникновения пожара, значениях надежности систем противопожарной защиты.

Второй модуль автоматизированной системы «Экспертиза» использует программу «Petrol» и позволяет выполнить действия, представленные на рис. 3.



**Рис. 3.** Возможности второго модуля АИИС «Экспертиза»

В третьем модуле используется программа «Ventil». Модуль предназначен для расчета параметров вентиляторов для систем дымоудаления и подпора воздуха в жилых сооружениях (см. рис. 4).



**Рис. 4.** Возможности третьего модуля АИИС «Экспертиза»

На данный момент автоматизированная информационно-измерительная система «Экспертиза» содержит в своей базе данных 346 документов. Из них СНиП (строительные нормы и правила), ВСН (ведомственные строительные нормы), СН (строительные нормы) – 88; ГОСТ - 62; НПБ (нормы пожарной безопасности) – 112; ППБ (правила пожарной безопасности) - 13; Правовые документы - 8; Инструкции - 18; Руководящие документы - 10; Правила - 9; Регистры - 4.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что использование баз данных и различных программных средств позволяет сделать оптимальной работу в области пожарной безопасности [5]. С их помощью производятся наиболее точные расчеты, строятся наглядные схемы и графики. Также осуществляется различная экспертиза оборудования, разработка технических мероприятий, прогнозирование чрезвычайных ситуаций [6]. На наглядных примерах был совершен анализ программных средств, их применение и возможности в пожарной безопасности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Петров В.Н.* Информационные системы: учебник для ВУЗов. – СПб.: Питер, 2003. –15 с.
2. *Шокин Ю.И., Москвичев В.В., Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В.* Кризисные базы данных для управления территориальными рисками // Научный журнал Института вычислительных технологий СО РАН. – 2011. – № 6. – С. 121.
3. Автоматизированная информационно-графическая система ГраФиС: [Электронный ресурс] // Электронная энциклопедия пожарного дела 2003-2017 URL: <http://wiki-fire.org/ГраФиС.ashx> (Дата обращения: 11.02.2018).
4. *Михайлов Д.Ю., Арбузова А.А.* Оценка возможности использования 3D-туров в обучающем процессе пожарных и спасателей // сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы естествознания» / «ИПСА ГПС МЧС России. – Иваново, 2017 г. – С. 129-132.
5. *Губина И. В., Егорова Н. Е.* Применение СУБД Access для разработки базы данных «Учет публикаций кафедры естественнонаучных дисциплин» / Актуальные вопросы естествознания: сб. материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (5 апреля 2018) С. 274 – 276

6. Калинова А.А., Арбузова А.А. Обзор обучающих электронных ресурсов по программированию // сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы естествознания» / «ИПСА ГПС МЧС России. – Иваново, 2017 г. – С. 180-183.

УДК 629.735.33(07)

*Ю. С. Карчевский, В. И. Пупынин*

ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

### **ВЕДОМСТВЕННЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ МЧС РОССИИ**

В статье представлен краткий анализ содержания ведомственных нормативно-правовых документов, регламентирующих применение беспилотных летательных аппаратов, представлены предложения по совершенствованию нормативной правовой базы деятельности авиационных формирований МЧС России.

**Ключевые слова:** ведомственные нормативно-правовые документы, регламентирующие применение беспилотных летательных аппаратов в МЧС России; беспилотные воздушные суда, беспилотные авиационные системы; приказы МЧС России, Инструкции, методические рекомендации, концепция; предложения по совершенствованию нормативно-правовой базы документов, регулирующих применение беспилотной авиации в МЧС России.

*Y. S. Karchevsky, V. I. Pupyin*

### **DEPARTMENTAL NORMATIVE LEGAL ACTS REGULATING THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES OF EMERCOM OF RUSSIA**

The article presents a brief analysis of the content of departmental normative legal documents regulating the use of unmanned aerial vehicles, provides recommendations for improving the regulatory framework of the aviation formations of the Ministry of emergency situations of Russia.

**Keywords:** departmental legal documents regulating the use of unmanned aerial vehicles in the Ministry of emergency situations of Russia; unmanned aircraft, unmanned aircraft systems; orders of the Ministry of emergency situations of Russia, Instructions, guidelines, concept; proposals for improving the legal framework of documents regulating the use of unmanned aircraft in the Ministry of emergency situations of Russia.

Опыт ликвидации последствий стихийных бедствий и техногенных катастроф последних десятилетий, проводимые мероприятия по строительству и

развитию МЧС России, а также взгляды руководства государства на подготовку и ведение действий по предупреждению ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий, свидетельствуют о возрастающей роли беспилотных авиационных систем (далее – БАС) различных типов и предназначения.

Актуальность статьи обусловлена с одной стороны бурным развитием беспилотной авиации МЧС России, ее применением в новой области – в воздушном пространстве. А с другой – требованием нормативно-правового регулирования вопросов обучения, подготовки внешних пилотов и беспилотных воздушных судов (далее – БВС), их применения в ЧС. Ввиду отсутствия специалистов в большинстве учреждений МЧС России, преподавательского состава образовательных учреждений МЧС России, осуществляющих теоретическое обучение операторов БЛА, имеющих базовое образование авиационных вузов, порой возникают разночтения с Минтрансом России (Росавиацией) в трактовке правового обеспечения обучения и выдачи свидетельства внешнего пилота.

Новизна темы статьи обусловлена комплексным анализом теоретических положений нормативно-правовых документов, регулирующих обучение внешних пилотов – операторов БЛА разных ведомств: Минобороны России, Минтранса России и МЧС России.

В данной статье мы лишь кратко рассмотрим данную проблему и предложим наше видение ее решения.

Первые БВС поступили в МЧС России в 2009 году. С 2015 года беспилотная авиация МЧС России бурно развивается. Это потребовало, прежде всего, разработки перечня нормативных правовых документов.

Выявлено, что этой задаче руководством МЧС России постоянно уделяется внимание, что отражено в следующих документах: организационно-методические указания по подготовке ... МЧС России на 2018 год (далее – ОМУ); решение Коллегии МЧС России «О дальнейшем развитии беспилотной авиации и применении новейших технологий в МЧС России на период 2018 – 2020 годов»; Концепция развития и применения беспилотных авиационных систем МЧС России на период до 2020 года (далее – Концепция) и других.

Так, в ОМУ указано: ... Начальнику управления авиации и авиационно-спасательных технологий (далее УА и АСТ) МЧС России – основные усилия направить на ... совершенствование нормативной правовой базы деятельности авиационных формирований МЧС России [9];

в решении коллегии МЧС России одним из основных направлений развития беспилотной авиации в системе МЧС России определено – организация работы по подготовке нормативных правовых актов, регулирующих процесс внедрения, унификации, стандартизации и применения БАС (в т.ч. в условиях ЧС) [8];



в Концепции – ... поставлена задача по оптимизации правового и нормативного регулирования процесса внедрения, унификации и стандартизации БАС [3].

На основании вышеназванных документов, в МЧС России для применения беспилотной авиации, была сформирована нормативно-правовая база, включающая:

Приказ МЧС России от 23.06.2015 № 324 (с изм. от 31.12.2015 №726) «Порядок применения авиации и АСТ в МЧС России»;

Приказ МЧС России от 16.08.2016 №438 «Инструкция по проверке и оценке деятельности органов управления, учреждений авиации МЧС России и подразделений, имеющих на оснащении БАС»;

Приказ МЧС России от 20.02.2017 № 80 «Правила применения авиации МЧС России при тушении пожаров»;

Временная инструкция по применению комплексов с БЛА в системе МЧС России от 12.04.2015 [2];

Методические рекомендации по применению БАС ближнего действия малого класса в интересах МЧС России от 25.01.2016 [4];

Методические рекомендации по производству полетов БВС в системе МЧС России от 28.03.2016 [5];

Временный курс летной подготовки подразделений МЧС России, имеющих на оснащении БАС ближнего действия от 08.03.2016;

Методические рекомендации по расследованию авиационных происшествий и авиационных инцидентов с БВС в МЧС России от 30.04.2016;

Методические рекомендации по применению БЛА в целях оперативного обнаружения и прогноза опасных природных явлений и обеспечения мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера от 13.07.2016 [6];

Концепция развития и применения БАС МЧС России на период до 2020 года от 16.09.2016 №20/IV 3].

Кроме того, ежегодно в ОМУ ставятся задачи руководителям учреждений МЧС России, имеющим на оснащении беспилотную авиацию по повышению эффективности её применения при ликвидации последствий ЧС.

Вышеизложенные нормативные правовые документы позволяют осуществлять подготовку и выполнение полетов с применением БВС организаций МЧС России в воздушном пространстве Российской Федерации.

В то же время, в связи с требованиями Международной организации гражданской авиации (далее – ИКАО), Минтранса и Минтруда России, как нам представляется, необходимо усовершенствовать существующую в настоящее время нормативно-правовую базу [1, ст.53; 7].

Что касается конкретных практических шагов по совершенствованию законодательства, то предлагаем следующие действия по совершенствованию нормативно-правовой базы документов, регулирующих применение беспилотной авиации в МЧС России.

1. Необходимо разработать или использовать документ, ранее разработанный в Минобороны Российской Федерации по определению «Порядка обучения и выдачи свидетельства (удостоверения) внешнего пилота на право управления БВС», и использовать его в системе МЧС России, утвердив его приказом МЧС России.

Для того, чтобы остальные учебные заведения МЧС России получили возможность обучать внешних пилотов, должны быть разработаны и утверждены следующие документы:

профстандарт (в настоящее время подготовлен Ассоциацией внешних пилотов беспилотной авиации Российской Федерации находится на утверждении в Минтруде России в соответствии с ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 №273-ФЗ);

типовые программы (утверждаются Минтрансом России в соответствии со ст. 85 ФЗ «Об образовании в РФ» от 29.12.2012 №273-ФЗ);

программы обучения.

Необходимо, чтобы Минтранс России утвердил изменения в приказ Минтранса Российской Федерации от 12.09.2008 № 147 Федеральные авиационные правила «Требования к членам экипажа воздушных судов, специалистам по техническому обслуживанию воздушных судов и сотрудникам по обеспечению полетов (полетным диспетчерам) гражданской авиации», дополнив требованиями к внешним пилотам («Глава XX. Требования к обладателю свидетельства внешнего пилота, проект подготовлен Минтрансом России 26.02.2016) [7]:

Обладатель свидетельства внешнего пилота должен:

а) быть старше 14 лет;

б) продемонстрировать знания в следующих областях:

воздушное право;

основы полета;

общих знаний конструкции БВС применительно к соответствующему виду БВС;

принципов эксплуатации и работы силовых установок, систем и приборного оборудования;

эксплуатационных ограничений соответствующего вида БВС и их силовых установок;

эксплуатационных данных из руководства по летной эксплуатации или эквивалентного ему документа;

влияния загрузки и распределения массы на летные характеристики, выполнения расчетов массы и центра тяжести (центровки);

практического применения взлетных, посадочных и других летно-технических характеристик, приведенных в эксплуатационной документации;

предполетной подготовки и планирования полета по маршруту при выполнении полетов по правилам визуальных полетов для авиации общего назна-

чения; подготовки и заполнения планов полета; правил обслуживания воздушного движения; порядка донесений о местоположении; выполнения полетов в районах с интенсивным воздушным движением;

возможностей человека, включая принципы контроля факторов угроз и ошибок;

понимания и применения авиационных метеорологических сводок, карт и прогнозов; порядка получения и использования метеорологической информации; измерения высоты; опасных метеорологических условий; порядка установки выотомеров;

практических аспектов аэронавигации (самолетовождения) и методов счисления пути; пользования аэронавигационными картами;

применения методов контроля факторов угроз и ошибок в эксплуатационной обстановке;

использования аэронавигационной документации; авиационных кодов и сокращений;

соответствующих мер предосторожности и действий в аварийной обстановке, включая действия, предпринимаемые с целью обхода опасных метеоусловий, турбулентности в спутном следе от воздушного судна и других, опасных для полета явлений;

правил ведения связи и фразеологии применительно к полетам по правилам визуальных полетов; действий при отказе связи».

То есть, внешний пилот БВС (БАС) должен иметь подготовку, прежде всего, как участник воздушного движения и пользователь воздушного пространства. Владение же только навыками пилотирования БВС, без твердого знания правил полетов и порядка использования воздушного пространства, для безопасности полетов явно недостаточно. Об этом говорится и в циркуляре ИКАО №328. Из него следует, что внешние пилоты БАС должны обладать знаниями в области использования воздушного пространства и правил полетов [10].

Существует необходимость внести в воздушное законодательство понятие «спасательный полет» в отношении БВС – полет, связанный со спасением жизни человека. Спасательный полет должен выполняться в кратчайшие сроки (по готовности) с немедленным уведомлением органов ОрВД. В статье 13 Воздушного кодекса Российской Федерации следует закрепить место такого полета для спасения жизни человека в системе приоритетов на использование воздушного пространства [1].

Необходимо более четко определить мотивацию (причины) и порядок оперативного введения кратковременных ограничений и запретов на использование воздушного пространства (далее – ИВП) для обеспечения выполнения авиационно-спасательных работ с использованием БВС, уменьшить сроки подачи заявок на выполнение задач данного типа в интересах МЧС России.

Изменения в основные документы, определяющие порядок безопасной и эффективной эксплуатации БВС, находятся на стадии доработки и утверждения,

что позволяет надеяться на то, что в них будет учтена специфика задач МЧС России и созданы условия для успешного и своевременного их решения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 N 60-ФЗ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_13744/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/) (дата обращения: 14.01.2018).

2. Временная инструкция по организации применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами в системе МЧС России. Утверждена первым заместителем Министра МЧС России В.В. Степановым 12.04.2015 №9-6-2470.

3. Концепция развития и применения беспилотных авиационных систем МЧС России на период до 2020 года, утверждена МЧС России 16.09.2016 № 20/IV.

4. Методические рекомендации по применению беспилотных авиационных систем ближнего действия малого класса в интересах МЧС России. Утверждены заместителем Министра МЧС России А.П. Чуприяном 25.01.2016 № 2-4-71-4-9.

5. Методические рекомендации по производству полетов БВС в системе МЧС России. Утверждены заместителем Министра МЧС России А.П. Чуприяном 28.03.2016 №2-4-71-12-9.

6. Методические рекомендации по применению беспилотных летательных аппаратов в целях оперативного обнаружения и прогноза опасных природных явлений и обеспечения мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера. Утверждены заместителем Министра МЧС России А.П. Чуприяном 13.07.2016 №2-4-71-39-28.

7. Приказ Минтранса Российской Федерации от 12.09.2008 № 147 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Требования к членам экипажа воздушных судов, специалистам по техническому обслуживанию воздушных судов и сотрудникам по обеспечению полетов (полетным диспетчерам) гражданской авиации». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://base.garant.ru/194352/> (дата обращения 04.05.2018).

8. Решение Коллегии МЧС России «О дальнейшем развитии беспилотной авиации и применении новейших технологий в МЧС России на период 2018 – 2020 годов» от 31.01.2018 №2/III.

9. Решение Коллегии МЧС России от 06.12.2017 № 21/III. Приложения №№ 1,2 «Организационно-методические указания по подготовке ... МЧС России на 2018 год». [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://emercom.mouhta.ru/about/KGO2017/Орг.-метод\\_указания\\_на\\_2018\\_год.pdf](http://emercom.mouhta.ru/about/KGO2017/Орг.-метод_указания_на_2018_год.pdf) (дата обращения 04.05.2018).

10. Циркуляр 328 ИКАО. Беспилотные авиационные системы (БАС). ИКАО, 2011. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.aviadocs.net/icaodocs> (дата обращения 04.05.2018).

УДК 614.849

*Б. А. Клементьев\**, *С. Н. Олейников\*\**

\*ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет,  
ООО «НОВАТЭК-Мурманск»

\*\*ОАО «Ямал СПГ»

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ: ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА**

Приведен обзор действующих требований нормативных документов по пожарной безопасности объектов сжиженного природного газа. Выявлены ключевые проблемы стандартизации в части обеспечения пожарной безопасности и предложены пути их решения, в том числе путем разработки нормативных документов по пожарной безопасности, регулирующих вопросы крупнотоннажных производств сжиженного природного газа.

**Ключевые слова:** обеспечение пожарной безопасности, техническое регулирование, нормы пожарной безопасности, свод правил, топливно-энергетических комплекс (ТЭК), сжиженный природный газ, огнезащита, требования.

*B. A. Klementev, S. N. Oleynikov*

## **THE BASIC DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF STANDARDIZATION: ENSURING THE FIRE SAFETY OF LIQUEFIED NATURAL GAS**

There is given a review of existing normative requirements for fire safety of LNG facilities. The key problems of standardization in terms of ensuring fire safety have been identified and ways for their solution have been suggested, including developing of regulatory documents on fire safety of large-scale production of liquefied natural gas.

**Keywords:** ensuring the fire safety, technical regulation, fire norms, rules and regulations, fuel & energy complex (FEC), liquefied natural gas, passive fire protection (PFP), standards.

На протяжении нескольких десятков лет промышленность топливно-энергетического комплекса (ТЭК) находится в постоянном поиске инновационных решений, совершенствовании и разработке новых технологий добычи и транспортировки нефти и газа. Перед промышленностью ТЭК ставятся новые технически сложные задачи, такие как освоение нефтегазовых месторождений на глубоководном шельфе и на территории Арктики.

Новые открываемые нефтегазовые месторождения России разрабатываются на все более удаленных и труднодоступных территориях, что делает процесс транспортировки углеводородов конечным потребителям посредством ма-

гистральных трубопроводов экономически и технически невыгодным, и нецелесообразным. К таким месторождениям, в настоящее время, можно отнести Южно-Тамбейское, Салмановское, а также другие месторождения полуострова Ямал, района Обско-Тазовской губы и острова Сахалин.

Большое внимание компаний-операторов удаленных месторождений уделяется решению задач по совершенствованию процесса транспортировки углеводородного сырья. Одним из перспективных путей решения такой задачи является производствосжиженного природного газа непосредственно на территории месторождения с его дальнейшей транспортировкой посредством газозовозов (либо по автомобильным и/или железным дорогам).

Технологии промышленного сжижения природного газа появились относительно недавно, первые разработки в области сжижения природного газа были освоены в 20-30-х годах прошлого столетия в США, а уже в 1964 году был введен в эксплуатацию первый в мире завод по крупнотоннажному сжижению природного газа.

По сравнению с общим мировым объемом производства и транспортировки СПГ в России промышленность по сжижению углеводородных газов недостаточно развита, так как до сегодняшнего дня в нашей стране традиционно делали ставку на транспортировку газа по трубопроводам. Однако несмотря на то, что СПГ-индустрия в России сравнительно молода она стремительно развивается:

- в 2009 году был введен в эксплуатацию первый в России крупнотоннажный завод по сжижению природного газа на Сахалине (проект «Сахалин-2», «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.») – один из крупнейших в мире проектов комплексного освоения нефтяных и газовых месторождений, созданный в суровых субарктических условиях (рис. 1);

- в декабре 2017 года введена первая технологическая линия крупнотоннажного завода по производству, хранению и отгрузке сжиженного природного газа проекта «Ямал СПГ» (рис. 2) – аналогичных объектов в условиях Арктических широт на сегодняшний день не существует;

- в настоящее время продолжают реализовываться такие масштабные проекты, как «Ямал СПГ», «Арктик СПГ2», «Арктик СПГ3», «Балтийский СПГ», «Печора СПГ», терминалы по регазификации и другие проекты.

Такие масштабные проекты нефтегазовой отрасли имеют высокую пожарную опасность, в том числе обусловленную обращением в технологических процессах большого количества легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и горючих газов, а также хранением указанных веществ и материалов на объектах производства. В связи с этим одной из главных задач является обеспечение безопасности работников и близлежащего населения, а также задачи охраны окружающей среды. Залогом комплексного решения по обеспечению безопасности, является закрепление соответствующих требований в нормативно-

правовых актах (НПА), что позволяет системно внедрять безопасные технологии на стадии проектирования и строительства крупномасштабных проектов, а также обеспечит единые подходы к обеспечению пожарной безопасности. Вместе с тем следует отметить, что на сегодняшний день в Российской Федерации отсутствуют нормативные документы, регламентирующие требования в части обеспечения пожарной безопасности при производстве, хранении и транспортировке сжиженных природных газокрупнотоннажного производства.



**Рис. 1.** Завод СПГ, проект «Сахалин-2»

В странах с развитой индустрией СПГ, одновременно с освоением промышленности разрабатывалась и совершенствовалась нормативно-техническая база, регламентирующая порядок работы с новым видом топлива, в том числе обеспечение пожарной безопасности, как при проектировании (строительстве), так и эксплуатации технологий криогенной техники в ТЭК.

Одними из признанных лидеров в разработке стандартов по СПГ является Североамериканский континент (США, Канада), Великобритания и Австралия. Разработанные и используемые здесь стандарты такие как NFPA 58, NFPA 59A, API 752, API 625, UL 1709, API 2218, API 2510/A регламентируют широкий круг вопросов, относящийся к конструктивным и технологическим требованиям, вопросам проектирования и безопасности на различных стадиях жизненного цикла использования СПГ.

Несмотря на появившиеся в России объекты по производству СПГ и большую перспективу развития индустрии этого продукта, на сегодняшний день отсутствуют нормативные правовые акты, регламентирующие требования пожарной безопасности в области криотехнологий в нефтегазовом секторе, а именно крупнотоннажных производств СПГ.

Основным нормативным документом, регламентирующим вопросы обеспечения пожарной безопасности, является Федеральный закон от 22.07.2008г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в соответствии с которым каждый объект должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, целью которой является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защиты имущества при пожаре.

В настоящее время разработано несколько нормативных документов, устанавливающих требования пожарной безопасности при хранении и производстве сжиженного природного газа, а именно СП 240.1311500.2015 «Хранилища сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности» и СП 326.1311500.2017 «Объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности». Кроме этого имеется разработанный в советское время ВНТП 51-1-88 ((Мингазпром СССР) «Ведомственные нормы технологического проектирования установок по производству и хранению сжиженного природного газа, изотермических хранилищ и газозаправочных станций (временные)»), который вот уже несколько десятилетий носит временный характер применения.

В свою очередь ВНТП 51-1-88 является морально устаревшим документом и не отражает специфики обеспечения пожарной безопасности при проектировании, учитывая достижения науки и техники, а также подходы в техническом регулировании, а СП 326.1311500.2017 устанавливает требования к объектам малотоннажного производства СПГ с количеством на объекте не более 200 тонн, при единичном объеме криогенного резервуара, не превышающем  $260 \text{ м}^3$ , с избыточным давлением в криогенных резервуарах не более 0,8 МПа и производительностью объектов малотоннажного производства до 10 тонн СПГ в час.

Свод правил 240.1311500.2015 устанавливает требования к хранилищам (резервуарам) сжиженного природного газа с объемом хранения до 200 тыс. куб. м., в которых СПГ содержится в надземных двухболоочечных резервуарах с полной герметизацией.

Стоит отметить, что вышеуказанные документы по пожарной безопасности были разработаны по истечении более чем 7 лет с момента ввода в эксплуатацию первого в России СПГ завода.

Кроме этого на сегодняшний день недостаточно проведено исследований в части обеспечения пожарной безопасности производств СПГ, в том числе нормативными документами не установлены такие требования, как:

- требуемая интенсивность водяного орошения технологического оборудования и строительных конструкций с целью защиты от теплового излучения при горении СПГ;
- необходимость тушения сжиженных углеводородных газов и интенсивность при тушении разливов СПГ;



- интенсивность подачи пены с целью купирования жидкой фазы СПГ и СУГ;
- обоснование кратности пены при купировании и тушении разливов СПГ;
- меры по снижению концентрации газовых облаков СПГ и ограничению распространения паров газа;
- дополнительные мероприятия направленные на уменьшения интенсивности испарения жидкой фазы СПГ;
- требования к пределам огнестойкости строительных конструкций в условиях углеводородного пожара;
- требования к обеспечению защиты строительных конструкций и огнезащитных материалов от криогенного воздействия;
- методы определения огнезащитной эффективности материалов в условиях углеводородного пожара.



**Рис. 2.** Завод СПГ, проект «Ямал СПГ»

Вышеперечисленные документы не представляется возможным использовать при разработке проектной документации крупнотоннажных производств (комплексов) СПГ с целью обеспечения пожарной безопасности, в связи с чем в соответствии с действующим законодательством [1-5] возникает необходимость разработки специальных технических условий, отражающих специфику обеспечения их пожарной безопасности и содержащих комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий. Порядок разработки и согласования СТУ определен приказом **Минстроя России от 15 апреля 2016 года N 248/пр.** Основными условиями разработки СТУ является отступление от нормативных документов, либо отсутствие таких требований.

К числу требований пожарной безопасности, которые могут быть отражены в специальных технических условиях можно отнести: требования к размещению объекта, генеральному плану, объемно-планировочным и конструктивным решениям зданий, сооружений и наружных установок, обеспечению эвакуации людей, системам противопожарной защиты (АПС, АУП, ППВ), пожарной охране, организационным мероприятиям и др.

В сложившейся практике разработки специальных технических условий имеется ряд существенных недостатков, которые непосредственно влияют на проектирование объектов капитального строительства, а именно:

- избыточные административные процедуры;
- увеличение сроков проектирования, связанные с необходимостью разработки и согласования СТУ;
- неподтвержденная обоснованность принимаемых мероприятий ПБ;
- малоэффективность дополнительных противопожарных мероприятий, направленных на повышение уровня безопасности, учитывая отсутствие области их эффективного применения.

В целях совершенствования практики проектирования и безопасной эксплуатации взрывопожароопасных объектов, учитывая широкое использование криогенных технологий в ТЭК, а также отсутствие действующих нормативных документов, регламентирующих требования пожарной безопасности объектов производства СПГ необходимо продолжить поиск решений, направленных, на гармонизацию существующих и разработку новых нормативных документов, в том числе:

- разработать нормативные документы по пожарной безопасности для крупнотоннажных производств СПГ;
- провести крупномасштабное моделирование поведения СПГ при чрезвычайных ситуациях (утечки, взрыве, распространении облаков газа);
- провести исследования по эффективным способам ограничения распространения и снижению концентраций паро-газовоздушных смесей СПГ;
- разработать методы определения огнезащитной эффективности в условиях углеводородного пожара;
- определить требования к пределам огнестойкости строительных конструкций производств СПГ;
- определить требования защиты от криогенного воздействия строительных конструкций и огнезащитных материалов.

При этом необходимо осуществлять взаимодействие на межведомственном уровне с привлечением научных и проектных организаций, занимающихся вопросами обеспечения пожарной безопасности. Также при выработке требований пожарной безопасности к СПГ необходимо учесть положительный опыт

зарубежных коллег, что поможет более качественно подойти к организации разработки нормативных правовых актов и сформировать комплексный подход.

Разработанные нормативные документы и единый подход к обеспечению пожарной безопасности позволят систематизировать требования, избежать избыточных финансовых затрат и административных процедур при проектировании, что в совокупность сократит сроки разработки проектной документации и ввода объектов в эксплуатацию.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. №69-ФЗ «О пожарной безопасности».
3. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
4. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. №87 «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
5. Приказ Минстроя России от 15 апреля 2016 года N 248/пр «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства».

УДК 630.843.2

*Е. Г. Коробейникова*

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

### **ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПАТЕНТЫ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ 1994–2017 гг. В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ И КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОНИЖЕННОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТЬЮ**

Проведен анализ 86 отечественных патентов на изобретения 1994 – 2017 гг. в области создания строительных и конструкционных материалов с пониженной пожарной опасностью. В структуре изобретений преобладают отделочные материалы смешанной природы.

**Ключевые слова:** конструкционные материалы с пониженной пожарной опасностью, изобретения; патенты; Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам России (Роспатент).

*E. G. Korobeynikova*

## DOMESTIC PATENTS FOR INVENTIONS 1994 – 2017 IN THE FIELD OF PRODUCTION OF CONSTRUCTION AND CONSTRUCTION MATERIALS WITH REDUCED FIRE DANGER

The research contains analysis of 86 patents in the field of production of construction materials with reduced fire danger, granted by the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks in 1994-2017. The structure of inventions is dominated by finishing materials of mixed nature.

**Keywords:** construction materials with reduced fire danger, inventions, patents, The Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks of Russia (Rospatent).

Создание пожаробезопасных строительных и конструкционных материалов – одно из важнейших направлений как научных исследований, так и промышленного производства. Актуальность разработки материалов с заданными функциями, в том числе и защиты от пожаров подтверждается анализом отечественных патентов на изобретения 1994 – 2017 гг. По данным Федерального института промышленной собственности (ФИПС) Роспатенте в 1994–2017 гг. было выдано 515 патентов на изобретения в сфере физико-химических основ развития и прекращения горения, в том числе 86 (17,4 %) – производства строительных и конструкционных материалов с пониженной пожарной опасностью [1].

Поисковыми условиями в справочно-информационном ресурсе «Информационно-поисковая система» (<http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS>) Федерального института промышленной собственности Роспатента являлись сокращенные поисковые слова – «пожар\* OR огнео\*», соединенные оператором присоединения, позволяющего находить их в названии изобретения или реферате отдельно, или вместе за период времени – 1994–2017 гг. Подробный алгоритм поиска изобретений приведен в публикации [2].

Библиографические записи и рефераты патентов на российские изобретения за 1994–2016 гг. по физико-химическим основам развития и прекращения горения, в том числе производства строительных и конструкционных материалов с пониженной пожарной опасностью представлены в библиографическом указателе [3].

Патенты на изобретения материалов с пониженной пожарной опасностью классифицировали по различным признакам:

- по химической природе материалов;
- по сфере применения;
- по материалам, подлежащим обязательной сертификации.

По химической природе рассматриваемые материалы, разработанные и используемые в патентах на изобретения, являются неорганическими, органи-

ческими и составами смешанной природы. Преобладают последние две группы из перечисленных (рис. 1).

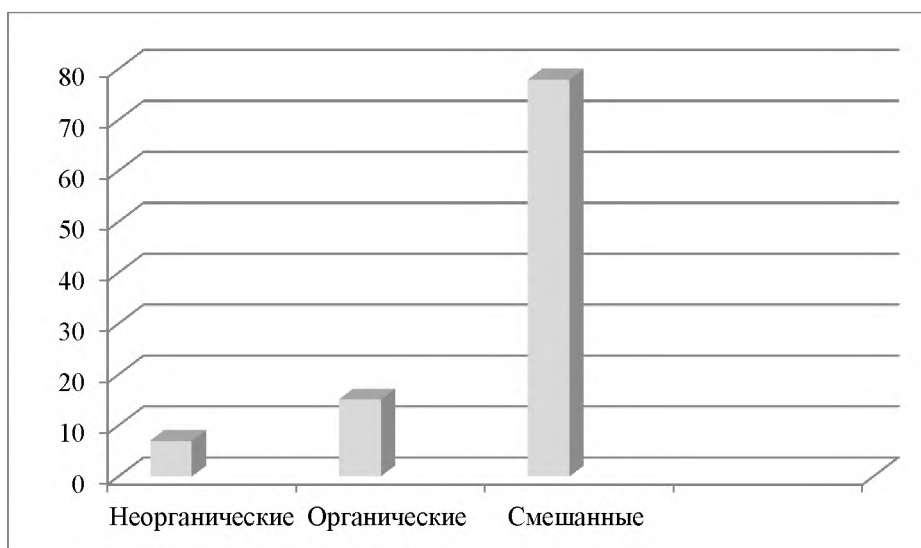


Рис. 1. Структура патентов на изобретения по химической природе материалов

Неорганические составы (7,0 % работ) представлены, главным образом, в составе сырьевых смесей для изготовления пожаробезопасных отделочных материалов [4] композитных материалов для защиты металлоконструкций и трубопроводов [5] и сплавы [6].

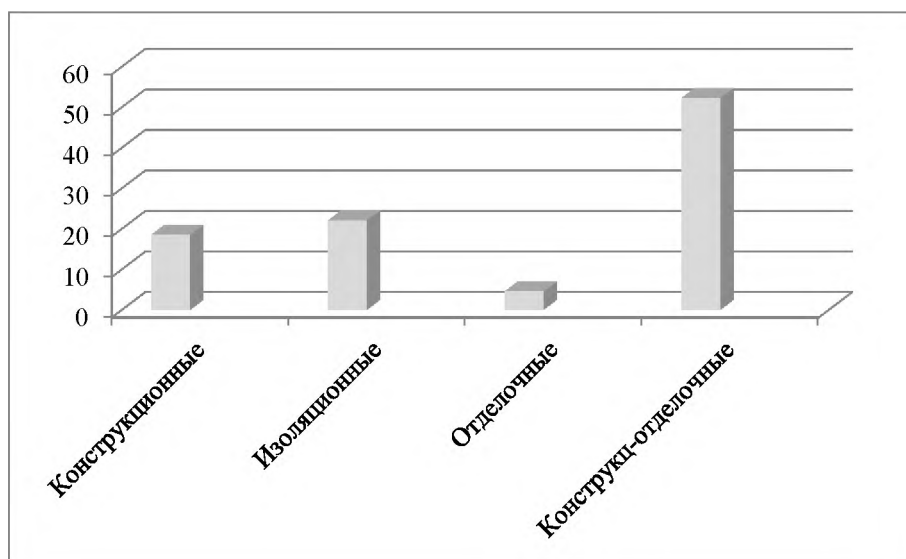
Главными неорганическими составляющими огнезащитных сырьевых смесей являются портландцемент, вермикулит, негашеная известь строительный гипс. В качестве связующего вещества часто используется силикат натрия (жидкое стекло).

Органические материалы на основе полимеров приведены в 15,1 % работ. Преимущественно это материалы на основе поливинилхлорида, фтор- и азотсодержащих полимеров. Отмечено, что технология их получения обеспечивает огне- и термостойкость [7].

Большая часть разработанных материалов (77,9 %) – это составы смешанной природы. Основа – органические материалы, чаще всего полимеры, а снижение пожарной опасности обеспечивается введением неорганических компонентов. К ним относятся минералы с высокой огнестойкостью – вспученный вермикулит, перлит и каолин, а также карбонат кальция, гидроксид алюминия, борат цинка, бура [8]. Часто введенные неорганические добавки обладают свойствами антипиренов.

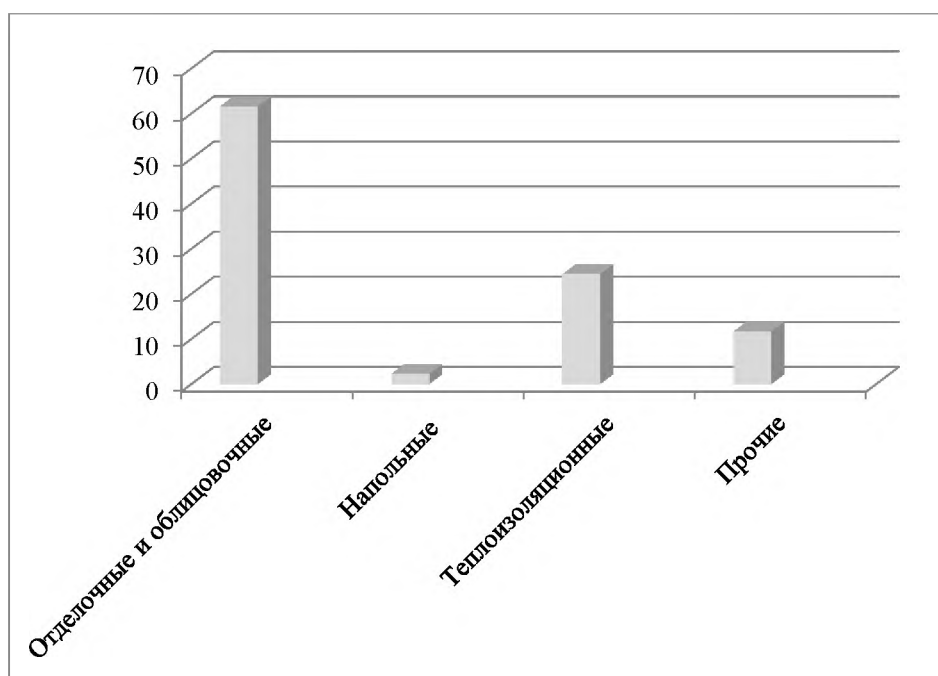
По сфере применения материалы, описанные в патентах, можно разделить на конструкционные, изоляционные и отделочные и конструкционно-отделочные (рис 2).

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ  
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ  
И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**



**Рис. 2.** Структура патентов на изобретения по сфере применения материалов (1)

Согласно классификации НПБ 244-97, обязательной сертификации в области пожарной безопасности подлежат отделочные, облицовочные, кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы, а также напольные покрытия. Структура патентов по этим характеристикам приведена на рис.3.



**Рис. 3.** Структура патентов на изобретения по сфере применения материалов (2)

Преобладание в данном массиве патентов конструкционно-отделочных материалов можно объяснить с одной стороны их широким использованием, а с другой стороны значительным количеством патентов одного автора (48,8 %), посвященных разработке различных вариантов бумажно-слоистых пластиков, например [9].

Подавляющая часть отделочных, изоляционных и конструкционных материалов представляют собой композитные материалы смешанной природы.

Анализ изобретений позволяет выделить основные направления развития данной отрасли знаний.

1. Очевидна тенденция преобладания материалов на основе органических соединений и смешанных (органических с добавками неорганических веществ) – 93 % от общего числа.

2. Создание экологически безопасных составов полимерных композитов с включением слоистых силикатов, антипиренов и интумесцентных компонентов различной природы.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Евдокимов В.И., Поташев Д.А., Коробейникова Е.Г. Структура изобретений по физико-химическим основам развития и прекращения горения в России (1994–2016 гг.)// *Пожаровзрывобезопасность*. – 2017. – Т. 26, № 3, с.5-11.

2. Evdokimov V.I., Potashev D.A. Analiz otechestvennykh patentov na izobreniya v sfere pozharnoi bezopasnosti (2014) [Analysis of domestic patents for inventions in the sphere of fire safety (2014)].// *Pozharovzryvobezopasnost'* [Fire and Explosion Safety], 2015, vol. 24, no. 10, pp. 5–12. Doi: 10.18322/PVB.2015.24.10.5-12.

3. Евдокимов В.И., Поташев Д.А., Коробейникова Е.Г. Физико-химические основы развития и прекращения горения: аннотированный указатель отечественных патентов на изобретения (1994–2015 гг.) / Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, С.-Петерб. ун-т Гос. противопожар. службы МЧС России. – СПб. : Политехника сервис, 2016. – 189 с.

4. Пат. 2372314 Рос. Федерация. Огнезащитная сырьевая смесь./ Хежев Т.А., Хежев Х.А. - № 2008113501/03.

5. Пат. 2360800 Рос. Федерация. Огнезащитный и теплозащитный материал (варианты)/ Кокшаров С.А., Баринов С.В. - № 2007133629/12.

6. Пат. 2183222 Рос. Федерация. Способ производства огнестойкого листового проката./ Кулик Д.В., Одесский П.Д., Горпинченко В.М., Чевская О.Н., Морозов Ю.Д. [и др. - № 2001130954/02.

7. Пат. 1612559 Рос. Федерация. Способ получения пенополиизоцианурата./ Царфин, М.Я., Васьяков Г.Г., Денисов А.В., Житинкина А.К., Жарков В.В. [и др.] - № 4320326/05.

8. Пат 1832700 Рос. Федерация. Полимерная композиция./ Нинин В.К., Тихомирова Р.Г., Поцелуева Н.В., Шегабутдинова Л.А. - № 5051657/05.

9. Пат 2515811 Рос Федерация. Бумажно-слоистый пластик (варианты)/ Сахаров К.С. - № 2013124736/05.

УДК 614

*А. А. Лазарев*

ГУ МЧС России по Ивановской области

## **ФАКТОРЫ РИСКОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОВЕРОК В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И МЕРЫ ПО ИХ СНИЖЕНИЮ**

В статье рассмотрены вопросы эффективного планирования проверок объектов при осуществлении надзорной деятельности в области пожарной безопасности. Рассмотрены проблемы и риски планирования в связи с введением риск-ориентированного подхода к осуществлению надзорной деятельности.

**Ключевые слова:** государственный пожарный надзор, надзорная деятельность, риск-ориентированный подход, объект высокого риска.

*A. A. Lazarev*

## **FACTORS OF THE RISKS OF PLANNING FIRE SAFETY CHECKS AND MEASURES ON THEIR REDUCTION**

The article considers the issues of effective planning of inspections of objects in the implementation of supervisory activities in the field of fire safety. The problems and risks of planning are discussed in connection with the introduction of a risk-oriented approach to the implementation of supervisory activities.

**Keywords:** state fire supervision, supervisory activity, risk-oriented approach, high-risk facility.

Качественное формирование плана проверок объектов на предстоящий год является актуальной задачей для каждого подразделения надзорной деятельности. Здесь важна не только пунктуальность в заполнении соответствующих форм, но и выявление объектов более высокой категории риска с последующим планированием в сроки, жестко регламентированные Правительством РФ и МЧС России [1, 2].

Актуальность данного процесса для организации плановых проверок в области пожарной безопасности (далее – ПБ) обусловлена тем, что объекты высокого риска проверяются один раз в три года, значительного риска – один раз в четыре года. При этом указанный срок должен истекать на момент проведения проверки в предстоящем году. Особый риск для должностного лица, осуществляющего планирование, представляет пропуск указанного срока. Это может привести как к дисциплинарной, так и к уголовной ответственности данно-



го сотрудника в случае возникновения в результате пожара негативных последствий на объекте надзора, проверка которого не была в установленном порядке спланирована.

В настоящее время представления о плане проверок в области ПБ на год находятся в точке перехода от утвердившегося в последние годы классического варианта к некоторому формирующемуся, новому подходу. Это состояние перехода характеризуется кризисом классического представления об идеале рассматриваемого плана во всех его формах и модификациях, критике принципиальных подходов к его составлению, а также в выдвижении альтернативных оснований для его формирования и создания соответствующих эталонов планирования.

В качестве основоположного фактора данных изменений выступает историческая ситуация, которая и предписывает идти по пути плюрализации форм планов, экстернализации в процессах подготовки инспекторского состава, ужесточения надзора в области ПБ. Эти тенденции не только разрушают устоявшийся порядок планирования проверок, но и содержат в себе решение проблемы рассмотрения реальности надзора в контексте общечеловеческих ценностей. На основании этих тенденций шаблоны снижения количества плановых проверок представителей бизнеса лишаются своей особенной самоцели-ценности, и в более значимой степени планирование таких проверок рассматривается как средство обеспечения потребности ПБ.

Отгесняя антипроверочную обоснованность, планирование проверок имеет способность решать проблемы низкой самодисциплинированности правообладателей. Это обуславливает и ведущая ценность нового, формирующегося идеала плана. При этом происходит отказ от редуccionизма в методологии, замещаемого на понимание необходимости разных стандартов планирования проверок, что большей степени соответствует учету особенностей надзора в области ПБ. Общественное мнение становится более терпимым к проверочным мероприятиям в области ПБ.

Об относительном завершении очередного этапа поиска нового идеального плана можно будет сказать лишь после воплощения в конкретном документе (акте) вышеуказанных методологических идей и тенденций.

В целях сбора первичной информации для идентификации возможных рисков, связанных с планированием проверок в области ПБ, были проанализированы различные источники: нормативные правовые акты [1, 7], специальная литература, медийные данные, опыт и надзорной и профилактической деятельности инспекторского состава [2, 4-8], статистические данные. Итак, итоги работы в 2017 году показывают, что количество проведённых плановых проверок снижено с 114 158 в 2016 году до 78 058 проверок в 2017 году, то есть на 32%. При этом сокращено было и количество внеплановых проверок с 131 972 в 2016 году до 98 038 проверок в 2017 году. Количество запланированных проверок на 2018 год снижено на 9,5% по сравнению с прошлым годом (2018 год – 73 002 проверок, 2017 год – 80716 проверок).

По итогам данного анализа было осуществлено ранжирование рискогенных факторов планирования проверок в области ПБ следующим образом:

1 уровень – отсутствие возможности запланировать проверку в виду отсутствия сведений об объекте защиты;

2 уровень – отсутствие возможности запланировать проверку всех лиц, осуществляющих деятельность на объекте защиты в виду частичного отсутствия необходимых о них сведений;

3 уровень – отсутствие физической возможности проведения большого количества проверок одновременно.

На рисунке представлены факторы воздействующих рисков данных уровней, а также меры по снижению воздействия соответствующих рисков.

На указанном рисунке представлен ряд мер по снижению воздействия рисков планирования. Отметим, что снижение категории риска объекта возможно только при наличии соответствующих оснований [2]. Взаимодействие с органами прокуратуры осуществляется в различных форматах: совещаний, круглых столов, семинаров. Проведение профессиональной подготовки инспекторского состава подразумевает проведение не только теоретических, но и практических занятий по формированию плана.

По результатам обработки первичной информации пронумерованы рискогенные факторы планирования проверок в области ПБ. Им присвоены следующие номера:

1. нагрузка по плановым проверкам, приходящимся на 1 инспектора в связи с окончанием «надзорных каникул»;

2. количество рабочих дней, затрачиваемых на плановую проверку ПБ объекта высокого риска;

3. количество рабочих дней, затрачиваемых на плановую проверку ПБ объекта значительного риска;

4. количество рабочих дней, затрачиваемых на плановую проверку ПБ объекта среднего риска;

5. количество рабочих дней, затрачиваемых на плановую проверку ПБ объекта умеренного риска;

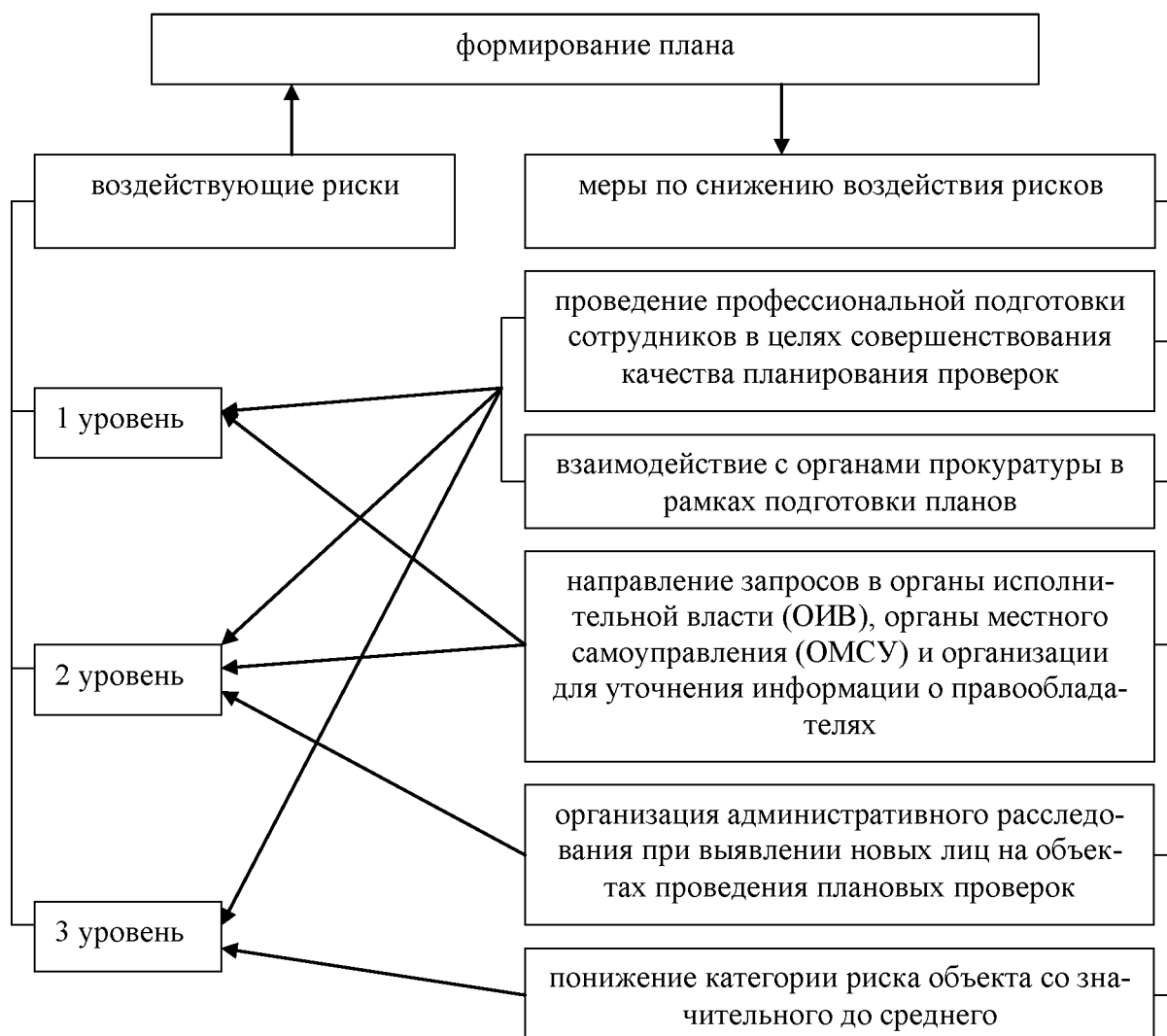
6. количество рабочего времени, затрачиваемых на проверку качества планирования 1 объекта (в области ПБ) подчиненным личным составом;

7. частота проведения мероприятий по подготовке инспекторского состава к проверкам в целях повышения их качества (результативности);

8. частота планирования объекта, который никогда в области ПБ не проверялся;

9. количество плановых проверок, приходящихся на 1 инспектора в месяц;

10. необходимость предусматривать резерв времени при планировании проверок для выполнения внезапно возникающих поручений.



**Рисунок.** Факторы рисков планирования и меры по их снижению

Анализ результатов проведенного нами исследования позволяет сделать вывод о довольно значительном уровне согласованности точек зрения опрошенных экспертов по рассматриваемой тематике. Большинство экспертов сходятся во мнении, что завершение «надзорных каникул» приведет к возникновению обязанности по одновременному планированию проверок в области ПБ, что, в свою очередь, повысит нагрузку на инспектора в 4 или более раз. При этом продолжительность плановой проверки объекта высокого и значительного риска занимает в среднем от 10 до 20 рабочих дней. Умеренного и среднего риска – более 1 рабочего дня, но до 10 рабочих дней. В этих условиях предложения по осуществлению ежегодной обязательной проверки объектов с массовым пребыванием людей (далее – ОМПЛ) без пропорционального увеличения

штатной и списочной численности инспекторского состава представляется нереализуемым проектом.

Для повышения качества проводимых проверок в области ПБ эксперты предлагают проводить профессиональную подготовку по данной тематике не реже 1-2 раз в месяц.

Другим важным аспектом планирования проверок является выявление объектов, о которых отсутствуют сведения в контрольно-наблюдательных делах. По мнению экспертов, количество запланированных проверок подобных объектов должно составлять не менее 5% от общего количества планируемых проверок. При этом большинство экспертов считает, что на одного инспектора в месяц должно приходиться не более 5 плановых проверок в области ПБ, так как резерв времени инспектора для выполнения внезапно возникающих поручений должен составлять от 2 до 5 рабочих дней.

Таким образом, проведенный на основании экспертных оценок анализ показал необходимость реализации следующего комплекса мероприятий:

1. Исключение случаев некачественного проведения проверок поднадзорных объектов, при этом необходимо не допускать применение завышенных и необоснованных требований к объектам;

2. Проведение уточнения списка ОМПЛ, в том числе объектов высокого и значительного риска на подведомственной территории. При уточнении списка необходимо задействовать отделения и производственные участки ФГУП «Ростехинвентаризация – Федеральное БТИ», а также органы государственной регистрации права собственности;

3. В период подготовки к планированию проверок учитывать, как действующий временной интервал между плановыми проверками, так и возможность их сокращения;

4. После проведения каждой плановой проверки ставить на жесточайший контроль соблюдение сроков проведения проверок исполнения ранее выданных сотрудниками предписаний;

5. При проведении проверок на ОМПЛ обеспечивать проверку всех без исключения помещений;

6. При составлении плана плановых проверок необходимо обеспечить строгое соблюдение исчисления сроков отсутствия планирования проверок объектов социальной сферы, на которых за последние три года проведена независимая оценка пожарного риска [4].

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской

Федерации» (вместе с «Правилами отнесения деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей и (или) используемых ими производственных объектов к определенной категории риска или определенному классу (категории) опасности»)

2. Приказ МЧС России от 30 ноября 2016 г. № 644 «Об утверждении Административного регламента Министерства РФ по делам гражданской обороны, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности».

УДК 614.84

*Н. Е. Осьмова, М. С. Протасьев*

Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

## **НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

В статье выполнен анализ основных положений нормативно правовых актов Российской Федерации, регулирующих отношения в области пожарной безопасности и основанных на гражданских правах и свободах граждан.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, общественные отношения, ответственность, регулирование отношений в области пожарной безопасности.

*N. E. Os'mova, M. S. Protas'ev*

## **NORMATIVE-LEGAL REGULATION IN THE FIELD OF FIRE SAFETY**

Article analyzes the main provisions of the legal acts of the Russian Federation, regulating relations in the field of fire safety and based on civil rights and freedoms of citizens.

**Keywords:** fire safety, public relations, responsibility, regulation of relations in the field of fire safety.

В Российской Федерации введено в действие законодательство, регулирующее общественные отношения, основанные на гражданских правах и свободах, которые могут быть ограничены только федеральным законом и только в той мере, в какой это необходимо в целях защиты основ конституционного строя, нравственности, здоровья, прав и законных интересов других лиц, обеспечения обороны страны и безопасности государства.

Общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации определяет Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», который регулирует

ет в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, организациями независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, а также между общественными объединениями, должностными лицами и гражданами.

Под пожарной безопасностью понимается состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров [5, ст. 1].

Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства. Действующее законодательство, регулирующее общественные отношения, определяет основной поиск сведений о проблеме к обеспечению пожарной безопасности объекта защиты.

В статье анализируются положения Конституции Российской Федерации, Кодексов Российской Федерации и федеральных законов, касающиеся регулирования отношений в области пожарной безопасности.

В части 1 статьи 15 Конституции РФ содержатся положения о том, что «Конституция Российской Федерации имеет высшую юридическую силу, прямое действие и применяется на всей территории Российской Федерации», при этом «Законы и иные правовые акты, принимаемые в Российской Федерации, не должны противоречить Конституции Российской Федерации» [1, ст. 15, ч. 1]. В случае противоречия законов и иных правовых актов Конституции Российской Федерации, применяется Конституция Российской Федерации, как Основной закон Российской Федерации, имеющий высшую юридическую силу и прямое действие.

Причиной ошибочного применения требований пожарной безопасности могут быть нечеткие формулировки этих требований, порождающие их неправильное толкование и меняющие смысл разумности.

В связи с этим необходимо учитывать положения статьи 18 Конституции Российской Федерации о том, что «Права и свободы человека и гражданина являются непосредственно действующими. Они определяют смысл, содержание и применение законов, деятельность законодательной и исполнительной власти, местного самоуправления и обеспечиваются правосудием» [1, ст. 18].

Таким образом, разработка и применение требований пожарной безопасности определяются не мировоззрением их разработчиков и должностных лиц, применяющих эти требования, а конституционными правами и свободами граждан. В связи с этим «Права и свободы человека и гражданина могут быть ограничены федеральным законом только в той мере, в какой это необходимо в целях защиты основ конституционного строя, нравственности, здоровья, прав и законных интересов других лиц, обеспечения обороны страны и безопасности государства» [1, ст. 55, ч.3].

Как правило, необходимость выполнения требований пожарной безопасности должна быть обоснована расчетами, подтверждающими наличие угрозы людям и чужому имуществу при пожаре.

При отсутствии установленных нормативными актами требований пожарной безопасности, впоследствии которых произошел пожар и причинен вред людям и чужому имуществу, ответственность не наступает.

Отношения, связанные с противопожарной защитой собственного имущества, урегулируются самими собственниками защищаемого имущества. В данном случае требования пожарной безопасности, направленные на защиту собственного имущества, не являются обязательными для собственника, но могут быть применены им для дополнительной защиты имущества, а также использованы в качестве регуляторов при рассмотрении претензий к качеству работ и услуг, выполняемых в рамках договорных отношений.

Гражданский кодекс Российской Федерации, реализуя положения Конституции Российской Федерации, в части регулирования имущественных отношений, содержит аналогичное положение, а именно: «Гражданские права могут быть ограничены на основании федерального закона и только в той мере, в какой это необходимо в целях защиты основ конституционного строя, нравственности, здоровья, прав и законных интересов других лиц, обеспечения обороны страны и безопасности государства» [2, ст. 1, ч.2].

При этом Гражданский кодекс Российской Федерации исходит из того, что «предпринимательской является самостоятельная, осуществляемая на свой риск, деятельность» [2, ст. 2, ч.1]. Таким образом, Гражданский кодекс Российской Федерации формулирует требования пожарной безопасности как обязательные лишь в тех случаях, когда они являются необходимыми и достаточными для защиты людей и имущества.

При анализе норм уголовного права, предусматривающих уголовную ответственность за посягательства на права и свободы граждан, прямое отношение к пожарной безопасности имеют следующие статьи Уголовного кодекса Российской Федерации: статья 167 «Умышленное уничтожение или повреждение имущества», статья 168 «Уничтожение или повреждение имущества по неосторожности», статья 219 «Нарушение требований пожарной безопасности», статья 261 «Уничтожение или повреждение лесных насаждений» и статья 293 «Халатность».

Статья 167 Уголовного кодекса Российской Федерации указывает на то, что уголовно наказуемым является умышленное уничтожение или повреждение чужого имущества, если эти деяния повлекли причинение значительного ущерба [3, ст. 167, ч.1].

Также уголовно наказуемыми являются деяния, совершенные путем поджога, взрыва или иным общеопасным способом либо повлекшие по неосторожности смерть человека или иные тяжкие последствия [3, ст. 167, ч.2].

Уголовно наказуемыми являются также деяния, повлекшие уничтожение или повреждение чужого имущества в крупном размере, совершенные путем неосторожного обращения с огнем или иными источниками повышенной опасности [3, ст. 168].

Таким образом, статьи 167 и 168 Уголовного кодекса Российской Федерации направлены на защиту чужого имущества от преступных посягательств, осуществляемых путем поджога либо неосторожного обращения с огнем.

Нарушения требований пожарной безопасности наказываются в случаях, если эти деяния повлекли смерть человека, причинение тяжкого вреда его здоровью либо иные тяжкие последствия [3, ст. 219]. В том числе халатность [3, ст. 293] относится к преступлениям, совершенным по неосторожности.

В соответствии со статьей 261 Уголовного кодекса Российской Федерации [3] непосредственным объектом преступления могут выступать общественные отношения по обеспечению экологической безопасности населения, охране и рациональному использованию лесных и иных насаждений. Правовая охрана указанных насаждений от пожаров и загрязнений также регулируется Федеральным законом от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» и Правилами пожарной безопасности в лесах Российской Федерации, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 30.06.2007 №417 [6]. При этом уголовно наказуемыми являются деяния, связанные с уничтожением или повреждением лесных насаждений и иных насаждений в результате неосторожного обращения с огнем, путем поджога, другим общеопасным способом, либо в результате загрязнения или иного негативного воздействия.

В такой ситуации должностному лицу, принимающему решение на применение требований пожарной безопасности, необходимо предвидеть процесс возникновения, развития пожара и причинения вреда охраняемым уголовным законом интересам, и с учетом этого следует разрабатывать адекватные меры пожарной безопасности в складывающейся ситуации.

Анализ Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях [4] позволяет выявить уточненную формулировку объекта государственного регулирования деятельности по обеспечению пожарной безопасности в части защиты людей от пожаров.

При этом Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях предусматривает собирание доказательств по делам об административных правонарушениях, раскрывающих обстоятельства их совершения [5, ст.26.1; 5, ст.26.2].

Основу этих доказательств, при рассмотрении дел о нарушениях требований пожарной безопасности, составляют расчеты динамики опасных факторов пожара и меры, направленные на защиту людей от их воздействия [17, п.4]. Это условие также является общим условием применения частных требований пожарной безопасности [17, п.3].

#### Вывод:

Анализ действующего законодательства, регулирующего общественные отношения, позволил сформулировать общий объект государственного регули-



рования деятельности по обеспечению пожарной безопасности и общие условия применения требований пожарной безопасности.

Общим объектом государственного регулирования деятельности по обеспечению пожарной безопасности являются отношения, возникающие в связи с посягательствами на права и свободы граждан в форме невыполнения обязательных требований пожарной безопасности, направленных на защиту людей, а также чужого имущества при пожаре, в части неосторожного обращения с огнем.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. «Конституция Российской Федерации» (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 №11-ФКЗ)
2. «Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая)» от 30.11.1994 №51-ФЗ (ред. от 29.12.2017).
3. «Уголовный кодекс Российской Федерации» от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 03.07.2018)
4. «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 30.12.2001 №195-ФЗ (ред. от 07.03.2018).
5. Федеральный закон от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности».
6. Постановление Правительства РФ от 30.06.2007 №417 (ред. от 18.08.2016) «Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах».

УДК 614.841.412

*А. Н. Песикин, М. В. Пуганов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В статье описана роль и значимость и пожарной безопасности пищевой промышленности в экономике страны. Представлены основные причины пожаров и взрывов. Предложены способы повышения безопасности.

**Ключевые слова:** пищевая промышленность; загрязнения; взрывы; пожары; безопасность.

*A. N. Pesikin, M. V Puganov*

## FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY IN THE FOOD INDUSTRY

The article describes the role and importance of the food industry in the economy of the country. The principal causes of fires and explosions. The methods of increasing the level of security.

**Keywords:** food processing; pollution; explosions; fires; safety.

Пожарная безопасность на производстве регламентируются правилами, разработанными и утвержденными МЧС. Производственные объекты, как правило, отличаются повышенным классом пожарной опасности. Это обусловлено наличием большого количества горючих материалов, электрооборудования и действием потенциально опасных рабочих процессов.

Основными причинами возникновения пожаров на производстве являются: нарушение технологических процессов, неисправность электрических приборов и оборудования, самовозгорание горючих материалов, недостаточная подготовка сотрудников.

Пищевая промышленность является одной из важнейших и значимых отраслей России. Существование человека без пищи невозможно, поэтому даже в самых отдаленных уголках нашей родины присутствует какая-либо отрасль пищевой промышленности.

В последние годы можно наблюдать колебания цен в нефтяной и металлургической отраслях. А производители продуктов питания стабильно наращивали свои обороты. Практически на каждой улице можно встретить булочную, пивную, маленькие ресторанчики и фастфуды, не говоря уже о продуктовых магазинах.

Предприятия пищевой промышленности не только по темпам роста, но и по таким показателям, как производительность труда, в значительной степени занимают лидирующие позиции по сравнению с ведущими компаниями российской промышленности. Отсюда следует, что пищевая промышленность является ярким примером того, как должна развиваться российская экономика в случае благоприятных инвестиционных вложений.

Сегодня доля пищевой и перерабатывающей промышленности к общему объему промышленности России составляет порядка 15 %. Пищевая промышленность насчитывает 30 отраслей и более 60 подотраслей и видов производства. Основными отраслями пищевой промышленности являются: мясная, молочная, масложировая, рыбная, мукомольная и др.

Современное развитие общества характеризуется высоким научно-техническим потенциалом. Осваиваются новые технологии и методы производства продукции. Однако этот потенциал не позволяет достичь абсо-

лютной безопасности и полностью избежать аварийно-опасных ситуаций, поскольку даже при нормальном протекании технологического процесса возможно выделение пожаро- и взрывоопасных веществ в воздух рабочей зоны и образование опасных концентраций, также возможно самовозгорание, например, в масложировой, хлебопекарной, кондитерской, пивоваренной, ликероводочной отрасли.

Одним из ведущих факторов техногенной опасности являются пожары. Борьба с пожарами представляет собой сложное, трудоемкое и дорогое мероприятие. Несмотря на широкое осуществление мер пожарной профилактики, число загораний, пожаров и взрывов на пищевых предприятиях остается сравнительно большим.

В результате пожаров происходит загрязнение окружающей среды и разрушение озонового слоя. Кроме токсичных продуктов горения, образующихся в результате пожаров. Одними из сильнейших загрязнителей являются выбросы вредных веществ от предприятий пищевой промышленности, в частности акролеин ( $\text{CH}_2\text{CHCHO}$ ), образующийся в результате термического разложения масла или жира. Так при температуре свыше  $140^\circ\text{C}$  происходит разложение сливочного, топленого масел и животных жиров, а при температуре свыше  $190^\circ\text{C}$  происходит разложение растительных масел с образованием акролеина. Температура «точки дыма», при которой происходит «обугливание» жира для различных сортов масел находится в пределах от  $138$  до  $230^\circ\text{C}$ .

Акролеин горюч, при достижении определенных условий (высоком давлении насыщенных паров) способен быстрому образованию опасных концентраций. Его пары тяжелее воздуха, скапливаются в низких участках поверхности и образуют с воздухом взрывоопасную смесь. При комнатной температуре в присутствии ингибиторов способен к взрывной полимеризации. Поэтому очень важно контролировать содержание акролеина в воздухе рабочей зоны.

С целью предупреждения взрывопожароопасных ситуаций, правильного планирования и осуществления противопожарных мероприятий необходимо контролировать все пожаро- и взрывопожароопасные места и работы, учитывая причины опасных ситуаций.

К пожароопасным местам и работам относятся те, на которых имеются или могут появиться горючие газы, пары, самовоспламеняющиеся и легковоспламеняющиеся жидкости или твердые материалы, а при их наличии и появлении соответствующих условий (высокой температуры, открытого огня) может возникнуть пожар. К взрывоопасным местам и работам относятся такие, на которых в воздухе имеются или могут появиться взрывчатые газы (пары, пыль) в концентрациях, близких к нижнему пределу воспламеняемости и больше его.

С целью повышения уровня пожарной безопасности на предприятии должен быть составлен и утвержден перечень всех пожаро- и взрывоопас-

ных мест и работ с указанием степени их опасности. В соответствии с составленным перечнем определяется дальнейшая противопожарная защита, а также в соответствии с ФЗ 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» планируется тактическая работа по тушению пожаров, ликвидации аварийных ситуаций и устранению их последствий.

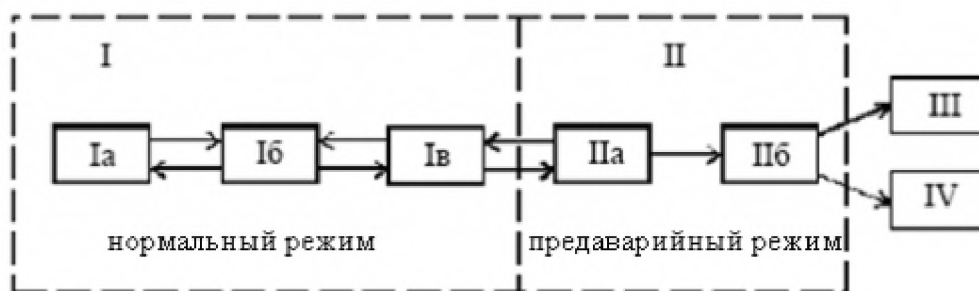
Для хлебопекарной, кондитерской, макаронной, бродильной отрасли пищевой промышленности характерно значительное число пожаро- и взрывоопасных мест и работ, которые расположены вдоль всей технологической линии производства, начиная от складов исходного сырья, заканчивая складами с готовой продукцией. Причиной этому служит то, что исходное сырье, а также вещества и материалы, используемые в производственном процессе, относятся к горючим или пожаро- и взрывоопасным. В пивоваренных и ликероводочных производствах могут образовываться взрывоопасные паровоздушные концентрации.

При этом во многих пищевых предприятиях применяются взрывопожароопасные газы (пропан, аммиак и др.), что само по себе уже создает потенциально опасную ситуацию. Для возникновения пожара и взрыва, кроме горючей среды требуется источник (инициатор) зажигания.

Авторы отмечают, что причины пожаров и взрывов на предприятиях пищевой промышленности могут носить не только технический характер, но и антропогенный, то и источники зажигания могут быть классифицированы по этому признаку: открытый огонь, сигареты, спички; тепловые проявления электрического тока, искры и дуги короткого замыкания и т. п.

Так в источнике сказано, что температура открытого пламени при горении табака в сигарете составляет около 600—700 °С, в печах температура достигает 700—1500 °С, температура образовавшихся искр при соударении металлических частей может достигать 1600 °С, всего этого достаточно для воспламенения большинства горючих материалов. Для воспламенения исходного сырья и готовой продукции, а также твердых горючих веществ на предприятиях пищевой промышленности иногда достаточна мощность в 60 Вт. Замасленные растительными маслами текстильные материалы при температуре окружающей среды 10—20 °С способны выделить такое количество теплоты, что через 3—4 ч может произойти их самовозгорание.

Возможные состояния пожаро- и взрывоопасного технологического процесса и алгоритм управления им представлены на рисунке.



**Рисунок.** Возможные состояния пожаро-и взрывоопасного технологического процесса: I - нормальный режим; Ia - все определяющие параметры соответствуют заданным; Ib - отклонение определяющих параметров в сторону уменьшения опасности; Iv - отклонение определяющих параметров в сторону увеличения опасности; II - предаварийный режим; IIa - возможен возврат процесса к нормальному режиму; IIб - необратимое развитие аварийной ситуации; III - остановка процесса; IV - авария

Одним из направлений по снижению уровня взрывопожароопасности является применение систем противопожарной защиты (ППЗ).

Комплексный подход позволит сократить число аварийных ситуаций за счет создания локальных (автономных) систем автоматического управления: контроля, регулирования, сигнализации, защиты и блокировки, пуска и останова.

Таким образом, несмотря на то, что на первый взгляд пищевая промышленность относится к безопасной отрасли производства, но на самом деле является одним из источников загрязнения атмосферы, взрывов и пожаров, и требует высокого уровня автоматизации производственных процессов и контроля за состоянием воздушной среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).
2. Пашкевич Н.А. Роль систем раннего обнаружения возгорания, а также комплексных систем безопасности на опасных производственных объектах // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск № 6 2012 Горный инженер-3. Промышленная безопасность и охрана труда. 2012.

УДК 614.841

*В. И. Попов*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Анкетирование специалистов пожарной безопасности показало, что многие понятия и требования нормативов понимаются неоднозначно. Анализ понятий приведенных в различных документах свидетельствует, что нередко определения принципиально различаются. Некоторые требования нормативов сформулированы некорректно. В статье приведены несколько примеров неоднозначных понятий.

**Ключевые слова:** термины, нормативы, помещение с массовым пребыванием людей, пожарный риск, эстрада.

*V. I. Popov*

## TERMS AND DEFINITIONS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

A survey of fire safety specialists showed that many of the concepts and requirements of standards are understood ambiguously. Analysis of the concepts given in various documents shows that often the definitions are fundamentally different. Some of the requirements of the regulations are incorrect. The article presents several examples of ambiguous concepts.

**Keywords:** terms, standards, room with mass stay of people, fire risk, stage.

Нормативы в области пожарной безопасности при разработке проходят ряд процедур. Содержание требований обсуждаются специалистами. Многие нормативные правовые акты и нормативные документы по пожарной безопасности включают термины и определения. От однозначности понимания терминов во многом зависит уровень обеспечения пожарной безопасности объектов. Особенно важно однозначность понятий в вопросах обеспечения безопасности людей в зданиях и сооружениях при пожарах и авариях.

Проведенное анкетирование специалистов пожарной безопасности кафедрой пожарной безопасности объектов защиты по требованиям нормативов к эвакуационным путям и выходам показало, что у специалистов нет однозначных понятий по многим положениям, в том числе и по требованиям закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1].

В некоторых современных нормативных документах встречаются положения, которые в разных документах имеют различные определения. Это вызывает проблемы в вопросах обеспечения пожарной безопасности и во взаимоотношениях между проектировщиками, эксплуатационниками и специалистами надзорных органов.

Так, понятию «помещения (объекты) с массовым пребыванием людей» даны следующие определения:

- помещение с массовым пребыванием людей: Залы и фойе театров, кинотеатров, залы заседаний, совещаний, лекционные аудитории, рестораны, вестибюли, кассовые залы, производственные помещения и другие помещения площадью  $50 \text{ м}^2$  и более с постоянным или временным пребыванием людей (кроме аварийных ситуаций) числом более 1 чел. на  $1 \text{ м}^2$  (п. 3.71 СП 5.13130.2009 [2]);

- помещения с массовым пребыванием посетителей: театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие учреждения с расчетным числом посадочных мест для посетителей в закрытых помещениях (Ф2.1) и на открытом воздухе (Ф2.3); музеи, выставки, танцевальные залы и другие подобные учреждения без расчетного числа посадочных мест для посетителей в закрытых помещениях (Ф2.2) и на открытом воздухе (Ф2.4) (п. 5.4.1 СП 4.13130.2009 [3]);

- помещение с массовым пребыванием людей: помещение с количеством людей более 1 чел. на  $1 \text{ м}^2$  помещения площадью  $50 \text{ м}^2$  и более (залы и фойе зрелищных учреждений, залы совещаний, лекционные аудитории, обеденные залы, кассовые залы, залы ожидания и др.) (прилож. Б, п. Б.20 СП 118.13330.2012 [4]).

- объекты на которых может одновременно находиться 50 и более человек (п. 5 Правила противопожарного режима в Российской Федерации [5]).

В нормативах [2-4] приведены определения «помещения с массовым пребыванием людей» под которые практически очень мало помещений подходят с количеством людей значительно превышающем 50 чел., так как даже в торговых залах принимается количество эвакуирующихся из расчета  $3 \text{ м}^2$  на 1 человека площади торгового зала [6], следовательно по определению нормативов [2-4] торговые залы не относятся к помещениям с массовым пребыванием людей.

В Правилах противопожарного режима в Российской Федерации [5] в соответствии с п. 5 к «массовым пребыванием людей» относят не помещения, а объекты «... на объектах, на которых может одновременно находиться 50 и более человек, то есть с массовым пребыванием людей», следовательно, с «массовым пребыванием людей» могут быть отнесены практически все объекты, так как объекты могут состоять из нескольких зданий. При этом возникают проблемы с выполнением рекомендаций ГОСТ Р 53315-2009 [6] по области применения кабельных изделий в «зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей».

Свод правил СП 1.13130.2009 [7] содержит пункты требований к объектам, понятие которых не приведены в нормативах.

Так, например, в СП 1.13130.2009 п. 4.2.3, п. 6.2.1 и других требуется устройство не менее двух эвакуационных выходов с этажа, а понятия эвакуационный выход с этажа не приводится в своде правил и в законе «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1]. Требования установлены в нормативах к устройству зон безопасности, но, что это «зона безопасности» не определено. Не дано определение в нормативах понятий «эвакуационный выход (конструктивное исполнение)», «эвакуационный выход из здания», «расчетное количество эвакуирующихся из помещений».

В нормативных правовых актах и нормативных документах по пожарной безопасности приводятся определения, противоречащие смысловому понятию. К таким определениям относятся понятия «индивидуальный пожарный риск», «аварийный выход» и др.

В Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» [1] приведены определения:

- допустимый пожарный риск - пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий;
- пожарный риск - мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей;
- социальный пожарный риск - степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара;
- индивидуальный пожарный риск - пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара.

Анализ приведенных понятий показывает, что под определениями «допустимый пожарный риск», «пожарный риск», «социальный пожарный риск» понимается численное значение вероятности события. Определение «индивидуальный пожарный риск» в Техническом регламенте [1] – «это пожарный риск, который может привести к гибели человека».

В своде правил СП 1.13130.2009 [7] приведены требования п. 6.2.15 и п. 6.4.8: «6.2.15 В кинотеатрах независимо от вместимости в качестве второго эвакуационного выхода с эстрады можно принимать проход через зал». «6.4.8 В кинотеатрах независимо от вместимости в качестве второго эвакуационного выхода с эстрады можно принимать проход через зал». – В чем отличие приведенных пунктов? Кроме того «эстрада - возвышение в торцевой части зрительного зала для проведения концертных и эстрадных представлений (без колосников)» СП 59.13330.2016 [8]. Как можно выполнить «эвакуационный выход» из одной части зала в другую, без разделения помещения перегородкой или стеной?

В пункте 6.2.7 СП 1.13130.2009 [1] указано «Для эвакуации с рабочих галерей и колосникового настила допускается предусматривать наружные по-



жарные лестницы при отсутствии колосниковых лестничных клеток». Возникает вопросы, что такое «колосниковая лестничная клетка» и возможно ли эвакуация по «пожарной лестнице»? Пожарные лестницы не предназначены для эвакуации и требование п. 6.2.7 противоречит положениям закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1].

Выводы и предложения:

В современной системе нормативов нередко приводятся определения и требования, смысл которых специалистами эксплуатирующими объекты и специалистами надзорных органов понимаются по-разному. Такое положение вызывает значительные сложности в вопросах обеспечения пожарной опасности зданий и сооружений. Наиболее важными понятиями, которые вызывают проблемы в толковании нередко обсуждались в журнале «Пожаровзрывобезопасность» и на научных конференциях. Некоторые предложения исключили из документов, например в первой редакции «Правил противопожарного режима в Российской Федерации» [5] п. 414 требовалось на месте проведения временных огневых работ из первичных средств пожаротушения «ящик с песком объемом 0,5 м<sup>3</sup>», что по весу составляет около 1000 кг, следовательно, для обеспечения необходимого количества песка необходимо несколько часов носить песок на место проведение огневых работ, даже если работы продлятся несколько минут. В указанный пункт постановлением Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2014 года № 113 внесено изменение, исключая требование о наличии песка объемом 0,5 м<sup>3</sup>.

В настоящее время разрабатывается проект новой редакции свода правил СП 1.13130, в работе над которым принимают участие преподаватели ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Закон Российской Федерации от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ.
2. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.
3. СП 4.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным решениям.
4. СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения.
5. Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Постановление Правительства Российской Федерации «О противопожарном режиме» от 25 апреля 2012 года № 390.
6. ГОСТ Р 53315-2009 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности.
7. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
8. СП 59.13330.2016 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001.

УДК 614.841

*В. И. Попов, М. В. Пуганов, А. Н. Песикин*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## ИНСТРУКЦИЯ К ПЛАНУ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

План эвакуации людей при пожаре включает графическую часть и инструкцию (текстовую часть). В настоящее время планы эвакуации людей при пожаре разрабатывают по образцу, приведенному в государственном стандарте ГОСТ Р 12.2.143-2002. Образец плана эвакуации людей при пожаре, приведенным в национальном стандарте по содержанию не соответствует определению, приведенному в межгосударственном стандарте ГОСТ 12.1.033-81\*. В инструкции к плану эвакуации, практически на всех объектах, не указываются конкретные мероприятия и ответственные лица за их выполнение при возникновении пожара. При этом документ «План эвакуации людей при пожаре» не выполняет свое назначение. При этом необходима разработка национального стандарта по разработке планов эвакуации.

**Ключевые слова:** план эвакуации людей при пожаре, инструкция к плану эвакуации, пожары, правила пожарной безопасности.

*V. I. Popov, M. V. Puganov, A. N. Pesikin*

## MANUAL OF THE PLAN OF EVACUATION OF PEOPLE DURING FIRE

The plan of evacuation of people in case of fire includes a graphical portion and a user manual (the text part). Now plans of evacuation of people at the fire develop on the sample given in the state standard GOST R 12.2.143-2002. The sample of the plan of evacuation of people at the fire given in the national standard on the contents does not correspond to the definition given in the interstate standard GOST 12.1.033-81\*. The instructions to the evacuation plan, practically at all sites, do not specify specific measures and persons responsible for their implementation in the event of a fire. Thus the document «the plan of evacuation of people at the fire» doesn't carry out the appointment. It is necessary to develop a national standard for the development of evacuation plans.

**Keywords:** plan of evacuation of people in case of fire, instructions for the evacuation plan, fires, fire safety rules.

Безопасность людей в зданиях и сооружениях при пожарах во многом зависит от их подготовки действиям в экстремальных ситуациях – при пожаре. Как свидетельствуют трагические пожары с массовой гибелью людей, причина трагических последствий – неправильные действия граждан при возникновении

пожара, безрассудные поступки приводящие к пожару, безответственное отношение к вопросам обеспечения пожарной безопасности.

При пожаре 4 декабря 2009 года г. Перми в ночном клубе «Хромая лошадь» погибло 156 человек. К трагедии привело ряд условий, которые были созданы в помещении клуба: помещение было отделано легкогорючими материалами (подвесной потолок из камыша и полистирольных плиток, расстановка оборудования произведена без соблюдения проходов к эвакуационным выходам из помещения, в помещении применялись огневые эффекты, помещение было перегружено посетителями в несколько раз, второй эвакуационный выход располагался в зоне обслуживающего персонала и др.

7 апреля 2003 года пожар в школе селения Сыдыбал Вилуйского улуса Якутии унес жизни 21 ребенка и 1 учителя, 10 детей госпитализированы с ожогами и отравлением продуктами сгорания. Дети погибли в давке в дверях при выходе из здания. Учителя и администрация школы не обеспечила безопасный выход детей. При этом же пожаре одна из учителей организованно вывела свой класс по пожарной лестнице, никто не пострадал.

25 марта 2018 года при пожаре в торгово-развлекательном центре г. Кемерово погибло 60 человек из них 41 ребенок. Основная вина лежит на обслуживающем персонале, которые не включили оповещение о пожаре, не организовали эвакуацию людей при возникновении пожара, не организовали встречу пожарных подразделений для оповещения об обстановке на пожаре.

К трагическим последствиям при пожарах в разных концах России привело несоблюдение требований пожарной безопасности, неумение действовать в условиях пожара. С обслуживающим персоналом объектов не проводились обучение и тренировки по действиям при пожаре в соответствии с планом эвакуации людей при пожаре. Но к сожалению планы эвакуации людей при пожаре не содержат конкретных мероприятий для обслуживающего персонала, которые должны указываться в инструкции к плану.

Планы эвакуации людей при пожаре в зданиях стали разрабатываться России и за рубежом в начале 19 века. Вначале планы эвакуации людей разрабатывались на объекты с массовым пребыванием людей (больницы, школы). Планы состояли только из текстовой части в виде инструкции о порядке действий при возникновении пожара в здании. В 60-е годы возникли планы эвакуации с графической частью. В дальнейшем планы эвакуации людей при пожаре совершенствовались, номенклатура и виды расширялись.

Состав Плана эвакуации людей при пожаре в Правилах [1] не определено. В Правилах противопожарного режима в Российской Федерации [1] п.12 требуется: «На объекте с массовым пребыванием людей руководитель организации обеспечивает наличие инструкции о действиях персонала по эвакуации людей при пожаре, а также проведение не реже 1 раза в полугодие практических тренировок лиц, осуществляющих свою деятельность на объекте».

В документе [1], не установлено: «инструкция о действиях персонала по эвакуации людей при пожаре или это самостоятельный документ и, кроме того, указано, что тренировки должны проводиться только с лицами «осуществляющих свою деятельность на объекте», следовательно, тренировки в общественных зданиях следует проводить только в нерабочее время, при отсутствии посетителей, учеников, зрителей и т.п.

Государственным стандартом ГОСТ Р 12.2.143-2009 установлены следующие требования к инструкции к планам эвакуации:

В текстовой части следует излагать:

- способы оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации (пожара, аварии и др.);
- порядок и последовательность эвакуации людей;
- обязанности и действия людей, в том числе порядок вызова пожарных или аварийно-спасательных подразделений, экстренной медицинской помощи и др.;
- порядок аварийной остановки оборудования, механизмов, отключения электропитания и т.п.
- порядок ручного (дублирующую) включения систем (установок) пожарной и противоаварийной автоматики.

Текстовая часть планов эвакуации должна содержать инструкции о действиях в условиях чрезвычайной ситуации (при пожаре, аварии и т.п.), дополненные для наглядности знаками безопасности и символами.

Рекомендации по составлению плана эвакуации людей при пожаре приведены в прил. 1 ППБ-0-148-87 «Правила пожарной безопасности для спортивных сооружений» [3].

Приложение 1 [3] содержит следующие рекомендации:

1. На всех спортивных объектах администрацией должны быть разработаны планы эвакуации людей на случай возникновения пожара.

В текстовой части подробно излагается порядок и последовательность эвакуации людей, обязанности обслуживающего персонала, а также привлеченных сил по обслуживанию соревнования или культурно-зрелищного мероприятия по оповещению о пожаре и организации движения людей к эвакуационным выходам.

2. При разработке плана эвакуации следует предусматривать несколько (3-5) вариантов эвакуации зрителей из сооружения или здания в зависимости от наиболее вероятных мест возникновения пожара, возможного характера его развития, загруженности сооружения зрителями и наличия дополнительных сил, привлекаемых для проведения соревнований и культурно-зрелищных мероприятий.

В текстовой части планов эвакуации по каждому из вариантов следует отражать:

- организацию системы оповещения людей о пожаре (кто принимает решение о необходимости эвакуации, зоны оповещения и способы оповещения, контингент оповещаемых);
- количество лиц обслуживающего персонала, а также дополнительных сил, привлекаемых для эвакуации (порядок их сбора, места сбора, старшие по зонам и секторам, сигналы сбора);
- эвакуационные маршруты (их протяженность и направление, ответственные за маршруты, порядок движения при эвакуации, обязанности обслуживающего персонала и дополнительных сил, участвующих в процессе эвакуации);
- конечные пункты следования (порядок рассредоточения эвакуированных, оказание им при необходимости медицинской помощи);
- порядок использования для эвакуации зрителей запасных выходов, возможность использования специального оборудования, а также различной техники и инженерных систем для организации эвакуации и ее успешного проведения (систем дымоудаления, автоматических установок пожаротушения, внутренней телефонной связи, радиостанций и т.п.).

Аналогичные рекомендации по составлению инструкции к плану эвакуации приведены в правилах [4]. В прил. 1 Правил пожарной безопасности для общеобразовательных школ, профессионально-технических училищ, школ-интернатов, детских домов, дошкольных, внешкольных и других учебно-воспитательных учреждений (ППБ-101-89) [4] приведена форма текстовой части в виде таблицы.

На объектах, как правило, планы эвакуации людей при пожаре разрабатывают по образцу, приведенному в государственном стандарте ГОСТ Р 12.2.143-2002 [5]. Но, образец плана государственного стандарта [5] по содержанию не соответствует определению, приведенному в межгосударственном стандарте ГОСТ 12.1.033-81\*. [6].

Главный, очень важный недостаток состоит в том, что к плану не разрабатывается инструкция с указанием конкретных действий обслуживающего персонала ответственных за выполнения определенных работ. В связи с этим разрабатываемый на объектах защиты документ «План эвакуации при пожаре» не имеет практической значимости и не отражает требуемого назначения.

Для того чтобы изменить ситуацию с качеством составляемых планов эвакуации людей при пожаре необходима разработка национального стандарта «Планы эвакуации людей при пожаре». В котором следует указать требования по составлению инструкции и перечень вопросов, которые должны быть включены в инструкцию к плану эвакуации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390 <http://government.ru/gov/results/18866/> / О противопожарном режиме.
2. ГОСТ Р 12.2.143-2009 Системы фотолюминисцентные эвакуационные. Элементы систем. Классификация. Общие технические требования. Методы контроля.
3. ППБ-0-148-87 Правила пожарной безопасности для спортивных сооружений.
4. ППБ-101-89 Правил пожарной безопасности для общеобразовательных школ, профессионально-технических училищ, школ-интернатов, детских домов, дошкольных, внешкольных и других учебно-воспитательных учреждений.
5. ГОСТ Р 12.2.143-2002 Системы фотолюминисцентные эвакуационные. Элементы систем. Классификация. Общие технические требования. Методы контроля.
6. ГОСТ 12.1.033-81\* Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Термины и определения.

УДК 614.841

*В. И. Попов, А. Х. Салихова, Е. А. Османова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СВОДА ПРАВИЛ СП 1.13130

Свод правил СП 1.13130.2009 действует в течении 9 лет. За годы применения свода правил выявлены ряд проблемных вопросов, которые не нашли отражение в документе. На кафедре пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») академии разрабатывается проект новой редакции СП 1.13130. Предлагаемые положения в проект изменений свода правил «СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» разработаны на основе анализа требований пунктов свода правил, опыта применения документа, анкетирования специалистов надзорных органов, изучения специальных технических условий.

**Ключевые слова:** свод правил, эвакуация, зона безопасности, эвакуационный выход с этажа, помещение с массовым пребыванием людей, здание с массовым пребыванием людей.

*V. I. Popov, A. H. Salikhova, E. A. Osmanova*

## THE DEVELOPMENT OF A DRAFT SET OF RULES SP 1.13130

The set of rules SP 1.13130.2009 is valid for 9 years. Over the years of application of the set of rules, a number of problematic issues were identified that were not reflected in the document. The Department of fire safety of objects of protection (in the ESC "State supervision") of the Academy, the draft of the new edition of the SP 1.13130. Proposed provisions in the draft amendments to the code of rules " SP 1.13130.2009 fire protection Systems. Evacuation routes and exits" are developed on the basis of the analysis of requirements of points of the code of rules, experience of application of the document, questioning of experts of Supervisory authorities, studying of special specifications.

**Keywords:** set of rules, evacuation, safety zone, evacuation exit from the floor, room with mass stay of people, building with mass stay of people.

Свод правил СП 1.13130.2009 [1] разработан девять лет назад. За годы применения свода правил выявлены ряд проблемных вопросов, которые не нашли отражение в документе. Накоплен опыт применения и выявлены недостатки требований к эвакуационным выходам и путям. Некоторые положения документа не соответствуют положениям других документов в связи с внесением в них изменений.

С использованием положений свода СП 1.13130.2009 было выполнено большое количество работ, разработаны мероприятия по обеспечению безопасности людей в зданиях и сооружениях объектов.

Свод правил «СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [1] содержит ряд недостатков:

- в документе не приведены некоторые определения понятий, используемые в своде правил;
- часть положений свода правил неоднозначны;
- в своде правил многочисленны повторения требований в разных разделах для зданий и сооружений различных классов функциональной пожарной опасности;
- часть требований необоснованно завышены;
- часть требований необоснованно занижены;
- в своде правил отсутствуют требования к объектам детских дошкольных образовательных учреждений размещаемых в общеобразовательных учреждениях и перепрофилируемых зданиях.

В связи с этим, для устранения недостатков свода правил, возникла потребность в разработке проекта «СП 1.13130. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.».

Проведенное анкетирование специалистов надзорных органов МЧС России свидетельствует, что специалисты не однозначно понимают положения нормативов об обеспечении безопасности людей в зданиях при пожаре. Так, 66

% опрошенных считают, что «эвакуационный выход это дверной проем защищенный дверью», 19 % принимают за «эвакуационный выход - дверной проем, защищенный или не защищенный дверью», и 15 % - «любой проем соединяющий помещения». Наибольшие разногласия выявлены по ст. 89 Регламента по эвакуационным выходам из фойе, гардеробных, курительных и санитарных помещений, размещенных в подвальных или цокольных этажах зданий классов Ф2, Ф3 и Ф4. 21 % из опрошенных считают, что эвакуационным выходом следует принимать начало подъема по лестнице 2-го типа, 50 % опрошенных считают эвакуационный выход - окончание подъема по лестнице 2-го типа и 29 % затрудняются в определении эвакуационного выхода [3, 4].

В проекте свода правил СП 1.13130 авторами предлагается ввести определения следующих понятий:

- **Выход эвакуационный (конструктивное исполнение):** Дверной проем, защищенный дверным полотнищем (глухим или остекленным).

- **Эвакуационный выход с этажа:**

- эвакуационный выход с первого этажа – выход наружу из коридора или вестибюля непосредственно наружу или через лестничную клетку;

- эвакуационный выход с любого этажа кроме первого – выход из коридора, вестибюля в отдельную лестничную клетку или на лестницу 3-го типа;

- Выход из помещения наружу, в лестничную клетку или на лестницу 3-го типа считается выходом с этажа если этаж занимает одно помещение.

- При устройстве нескольких выходов из помещений на этаже в одну лестничную клетку следует принимать за один эвакуационный выход с этажа.

- **Помещение с массовым пребыванием людей:** Помещение, в котором постоянных рабочих мест или зрительских мест (количество эвакуирующихся) 50 и более.

- **Здание, сооружение с массовым пребыванием людей:** Здание, сооружение, в котором на любом этаже постоянных рабочих мест или зрительских мест (количество эвакуирующихся) 50 и более.

- **Расчетное количество эвакуирующихся из помещения:** **Принимается по количеству постоянных рабочих (зрительских мест) или по нормируемой площади помещения для одного человека.**

- **Зона безопасности в здании:** Помещение, выделенное конструкциями с нормируемыми огнестойкостью и пожарной опасностью и с системой противодымной защиты.

- **Лестничная клетка:** Помещение с нормируемыми огнестойкостью и пожарной опасностью ограждающими конструкциями для размещения лестницы.

В своде правил СП 1.13130.2009 ряд положений повторяются по пять раз в различных разделах для зданий и сооружений различного класса функцио-



нальной пожарной опасности, например, «Уклон маршей лестниц в надземных этажах следует принимать не более 1:2» указано в п. 5.2.4, п. 5.3.4, п. 6.1.4, п. 7.1.4, п. 8.1.4. «При перепаде полов в одном или в смежных помещениях (не отделенных перегородкой) по периметру верхнего уровня необходимо предусматривать ограждение высотой не менее 1,2 м или иное устройство, исключающее возможность падения людей» указано в п. 5.2.32, п. 5.3.30, п. 6.1.36, п. 7.1.29, п. 8.1.28. «Лестничные марши и площадки должны иметь ограждения с поручнями» указано в п. 5.3.2, п. 5.4.20, п. 6.1.2, п. 7.1.2, п. 8.1.2 и другие. Целесообразно общие одинаковые требования к путям эвакуации зданий различного класса функциональной пожарной опасности свести в раздел 4 свода правил.

Некоторые требования завышены, так например, в п. 4.2.4 установлено требование «При наличии двух эвакуационных выходов и более общая пропускная способность всех выходов, кроме каждого одного из них, должна обеспечить безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании», в п. 5.2.5 «Ширина лестничного марша в зданиях должна быть не менее ширины выхода на лестничную клетку с наиболее населенного этажа, но не менее 1,35 м», что для детских дошкольных учреждений неприемлемо, так как эксперименты по эвакуации детей проведенные преподавателями кафедры пожарной безопасности объектов защиты свидетельствуют, что дети по лестнице, двигаются только в одну колонну держась за перила (см. фото, рисунок). Требование п. 5.2.5 СП 1.13130.2009 завышено, ширина лестничного марша более 1,2 м не требуется.

Предлагаемые положения в проект изменений свода правил «СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» разработаны на основе анализа требований пунктов свода правил, опыта применения документа, анкетирования специалистов надзорных органов, изучения специальных технических условий.

Положения изменений позволят исключить противоречия в нормативном документе и исключить неоднозначные понятия в положениях свода правил.



**Рисунок.** Эвакуация детей дошкольного возраста по лестнице

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Технический Регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ.

2. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.

3. Попов В.И., Михалин В.Н., Песикин А.Н., Пуганов М.В., Цеценевская О.И. Проблемы применения Технического регламента о требованиях пожарной безопасности. Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Выпуск № 3 (73), 2017 г. [http://academygps.ucoz.ru/ttb/2017-3/2017\\_3.html#05.26.03](http://academygps.ucoz.ru/ttb/2017-3/2017_3.html#05.26.03)

4. Попов В.И., Пуганов М.В., Цеценевская О.И. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: опыт применения. Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной году пожарной охраны России. Иваново, 24-25 ноября 2016 г./ – Иваново: ООНИ ИПСА ГПС МЧС России, 2016. – с. 105-11.

УДК 669.1

*А. П. Пшанов, Н. Е. Егорова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДЕЖУРНОЙ СМЕНЫ УЧЕБНОГО ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ АКАДЕМИИ**

Данная статья поэтапно описывает преимущества применения современных информационных технологий в территориальных подсистемах РСЧС для повышения эффективности защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Проанализированы наиболее современные программные продукты, используемые в настоящее время во время работы оперативной дежурной смены учебного центра управления в кризисных ситуациях академии.

**Ключевые слова:** программа, информация, управление, требования, оперативное управление.

*A. P. Pshanov, N. E. Egorova*

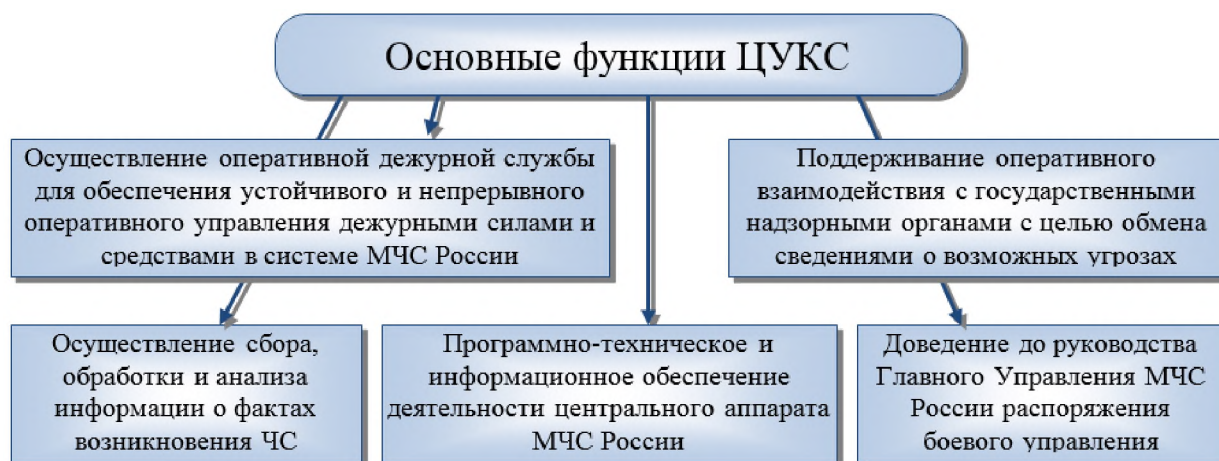
## **THE BASIC PRINCIPLES OF INFORMATION SUPPORT OF OPERATIONAL DUTY SHIFT OF THE TRAINING CONTROL CENTER IN CRISIS SITUATIONS OF THE ACADEMY**

This article describes the benefits of application of modern information technologies in territorial subsystems of RSChS for increase of efficiency of protection of the population and territories from emergency situations are considered. The most up-to-date software products currently used during the operational duty shift of the training center for crisis management of the Academy are analyzed.

**Keywords:** program, information, management, requirements, operational management.

Современное обилие масштабов чрезвычайных ситуаций (ЧС), невероятные объемы информации, которая постоянно должна перерабатываться, требуют применения новых и актуальных уведомительных технологий. С помощью автоматизации процесса ведения специализированной базы данных, время принятия решений при ЧС значительно сократится. Разработка программы позволит классифицировать и упорядочить разрозненную информацию и ускорить решение многих вопросов.

В соответствии с главными задачами центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) можно перечислить его основные функции (рис. 1).



**Рис. 1.** Основные функции центра управления в кризисных ситуациях [1]

Указанные задачи требуют быстрого реагирования в чрезвычайных ситуациях, поэтому создание современной программы, которая будет способна путём простого клика по названию ЧС открывать сразу все документы, относящиеся к ней – крайне необходима. Аналитический обзор использования действующей программы в ЦУКС дал возможность сделать следующие выводы: процесс сбора данных во время деятельности оперативно дежурной смены носит произвольный характер и требует применения новейших технических средств. Данные непоследовательны и нередко дублируются. Перечисленные факты позволяют сделать вывод о целесообразности разработки новой программы, позволяющей представлять информацию в виде единого целого (см. рис. 2). При возникновении ЧС данная программа позволит ощутимо сократить время принятия решений.

Во многих вузах можно найти готовые программы, однако их слепое копирование без глубокого анализа и аналитики, касающейся именно Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, не даст

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ  
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ  
И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

положительного результата. По мнению авторов, новая программа должна соответствовать следующим требованиям [2]:

- длительное хранение информации;
- интерактивный поиск информации, который не требовал бы специальных знаний и мог быть качественно проведен пользователем любого уровня;
- текущая информация должна включать в себя все необходимые сведения;
- финальная информация возможна в виде табличного документа или в виде графика;
- сортировка данных с применением фильтров;
- управление программной базой с удаленного носителя, через программу TeamViewer;
- вычисление логических операций с помощью базы данных.

<i>Программное обеспечение ЦУКС</i>		
В режиме повседневной деятельности	В режиме ЧС	В режиме повышенной готовности
Сбор, обработка данных, хранение информации	Ведение базовой документации по ЧС на объекте. Прогнозирование ЧС. Поддержка формализованных документов об угрозе распространения ЧС.	Формирование документов на ликвидацию ЧС. Формирование проекта – плана ликвидации ЧС. Контроль плана выполнения ЧС.

**Рис. 2.** Назначение программного средства для центра управления в кризисных ситуациях

Желательно, чтобы финальный блок информации автоматизированной системы был дополнен модулями, которые формируются на основе полученных числовых данных. Это могут быть:

- варианты распоряжений, приказов и других документов,
- графические проекты решений, которые затем могут изменяться в зависимости от развития ЧС,
- хранение на магнитных носителях.

Рассмотрим программу «АХОВ», которую разработали в Военно-инженерном университете МО РФ.

С помощью данной программы удобно прогнозировать масштабы зон заражения химическим и радиоактивным оружием, а также рассчитывать потери среди населения и планировать мероприятия для защиты людей. С помощью программы мы видим на экране монитора графическое изображение

распространения облака заражения. Доступный интерфейс позволяет оперативно использовать возможности и ресурсы программы. При всех преимуществах программы хочется отметить: раскрывающиеся списки, переключатели, командные кнопки. Некоторые монотонные операции, которые необходимы для выхода исходных данных, полностью механизированы. Например, при загрязнении атмосферы степень ухудшения ее состояния определяется автоматически по: дате, времени аварии, состоянию заражения облака.

Выбор платформы для использования в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России зависит от характерности задач, которые мы будем перед собой ставить. При аналитическом обзоре программного продукта мы можем сделать вывод о том, что существует большое отличие в архиве имеющейся информации, от существующего механизма в обычной программе Microsoft Word. Новая программа будет способна представить практически любой документ, в том числе видео, аудио и фотоматериалы (при необходимости) [4]. Создание данной программы позволит быстро оценивать ситуацию и уверенно ориентироваться в громадном объеме зарегистрированных электронных документов.

В ЦУКС МЧС России применяют программные средства ArcInfo и ArcView GIS, использующиеся наряду с отечественными исследованиями в сфере программирования. Они применяются для оценки ЧС. С помощью этих программ можно передавать данные по электронной карте, в виде диаграмм, графиков и таблиц. Используя стандартизованные возможности ArcView, а также специальные программы, сотрудник может самостоятельно провести анализ ЧС и распечатать данные анализа. На основании полученного материала руководитель может прогнозировать ЧС, результативно принимать решения по ликвидации последствий ЧС, размещать силы и средства и другие мероприятия. Создание данного программного обеспечения приведет к оперативному реагированию при прогнозе и анализе чрезвычайных ситуаций.

Создание новой программы на базе академии позволит сократить время, силы и средства при подготовке решений на ликвидацию ЧС. Программные средства должны отвечать всем современным требованиям предоставления информации, а именно [5, 6]:

1. Оперативность;
2. Информационность;
3. Многофункциональность;
4. Схематичность построения структуры;
5. Показательность отображения ситуации;
6. Трансфокация картографической основы;
7. Использование статистических и математических моделей по расчету и прогнозу ЧС.

Немаловажное значение при создании программы имеет последовательное осуществление наиболее удачных математических моделей кризисных ситуаций.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: Постановление Правительства РФ от 30.12.03. № 794. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. *Попов С.Е.* Компьютерное моделирование задач защиты населения от чрезвычайных ситуаций: учебное пособие. Москва, 2001.
3. Системный анализ и принятие решений / под ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2009. 398 с.
4. *Михайлов Д.Ю., Арбузова А.А.* Оценка возможности использования 3D-туров в обучающем процессе пожарных и спасателей // сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы естествознания» / «ИПСА ГПС МЧС России. – Иваново, 2017 г. - С.129-132.
5. *Солодун С.А., Егорова Н.Е.* Об алгоритме разработки обучающей системы // Актуальные вопросы естествознания: сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции (12 апреля 2017) / «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – Иваново, 2017 г. С. 176 – 179.
6. *Калинова А.А., Арбузова А.А.* Обзор обучающих электронных ресурсов по программированию // сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы естествознания» / «ИПСА ГПС МЧС России. – Иваново, 2017 г.- С.180-183.

УДК 614.84

*А. Х. Салихова, Р. А. Лиев, С. М. Кюлян*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

### **ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

В статье изучены проблемные вопросы осуществления надзорной деятельности в области пожарной безопасности на производственных объектах и даны рекомендации по их решению. Для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи: проведен анализ обстановки с пожарами, статистических данных по пожарам в Российской Федерации и г. Иваново на производственных объектах; проведен анализ

причин возникновения пожаров на производственных объектах; разработаны рекомендации по осуществлению надзорной деятельности в области пожарной безопасности на производственных объектах.

**Ключевые слова:** государственный пожарный надзор, пожар, производственный объект защиты, риск-ориентированный подход, надзорная деятельность, статистический анализ.

*A. H. Salikhova, R. A. Liev, S. M. Kulyan*

## **PROBLEMATIC ISSUES OF IMPLEMENTATION OF SUPERVISORY ACTIVITIES IN THE FIELD OF FIRE SAFETY AT PRODUCTION FACILITIES**

The article examines the problematic issues of implementation of Supervisory activities in the field of fire safety at production facilities and provides recommendations for their solution. To achieve this goal, the following tasks were performed: analysis of the situation with fires, statistical data on fires in the Russian Federation and Ivanovo at production facilities; analysis of the causes of fires at production facilities; recommendations for the implementation of Supervisory activities in the field of fire safety at production facilities.

**Keywords:** state fire safety supervision, fire, industrial facility protection, risk-based approach, Supervisory activities, statistical analysis.

Уровень пожарной безопасности во многом зависит от эффективности работы системы предотвращения пожаров, основным элементом которой является Государственный пожарный надзор (ГПН). Для исполнения государственной функции органы надзорной деятельности в пределах своей компетенции организуют и проводят государственный пожарный надзор за соблюдением требований пожарной безопасности территориальными органами федеральных органов исполнительной власти и органами местного самоуправления; организуют и осуществляют мероприятия по надзору на объектах, расположенных на обслуживаемой территории.

Эффективность деятельности ГПН во многом зависит от того:

- насколько адекватными являются показатели, по которым оценивается степень пожарной опасности промышленных предприятий региона;
- насколько правильным является анализ пожарной безопасности на подведомственных предприятиях за истекший период времени
- насколько правильным является прогноз динамики изменения показателей пожарной опасности в будущем;
- насколько правильным является анализ причин способствующих повышению степени пожарной опасности с учетом специфики предприятий, анализ влияния этих причин на показатели пожарной опасности.

Анализируя данные системы официального статистического учета пожаров и их последствий на производственных объектах, можно сделать вывод, что для промышленных предприятий наиболее характерны [2,3]:



- пожары и взрывы вследствие аварий при повреждении материала технологического оборудования;
- пожары и взрывы вследствие аварий из-за повреждения технологического оборудования;
- пожары и взрывы из-за утечки горючих веществ и материалов при коррозионном износе оборудования.

При этом анализируя нарушения, приводящие к пожару или взрыву по данным Ростехнадзора за 2014-2017 гг., можно сделать вывод, что наиболее распространенной причиной пожаров и взрывов являются повреждения технологического оборудования, носящие различный характер (потеря прочности металла, механические повреждения, дефекты соединений, а также применение неисправного технологического оборудования).

Учитывая, анализ статистических данных по учету пожаров на производственных объектах, а именно их причин, нельзя будет уверенно говорить о чем-то конкретном, исходя из этого, рекомендации будут носить общий характер. Эти обстоятельства препятствуют организации эффективной профилактической работы, направленной на снижение пожарной опасности технологических процессов пожаровзрывоопасных производств. Эффективная деятельность органов ГПН по предупреждению пожаров во многом определяется правильным анализом состояния пожарной опасности производственных объектов, анализом динамики изменения показателей пожарной опасности этих объектов и причин пожаров.

Поэтому предлагается усовершенствовать статистический учет пожаров, а именно ввести разделение причин пожаров для объектов различного класса функциональной пожарной опасности, а также по категориям риска, что в настоящее время актуально с внедрением риск-ориентированного подхода.

Следовательно, данный аспект важен также для реализации риск-ориентированного подхода при организации государственного пожарного надзора. Так как в соответствии с п. 3 Приложения [1] возможно изменение категории риска (например, понижение категории риска): объекты защиты, подлежащие отнесению в соответствии с критериями тяжести потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения на объекте защиты обязательных требований к категории значительного риска, подлежат отнесению к категории среднего риска в случае отсутствия на объекте защиты пожаров за последние 5 лет. Снижение количества пожаров на производственных объектах также возможно при организации целенаправленной профилактической работы, ориентированной на устранение конкретных причин возникновения пожарной опасности

В работе проведена оценка влияния причин возгорания на число пожаров, основанный на статистических оценках и корреляционном анализе. Оценка проведена на основе статистических данных о пожарах [4]. Итоговым расчетом



в работе является относительное число пожаров по каждой причине, измеряемое в %. На количество пожаров в основном влияют неполадки в электрооборудовании и неосторожное обращение с огнем. Следовательно, органам ГПН при планировании профилактической работы на производственных объектах необходимо предусмотреть мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности электрооборудования и на соблюдение правил пользования открытым огнем на объекте, на соблюдение противопожарного режима. Причины носят общий характер, и не позволяют выяснить неисправность или неправильная эксплуатация какого типа электрооборудования приводит к пожару. Непонятной является и причина «неосторожное обращение с огнем. Это может быть и нарушение противопожарного режима (т.е. человеческий фактор), а также может быть неправильная эксплуатация или нарушения технологического режима работы оборудования, связанного с использованием открытого огня.

Эти обстоятельства препятствуют организации эффективной профилактической работы, направленной на снижение пожарной опасности технологических процессов пожаровзрывоопасных производств.

Для обоснования необходимости данной работы нами был проведен анализ 50 Предписаний по устранению нарушений требований пожарной безопасности, оформленных по результатам проверок промышленных предприятий за последние 5 лет. По итогам анализа было проведено ранжирование видов нарушений, выявленных в ходе проверок и определены относительные показатели структуры этих групп нарушений в общем количестве (рис. 1):

1. Нарушения противопожарного режима на предприятии (в административно-бытовых помещениях, производственных помещениях, на территории объекта).

2. Нарушения требований безопасной эвакуации из помещений и зданий административно-бытовых корпусов.

3. Нарушения, выявляющие неисправность автоматических систем противопожарной защиты помещений (АУПТ, АПС, СОУЭ).

4. Нарушения в области монтажа и обслуживания автоматических систем противопожарной защиты помещений.

5. Нарушения в обеспечении помещений первичными средствами пожаротушения.

6. Нарушения требований безопасной эвакуации из производственных помещений, зданий.

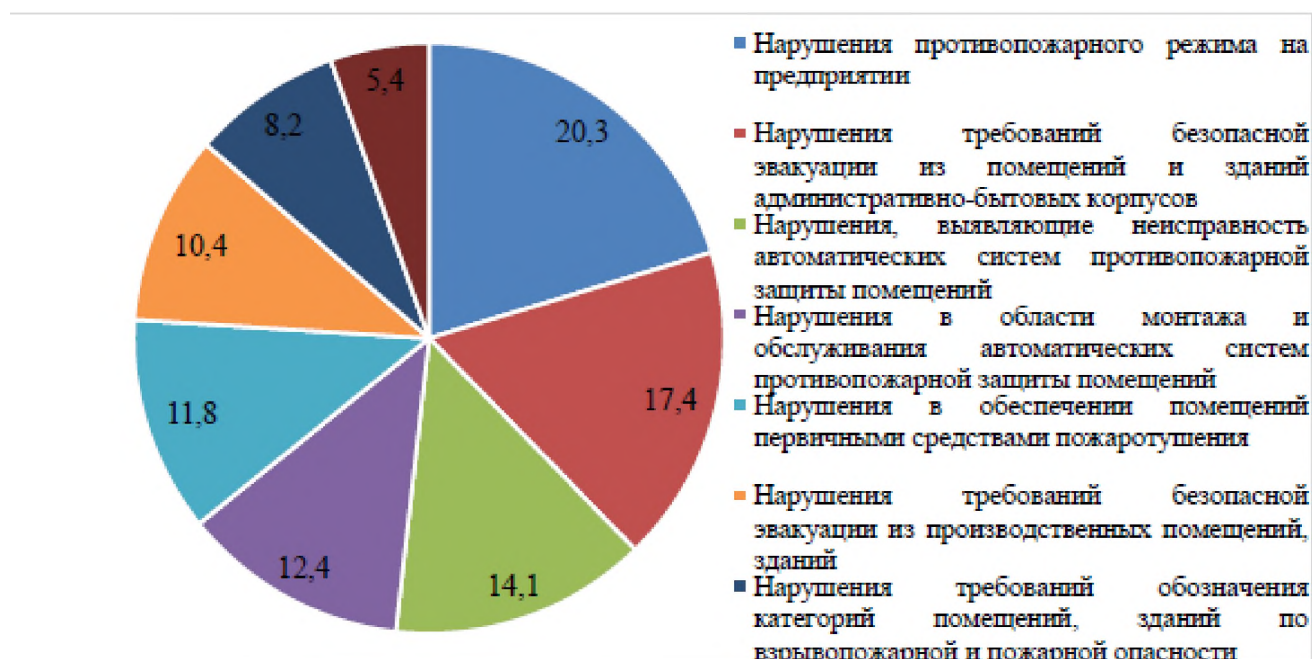
7. Нарушения требований обозначения категорий помещений, зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

8. Нарушения требований обеспечения пожарной безопасности технологического оборудования.

Как видим, нарушения требований пожарной безопасности к эксплуатации технологического оборудования, выявленные в ходе проверок, составляют всего лишь 5,4%. При этом как показывают статистические данные Ростехнадзора, показанные в главе 1, большинство пожаров и взрывов на предприяти-

ях происходят по технологическим причинам. Данный факт объясняется износом технологического оборудования (на многих предприятиях срок эксплуатации составляет более 20 лет), ухудшающимся экономическим положением предприятий, недостатком денежных средств для внедрения современных систем противопожарной защиты и систем предотвращения пожаров.

Разработанный в данной главе алгоритм проверки состояния пожарной безопасности промышленных предприятий позволит более тщательно осуществлять контроль и тем самым, позволит снизить количество пожаров и взрывов путем реализации эффективных пожарно-профилактических мероприятий, устранить формализм при осуществлении надзорной деятельности.



**Рис. 1.** Распределение видов нарушений требований пожарной безопасности по результатам проверок производственных объектов, %

Задачами, решаемыми при проведении проверки состояния пожарной безопасности технологических процессов действующих производств являются:

1) обеспечение исправного состояния узлов и элементов технологического оборудования, оказывающих влияние на пожаровзрывобезопасность технологического процесса;

2) регламентирование действий обслуживающего персонала, обеспечивающих пожаровзрывобезопасное проведение технологических операций, а также при локализации и ликвидации аварийных ситуаций и пожара;

3) обеспечение выполнения функционального назначения технических решений пожаровзрывобезопасности технологического процесса (предотвращение образования горючей среды, защита от аварийных ситуаций и их последствий, локализация и ликвидация пожара).

Можно выделить следующие основные этапы проведения проверки состояния пожарной безопасности технологических процессов:

- разработка анкеты оценки соответствия технологических процессов требованиям пожарной безопасности;

- оценка соответствия технологических процессов требованиям пожарной безопасности;

- подготовка заключения по результатам оценки соответствия технологических процессов требованиям пожарной безопасности.

При проведении оценки соответствия технологических процессов требованиям пожарной безопасности в соответствии с требованиями действующих нормативных документов необходимо учитывать:

- возможность образования локальных концентраций горючих смесей у мест выхода паров и газов у аппаратов в помещении, постоянно или временно сообщаемых с внешней средой через открытые люки, дыхательные линии, предохранительные клапаны или имеющиеся открытые поверхности испарения;

- наличие и эффективность системы отсоса, продувки инертным газом и блокировки у аппаратов периодического действия, загрузка и разгрузка которых сопровождается открытием люков и крышек;

- эффективность отводных линий у аппаратов и емкостей, оснащенных дыхательными устройствами, предохранительными клапанами, устройствами ручного стравливания;

- работоспособность и эффективность систем улавливания газов и паров, устройств против переполнения и растекания жидкостей, приборов контроля и регулирования температуры при эксплуатации открытых емкостей, заполненных горючими жидкостями;

- надежность принятых способов уплотнения сальников, необходимость применения местных отсосов и блокировки вытяжной вентиляции при работе насосов для перекачки ЛВЖ и сжиженных газов и компрессоров.

При наличии аппаратов и оборудования, работающих под вакуумом или в которых по условиям технологического процесса имеются смеси горючих веществ с окислителем, необходимо определить:

- возможность и условия образования в аппарате горючих смесей;

- фактические концентрации горючих газов в смесях;

- необходимость контроля за составом среды в аппарате;

- необходимость в автоматических средствах предупреждения об образовании смесей;

- возможность локализации горючих смесей;

- надежность и эффективность имеющихся средств защиты.

Для разработки мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов целесообразно рассмотреть все виды источников зажигания, которые могут встретиться в производственном процессе. При этом необходимо:

- установить, какие технические решения предусматриваются для того, чтобы данный аппарат или устройство сам не был причиной возникновения пожара, оценить их эффективность и надежность;

- при наличии аппаратов и газопроводов, имеющих высокую температуру наружной поверхности стенок, определить возможность воспламенения горючих смесей участками, не имеющими теплоизоляции;

- установить перечень веществ и материалов, которые по условиям технологического процесса нагреваются выше температуры самовоспламенения и при аварийных выбросах из аппаратов способны загораться при контакте с окружающим воздухом;

- определить, применяются ли в технологическом процессе вещества, способные воспламеняться при контакте с водой или другими веществами;

- проанализировать возможность образования и накопления пирофорных отложений;

- выявить наличие в технологическом процессе веществ, разлагающихся с воспламенением при нагреве, ударе, трении или самовозгорающихся на воздухе при нормальных условиях;

- предотвратить попадание металла и камней в машины и аппараты с вращающимися механизмами (мешалки, мельницы, дробилки, шнеки и т. п.), а при наличии в них горючей среды оценить эффективность и надежность применяемой защиты;

- предусмотреть там, где это необходимо, применение искробезопасного и взрывобезопасного электрооборудования;

- предусмотреть средства контроля и защиты от перегрева подвижных частей машин и аппаратов (подшипников, валов и т. п.);

- оценить возможность зажигания горючих смесей от теплового проявления электрической энергии (искры и дуги размыкания, короткие замыкания, токи перегрузки, перегрев электрических контактов, нагрев элементов оборудования индукционными токами и токами высокой частоты, удары молнии и разряды статического электричества);

- определить соответствие силового, осветительного и др. оборудования характеру воздействия на него среды и классу взрывоопасных и пожароопасных зон рассматриваемых помещений согласно ПУЭ;

- исключить возможность проникания газов и паров из взрывоопасных помещений в помещения с нормальной средой, в которых используется электрооборудование в открытом исполнении;

- предусмотреть соответствующие меры защиты;

- разработать технические решения, предусматривающие предотвращение образования горючих сред и источников зажигания для защиты технологических процессов от возникновения пожаров.

Если, применяемая в технологическом процессе система предотвращения пожара не может исключить его возникновения и распространения на соседние участки и оборудование, то необходимо разработать мероприятия по его противопожарной защите.

Противопожарная защита технологических процессов должна обеспечиваться:

- применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;
- применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- устройствами, ограничивающими распространение пожара за заданные пределы;
- применением строительных конструкций с регламентированными пределами огнестойкости и распространения огня;
- организацией своевременной эвакуации людей и снабжением обслуживающего персонала средствами коллективной и индивидуальной защиты от опасных факторов пожара;
- применением строительных и технологических конструкций с регламентированными пределами огнестойкости и распространения огня.

Ограничение распространения пожара за пределы очага горения должно обеспечиваться:

- устройством противопожарных преград;
- установлением предельно допустимых площадей противопожарных отсеков и секций;
- устройством аварийного отключения и переключения установок и коммуникаций;
- применением средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре;
- применением огнепреграждающих устройств в оборудовании.

Выбор огнетушащих веществ, составов и автоматических установок пожарной сигнализации, количества, быстродействия и производительности установок пожаротушения следует продумать на стадии проектирования технологических процессов в зависимости от физико-химических свойств перерабатываемых веществ и средств тушения. При этом применяемые виды пожарной техники должны обеспечивать эффективное тушение пожара и быть безопасными для людей.

Если по условиям технологического процесса при аварии возможен единовременный пожар нескольких различных горючих веществ и материалов, отличающихся друг от друга пожароопасными свойствами и характеристиками тушения, то расчет и проектирование установок пожаротушения должны быть

произведены по наиболее неблагоприятному для ликвидации веществу или продукту.

Если по условиям совместимости огнетушащих веществ с горючими материалами назначения общего для всех огнетушащего агента нецелесообразно, то допустимо применение несколько огнетушащих веществ. При этом группы горючих веществ, совместимых с одним из огнетушащих составов, должны быть пространственно разделены или вынесены в отдельные помещения [5].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (вместе с «Правилами отнесения деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей и (или) используемых ими производственных объектов к определенной категории риска или определенному классу (категории) опасности»)

2. Приказ МЧС России от 21 ноября 2008 № 714 «Об утверждении порядка учёта пожаров и их последствий».

3. Приказ Росстата от 23 декабря 2009 № 311 «Об утверждении статистического инструментария для организации МЧС России федерального статистического наблюдения за пожарами и последствиями от них».

4. Официальный Сайт МЧС России. Статистика пожаров в Российской Федерации. [Электронные Интернет-ресурсы]: <http://www.mchs.gov.ru>.

5. *Швырков С.А.* Пожарная безопасность технологических процессов: Учебник [Электронный ресурс]/ С. А. Швырков, С. А. Горячев, В. П. Сучков и др.; Под общ. ред. С. А. Швыркова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. – Образовательный сервер ИПСА ГПС МЧС России.

УДК 614.8

*Н. В. Свентская, А. В. Виноградов*

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий), г. Москва

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТИВНОЙ ДЕЖУРНОЙ СМЕНЫ ЦУКС МЧС РОССИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

В статье приводятся основные предложения по совершенствованию деятельности оперативной дежурной смены ЦУКС МЧС России в части используемых программно-аппаратных комплексов, современных систем связи и нормативно-правового обеспечения деятельности.

**Ключевые слова:** ЦУКС, автоматизированные и информационные системы, программно-аппаратные комплексы, связь, нормативно-правовое обеспечение.

*N. V. Svetskaya, A. V. Vinogradov*

## **IMPROVING THE ACTIVITIES OF THE OPERATIVE DUTY CHANGE OF THE EMERCOM OF RUSSIA TO ORGANIZATION SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN EMERGENCY SITUATIONS**

The article contains the main proposals for improving the operational duty shift of the CUKS Emercom of Russia in terms of the software and hardware systems used, modern communication systems and regulatory support for activities.

**Keywords:** CUKS, automated and information systems, software and hardware systems, communications, regulatory support.

Основными задачами оперативного дежурства ЦУКС территориальных органов МЧС России (ЦУКС ТО МЧС России) являются [1]:

- прием и доведение установленных сигналов по приведению структурных подразделений МЧС России в высшие степени готовности;
- доведение в установленном порядке сигналов по гражданской обороне, а также сигналов оповещения, возложенных на МЧС России;
- поддержание устойчивого, непрерывного и оперативного управления силами и средствами постоянной готовности функциональных и территориальных подсистем РСЧС (Ф и ТП РСЧС) МЧС России;

- сбор и обработка информации в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС), обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах;
- обеспечение оперативной информацией из района (с места) ЧС;
- организация взаимодействия и обмена оперативной информацией с органами повседневного управления МЧС России Ф и ТП РСЧС при угрозе, возникновении и в ходе ликвидации чрезвычайной ситуации;
- осуществление предварительной оценки масштабов и характера ЧС, подготовка необходимых расчетов и предложений руководству МЧС России, координация действий сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧС;
- представление в установленном порядке оперативной ежедневной сводки руководству МЧС России, а также в ФОИВ;
- сбор и обработка информации по материально-техническим и финансовым средствам, израсходованным при ликвидации ЧС.

Эффективность выполнения оперативной дежурной сменой ЦУКС ТО МЧС России (ОДС ЦУКС) указанных задач зависит от использования современных программно-аппаратных комплексов поддержки принятия решений, автоматизированных систем, систем связи; организации функционирования оперативной дежурной службы в соответствии с актуальными нормативно-правовыми актами, должностными инструкциями и иными организационными документами, а также профессиональной подготовки должностных лиц ОДС ЦУКС МЧС России.

Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования существующих программно-аппаратных комплексов ЦУКС МЧС России и нормативно-правового обеспечения ЦУКС ТО МЧС России.

Целью работы является формирование предложений по совершенствованию деятельности ЦУКС ТО МЧС России по поддержке принятия решений в чрезвычайных ситуациях различного характера.

Для решения поставленных задач проведен анализ программно-аппаратных комплексов, автоматизированных и информационных систем, рекомендованных Национальным центром управления в кризисных ситуациях (НЦУКС) для ЦУКС ТО МЧС России в целях обеспечения организации поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях, а также имеющегося в ЦУКС ТО МЧС России оборудования и систем связи, в работе также проведен анализ отчетных форм, представляемых ЦУКС ТО МЧС России по результатам деятельности.

Анализ показал, что в ЦУКС ТО МЧС России и НЦУКС используется порядка 116 информационных систем, рекомендованных НЦУКС [2] среди которых можно выделить следующие:

- Автоматизированная система Национального центра управления в кри-



зисных ситуациях (АС НЦУКС);

- Единая система комплексной оценки риска воздействия радиационных и природно-техногенных факторов на население, проживающее на радиоактивно загрязненных территориях.

- Программно-аппаратный комплекс узла интегрированной комплексной системы мониторинга за состоянием защиты населения на радиоактивно загрязненных территориях.

- Информационная подсистема КСМ-ЗН федерального уровня НЦУКС МЧС России.

- Информационно-аналитическая система анализа и управления рисками по обоснованию мероприятий по защите территорий субъектов РФ, муниципальных образований и критически важных объектов экономики;

- Автоматизированная система «Система космического мониторинга»;

- Система мониторинга инженерных систем и конструкций;

- Автоматизированная система контроля радиационной обстановки;

- Многоуровневая навигационно-информационная система мониторинга транспортных средств МЧС России на базе пользовательской системы Глонасс и ряд других.

Используемые в настоящее время в ОДС ЦУКС автоматизированные (АС) и информационные системы (ИС), рекомендованные НЦУКС, решают широкий круг задач, в комплексе обеспечивают мероприятия по поддержке принятия решений в чрезвычайных ситуациях, однако не интегрированы или ограниченно интегрированы между собой. Кроме автоматизированных систем, рекомендованных НЦУКС в ряде ЦУКС ТО МЧС России установлены, введены в постоянную эксплуатацию и используются в мероприятиях поддержки принятия решений собственные, субъектовые системы, обеспечивающие решение задач, специфических для региона (такие системы, как система-112, Комплексная система обеспечения безопасности жизнедеятельности, различные системы мониторинга и расчетные программы).

В связи с этим выработан следующий ряд предложений по совершенствованию программно-аппаратных комплексов НЦУКС и ЦУКС ТО МЧС России:

- Оптимизировать существующее программное обеспечение (ПО) и специальное ПО с целью повышения скорости загрузки автоматизированных и информационных систем НЦУКС;

- Провести анализ функционала, используемых в ЦУКС ТО МЧС России и НЦУКС АС и ИС на предмет дублирования информации. Исключить дублирующие АС и ИС или осуществить взаимную интеграцию используемых АС в рамках работ по внедрению и развитию АИУС РСЧС 2030;

- Обеспечить интеграцию баз данных органов управления функциональной и территориальной подсистем РСЧС и дальнейшую их интеграцию с автоматизированной системой НЦУКС;

– Обеспечить интеграцию АС ЦУКС ТО МЧС России с системой-112, Комплексной системой обеспечения безопасности жизнедеятельности с целью использования данных от указанных систем в качестве первичных данных для организации реагирования на ЧС;

– Совершенствовать и наращивать базы данных установленных в ЦУКС ТО МЧС России информационных систем, с учетом изменения данных оперативной обстановки, мониторинга комплексной безопасности социально значимых объектов, среднесрочных и долгосрочных прогнозов природных рисков и требований руководства МЧС России;

– Разработать трехмерные изображения потенциально опасных и социально значимых объектов, расположенных на территории субъекта РФ с целью обеспечения мероприятий по предотвращению ЧС и организации поддержки принятия решений при реагировании на ЧС.

Следует отметить, что создание на территории субъектов РФ ЦУКС ТО МЧС России и их оснащение программно-техническими комплексами автоматизации, оборудованием и системами связи активно происходило в период 2000-2014 гг. После 2014 г. централизованные поставки оборудования и гарантийное / постгарантийное поддержание автоматизированных систем и оборудования проводилось с ограниченным финансированием, что привело к выходу из строя части оборудования и прекращению гарантийной поддержки ряда автоматизированных систем и программно-аппаратных комплексов.

Среди существующих проблем работы систем связи ЦУКС ТО МЧС России можно выделить следующие: использование разноплановых решений для построения связи, что ограничивает эксплуатационные характеристики сетей связи; использование систем видео-конференц-связи (ВКС) и телефонной связи построенных с использованием зарубежных решений, подверженных хакерским атакам; низкая укомплектованность ЦУКС ТО МЧС России стационарными, автомобильными и переносными радиостанциями, отсутствие средств коммутации; большинство центральных АТС требуют модернизации.

В рамках модернизации оборудования телефонной связи в работе рекомендовано использовать оборудование отечественного производителя, обеспечивающее: возможность организации сеансов защищенной телефонной связи; единое централизованное управление всеми элементами сети; организацию конференций; настройку маршрутизации, приоритезацию вызовов; обеспечение телефонной связи как на аналоговых телефонах, так и на IP-телефонах; возможность сопряжения с видео-конференц-связью; возможность сопряжения с цифровой сетью радиосвязи; обеспечивающее поддержку большинства распространенных протоколов ТФОП и кодеков VoIP; возможность удаленной настройки и мониторинга; обладающее большой абонентской емкостью.

В рамках модернизации оборудования видео-конференц-связи в рамках работы рекомендовано использовать оборудование отечественного производи-

теля, обеспечивающее: возможность организации сеансов защищенной видеоконференции; организации многоточечных сеансов до 64xFull HD абонентов в одной конференции с использованием серверов ВКС; регистрацию, маршрутизацию, контроль прохождения вызовов; возможность подключения к сеансу ВКС оборудования цифрового видеонаблюдения (видеокамер, регистраторов); поддержку современных стандартов и протоколов; контроль прохождения трафика (видео/аудио), анализ и коррекцию ошибок и др.

Среди предложений по совершенствованию нормативно-правового обеспечения ЦУКС ТО МЧС России можно выделить следующие:

– Проанализировать и удалить из перечня документов, обрабатываемых специалистами ОДС ЦУКС ТО МЧС России документы, содержащие одинаковые сведения с целью сокращения дублирующей информации;

– Обеспечить разработку Регламентов об информационном обмене и Соглашений об информационном обмене между АС ЦУКС ТО МЧС России и вводимыми в постоянную эксплуатацию автоматизированными системами ФОИВ, системой-112, КСОБЖН;

– Обеспечить актуализацию алгоритмов реагирования с распределением задач между специалистами ОДС ЦУКС ТО МЧС России при интеграции автоматизированных систем ЦУКС ТО МЧС России и автоматизированными системами ФОИВ, системой-112, КСОБЖН;

– Организовать на постоянной основе систематическое дистанционное обучение и повышение квалификации персонала ОДС ЦУКС ТО МЧС России к действиям по предназначению с помощью **«Системы непрерывной профессиональной подготовки специалистов НЦУКС и ЦУКС территориальных органов»**. Осуществлять систематический анализ знаний должностных лиц и контроль обучения.

Таким образом, научным результатом работы является выработка предложений по совершенствованию деятельности оперативной дежурной смены ЦУКС ТО МЧС России в части используемых программно-аппаратных комплексов, современных систем связи и нормативно-правового обеспечения деятельности.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Приказ МЧС России от 9.12.2009 г. № 700 «Об утверждении Положения об организации оперативной дежурной службы в системе МЧС России».

2. Приказ ФКУ НЦУКС от 30.11.2017 г. №325 «Об организации оперативного дежурства в федеральном казенном учреждении «Национальный центр управления в кризисных ситуациях» на 2018 г.».

УДК 614.8 (075)

*Е. С. Титова, О. Г. Зейнетдинова, Е. А. Ульянова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

## НОКСОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЭКСПЛУАТАЦИИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье рассмотрены возможности и преимущества применения робототехники. Приведены примеры практического использования робототехники при ликвидации ЧС природного и техногенного характера.

**Ключевые слова:** робототехнические средства, ликвидация чрезвычайной ситуации, техногенная авария, природная катастрофа.

*E. S. Titova, O. G. Zeynetdinova, E. A. Ul'yanova*

## NOSSOLOGICAL APPROACH TO OPERATION OF ROBOTIC TECHNICAL SYSTEMS

The article discusses the possibilities and advantages of using robotics. Examples are given of the practical use of robotics in the elimination of natural and man-made emergencies.

**Keywords:** robotics, emergency response, technogenic accidents.

На сегодняшний день робототехника в России является одной из наиболее стремительно развивающихся отраслей. Указом Президента РФ от 31.12.2015 N 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» одним из путей решения задач национальной безопасности в области науки, технологий и образования представляется необходимым: «развитие перспективных высоких технологий (геновая инженерия, робототехника, биологические, информационные и коммуникационные, когнитивные технологии, нанотехнологии, природоподобные конвергентные технологии)» [5]. В Послании Президента РФ Федеральному Собранию от 01.03.2018 отмечено, что «в кратчайшие сроки нам необходимо создать передовую законодательную базу, снять все барьеры для разработки и широкого применения робототехники, искусственного интеллекта, беспилотного транспорта, электронной торговли, технологий обработки больших данных. Причем такая нормативная база должна постоянно обновляться, строиться на гибком подходе к каждой сфере и технологии» [6].

На производствах Комплексную автоматизацию производственных процессов и позволяющим быстро изменять последовательность, скорость и вид манипуляционных действий, являются промышленные роботы (ПР).

Механизация и автоматизация процессов, осуществляемая с помощью ПР, позволяет высвободить значительное число вспомогательных рабочих и направить их в основное производство. С помощью ПР успешно автоматизируются монотонно повторяющиеся операции и переходы производственного цикла, протекающие в производственной среде с высокой температурой, неприятными запахами, пылью, газами и гарью [7].

В МЧС России с 1996 г. успешно внедряются в практику ликвидаций последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) безлюдные технологии с применением робототехнических средств (РТС). Робототехническое средство – это автоматизированное самодвижущееся техническое устройство (машина), которое выполняет заданные функции человека и другие виды работ без непосредственного его участия в рабочей зоне в определенных условиях и при взаимодействии с окружающей средой [2,4].

Система РТС МЧС России имеет следующие возможности выполнения спасательных работ в ЧС: Разведка и мониторинг аварийной обстановки: видеообзор участка местности, видеоосмотр аварийного сооружения (внутри, снаружи), химический измерительный мониторинг, радиационный измерительный мониторинг, пожаротермический измерительный мониторинг. Проведение разградительных работ: разборка (расчистка) завалов (из кирпича, из легких элементов конструкций, лесного завала), проделывание прохода в завалах. Проведение земляных и дорожных работ: отрывка траншеи, канавы (рва), устройство обваловки (насыпи), засыпка выемки (рва), устройство съезда, расчистка дороги, расчистка пути [4].

Использование робототехнических средств при тушении пожаров связано с необходимостью повышения тактических возможностей пожарно-спасательных подразделений. Особенно это важно для подразделений, работающих в зоне повышенного воздействия опасных факторов пожара, приводящих к травмированию людей и выходу из строя незащищенной пожарной техники. Применение РТС позволяет повысить уровень защиты от опасных факторов пожара, расширить возможности тактического маневрирования пожарных подразделений и ориентирования на местности в условиях задымления, загазованности, воздействия тепловых потоков и других помех. РТС призваны заменить пожарных и незащищенную пожарную технику в случаях, когда выполнение оперативных задач находится за пределами человеческих возможностей либо сопряжено с чрезмерной угрозой жизни и здоровью людей. Замена человеческого труда на автоматические средства позволяет сократить ручной труд, а также улучшить условия труда и свести к минимуму ошибки из-за так называемого «человеческого фактора».

Роботы необходимо оснащать средствами защиты (оградительными, предохранительными, блокирующими, сигнализирующими и др.), так как существует проблема воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов при использовании автоматизированного оборудования. Однако, средства защиты не должны ограничивать технологические возможности ПР и ухудшать условия их обслуживания и ремонта. Причинами сложившейся ситуации являются: нарушение условий эксплуатации оборудования; нарушение требований безопасности труда при организации автоматизированного участка, связанные с неправильной планировкой оборудования, пультов управления, транспортно-накопительных устройств; отказ или поломка технологического оборудования, промышленных роботов и манипуляторов; ошибочные действия оператора при наладке, регулировке, ремонте оборудования или во время работы его в автоматическом цикле; появление человека в рабочем пространстве оборудования; нарушение требований инструкций по технике безопасности; отказы в функционировании средств аварийной и диагностической сигнализации и отображения информации; ошибки в работе устройств программного управления и ошибки в программировании [2].

С целью обеспечения безопасности оператора система управления ПР должна иметь устройство аварийного останова, которое срабатывает при любом нарушении работоспособности ПР независимо от режима его работы, в том числе при взаимном отключении любого вида питания, которое используется в обслуживаемом оборудовании. При срабатывании устройства аварийного останова должно прекратиться любое движение ПР независимо от режима работы, за исключением случаев, когда его останов и фиксация в определенном положении ведут к возникновению опасных и вредных производственных факторов. Аварийное отключение робота должно исключать возможность его включения в режим исполнения программы без предварительного приведения всех исполнительных устройств и технологического оборудования в исходное положение, соответствующее прерванной программе. Возобновление работы ПР осуществляется оператором с помощью специальной команды [2].

Основными причинами, формирующими опасные, критические и аварийные ситуации при эксплуатации промышленных роботов (ПР), роботизированных технологических комплексов (РТК), являются:

1 - непредусмотренные движения исполнительных устройств промышленных роботов при наладке, ремонте, во время обучения и исполнения управляющей программы;

2 - внезапный отказ в работе промышленного робота или технологического оборудования, совместно с которым он работает;

3 - ошибочные (непреднамеренные) действия оператора или наладчика во время наладки и ремонта, при работе в автоматическом режиме;

4 - доступ человека в рабочее пространство робота, функционирующего в режиме исполнения программы;

5 - нарушение условий эксплуатации промышленного робота, роботизированного технологического комплекса;

6 - нарушение требований эргономики и безопасности труда при планировке роботизированного технологического комплекса и участка (размещение технологического оборудования, промышленных роботов, пультов управления, загрузочных и разгрузочных устройств, накопителей, тары, транспортных средств и других средств технологического оснащения).

Для защиты человека от механических опасностей при эксплуатации роботизированных производственных систем применяют два основных метода:

1) обеспечение невозможности проникновения человека в рабочую зону при наличии источников опасности, представляющих реальную угрозу для его жизни или здоровья;

2) применение специальных приспособлений и устройств, непосредственно защищающих человека от любой опасности, представляющей угрозу для жизни и здоровья.

Первый метод состоит в разработке, выборе и применении ограждающих, блокирующих, предупреждающих, сигнализирующих устройств или систем, обеспечивающих недоступность человека к опасному промышленному объекту, узлу, участку и т.п.

Второй метод основан на принципе безопасного взаимодействия человека с ПР, роботизированными системами или отдельными их частями при наличии источников опасности с помощью систем дистанционного управления или устройств, автоматически отключающих источники энергии или останавливающих движение исполнительных механизмов и других элементов ПР или систем при появлении человека в границах рабочей зоны.

Перспектива эксплуатации робототехнических средств существует. Однако, данному направлению необходимо пристальное внимание. Это связано с вопросом безопасности использования роботов. Они имеют определенные преимущества, но в тоже время из-за большого количества узлов и механизмов системы требуют высокую квалификацию персонала, опыт работы с РТС, с помощью которых оператор сможет предотвратить потенциальную аварийную ситуацию.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Беляев Н.В.* Применение подземных робототехнических средств при проведении аварийно-спасательных работ в шахте / Н.В. Беляев, А.В. Байков. – М.: ФГБ-ВОУ ВО АГЗ МЧС России, 2017. – С. 9-14.

2. *Матюшин А.В.* Методические рекомендации по тактике применения наземных робототехнических средств при тушении пожаров / А.В. Матюшин, С.Г. Цариченко, А.А. Порошин. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2015. – 43 с.

3. *Поезжаева Е.В.* Охрана труда при использовании промышленных роботов / Е.В. Поезжаева, А.Г. Федотов, П.В. Заглядов // Молодой ученый. – 2015. – №16. – С. 225-228.

4. Решение коллегии от 12 ноября 2014 г. № 14/і «Об использовании в подразделениях МЧС России робототехнических комплексов, беспилотных летательных аппаратов и дальнейшем развитии робототехники и технологий ее применения».

5. Указ Президента РФ от 31.12.2015 N 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации».

6. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 01.03.2018 г.

7. *Федонов М.С., Шарафиев Р.Р.* Проектирование и применение робототехнических средств при проведении аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций / М.С. Федонов, Р.Р. Шарафиев: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Югра, 27-28 ноября 2014 г. – Томск: Издательство ТПУ, 2014. – С. 332-336.

УДК 614.841.2

***М. В. Торопова***

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

## **АНАЛИЗ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ШВЕЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В Г. ИВАНОВО**

Продукция швейных предприятий востребована во всех странах мира. Однако, в погоне за модными тенденциями мы даже не представляем, что такое производство является источником техногенной угрозы и может вызвать травмирование, а также гибель людей. В статье приведен анализ уровня обеспечения пожарной безопасности для швейного предприятия, расположенного в г. Иваново, а также перечень рекомендаций, направленных на его повышение.

**Ключевые слова:** швейное предприятие, текстильная промышленность, пожарная безопасность.

***М. V. Toropova***

## **ANALYSIS OF THE FIRE SAFETY LEVEL ON THE EXAMPLE OF A SEWING ENTERPRISE IN IVANOVO**

The production of sewing enterprises is in demand in all countries of the world. However, in pursuit of fashion trends, we do not even imagine that such production is a source of man-made threat and can cause trauma, as well as death of people. The article



provides an analysis of the level of fire safety for a sewing enterprise located in the city of Ivanovo, as well as a list of recommendations aimed at improving it.

**Keywords:** sewing enterprise, textile industry, fire safety.

В новостных лентах, как России, так и за рубежом с тревожной регулярностью появляется информация о пожарах на текстильных предприятиях, в том числе швейных фабриках [1]. Данная сфера жизнедеятельности общества с одной стороны представляет собой социально-ориентированную экономическую среду, а с другой стороны территории текстильных предприятий служат объектами пристального внимания сотрудников государственного пожарного надзора. Объем и характер защитных мероприятий, предусматриваемых на объектах, зависит от категории производства и класса взрыво- и пожароопасности помещения.

Проведем анализ уровня обеспечения пожарной безопасности производственного предприятия в г. Иваново, сфера деятельности которого заключается в изготовлении верхней женской одежды (рисунок). Процесс производства одежды специализирован и подразделен на несколько самостоятельных этапов. Сотрудники исследуют свойства тканей и одежды, способы ее изготовления, создают модели одежды, нормируют расход тканей, разрабатывают новые конструкции деталей одежды и т. п.

В помещении швейного цеха площадью 668,2 м<sup>2</sup> и высотой 3,55 м, осуществляется использование, хранение 69 швейных машин, драпа (шерсти) общей массой 500 кг, плащевки (вискозы) общей массой 30 кг. В данном помещении минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до покрытия составляет около 1,7 м. На рабочих местах также обращаются горючие вещества и материалы.

К наиболее пожароопасным участкам на предприятии относятся: цех раскроя, цех тепловой обработки, склады. Пожарная опасность установок возникает в результате большого скопления количества тканевой пыли и работы с оборудованием нагревательного процесса.



**Рисунок.** Помещение швейного цеха

Кроме этого, складские помещения имеют сложную сеть электрического, вентиляторного хозяйства. Искусственная вентиляция создает благоприятные условия для поддержания горения и распространения пожара.

Анализ имеющихся данных [2, 3], позволил установить возможные причины возникновения пожароопасных ситуаций:

- разряды статического электричества
- искры тления от нагревания теплоносителем
- аварийный останов
- неправильный пуск оборудования
- несоблюдение графика периодической очистки от пыли
- возгорание в местах отложения пыли на конструкциях и оборудовании
- короткое замыкание, искрение.

В результате проведенной работы с документацией, имеющейся на объекте защиты, и на основании осмотра помещений, выявлены несоответствия реальных условий обязательным требованиям пожарной безопасности. Так, например, ширина дверных проемов меньше нормативных значений, на путях эвакуации имеются препятствия, отсутствует автоматическая система оповещения о пожаре.

Расчетным путем установлено, что производственное помещение может быть отнесено к категории В4.

С учетом вышеизложенного разработан комплекс рекомендаций для швейного предприятия в г. Иваново, включающий в себя:

- Политику в области пожарной безопасности производственного объекта;
- актуализированную систему противопожарных инструктажей;
- объектовую инструкцию по пожарной безопасности;
- реконструкцию эвакуационных выходов;
- план тушения;
- расчет затрат на реализацию противопожарных мероприятий.

Результаты работы имеют важное практическое значение. Приняты предприятием к внедрению.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Muhammad Faisal Chowdhury, Tasnim Rezoana Tanim. Industrial Accidents in Bangladesh Apparel Manufacturing Sector: An Analysis of the Two Most Deadliest Accidents In History // Asian Journal of Social Sciences and Management Studies. - 2016. - Vol. 3. - No. 2. - Pp. 115-126.

2. Махов Н.М., Торопова М.В., Махов О.Н. О причинах пожаров в текстильной отрасли // Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. - С. 277-278.

3. Цвельчугов В.Л., Торопова М.В. Противопожарные двери и их роль в обеспечении комплексной безопасности зданий // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2018): сб. материалов межвузовской (с международным участием) молодёжной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ, 2018. Т.2. С. 171-172

УДК 654.924.5

***П. А. Федосеев***

Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

## **ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ ЖИЛОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

В статье приводится анализ результативности работы различных средств пожарной автоматики при пожарах в жилых домах, произошедших в период с 2008 по 2015 годы. Даются предложения по улучшению пожарной обстановки с пожарами, направленные на снижение смертности населения на пожарах.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, пожарная автоматика, сигнализация, здания жилого назначения

***P. A. Fedoseev***

## **FIRE SAFETY OF BUILDINGS AND PREMISES RESIDENTIAL PURPOSE**

The article provides an analysis of the performance of various means of fire automation in fires in residential buildings that occurred in the period from 2008 to 2015. Proposals are made to improve the fire situation with fires, aimed at reducing the mortality of the population in fires

**Keywords:** fire safety, fire automation, alarm system, residential buildings.

Ежедневно на территории нашей страны происходит огромное количество пожаров, которые зачастую приводят не только к серьезным материальным потерям, но и человеческим жертвам. Согласно данным статистики [1-7], вероятность столкнуться с пожаром для среднестатистического жителя Российской Федерации значительно ниже, чем в среднем по миру. Однако вероятность для жителя нашей страны погибнуть при пожаре в несколько раз больше среднемировых показателей.

Необходимо отметить, что подавляющее большинство жертв пожаров в РФ приходится на начальный период развития пожара - более 90 % всех по-

гибших людей при пожарах фиксируются как погибшие до прибытия пожарных подразделений, при этом в результате воздействия продуктов горения ежегодно погибает более 70 % от общего количества погибших при пожарах, при этом в более чем 71 % случаев, основными условиями, способствующими гибели людей при пожарах являются состояние алкогольного (наркотического) опьянения и нахождение в состоянии сна [1-7], т.е. эти люди или не смогли адекватно оценить обстановку в первые минуты пожара и принять единственно правильное решение о спасении или не проснулись.

В такой ситуации переоценить необходимость установки пожарной сигнализации довольно сложно. Именно поэтому требованиями безопасности, предъявляемыми к строительству жилых и нежилых зданий и сооружений, нормативными актами МЧС и государственными стандартами предусматривается наличие и последующее обслуживание пожарной сигнализации.

Системы пожарной сигнализации позволяют вовремя обнаружить очаги возгорания на ранних стадиях их развития и передать сигнал от тревоги на пульт диспетчера охраны. Соответственно появляется реальная возможность предупредить людей о надвигающейся опасности и предпринять меры по их эвакуации, а также сохранить свое имущество.

Согласно статистических данных МЧС России [8] большинство пожаров происходит в зданиях и помещениях жилого назначения.

Очевидно, что существующие способы обеспечения пожарной безопасности в жилых домах не могут достигнуть главной цели - существенного снижения количества пожаров, гибели людей при пожарах.

Установлено, что в период с 2008 по 2015 годы в жилых домах, оборудованных пожарной автоматикой, было зарегистрировано 5 226 пожаров, в результате которых погибло в общей сложности 302 человека.

Таким образом, среднее значение вероятности погибнуть при пожаре для среднестатистического жителя жилого дома, оборудованного средствами пожарной автоматики, за период с 2008 по 2015 годы составило 5,78 погибших относительно 100 зарегистрированных пожаров, произошедших в этих же домах в течение года.

Согласно законодательства РФ в области пожарной безопасности автоматическими установками пожарной сигнализации оборудуются жилые дома высотой более 28 метров.[9] Согласно тоже нормы законодательства пожарные извещатели автоматических установок пожарной сигнализации устанавливаются в прихожих квартир и используются для открывания клапанов и включения вентиляторов установок подпора воздуха и дымоудаления. Жилые помещения квартир в жилых зданиях высотой три этажа и более следует оборудовать автономными оптико-электронными дымовыми пожарными извещателями.

В жилых домах, оборудованных охранно – пожарной сигнализацией, в период с 2008 по 2015 годы было зарегистрировано 505 пожаров, при которых

погибло 35 человек. При этом свою непосредственную задачу средства охранно-пожарной сигнализации выполнили в 68,9 % случаях. Поставленная задача не была выполнена в 31,1 % случаев пожаров, в том числе: в 25,7 % случаев устройства были не включены или находились в неработоспособном состоянии, в остальных 5,3 % пожарная автоматика не справилась с поставленной задачей. [10-17].

В анализируемый период в жилых домах, оборудованных пожарной сигнализацией, было зарегистрировано 1846 пожаров, при которых погибло 143 человека. Свою непосредственную задачу средства пожарной сигнализации выполнили в 36,5 % случаев пожаров, не выполнили – в 63,5 %, в том числе: в 1,1 % случаев пожарная сигнализация с поставленной задачей не справилась, а в остальных 61,9 % была не включена или находилась в неработоспособном состоянии. [10-17]

На анализируемых объектах оборудованных установками пожаротушения, было зарегистрировано 123 пожара, при которых погибло 6 человек. Свою непосредственную задачу установки пожаротушения выполнили в 18,7 % случаев пожаров, не выполнили - в 81,3 %, в том числе: в 8,9 % данный вид пожарной автоматики сработал, но задачу не выполнил, в большинстве же случаев - более 72 %. Задача не была выполнена по причине нерабочего или отключенного состояния. [10 -17]

На объектах, оборудованных системами противодымной защиты, было зарегистрировано 2676 пожаров, в результате которых погибло 112 человек. Свою непосредственную задачу система противодымной защиты выполнила в 29,6 % случаев пожаров, не выполнила - в 70,4 %, в том числе: в 0,9 % случаев система с поставленной задачей не справилась, в большинстве случаев (70 %) была не включена или находилась в неработоспособном состоянии. [10-17]

В жилых домах, оборудованных системами оповещения о пожаре, было зарегистрировано 76 пожаров, в результате которых погибло 6 человек. Свою непосредственную задачу системы оповещения выполнили в 73,7 % случаев пожара, не выполнили - в 26,3 %, в том числе: в 1,3 % случаев пожарная автоматика поставленную задачу не смогла выполнить, в большинстве случаев (25 %) была не включена или находилась в неработоспособном состоянии. [10-17]

Из приведенного анализа работоспособности различных видов пожарной автоматики следует обратить внимание на низкую степень надежности и работоспособности при эксплуатации различных видов пожарной автоматики в жилых домах. Такое обстоятельство является следствием недостаточного контроля со стороны управляющих и обслуживающих компаний за организацией работ технического обслуживания, диагностики, планово-предупредительного ремонта и контроля (в том числе за фактическим наличием средств пожарной автоматики, установленных ранее в помещениях жилых домов подрядными и строительными организациями при сдаче дома в эксплуатацию).

Таким образом, можно сделать следующий вывод: даже при существующем состоянии дел, когда более чем в 60 % случаев установленные средства

пожарной автоматики находились в неисправном или неработоспособном состоянии, вероятность гибели человека при пожаре в жилом доме, оборудованном средствами пожарной автоматикой, в среднем, более чем в 2,5 раза ниже вероятности гибели при пожарах в жилых домах, не оборудованных средствами пожарной автоматики за аналогичный период.

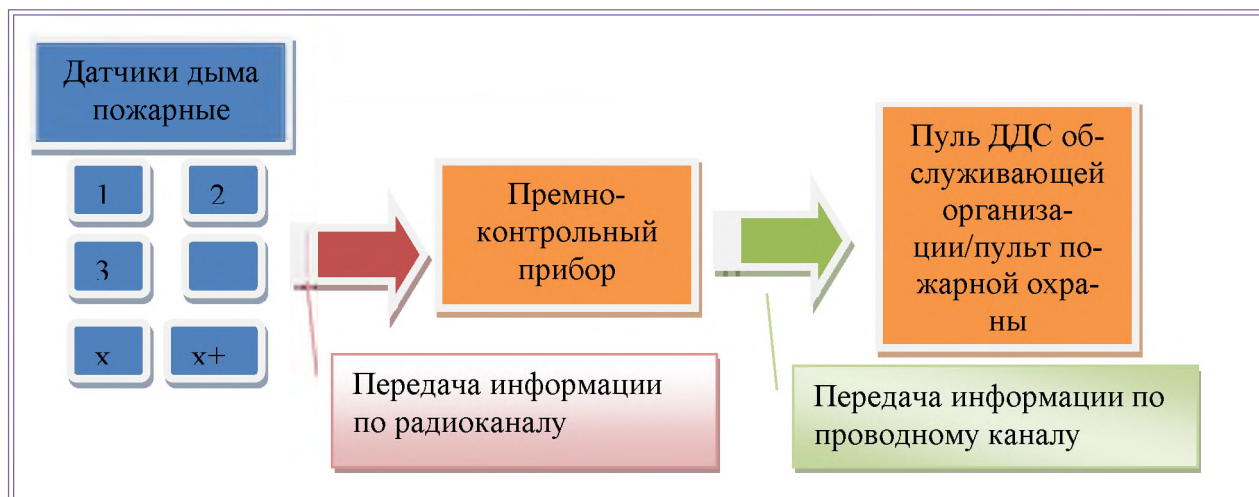
Одновременно с этим следует отметить малый процент жилых помещений оборудованных средствами пожарной автоматики. Данная цифра, согласно официальной статистики, составляет всего 9 % от имеющегося на территории Российской Федерации жилого фонда. Часть жилых домов оборудованы так называемыми автономными пожарными извещателями, не создающими единую систему пожарной автоматики жилого дома, имеющими локальную систему оповещения об обнаружении загорания. Зачастую данные средства раннего обнаружения пожара попросту бесполезны.

Данная проблема требует комплексного решения. Так, на законодательном уровне требуется внесение изменений в обязательные требования пожарной безопасности. Видится необходимым ввести обязательную норму по оборудованию помещений жилого назначения средствами пожарной автоматики вне зависимости от этажности зданий, площади и формы собственности. Так же необходимо обеспечить передачу сигналов от пожарных извещателей, установленных в домах и квартирах, на пультах с круглосуточным пребыванием дежурного персонала, с последующей передачей в пожарную охрану, либо напрямую на пульт пожарной части. Для этих целей могли бы быть использованы дежурно-диспетчерские службы аварийных организаций городов и районов, диспетчерские службы охранных организаций, пункты связи пожарных частей. Тем самым средства пожарной автоматики, как устройства обнаружения пожаров на ранней стадии, обеспечат передачу сигнала о срабатывании пожарной сигнализации реагирующим органам в кратчайшие сроки. В целях устранения неудобств для населения, связанных с прокладкой коммуникация для подключения пожарных извещателей к приемно-контрольному прибору, видится более удобным использовать для передачи информации от пожарного извещателя к приемно-контрольному прибору беспроводные сети.

На сегодняшний день чаще всего применяется как минимум три стандарта беспроводной связи по радиоканалу: GSM как отличное средство для телефонии, WiFi для домашних и офисных сетей и Bluetooth для подключения устройств и периферии. Однако каждый из названных стандартов имеет довольно большой минус – большое энергопотребление. В 2002 г. был основан альянс ZigBee. Альянс разрабатывает глобальную спецификацию стека ZigBee для высоконадежных, рентабельных, энергоэкономичных беспроводных приложений, используя механизм передачи пакетов данных IEEE 802.15.4. Основная задача, решаемая при помощи ZigBee, - передача небольших объемов данных на средние расстояния. [18] Специфичность предназначения ZigBee состо-

ит в том, что приемо-передающие устройства этого стандарта должны иметь минимальное энергопотребление. [19].

На рисунке показана схема организации системы пожарной сигнализации, использующей радиоканал для сбора информации от датчиков дыма.



**Рисунок.** Схема организации системы пожарной сигнализации с радиоканалом

Система построена с использованием автономных беспроводных датчиков дыма с радиопередающим модулем и локальной аудиовизуальной индикацией режимов работы. Передача данных через радиоканал осуществляется только от датчиков дыма к приемным и контрольным модулям, что позволило значительно сократить энергопотребление датчиков. В результате, для питания датчика достаточно одной батареи, при незначительном проигрыше в надежности работы системы (по сравнению с аналогичными системами с двухсторонним обменом). Для сокращения энергопотребления могут быть применены различные схемотехнические приемы и специальные алгоритмы работы микроконтроллера, входящего в состав датчика дыма. Каждому датчику дыма в системе присвоен индивидуальный номер, который задается на производстве в момент занесения программы в память микроконтроллера, либо при развертывании системы, с использованием аппаратных средств приемного модуля. Каждый приемно-контрольный модуль системы имеет идентификатор, который, вместе с номером, заносится в память датчика. Это необходимо для построения адресной системы пожарной сигнализации с закреплением за датчиком или группой датчиков своей зоны ответственности. В результате, образуются так называемые соты, каждая из которых включает себя определенное количество датчиков дыма и один приемно – контрольный прибор. В свою очередь приемные модули могут быть объединены в единую систему пожарной охраны здания посредством любого проводного интерфейса.

Система способна обслуживать до 255 датчиков дыма в пределах соты при наличии помех и нескольких работающих параллельно систем пожарной



сигнализации. Возможно расширение системы до 1024 датчиков дыма при отсутствии постоянных радиопомех и интерференции с другими радиосигналами. Дальность передачи от датчиков к приемному модулю составляет более 30 метров внутри помещений и более 300 метров на открытом пространстве. Надежность передачи данных через радиоканал обеспечивается помехоустойчивым кодированием информации и коррекцией ошибок на стороне приемного модуля. Срок работы датчика дыма при питании от стандартной 9-вольтовой батареи емкостью 400 мАч составляет не менее одного года. [20]

С учетом реализации вышеперечисленных предложений видится реальным снижение смертности на пожарах до минимального уровня, что непосредственно окажет влияние на выполнение приоритетных задач МЧС России по снижению количества погибших на пожарах.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Bruslinsky, N.N., Ahrens, M., Sokolov, S., Wagner, P.* World Fire Statistics. Report № 21. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2016.
2. *Bruslinsky, N.N., Ahrens, M., Sokolov, S., Wagner, P.* World Fire Statistics. Report № 20. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2015.
3. *Bruslinsky, N.N., Ahrens, M., Sokolov, S., Wagner, P.* World Fire Statistics. Report № 19. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2014.
4. *Bruslinsky, N.N., Ahrens, M., Sokolov, S., Wagner, P.* World Fire Statistics. Report № 18. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2013.
5. *Bruslinsky, N.N., Ahrens, M., Sokolov, S., Wagner, P.* World Fire Statistics. Report № 17. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2012.
6. *Bruslinsky, N.N., Ahrens, M., Sokolov, S., Wagner, P.* World Fire Statistics. Report № 16. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2011.
7. *Bruslinsky, N.N., Ahrens, M., Sokolov, S., Wagner, P.* World Fire Statistics. Report № 15. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2010.
8. Статистические данные о пожарах и последствиях от них по субъектам Российской Федерации URL: <http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari> (дата обращения 06.11.2017)
9. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением N 1) приложение А, таблица А1, позиция 6 URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> (дата обращения 23.12.2017)
10. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. - М.: ВНИИПО, 2016, - 124 с.: ил. 40.
11. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. - М.: ВНИИПО, 2014
12. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. - М.: ВНИИПО, 2014, - 137 с.: ил.40.
13. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: Статистический сборник.



- Под общей редакцией В.И. Климкина. - М.: ВНИИПО, 2013, - 137 с.: ил.40.
14. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. - М.: ВНИИПО, 2012, - 137 с.: ил.40.
15. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. - М.: ВНИИПО, 2011, - 140 с.: ил. 40
16. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Н.П. Копылова. - М.: ВНИИПО, 2010, - 135 с.: ил. 40
17. Пожары и пожарная безопасность в 2008 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Н.П. Копылова. - М.: ВНИИПО, 2008, - 137 с.: ил. 40.
18. *Панфилов Д.* Введение в беспроводную технологию Zigbee стандарта 802.15.4 // Электронные компоненты. - №12. – 2004
19. *Соколов М.* Программно-аппаратное обеспечение беспроводных сетей на основе технологии Zigbee/802.15.4 // Электронные компоненты. - №12. – 2004
20. *Панфилов Д.* Система пожарной сигнализации с радиоканалом// Электронные компоненты. – №9. – 2003

УДК 614.84

***О. М. Холодов, Бутсасенг Пхампхасук, К. Г. Попова***

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

## **ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА АЭРОДРОМЕ**

В статье рассматриваются основные виды пожара воздушного судна на земле, а так же основные средства пожарной безопасности на аэродромах.

**Ключевые слова:** безопасность, пожар, пожаротушение, разлив топлива, средствами индивидуальной защиты.

***О. М. Kholodov, Butsaseng Phamphasuk, K. G.. Popova***

## **FIRE SAFETY AT AERODROMES**

The article deals with the main types of aircraft fire on the ground, as well as the basic means of fire safety at the aerodromes.

**Keywords:** safety, fire, fire fighting, fuel spill, means of individual protection.

Проведенное исследование решения проблемы пожарной безопасности на аэродроме позволило заключить, что в зависимости от места возникновения и характера основной массы горючей загрузки на воздушных судах различают следующие виды пожаров:

- силовой установки;

- органов приземления;
- внутри фюзеляжа;
- разлитого авиатоплива.

В реальной пожарной обстановке, с большей степенью вероятности, возможно одновременное сочетание всех перечисленных видов пожаров. Например, пожар разлитого под воздушным судном топлива может привести к возгоранию к пожару шасси, а в последствии и внутри фюзеляжа.

В наземных условиях каждый из перечисленных видов пожара на воздушном судне имеет ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать при организации пожаротушения и выборе наиболее оптимальных средств тушения.

Проведенные исследования [2] позволяют выделить основные возможные причины пожаров на воздушных судах одна из них пожар, возникающий от разлива авиатоплива.

Этот вид пожара связан с возможностью разлива авиатоплива, являющегося основным горючим материалом, вокруг аварийного воздушного судна на большой площади, достигающей сотен и тысяч квадратных метров. При этом, в зависимости от характера разрушения топливной системы, положения воздушного судна и рельефа поверхности разлива топлива по отношению к планеру воздушного судна могут быть односторонними и двусторонними. Наибольшую опасность и сложность для спасания терпящих бедствие представляет двусторонний пожар разлитого авиатоплива. Пожары разлитого авиатоплива характеризуются как правило, большими размерами, быстрым распространением горения по всей площади планера воздушного судна, высокой скоротечностью и большой температурой в зоне горения (более 1000°С). Такие пожары вызывают воздействие на фюзеляж самолета больших тепловых потоков, которые приводят к быстрому прогоранию обшивки фюзеляжа. Как показали испытания, уже через 2-3 минуты установившегося горения разлитого топлива, а в отдельных случаях и раньше, происходит прогар обшивки фюзеляжа и распространение пожара в пассажирские салоны, кабину экипажа и другие помещения воздушного судна. Вследствие этого резко повышается температура внутри салонов и кабины, происходит разложение и горение синтетических декоративно-отделочных и конструкционных материалов с выделением большого количества отравляющих веществ.

Пожар разлитого топлива, действуя на топливные баки, приводит к дополнительному их разрушению и усилению горения, связанному с истеканием топлива.

В ряде случаев пожар разлитого топлива может вызвать взрывы топливных баков воздушного судна. Наибольшую опасность для пассажиров и членов экипажа представляют взрывы фюзеляжных топливных баков, которые могут сопровождаться выбросом топлива и факела внутрь пассажирских салонов. Прове-

денные исследования [5] позволяют заключить, что взрывы фюзеляжных баков, заполненных нейтральным газом (СО<sub>2</sub>, азот), при наземном пожаре воздушного судна практически исключаются.

Взрывы мягких крыльевых баков носят локальный характер, не сопряжены с разбросом частей конструкции воздушного судна и разбрызгиванием топлива. Опасность в этом случае представляет сопровождающее взрыв последующее усиление пожара за счет вытекания топлива в зону горения.

Взрыв кессонных баков сопровождается разрушением конструкции крыла и топливной системы, что приводит к разлету обломков конструкции и одновременному выбросу большого количества топлива с последующим вытеканием его из разрушенных топливных баков. Основная масса разрушенных частей конструкции выбрасывается перпендикулярно к верхней поверхности крыла и имеет разброс до 25 м.

Взрывы крыльевых топливных баков при пожаре разлитого авиатоплива возможны не менее чем через 60 с. после начала горения [1].

Другой частой причиной стали пожары внутри фюзеляжа [3]. Пожары внутри отсеков воздушного судна, в частности в пассажирских салонах и кабине, относятся к пожарам в замкнутом объеме. Основной горючей нагрузкой при таких пожарах являются декоративно-отделочные и конструкционные элементы интерьера, представляющие собой искусственные и натуральные материалы обивки и наполнение кресел, ковровые покрытия, электропроводка, пластмассовые изделия. Для пожаров внутри фюзеляжа характерны небольшие размеры пожара, вызывающего высокую задымленность помещения, относительно быстрое нарастание температуры в верхней части помещений и медленное – в зоне пола. При установившемся горении (через 2-3 мин) среднее значение температуры в зоне пожара в 2-4 раза превышает температуру в зоне пола. Среднеобъемная температура при установившемся горении (до момента прогорания обшивки) не превышает, как правило, 250°С и имеет некоторую тенденцию к снижению. Пожар имеет тлеющий характер без видимого пламени, однако он не прекращается до полного выгорания горючей загрузки. Горение происходит по поверхности стен, потолков, пассажирских кресел, но может быть и в объеме салона за счет капель расплавленных синтетических материалов, стекающих с отделочных и конструкционных элементов потолка салона и кабины экипажа. При прогорании обшивки пожар внутри фюзеляжа обычно усиливается вплоть до появления открытого пламени и температура в верхней части салонов резко возрастает (до 900°С). Высокая температура может привести к расплавлению и загоранию сплавов магния, входящих в конструкцию некоторых типов пассажирских кресел, что затрудняет тушение пожара. При пожарах внутри фюзеляжа происходит быстрое нарастание концентрации отравляющих веществ продуктов горения и термического разложения горючих материалов, обуславливающих основную опасность для людей, находящихся на борту горящего воздушного судна. Характер пожаров внутри фюзеляжа воздушного судна определяет и сложность его

тушения, связанную с труднодоступностью очага пожара и трудностью определения его местоположения.

Вероятной причиной пожара могут стать неполадки в силовой установке. К пожарам силовой установки воздушного судна относятся загорание двигателей, систем запуска, масляной системы, агрегатов управления двигателями, элементов топливной системы. Основным горючим материалом при пожарах силовой установки является авиатопливо. В начальной стадии пожары двигателей носят локальный характер и ограничены объемом подкапотного пространства. Развитие пожара двигателей и их систем характеризуется быстрым ростом температуры (до 1000°C в зоне горения) и скоротечностью. При пожаре в подкапотном пространстве могут прогореть противопожарные перегородки и это приведет к распространению огня. При размещении двигателей на крыльях (Ил-86, Ан-24 и др.) огонь может перейти на топливные баки. При расположении двигателей в хвостовой части (Ту-154, Ту-134, Ил-62 и др.) пожар может распространяться внутрь фюзеляжа воздушного судна. Пожар в двигателе и подкапотном пространстве может сопровождаться хлопками и выбросом горящего топлива [4].

Существует угроза пожаров связанных с органами приземления. Пожары органов приземления (шасси, система торможения) главным образом связаны с горением трех видов материалов: резины, гидрожидкости и магниевых сплавов. Пожары шасси возникают в основном при посадке самолетов с завышенной скоростью или при экстренном торможении. Возможны пожары шасси по причине их отказов и неисправностей. Органы приземления могут загораться от пожара разлитого авиатоплива. Одним из наиболее часто встречающихся пожаров органов приземления является горение гидрожидкости при разрушении гидросистемы шасси. При этом развивается высокая температура, приводящая к загоранию резины, а затем и магниевых сплавов барабанов колес тележки шасси. Пожар гидрожидкости скоротечен и может привести к разрыву гидроцилиндров, и баллонов в гондоле шасси. Загорание резины колес может привести к разрыву пневматиков. При посадке воздушного судна с превышением скорости или при экстренном торможении может происходить «сброс» резины и загорание магниевых сплавов. Магниевые сплавы могут загореться и при пожаре гидрожидкости или авиатоплива. Обычно это происходит через 6-8 минут после начала такого пожара. Характерным признаком пожара магниевых сплавов является сильное белое свечение, наличие горящего металла и появление белого плотного дыма. В зоне горения магниевых сплавов развивается очень высокая температура (до 3000°C). Загорание органов приземления опасно тем, что в основном шасси современных пассажирских самолетов располагаются под крыльями и пламя при горении резины или гидрожидкости непосредственно воздействует на конструкцию крыла, выполненную из легкоплавких алюминиевых сплавов. Поскольку в крыльях современных пассажирских воздушных судах размещается основное

количество топлива, то разрушение крыльев может привести к разливу топлива и резкому увеличению размеров и интенсивности пожара [1].

Практика борьбы с пожарами на аэродромах и воздушных судах выработала комплекс требований к аэродромным средствам тушения пожаров. Для тушения пожаров на воздушном судне и обеспечения спасения пассажиров и экипажа на каждом аэродроме гражданской авиации должна быть специальная (аэродромная) пожарная техника и средства, являющиеся основной частью аварийно-спасательных средств. Аэродромная пожарная техника и средства должны отвечать нормативным требованиям.

1. На аэродроме должна быть определена категория каждой взлетно-посадочной полосы по уровню требуемой пожарной защиты.

2. На аэродроме должны быть пожарные автомобили, рекомендованные для тушения пожаров на воздушном судне. Количество пожарных автомобилей, находящихся в боевой готовности, огнетушащих составов, находящихся на этих пожарных автомобилях, и суммарная производительность подачи составов.

3. Каждый пожарный автомобиль должен быть укомплектован:

- средствами для обеспечения эвакуации людей из аварийного воздушного судна (лестница, устройство для резки обшивки фюзеляжа, ножи для резки привязных ремней);

- шанцевым инструментом (лом, пожарный топор, лопата, кувалда);

- пожарно-техническим оборудованием (пожарные рукава, ручные пожарные стволы, генераторы помпы);

- средствами индивидуальной защиты личного состава пожаро-спасательные расчеты (дыхательные аппараты, каски, теплозащитные костюмы, респираторы).

4. На аэродроме должен быть, по крайней мере, двукратный резерв пенообразователя.

5. Пожарные автомобили должны размещаться в здании аварийно-спасательной станции. Данное требование не регламентирует количество аварийно-спасательных станций и их расположение. Количество аварийно-спасательных станций и их расположение должно быть таким, чтобы обеспечивалось дежурство всех пожарных автомобилей, потребных для защиты взлетно-посадочной полосы, в нормативные значения времени развертывания.

6. На аварийно-спасательных станциях (по крайней мере, на одной) должны быть предусмотрены наблюдательные пункты для обеспечения наблюдений за взлетом и посадкой воздушных судов на каждой взлетно-посадочной полосе. Наблюдательные пункты (пункт) должны быть оснащены приборами для наблюдения.

7. На аэродроме должен быть пункт централизованного наблюдения, оборудованный:

- прямой телефонной или радиосвязью с пунктом пожарной охраны;

- телефонной связью от аварийно-транспортной системы аэропорта с выходом на городскую телефонную сеть;

- радиосвязью с транспортным средством (автомобилем) для обеспечения руководства аварийно-спасательными работами;

- радиосвязью с аэродромными пожарными автомобилями.

8. Аварийно-спасательные станции должны быть оборудованы:

- прямой связью между зданиями аварийно-спасательных станций;

- прямой связью с диспетчерскими пунктами управления воздушным движением (старта, руления, посадки);

- звуковой сигнализацией тревоги – возможность включения сигнала тревоги должна быть обеспечена с диспетчерских пунктов управления воздушным движением (старта, руления, посадки), с пункта централизованного наблюдения и наблюдательных пунктов аварийно-спасательных станций.

В качестве отдельного пункта в требованиях к аэродромным средствам тушения пожаров на ВС включено требование об оснащении аэродромов устройствами для покрытия взлетно-посадочной полосы пеной.

В соответствии с изложенными требованиями разрабатываются разделы оперативного плана по тушению пожаров на воздушных судах. В этом случае оперативный план рассматривается в качестве доказательного документа при подтверждении соответствия аварийно-спасательных средств (в части пожарной техники) требованиям Норм Годности к эксплуатации гражданских аэродромов НГЭА-92 [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бобин К.П.* Техника безопасности в пожарной охране / К.П. Бобин. – М.: Стройиздат, 2015. – 71 с.

2. *Иванов Е.Н.* Пожарная защита открытых технологических установок / Е.Н. Иванов. – М.: Химия, 2004. – 199 с.

3. *Иванников В.П., Ключ П.П., Мазур Л.К.* Справочник по тушению пожаров / В.П. Иванников, П.П. Ключ, Л.К. Мазур. – М.: РИО МВД, 2007. – 226 с.

4. *Кимстач И.Ф., Девлишев П.П., Евтюшкин Н.М.* Пожарная тактика / И.Ф. Кимстач, П.П. Девлишев, Н.М. Евтюшкин. – М.: Стройиздат, 2009. – 590 с.

5. *Холодов О.М., Альдааджех С.А., Аббасов Н.Р.* Обеспечение пожарной безопасности на аэродроме / О.М. Холодов, С.А. Альдааджех, Н.Р. Аббасов // VIII Научно-практическая региональная студенческая конференция с международным участием «Медико-биологические и естественно-научные аспекты физической культуры и спорта» – Воронеж: ВГИФК, 2018. – С. 8-11/

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

<i>Акулова М. В., Мочалов А. М.</i> Об итогах исследования по определению наличия антипиренов в составе пенополистирольных плит.....	3
<i>Аносова Е. Б., Курников И. Н.</i> Влияние термических характеристик отделочных фасадных материалов на опасность распространения пожара в здании.....	9
<i>Беззапонная О. В., Коновалов А. Л.</i> Исследование стабильности огнезащитных составов.....	13
<i>Бодров М. А., Азовцев А. Г., Сырбу С. А.</i> Исследование пожарной опасности прямогонного бензина.....	17
<i>Бутман М. Ф., Кропотова Н. А., Моисеева Е. Ю.</i> Разработка негорючих сорбентов на основе al-пилларированного природного монтмориллонита.....	20
<i>Вахнина Т. Н., Сусоева И. В., Титунин А. А., Петров А. В.</i> Влияние замедлителей горения на показатели огнезащитности композиционных материалов из отходов производства растительных волокон.....	25
<i>Воронцова А. А., Бурьлина Т. А., Торопова М. В., Эсатов О. А.</i> Экспертное исследование горючих жидкостей, представляющих интерес для установления причин пожаров.....	28
<i>Гессе Ж. Ф., Петров А. В.</i> Исследование зависимости воспламеняемости сосны от состава огнезащитной пропитки жидкое стекло- вода.....	37
<i>Гравит М. В., Прусаков В. А., Тимофеев Н. С., Симоненко Я. Б.</i> Огнезащита строительных конструкций с 3D-армированной структурой для эксплуатации в арктическом регионе.....	40
<i>Илесхаджиев Р. И., Панёв Н. М., Ульява С. Н., Никифоров А. Л.</i> Разработка огнезащитной бинарной пропитки для древесины с включением бишофита и оценка её эффективности.....	46
<i>Коровин П. В., Беляев С. В.</i> Исследование теплопроводности легких бетонов.....	53
<i>Королева Л. А., Хайдаров А. Г.</i> Оценка пожарной опасности веществ топливно-энергетического назначения на железнодорожном транспорте с применением эксергетического анализа.....	59
<i>Кропотова Н. А., Моисеева Е. Ю.</i> Оценка огнестойкости нанокompозитов «полимер-слоистый силикат».....	63
<i>Кузнецов М. В.</i> Стекловолокнистые тканые катализаторы –перспективные материалы для использования в высокотемпературных процессах.....	68

<i>Кузнецов М. В.</i> Синтез неорганических материалов в режиме гетерогенного горения конденсированных систем: физико-химические характеристики материалов и их практические применения .....	72
<i>Кузнецов М. В.</i> Левитационно-струйный синтез наноразмерных порошков металлов, оксидов и сложных оксидных материалов для практических применений .....	77
<i>Куликова Л. К., Карасев Е. В., Таратанов Н. А.</i> Математическая оценка нагрева веществ и материалов до возгорания в целях пожарно-технической экспертизы .....	81
<i>Маннанов А. И., Алчинов Е. И., Хайретдинов И. А., Имамутдинов С. А.</i> Исследование и совершенствование метода расчета площади разлива нефти и нефтепродуктов.....	88
<i>Маркман Э. Э., Снегирев Д. Г.</i> Способы переноса тепла в тканях специального назначения.....	96
<i>Мартынов И. М., Воронцова А. А., Таратанов Н. А.</i> Исследование гипса методом инфракрасной спектроскопии .....	99
<i>Мартынов И. М., Воронцова А. А., Таратанов Н. А.</i> Цементный камень как объект изучения в судебно-экспертной практике .....	103
<i>Михайлова С. М., Шарифуллина Л. Р.</i> Количественная оценка параметров токсичности продуктов горения синтетических материалов .....	106
<i>Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е., Филатова Ю. А.</i> Расчетный метод определения температуры вспышки предельных алифатических спиртов и простых эфиров в закрытом тигле .....	111
<i>Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е., Филатова Ю. А.</i> Расчетный метод определения температуры вспышки смесей алканол – алкан .....	117
<i>Наконечный С. Н., Ретин Д. С.</i> Сравнительное исследование процесса воспламенения образцов древесины хвойных и лиственных пород, обработанных различными огнезащитными составами .....	123
<i>Наконечный С. Н., Сулейманов Ф. Р., Дерябкина Е. С.</i> Исследование параметров дымообразования при изучении процесса воспламенения образцов древесины хвойных и лиственных пород .....	126
<i>Панёв Н. М., Никифоров А. Л., Шарабанова И. Ю., Циркина О. Г.</i> Оптимизация состава огнезащитного пропиточного средства для древесины .....	130
<i>Парфенов а Ю. С., Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А.</i> Расчетное и экспериментальное определение температуры вспышки двойных смесей предельный углеводород– предельный кетон.....	136
<i>Петров А. В., Кувшинова С. А., Гессе Ж. Ф., Фролова Т. В.</i> Исследование термостойкости полимерных материалов, модифицированных макрогетероциклом	140
<i>Пучков П. В., Иванов В. Е.</i> Исследование прочностных свойств неразъемных соединений при повышенных температурах.....	143
<i>Рева О. В., Криваль Д. В.</i> Исследование закономерностей термодеструкции полиамидных волокон, огнезащищенных аммонийными металлофосфатами.....	148
<i>Рева, О. В. Назарович А. Н., Богданова В. В.</i> Влияние состава неорганических замедлителей горения, хемосорбированных на полиэфирном волокнистом материале, на закономерности его термодеструкции .....	153



<i>Соколик Г. А., Лейнова С. Л., Свищевский С. Ф., Рубинчик С. Я., Клевченя Д. И.</i> Токсичность продуктов горения защитно-отделочных строительных композиций с различным содержанием органических компонентов.....	159
<i>Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., Стиридонова В. Г., Шарбанова И. Ю., Циркина О. Г.</i> Комплексная оценка огнезащитных показателей замедлителей горения .....	164
<i>Сырбу С. А., Салихова А. Х., Федоринов А. С.</i> Разработка огнезащитных составов для текстильных материалов декоративного назначения .....	169
<i>Федосов С. В., Баканов М. О., Никишов С. Н.</i> Динамика макрофизических параметров получения пеностекла при высокотемпературной термической обработке .....	175
<i>Федосов С. В., Котлов В. Г., Иванова М. А.</i> Динамика процессов теплопереноса и напряженно-деформированного состояния нагельных соединений строительных конструкций .....	184
<i>Фролова Т. В., Захватов Е. С.</i> Методы идентификации полимерных материалов при производстве пожарно-технической экспертизы.....	190
<i>Циркина О. Г., Владимирцева Е. Л., Никифоров А. Л., Шарнина Л. В.</i> Повышение эффективности огнестойкой отделки текстильных материалов технического назначения.....	193
<i>Швырков С. А., Юрьев Я. И.</i> К оценке огнестойкости монолитных железобетонных ограждающих стен резервуарных парков.....	197

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,  
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ**

<i>Апарин А. А., Воронцов С. Л.</i> История становления и развития средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения пожарных .....	206
<i>Апарин А. А., Захаров Д. Ю.</i> расширение тактических возможностей дыхательного аппарата на сжатом воздухе .....	211
<i>Апарин А. А., Кнутов М. С., Бочкарев А. Н.</i> Перчатки для проведения аварийно-спасательных работ. Требования национального стандарта, конструктивные недостатки и проблемы эксплуатации .....	213
<i>Балашова А. Е., Егорова Н. Е.</i> Обзор мобильных информационных разработок по предупреждению чрезвычайных ситуаций.....	218
<i>Барсегян А. Р., Костерин И. В.</i> Новые подходы к расчету параметров эвакуации людей при пожарах в зданиях различного функционального назначения.....	221
<i>Бубнов В. Б., Мухин Н. А.</i> Математическое описание нестационарного процесса опорожнения емкости, содержащей легковоспламеняющуюся жидкость.....	225
<i>Виноградова Е. В., Шмелева Т. В., Зарубина Е. В., Колбашов М. А., Еловский В. С., Волков А. В.</i> Технологическая линия для выработки медицинской льносодержащей гигроскопической ваты и нетканого полотна из отходов этого производства .....	230

<i>Волкова К. М.</i> Обзор современных средств и технологий в профилактике и пожаротушении .....	235
<i>Воронин С. В.</i> Коррозия, способы защиты и метод ее раннего обнаружения.....	238
<i>Гантумур Э.</i> Проблемные вопросы развития системы технического регулирования обеспечения пожарной безопасности расширения железнодорожной сети Монголии .....	241
<i>Гомонай М. В., Беспалова Ю. О., Гutowский А. В.</i> Анализ возможных причин разрушений инженерно-строительных конструкций при пожарах .....	246
<i>Гutowский А. В., Гомонай М. В., Беспалова Ю. О.</i> О создании технических средств защиты пожарных от повышенных тепловых воздействий в условиях лесного пожара.....	254
<i>Дашевский А. Р., Горский В. Е., Костылев Д. Н., Асанов Т. Р.</i> Причины поломки режущих кромок аварийно спасательного инструмента.....	259
<i>Двоеглазов К. С., Ермолина Е. М., Семенов А. Д.</i> О временных показателях работы гидравлического аварийно-спасательного инструмента на пожаре .....	262
<i>Еловский В. С., Комельков В. А.</i> Система противопожарной защиты трансформаторной подстанции .....	266
<i>Еловский В. С., Сизов А. П., Комельков В. А., Колбашов М. А., Зарубина Е. В.</i> Увеличения демпфирующего эффекта в устройствах для гашения колебаний .....	272
<i>Ермолина Е. М., Семенов А. Д.</i> Об эффективности эксплуатации гидравлического аварийно-спасательного инструмента .....	275
<i>Зарубин В. П.</i> Улучшение триботехнических характеристик смазок, используемых в подшипниковых узлах пожарной техники .....	278
<i>Зарубина Е. В., А. В. Волков, Колбашов М. А., Еловский В. С.</i> К вопросу о повышении надежности систем противопожарного водоснабжения .....	283
<i>Зимнуров А. Р., Новиков П. М., Козлова О. В.</i> Разработка пигментно-полимерной композиции для крашения параарамидных тканей .....	289
<i>Ибатулин Р. К.</i> Численное моделирование горения бензина методом крупных вихрей в программном комплексе ANSYS FLUENT .....	294
<i>Иванов А. В., Воронин С. В.</i> Повышение живучести пожарно-технического оборудования в условиях высоких температур .....	297
<i>Иванов В. Е., Зарубин В. П., Пучков П. В., Топоров А. В.</i> Мобильный роботизированный комплекс пожаротушения модульной компоновки .....	301
<i>Кириллов М. А., Азовцев А. Г., Сырбу С. А., Таратанов Н. А.</i> Разработка установки для моделирования условий внутри резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов .....	304
<i>Киселев В. В.</i> Исследование прочностных свойств дерева при повышенных температурах.....	306
<i>Коломейцева Э. А., Родионов К. В., Морыганов А. П.</i> Новая технология получения экологически безопасных объемных утеплителей с улучшенными огне-термо-биозащитными свойствами .....	309

<i>Короткевич С. Г., Ковтун В. А.</i> Повышение эксплуатационной надежности цистерны пожарного автомобиля на базе шасси МАЗ-6317 .....	315
<i>Кропотова Н. А., Архангельский К. Н.</i> Исследование нового огнезащитного покрытия для стальных конструкций .....	320
<i>Кропотова Н. А., Архангельский К. Н.</i> Основа разработки огнезащитного покрытия для стальных конструкций .....	323
<i>Круглов В. А., Сизов А. П.</i> Устройство пожарной автоматики, использующей магнитную наножидкость.....	325
<i>Кузнецов М. В.</i> Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) сложных оксидных материалов для датчиков потенциально опасных газов .....	329
<i>Кузнецов М. В., Кирюхин Д. П.</i> Перспективные композиционные материалы с улучшенными физико-химическими характеристиками для нужд МЧС России .....	332
<i>Култашев И. И., Панёв Н. М., Ширяев Е. В., Никифоров А. Л.</i> Рецепт пропиточного антипирена для древесины и определение его огнезащитной эффективности в зависимости от технологии нанесения .....	336
<i>Кушляев В. Ф., Найдюк К. К., Галимуллин Р. М., Кушляева О. В.</i> Модель функционирования крановой установки аварийно-спасательной машины при автоматизированной системе управления .....	344
<i>Леушин Е. Н., Кропотова Н. А., Пучков П. В.</i> Разработка робототехнического комплекса и системы для противопожарной защиты и ликвидации последствий пожаров и взрывов на водных объектах .....	355
<i>Ляшенко С. М., Блохин А. А.</i> Пожарная безопасность электроавтомобилей как элемент системы пожарной безопасности автотранспорта и пути ее совершенствования .....	357
<i>Максимов П. В., Дубовик Ю. Н., Кукитель Д. А., Шнипов И. С.</i> Снижение пожарной опасности генераторов огнетушащего аэрозоля конструктивным способом.....	361
<i>Мальгин А. А., Абрамов А. В., Клевцова И. В.</i> Основные тенденции рынка пассивной огнезащиты. Взгляд практиков .....	364
<i>Манило И. И., Левитский В. Ю., Зыков В. И., Воинков В. П., Рогачёв А. В.</i> Модернизация шлема пожарных и спасателей –эффективный шаг к повышению их безопасности .....	369
<i>Манило И. И., Воинков В. П., Левитский В. Ю., Зыков В. И., Емельянов Е. А.</i> Механизм самостраховки пожарного при работе на автолестнице (на примере автолестницы АЛ-30).....	374
<i>Манило И. И., Воинков В. П., Левитский В. Ю., Зыков В. И., Емельянов Е. А.</i> Лесопожарный комплекс для разведки и локализации низовых пожаров на базе мотовездехода РМ 650-2 6x4.....	378
<i>Манило И. И., Левитский В. Ю., Зыков В. И., Воинков В. П., Белякин С. К.</i> Повышение эффективности применения радиозонда космических лучей для целей обнаружения пожаров .....	382
<i>Маннанов А. И., Алчинов Е. И., Хайретдинов И. А., Имамутдинов С. А.</i> Мониторинг лесных пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов .....	386

<i>Маннанов А. И., Алчинов Е. И., Хайретдинов И. А., Имамутдинов С. А.</i> Сравнительный анализ существующих методов определения площади пролива пожароопасных жидкостей .....	393
<i>Митрофанов П. Г., Шкрабак В. С., Манило И. И., Левитский В. Ю., Шкрабак Р. В., Зыков В. И., Воинков В. П.</i> Устройство для предотвращения опрокидывания пожарного автомобиля при тушении лесных пожаров .....	401
<i>Митрофанов П. Г., Шкрабак В. С., Манило И. И., Левитский В. Ю., Шкрабак Р. В., Зыков В. И., Воинков В. П.</i> Сигнализатор угла наклона – элемент предотвращения опрокидывания пожарного автомобиля.....	404
<i>Наконечный С. Н., Винокуров М. В., Михалин В. Н.</i> Исследование влияния огнезащитного состава на воспламеняемость древесины.....	407
<i>Никифоров А. Л., Ульева С. Н., Роммель И. А., Афанасьев М. В.</i> Визуальный метод диагностики предаварийных режимов работы электроустановок.....	411
<i>Новиков П. М., Зимнуров А. Р., Козлова О. В.</i> Разработка технологии получения рисунков под «камуфляж» на параарамидных тканях .....	416
<i>Панченков В. В., Мазаник А. И.</i> Алгоритм оценки кандидатов, претендующих а замещение вакантной должности, на основе анализа качественных показателей .....	420
<i>Песикин А. Н., Пуганов М. В.</i> Пожарная опасность при хранении сжиженных углеводородных газов. Обеспечение пожарной безопасности.....	424
<i>Покровский А. А.</i> Пожаробезопасная технология сушки нетканых материалов .....	431
<i>Пуганов М. В., Шарнина Л. В., Владимирцева Е. Л.</i> Текстильные материалы как объекты пожарной опасности .....	435
<i>Селиверстов В. И., Тарасенко В. А.</i> Новые технологии предотвращения и тушения пожаров, разработанные ООО «КАЛАНЧА».....	440
<i>Сиабандов Э. Т., Мочалова Т. А.</i> О применении графена в качестве сенсорных элементов в огнеупорных обоях .....	448
<i>Скрипник И. Л.</i> Обеспечение пожаробезопасности электроизделий на этапах проектирования и разработки .....	451
<i>Скрипник И. Л.</i> Некоторые вопросы снижения пожарной опасности резервуарных парков .....	455
<i>Сучкова П. С., Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Азовцев А. Г.</i> Анализ применения современных систем молниезащиты в России.....	458
<i>Сырбу С. А., Сорокина Т. В., Салихова А. Х.</i> Исследование пожароопасных свойств текстильных материалов декоративного назначения и разработка рецептуры огнезащитного состава.....	462
<i>Топоров А. В.</i> Применение магнитного эластомерного материала в статических магнитожидкостных уплотнениях.....	466
<i>Топорова Е. А.</i> О возможности использования многослойных материалов на основе углеродных волокон в пожарной технике .....	469
<i>Федотов С. Б.</i> Актуальные проблемы развития системы безопасности новых железных дорог Монголии.....	474

<i>Харламов Р. И., Бачихин И. С., Смирнов А. А.</i> Литий-титановые аккумуляторы как источник питания пожарного инструмента с электроприводом.....	479
<i>Харламов Р. И., Бочкарев А. Н., Ефанов А. С.</i> Теплозащитный экран для огнетушителей.....	483
<i>Харламов Р. И., Годлевский В. А., Колбашов М. А.</i> Антифрикционные присадки для смазочных масел узлов и агрегатов пожарных автомобилей.....	486
<i>Харламов Р. И., Колбашов М. А., Сараев И. В.</i> Механический привод для шиберного насоса.....	490
<i>Холодов О. М., Аббасов Н. Р., Соловьева М. Ю.</i> Влияние вредных и опасных факторов на летно-технический состав аэродрома.....	493
<i>Швырков А. С., Горячев С. А., Швырков С. А.</i> Результаты экспериментального определения минимальной высоты защитной стенки резервуаров типа «стакан в стакане».....	497
<i>Шингалеев А. Э., Снегирев Д. Г.</i> Классификация термостойких текстильных материалов.....	502
<i>Ширяев Е. В.</i> Анализ инженерно-технических решений, направленных на ограничение растекания горючих жидкостей.....	505
<i>Ширяев Е. В.</i> О снижении пожарной опасности локальных проливов нефтепродуктов с помощью современных гранулированных материалов.....	509
<i>Ширяев Е. В., Песикин А. Н.</i> К вопросу применения защитных экранов вдоль магистральных нефтепроводов.....	513

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ  
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

<i>Бритков А. А., Карасев Е. В., Таратанов Н. А.</i> Возможные причины разрушения отопительных котлов на твердом топливе.....	517
<i>Бритков А. А., Таратанов Н. А., Гессе Ж. Ф.</i> Современный подход к визуализации объектов защиты.....	520
<i>Гессе Ж. Ф., Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е., Фролова Т. В.</i> К вопросу о взрывах на предприятиях.....	524
<i>Дорофеева Н. Е., Семенова К. В.</i> Совершенствование противопожарной пропаганды среди школьников Воронежской области посредством игрового обучения.....	527
<i>Калмыков В. А., Калашников Д. В.</i> Оценка пожарной опасности электрических звонков на примере исследования пожара, произошедшего на территории Ивановской области.....	530
<i>Карасев Е. В., Волкова К. М.</i> Исследование причастности обрыва N (PEN) провода к причине пожара в многоквартирном доме.....	536
<i>Карпычева В. В., Егорова Н. Е.</i> Применение баз данных в области пожарной безопасности.....	542

<i>Карчевский Ю. С., Пупынин В. И.</i> Ведомственные нормативные правовые акты, регламентирующие применение беспилотных летательных аппаратов МЧС России.....	546
<i>Клементьев Б. А., Олейников С. Н.</i> Основные направления развития стандартизации: обеспечение пожарной безопасности объектов производства сжиженного природного газа .....	552
<i>Коробейникова Е. Г.</i> Отечественные патенты на изобретения 1994–2017 гг. в области производства строительных и конструкционных материалов с пониженной пожарной опасностью .....	558
<i>Лазарев А. А.</i> Факторы рисков планирования проверок в области пожарной безопасности и меры по их снижению.....	563
<i>Осьмова Н. Е., Протасьев М. С.</i> Нормативно-правовое регулирование в области пожарной безопасности.....	568
<i>Песикин А. Н., Пуганов М. В.</i> Пожарная безопасность на предприятиях пищевой промышленности.....	572
<i>Попов В. И.</i> Термины и определения в области пожарной безопасности.....	577
<i>Попов В. И., Пуганов М. В., Песикин А. Н.</i> Инструкция к плану эвакуации людей при пожаре.....	581
<i>Попов В. И., Салихова А. Х., Османова Е. А.</i> Разработка проекта свода правил СП 1.13130 .....	585
<i>Пишанов А. П., Егорова Н. Е.</i> Основные принципы информационного обеспечения оперативной дежурной смены учебного центра управления в кризисных ситуациях академии.....	589
<i>Салихова А. Х., Лиев Р. А., Кюлян С. М.</i> Проблемные вопросы осуществления надзорной деятельности в области пожарной безопасности на производственных объектах.....	593
<i>Свентская Н. В., Виноградов А. В.</i> Совершенствование деятельности оперативной дежурной смены ЦУКС МЧС России по организации поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях.....	602
<i>Титова Е. С., Зейнетдинова О. Г., Ульянова Е. А.</i> Ноксологический подход к эксплуатации робототехнических систем.....	607
<i>Торопова М. В.</i> Анализ уровня обеспечения пожарной безопасности на примере швейного предприятия в г. Иваново .....	611
<i>Федосеев П. А.</i> Пожарная безопасность зданий и помещений жилого назначения....	614
<i>Холодов О. М., Бутсасенг Пхампхасук, Попова К. Г.</i> Пожарная безопасность на аэродроме .....	620

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аббасов Н. Р., 493  
Абрамов А. В., 364  
Азовцев А. Г., 17, 304, 458  
Акулова М. В., 3  
Алчинов Е. И., 88, 386, 393  
Аносова Е. Б., 9  
Апарин А. А., 206, 211, 213  
Архангельский К. Н., 320, 323  
Асанов Т. Р., 259  
Афанасьев М. В., 411  
Баканов М. О., 175  
Балашова А. Е., 218  
Барсегян А. Р., 221  
Бачихин И. С., 479  
Беззапонная О. В., 13  
Беляев С. В., 53  
Белякин С. К., 382  
Беспалова Ю. О., 246, 254  
Блохин А. А., 357  
Богданова В. В., 153  
Бодров М. А., 17  
Бочкарев А. Н., 213, 483  
Бритков А. А., 517  
Бритков А. А., 520  
Бубнов В. Б., 225  
Бурылина Т. А., 28  
Бутман М. Ф., 20  
Бутсасенг Пхампхасук, 620  
Вахнина Т. Н., 25  
Виноградов А. В., 602  
Виноградова Е. В., 230  
Винокуров М. В., 407  
Владимирцева Е. Л., 193, 435  
Воинков В. П., 369, 374, 378, 382, 401, 404  
Волков А. В., 230, 283  
Волкова К. М., 235, 536  
Воронин С. В., 238, 297  
Воронцов С. Л., 206  
Воронцова А. А., 28, 99, 103  
Галимуллин Р. М., 344  
Гессе Ж. Ф., 37, 140, 520, 524  
Годлевский В. А., 486  
Гомонай М. В., 246, 254  
Горский В. Е., 259  
Горячев С. А., 497  
Гравит М. В., 40  
Гутовский А. В., 246, 254  
Дашевский А. Р., 259  
Двоеглазов К. С., 262  
Дерябкина Е. С., 126  
Дорофеева Н. Е., 527  
Дубовик Ю. Н., 361  
Егорова Н. Е., 218, 542, 589  
Еловский В. С., 230, 266, 272, 283  
Емельянов Е. А., 374, 378  
Ермоница Е. М., 262, 275  
Ефанов А. С., 483  
Зарубин В. П., 278, 301  
Зарубина Е. В., 230, 272, 283  
Захаров Д. Ю., 211  
Захватов Е. С., 190  
Зейнетдинова О. Г., 607  
Зимнуров А. Р., 289, 416  
Зыков В. И., 369, 374, 378, 382, 401, 404  
Ибатулин Р. К., 294  
Иванов А. В., 297  
Иванов В. Е., 143, 301  
Иванова М. А., 184  
Илесхаджиев Р. И., 46  
Имамутдинов С. А., 88, 386, 393  
Калашников Д. В., 530  
Калмыков В. А., 530  
Карасев Е. В., 81, 517, 536  
Карпычева В. В., 542  
Кириллов М. А., 304  
Кирюхин Д. П., 332  
Киселев В. В., 306  
Клевцова И. В., 364  
Клевченя Д. И., 159  
Клементьев Б. А., 552  
Кнутов М. С., 213  
Ковтун В. А., 315  
Козлова О. В., 289, 416  
Колбашов М. А., 230, 272, 283, 486, 490  
Коломейцева Э. А., 309  
Комельков В. А., 266, 272  
Коновалов А. Л., 13  
Коробейникова Е. Г., 558  
Коровин П. В., 53  
Королева Л. А., 59  
Короткевич С. Г., 315

Костерин И. В., 221  
 Костылев Д. Н., 259  
 Котлов В. Г., 184  
 Криваль Д. В., 148  
 Кропотова Н. А., 20, 63, 320, 323, 355  
 Круглов В. А., 325  
 Кувшинова С. А., 140  
 Кузнецов М. В., 68, 72, 77, 329, 332  
 Кукштель Д. А., 361  
 Куликова Л. К., 81  
 Култашев И. И., 336  
 Курников И. Н., 9  
 Кушляев В. Ф., 344  
 Кушляева О. В., 344  
 Кюлян С. М., 593  
 Левитский В. Ю., 369, 374, 378, 382, 401, 404  
 Лейнова С. Л., 159  
 Леушин Е. Н., 355  
 Лиев Р. А., 593  
 Ляшенко С. М., 357  
 Мазаник А. И., 420  
 Максимов П. В., 361  
 Мальгин А. А., 364  
 Манило И. И., 369, 374, 378, 382, 401, 404  
 Маннанов А. И., 88, 386, 393  
 Маркман Э. Э., 96  
 Мартынов И. М., 99, 103  
 Митрофанов П. Г., 401, 404  
 Михайлова С. М., 106  
 Михалин В. Н., 407  
 Моисеева Е. Ю., 20, 63  
 Морыганов А. П., 309  
 Мочалов А. М., 3  
 Мочалова Т. А., 111, 117, 136, 448, 524  
 Мухин Н. А., 225  
 Назарович А. Н., 153  
 Найдюк К. К., 344  
 Наконечный С. Н., 123, 126, 407  
 Никифоров А. Л., 46, 130, 164, 193, 336, 411, 458  
 Никишов С. Н., 175  
 Новиков П. М., 289, 416  
 Олейников С. Н., 552  
 Османова Е. А., 585  
 Осьмова Н. Е., 568  
 Панёв Н. М., 46, 130, 336  
 Панченков В. В., 420  
 Парфенова Ю. С., 136  
 Песикин А. Н., 424, 513, 572, 581  
 Петров А. В., 25, 37, 140  
 Покровский А. А., 431  
 Попов В. И., 577, 581, 585  
 Попова К. Г., 620  
 Протасьев М. С., 568  
 Прусаков В. А., 40  
 Пуганов М. В., 424, 435, 572, 581  
 Пучков П. В., 143, 301, 355  
 Пшанов А. П., 589  
 Рева О. В., 148, 153  
 Репин Д. С., 123  
 Рогачёв А. В., 369  
 Родионов К. В., 309  
 Роммель И. А., 411  
 Рубинчик С. Я., 159  
 Салихова А. Х., 169, 585, 593  
 Сараев И. В., 490  
 Свентская Н. В., 602  
 Свирщевский С. Ф., 159  
 Селиверстов В. И., 440  
 Семенов А. Д., 262  
 Семенов А. Д., 275  
 Семенова К. В., 527  
 Сиабандов Э. Т., 448  
 Сизов А. П., 272, 325  
 Симоненко Я. Б., 40  
 Скрипник И. Л., 451, 455  
 Смирнов А. А., 479  
 Снегирев Д. Г., 96, 502  
 Соколик Г. А., 159  
 Соловьева М. Ю., 493  
 Сорокин Д. В., 164  
 Спиридонова В. Г., 164  
 Сторонкина О. Е., 111, 117, 136, 524  
 Сулейманов Ф. Р., 126  
 Сусоева И. В., 25  
 Сучкова П. С., 458  
 Сырбу С. А., 17, 169, 304  
 Тарасенко В. А., 440  
 Таратанов Н. А., 81, 99, 103, 304, 517, 520  
 Тимофеев Н. С., 40  
 Титова Е. С., 607  
 Титунин А. А., 25  
 Топоров А. В., 301, 466



Топорова Е. А., 469  
Торопова М. В., 28, 611  
Ульева С. Н., 46, 411, 458  
Ульянова Е. А., 607  
Федоринов А. С., 169  
Федосеев П. А., 614  
Федосов С. В., 175, 184  
Федотов С. Б., 474  
Филатова Ю. А., 111, 117  
Фролова Т. В., 140, 190, 524  
Хайдаров А. Г., 59  
Хайретдинов И. А., 88, 386, 393  
Харламов Р. И., 479, 483, 486, 490  
Холодов О. М., 493, 620

Циркина О. Г., 130, 164, 193  
Шарабанова И. Ю., 130, 164  
Шарифуллина Л. Р., 106  
Шарнина Л. В., 193, 435  
Швырков А. С., 497  
Швырков С. А., 197, 497  
Шингалеев А. Э., 502  
Ширяев Е. В., 336, 505, 509, 513  
Шкрабак В. С., 401, 404  
Шкрабак Р. В., 401, 404  
Шмелева Т. В., 230  
Шнипов И. С., 361  
Эсатов О. А., 28  
Юрьев Я. И., 197

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ II МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

**ИВАНОВО, 19 СЕНТЯБРЯ 2018 г.**

В авторской редакции

*Текстовое электронное издание*

Подготовлено к изданию 21.12.2018 г.  
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 39,9. Уч.-изд. л. 37,1. Заказ № 29

Отделение организации научных исследований  
экспертно-консалтингового отдела  
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России  
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33