

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

<b>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ НАСОСОВ В КОМПЛЕКТАХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА</b> <i>Дьяконов О.Б., Крудышев В.В., Филиппов А.В.</i> .....	<b>3</b>
<b>АНАЛИЗ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА НОВЫХ МОДЕЛЯХ ШАССИ КАМАЗ</b> <i>Шадэ Е.Ф., Крудышев В.В., Зубарев И.А.</i> .....	<b>10</b>
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ</b> <i>Сотников Д.И., Калач Е.В., Тарарыкин А.М.</i> .....	<b>22</b>
<b>ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ГИБЕЛИ ЛЮДЕЙ В ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</b> <i>Кайбичев И.А., Кайбичева Е.И.</i> .....	<b>28</b>
<b>РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА С МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТЬЮ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА</b> <i>Сизов А.П., Топоров А.В., Палин Д.Ю., Яковенко Т.А.</i> .....	<b>32</b>
<b>ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРОВ НА АВТОТРАНСПОРТЕ</b> <i>Перевалов А.С., Стяжкин В.В., Елесина Ю.К., Шевелева И.Г., Хрулев В.В.</i> .....	<b>38</b>
<b>КЛАССИФИКАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО НАРУШЕНИЯМ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ НОРМ</b> <i>Леонтьева М.А., Храпцова Л.А., Насырова Э.С., Аксенов С.Г.</i> .....	<b>44</b>
<b>ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ИНТУМЕСЦЕНТНОГО ТИПА МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА</b> <i>Беззапонная О.В., Головина Е.В., Акулов А.Ю.</i> .....	<b>52</b>
<b>ВЫЯВЛЕНИЕ АКТУАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ НАСЕЛЕНИЯ К ДЕЙСТВИЯМ ПРИ ПОЖАРЕ С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ</b> <i>Синякова М.Г., Кошкарлов В.С., Курманова И.Ю., Калимуллина К.И.</i> .....	<b>58</b>
<b>ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ С ТЯЖЕСТЬЮ ПОСЛЕДСТВИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА С УЧАСТИЕМ СЛОЖНОЙ ГОМОГЕННОЙ ГОРЮЧЕЙ СРЕДЫ</b> <i>Черепашин А.М., Калач А.В., Калач Е.В.</i> .....	<b>65</b>
<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ</b> <i>Русских Д.В., Вытовтов А.В., Шевцов С.А.</i> .....	<b>70</b>
<b>ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В РЕЗЕРВУАРАХ АЗС ПОСЛЕ ФЛЕГМАТИЗАЦИИ ТВЕРДЫМ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА</b> <i>Зыков П.И., Корнилов А.А., Бородин А.А., Сатюков Р.С., Халимов Е.В.</i> .....	<b>83</b>

<b>ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИХ СВОЙСТВ</b> <i>Иванов А.В., Скрипник И.Л., Дементьев Ф.А., Ловчиков В.А.</i> .....	<b>89</b>
<b>РАСЧЕТ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА ОТ ТРУБОПРОВОДОВ С ГОРЮЧИМИ ЖИДКОСТЯМИ И ГОРЮЧИМИ ГАЗАМИ</b> <i>Карькин И.Н., Контарь Н.А., Субачев С.В., Субачева А.А.</i> .....	<b>97</b>
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ БЕНЗИНА В ВЕРТИКАЛЬНЫХ КАНАЛАХ РАЗНОГО ДИАМЕТРА ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ</b> <i>Хафизов Ф.Ш., Каримов Р.Р., Хафизов И.Ф., Султанов Р.М.</i> .....	<b>102</b>
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ОТЛОЖЕНИЙ КОПОТИ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ГОРЕНИИ ТОВАРНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ, В ЦЕЛЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОЦЕССОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОЖАРОВ</b> <i>Галишев М.А., Медведев А.Ю., Бельшина Ю.Н.</i> .....	<b>112</b>

### **БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

<b>ПРОБЛЕМА НЕКОРРЕКТНОГО ДОВЕДЕНИЯ ДО НАСЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПО ЗНАЧЕНИЯМ РАДИАЦИОННОГО ФОНА ВБЛИЗИ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ПУТИ ЕЁ РЕШЕНИЯ</b> <i>Шишкин П.Л., Мураев Н.П., Вишняков А.В., Батюшев В.М.</i> .....	<b>120</b>
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОЙ ИНСИНЕРАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ</b> <i>Анахов С.В., Пыкин Ю.А., Матушкин А.В.</i> .....	<b>128</b>
<b>ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ВЗРЫВАХ БЫТОВОГО ГАЗА В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ: ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, СТАТИСТИКА, МЕРЫ ПРОФИЛАКТИКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ</b> <i>Вишняков А.В., Мураев Н.П., Шишкин П.Л.</i> .....	<b>141</b>

УДК 62-8

krudishev@gmail.com

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ НАСОСОВ В КОМПЛЕКТАХ  
АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА**

**ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF USE  
OF PNEUMATICHYDRAULIC PUMPS IN SETS OF THE RESCUE TOOL**

*Дьяконов О.Б.,  
Крудышев В.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
Филиппов А.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*D'yakonov O.B., Krudyshev V.V., Filippov A.V.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье представлено описание применения пневмогидравлического насоса в качестве привода для гидравлического аварийно-спасательного инструмента. Приведена принципиальная схема подключения и результаты эксперимента по затратам времени на приведение разных инструментов в рабочее положение, на перекусывание арматуры разными инструментами с приводом от разных насосов и по оценке производительности. Анализ полученных значений позволяет сделать вывод об эффективности описываемого технического решения.

*Ключевые слова:* пневмогидравлический насос, аварийно-спасательный инструмент, привод инструмента, схема подключения, результаты эксперимента.

In work the description of use of the pneumatichydraulic pump as the drive for the hydraulic rescue tool is submitted. The schematic diagram of connection and results of an experiment on expenses of time for reduction of different tools into position, on perekusyvaniy fittings by different tools with the drive from different pumps is provided and according to productivity. The analysis of the received values allows to draw a conclusion on efficiency of the described technical solution.

*Keywords:* pneumatichydraulic pump, rescue tool, tool drive, scheme of connection, results of an experiment.

Современные пожарные автомобили оснащаются комплектами гидравлического аварийно-спасательного инструмента для выполнения задач по спасению людей из завалов и поврежденных при дорожно-транспортных происшествиях автомобилей, для вскрытия дверей и создания проходов. Соответственно состав комплектов может быть различным и от этого зависит их стоимость [1].

Как правило, пожарные автоцистерны комплектуются набором гидравли-

ческого аварийно-спасательного инструмента, включающим: насосную станцию с мотоприводом, ручной насос, комбинированные ножницы, разжим и силовой гидроцилиндр.

В некоторых случаях комплект инструмента может быть минимальным: ручной насос, комбинированные ножницы, кусачки или перекусыватели. В результате производительность такого набора невелика, так как ручной гидравлический насос имеет небольшую подачу

рабочей жидкости по сравнению с насосной станцией, оснащенной мото- или электроприводом [2].

Но производительность такого минимального набора инструмента мож-

но повысить за счет применения пневмогидравлического насоса, представленного на рисунке 1 [3].

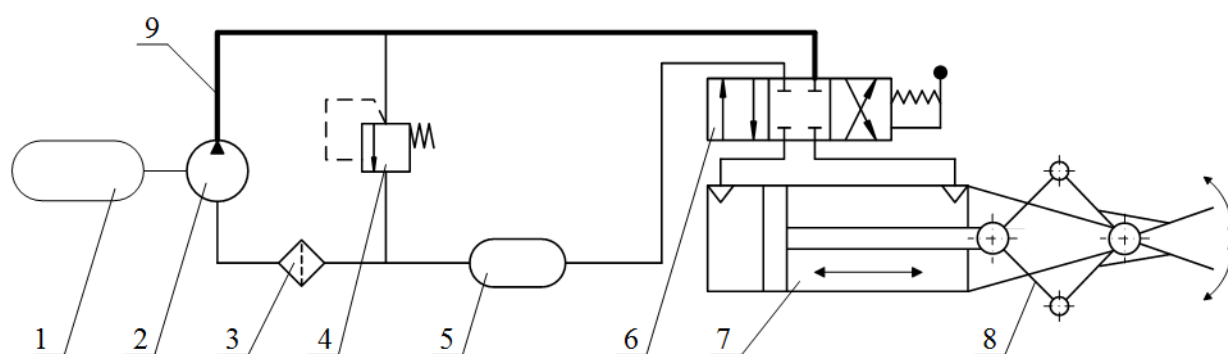


Рисунок 1. Насос пневмогидравлический JTC 8P120

Пневмогидравлический насос – это устройство, преобразующее давление сжатого воздуха от компрессора или баллона высокого давления с редуктором в давление рабочей жидкости для гидроинструментов. Максимальное входное давление воздуха  $8,6 \text{ кгс/см}^2$ , расход воздуха – 600 л/мин. Подача рабочей жидкости от насоса к исполнительным

устройствам и слив рабочей жидкости осуществляется с помощью гибких рукавов.

На рисунке 2 представлена схема гидравлического аварийно-спасательного инструмента с применением пневмогидравлического насоса и баллона со сжатым воздухом [2].



1 – баллон со сжатым воздухом, 2 – пневмогидравлический насос, 3 – фильтр, 4 – перепускной клапан, 5 – резервуар рабочей жидкости, 6 – четырехлинейный трехпозиционный гидрораспределитель, 7 – гидроцилиндр двойного действия, 8 – рычаги привода рабочего органа, 9 – напорная магистраль

Рисунок 2. Принципиальная схема гидравлического аварийно-спасательного инструмента с пневмогидравлическим насосом

Оценку эффективности такого решения проводили экспериментально, в

несколько этапов. Перед каждым этапом давление в баллоне доводили до 300 атм.

Первым этапом оценивали время приведения инструмента в рабочее положение. Четыре вида инструмента – разжим-кусачки гидравлические РКГ 63, домкрат гидравлический одноштоковый ДГ 63-320-12, перекусыватель решёток и педалей автомобилей ПРГ 63-1 и перекусыватель дверных петель ПрДГ 63, по-

следовательно присоединяли к ручному гидравлическому насосу НРС-2/80, гидростанцию с бензоприводом СГС-1-80 и пневмогидравлическому насосу ЖТС 8Р120. Затем выполняли операцию и оценивали затрачиваемое время. В таблице 1 и на рисунке 3 представлены результаты первого этапа эксперимента.

Таблица 1  
Время приведения инструмента в рабочее положение

Применяемый инструмент	Время работы, с		
	Насос ручной НРС-2/80	Гидростанция СГС-1-80	Гидравлический насос ЖТС 8Р120
Разжим-кусачки гидравлические РКГ 63	38	13	14
Домкрат гидравлический ДГ 63-320-12	40	15	15
Перекусыватель решёток и педалей ПРГ 63-1	16	5	5
Перекусыватель дверных петель ПрДГ 63	19	7	7

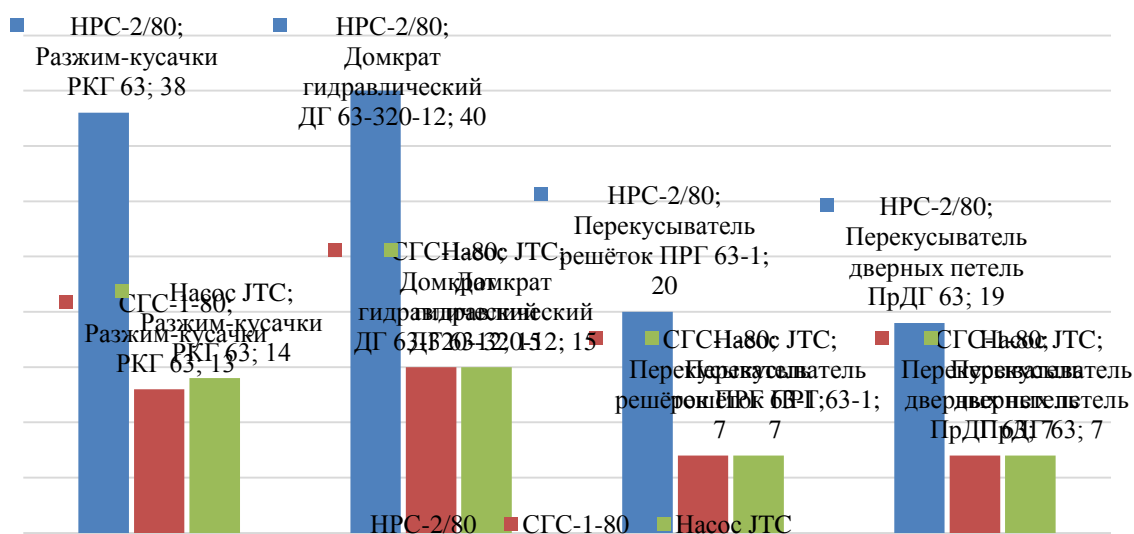


Рисунок 3. Результаты первого этапа эксперимента

Анализируя полученные данные пришли к выводу, что пневмогидравлический насос ЖТС 8Р120 имеет производительность, сравнимую с производительностью гидростанции СГС-1-80 и достаточную для работы выбранного инструмента. Производительность ручного насоса НРС-2/80 невелика и зависит от частоты опускания рукояти, то есть от физических возможностей оператора.

На втором этапе эксперимента оценивали работу насосов под нагрузкой при перекусывании стальной арматуры диаметром 18 мм. Для этого использовали разжим-кусачки гидравлические РКГ 63 и перекусыватель решеток и педалей автомобиля ПРГ 63-1 с применением насосов НРС-2/80, СГС-1-80 и пневмогидравлического насоса ЖТС.

На рисунке 4 представлен процесс перекусывания арматуры разжим-

кусачками РКГ-63 с ручным насосом НРС-2/80.



Рисунок 4. Процесс перекусывания арматуры

Время выполнения определяли в зависимости от транспортного состояния рабочего органа до перекушенного состояния арматуры. Рабочие органы под-

ключены к рукавам высокого давления и насосы находятся в рабочем положении. В таблице 2 и на рисунке 5 представлены результаты второго этапа эксперимента.

Таблица 2  
Время перекусывания арматуры

Применяемый инструмент	Время работы, с		
	Насос ручной НРС-2/80	Гидростанция СГС-1-80	Гидравлический насос JTC 8P120
Разжим-кусачки гидравлические РКГ 63	32	10	10
Перекусыватель решёток и педалей ПРГ 63-1	18	6	6

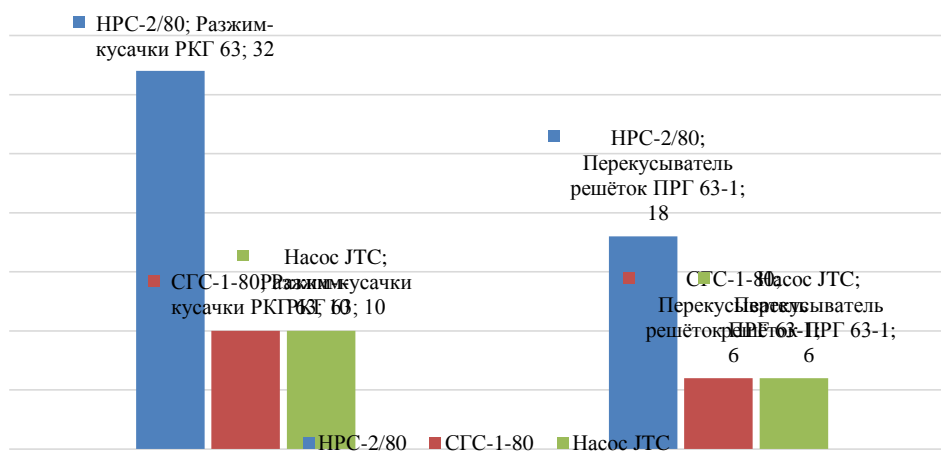


Рисунок 5. Результаты второго этапа эксперимента

Изучение полученных результатов позволяет сделать вывод, что пневмогидравлический насос JTC 8P120 имеет достаточные значения производительности и создаваемого давления для обеспечения выполнения функций гидравлического аварийно-спасательного инструмента.

Также стоит отметить, что при использовании гидравлического инструмента с небольшим объемом рабочей камеры выполнение операции происходит заметно быстрее. Поэтому перекусыватели решеток ПРГ 63-1 и дверных петель ПрДГ 63 показали наименьшее время на первом и втором этапе эксперимента.

Для привода пневмогидравлического насоса предполагается использовать баллон дыхательного аппарата, ко-

торый имеет ограниченную емкость. Поэтому было решено на третьем этапе эксперимента проверить максимальное время работы гидравлического инструмента и количество выполняемых операций от одного баллона со сжатым воздухом при перекусывании арматуры диаметром 18 мм.

В эксперименте использовали разжим-кусачки гидравлические РКГ 63 в паре с ручным насосом НРС-2/80 и пневмогидравлическим насосом JTC. Гидравлическую станцию СГС-1-80 не применяли, так как время ее работы ограничено запасом топлива. В таблице 3 и на рисунке 6 представлены результаты третьего этапа эксперимента.

Таблица 3  
Производительность работы

Применяемый инструмент	Время работы, с / Количество резов арматуры	
	Насос ручной НРС-2/80	Гидравлический насос JTC 8P120
Разжим-кусачки гидравлические РКГ 63	97 / 3	180 / 18

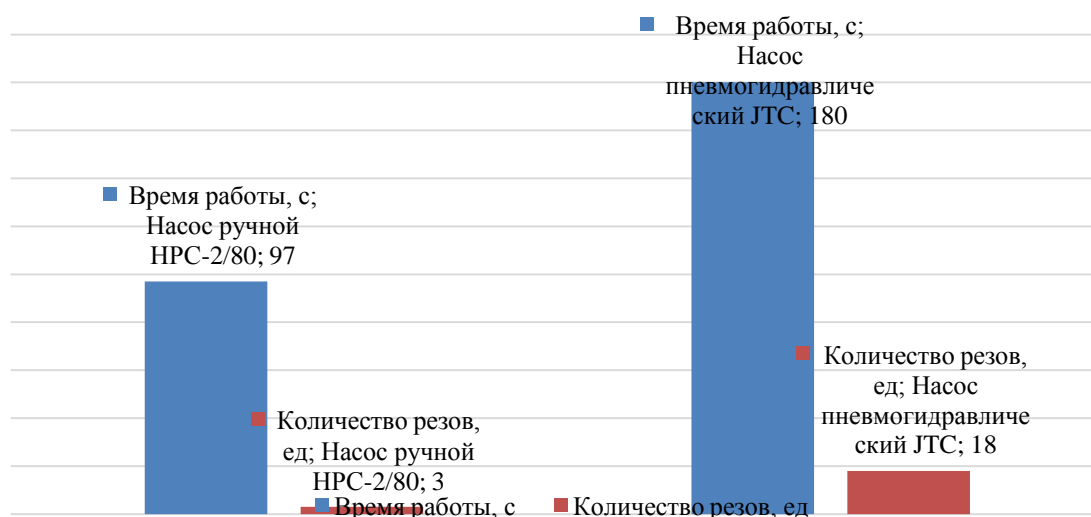


Рисунок 6. Результаты третьего этапа эксперимента

Производительность и время работы разжим-кусачек РКГ 63 в паре с ручным насосом НРС-2/80 зависят от физических возможностей оператора ручного насоса. При проведении третьего этапа эксперимента оператор работал с насосом

в постоянном темпе 97 секунд. За это время было сделано три перекусывания арматуры.

Время работы разжим-кусачек РКГ 63 в паре с пневмогидравлическим насосом JTC 8P120 зависит от количества

воздуха в баллоне и создаваемого им давления. При заряженном до 300 атмосфер баллоне инструмент работал без перерыва 180 секунд и за это время сделано 18 резов арматуры. Стоит отметить, что для работы разжим-кусачек РКГ 63 в паре с пневмогидравлическим насосом достаточно одного человека, то есть подобный комплект можно назвать достаточно мобильным.

На рисунке 7 представлены разжим-кусачки гидравлические РКГ 63 с

приводом от пневмогидравлического насоса JTC 8P120. Применение подобного привода позволит проводить деблокирование пострадавших при ДТП несколькими инструментами: один или два инструмента с приводом от гидравлической насосной станции и один с приводом от пневмогидравлического насоса. В результате повышаются оперативность действий и шансы на спасение пострадавших.



Рисунок 7. Гидравлический инструмент с пневмогидравлическим насосом

Стоимость подобного пневмогидравлического насоса составляет 25-30 тысяч рублей, что в несколько раз дешевле гидравлической насосной станции. Поэтому его включение в комплект гидравлического аварийно-спасательного инструмента, особенно при минимальном составе оборудования, позволит значительно повысить эффективность действий подразделения.

Таким образом, по результатам трех этапов эксперимента, можно сделать вывод, что применение пневмогидравлических насосов для привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента обосновано, так как они позволяют обеспечить необходимую производительность и давление рабочей жидкости для эффективной работы инструмента.

#### Литература

1. Приказ МЧС России от 25.07.2006 № 425 «Об утверждении норм табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных и специальных пожарных автомобилей, изготавливаемых с 2006 г.»
2. Крудышев В.В., Стахеев М.В., Лазарев И.С. Гидравлический аварийно-спасательный инструмент. Устройство и эксплуатация. Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2016.
3. Официальный сайт фирмы «JTC». URL: <http://www.jtcrussia.ru/tools/JTC-733936/>.
4. Тодосейчук С.П., Пармонов В.В. Сравнительная оценка эффективности гидравлического инструмента для проведения аварийно-спасательных работ // Технологии гражданской безопасности. 2006. №1. С.78-79.



5. Тукташев А.В., Клевакин А.А., Крудышев В.В. Исследование параметров эксплуатации гидравлического аварийно-спасательного инструмента // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: материалы научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (29 ноября 2012) в 2-х ч. Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2012. Ч.1. С. 94-99.

#### References

1. Приказ МЧС России от 25.07.2006 № 425 «Об утверждении норм табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных и специальных пожарных автомобилей, изготавливаемых с 2006 г.»

2. Гидравлический аварийно-спасательный инструмент. Устройство и эксплуатация [Текст]: учебное пособие / В.В. Крудышев, М.В. Стаhev, И.С. Лазарев. – Екатеринбург: Уралский институт ГПС МЧС России, 2016.

3. Официальный сайт фирмы «JTC» [Электронный ресурс]: <http://www.jtcrussia.ru/tools/JTC-733936/>.

4. Тодосеичук С. П., Парамонов В. В. Сравнительная оценка эффективности гидравлического инструмента для проведения аварийно-спасательных работ // Технологии гражданской безопасности. 2006. №1. С.78-79.

5. Тукташев А.В., Клевакин А.А., Крудышев В.В. Исследование параметров эксплуатации гидравлического аварийно-спасательного инструмента // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности. Материалы научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (29 ноября 2012). В 2 частях. – Екатеринбург: Уралский институт ГПС МЧС России, 2012. Ч.1. С. 94-99.

**АНАЛИЗ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА НОВЫХ МОДЕЛЯХ ШАССИ КАМАЗ****TRACTION-SPEED CHARACTERISTICS ANALYSIS  
OF THE FIRE TRACKS OF THE NEW KAMAZ CHASSIS MODELS**

*Шадэ Е.Ф., Крудышев В.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
Зубарев И.А., кандидат педагогических наук,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Shade Ye. F., Krudyshev V.V., Zubarev I. A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе представлены данные расчета тягово-скоростных характеристик новых моделей шасси КамАЗ, влияющих на оперативность движения. Приведены расчетные значения внешней скоростной характеристики двигателей, тягово-скоростной характеристики шасси, динамической характеристики и ускорения автомобилей. Анализ указанных значений и их сравнение позволяют сделать вывод о наиболее подходящей модели базового шасси для создания пожарного автомобиля.

*Ключевые слова:* пожарные автомобили, шасси КамАЗ, внешняя скоростная характеристика, тягово-скоростная характеристика, динамический фактор.

It is represented the method of traction-speed characteristics calculation of the fire engine, affecting the movement efficiency. The calculated values of external speed characteristics of engines, traction-speed characteristics of the chassis, the dynamic characteristics and the acceleration of the car are brought in the article. Analysis of these values and their comparison will allow to draw a conclusion about the most appropriate model of fire engine and basic chassis for the given driving conditions.

*Keywords:* fire trucks, KAMAZ trucks, external performance, traction and speed characteristics, dynamic factor.

К современным пожарным автомобилям предъявляется ряд конструктивных и технических требований, в том числе по оперативности [1] и значениям удельной мощности [2]. Во внимание принимаются заявленные технические характеристики пожарного автомобиля. Однако при этом не учитываются параметры трансмиссии, которая очень существенно может влиять на реализацию мощностных характеристик базового шасси. Кроме того, разные модели и модификации автомобилей могут иметь отличаю-

щиеся параметры основных агрегатов и быть приспособленными для разных условий движения.

Ранее была описана методика расчета тягово-скоростных параметров пожарных автоцистерн [3]. По этой же методике было решено оценить характеристики новых моделей шасси КамАЗ 45501 D4 и КамАЗ 45502 45, а также пригодность к созданию пожарных автомобилей на их базе. В таблице 1 представлены технические характеристики описываемых базовых шасси [4].

*Таблица 1*

*Технические характеристики базовых шасси*

Базовое шасси	КамАЗ 45501 D4	КамАЗ 45502 45
Модель и тип двигателя	Дизельный Cummins ISB6.7 250 (Евро-4)	Дизельный КамАЗ 740.652- 260 (Евро-4)
Максимальная полезная мощность, кВт при частоте вращения коленчатого вала, об/мин	192,4 2300	191 1900
Максимальный полезный крутящий мо- мент, Н·м при частоте вращения коленчатого вала, об/мин	990 1500	1128 1300
Полная масса автомобиля, кг	11900	12700
Удельная мощность, кВт/т	16,1	15,0
Максимальная скорость, км/ч	100	100
Колесная формула	4x4	4x4
Внешний габаритный радиус поворота, м	10,2	11
Размер шин	395/80 R20	395/95 R20 425/85 R21
Габаритные размеры, м	6650x2500x3010	7570x2500x3080

Изучение технических характеристик базовых шасси позволяет сделать вывод, что параметры обеих автомобилей довольно близки, кроме значения крутящего момента. Для оп-

ределения показателей двигателей в рабочем диапазоне оборотов был выполнен расчет внешней скоростной характеристики. Результаты расчета приведены в таблице 2.

*Таблица 2  
Внешняя скоростная характеристика двигателей*

n, об/мин	Cummins ISB6.7 250		КамАЗ 740.652-260	
	N <sub>Е</sub> , кВт	M <sub>Е</sub> , Н·м	N <sub>Е</sub> , кВт	M <sub>Е</sub> , Н·м
500	34,13	651,82	43,48	830,46
800	62,82	749,97	79,91	953,88
1100	94,28	818,56	118,08	1025,13
1400	125,72	857,57	153,08	1044,19
1700	154,34	867,02	179,98	1011,09
2000	177,36	846,90	193,88	925,80
2300	192,00	797,22	189,86	788,34
2600	195,47	717,96	163,00	598,70

По данным расчета были построены графики зависимости мощности и крутящего момента от числа оборотов двигателей, представленные на рисунке 1.

Результаты расчета позволяют сделать вывод, что двигатель КамАЗ

740.652-260 обладает большими значениями мощности и крутящего момента в рабочем диапазоне оборотов, следовательно, он способен быстрее ускоряться и поддерживать скоростной режим при заданной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

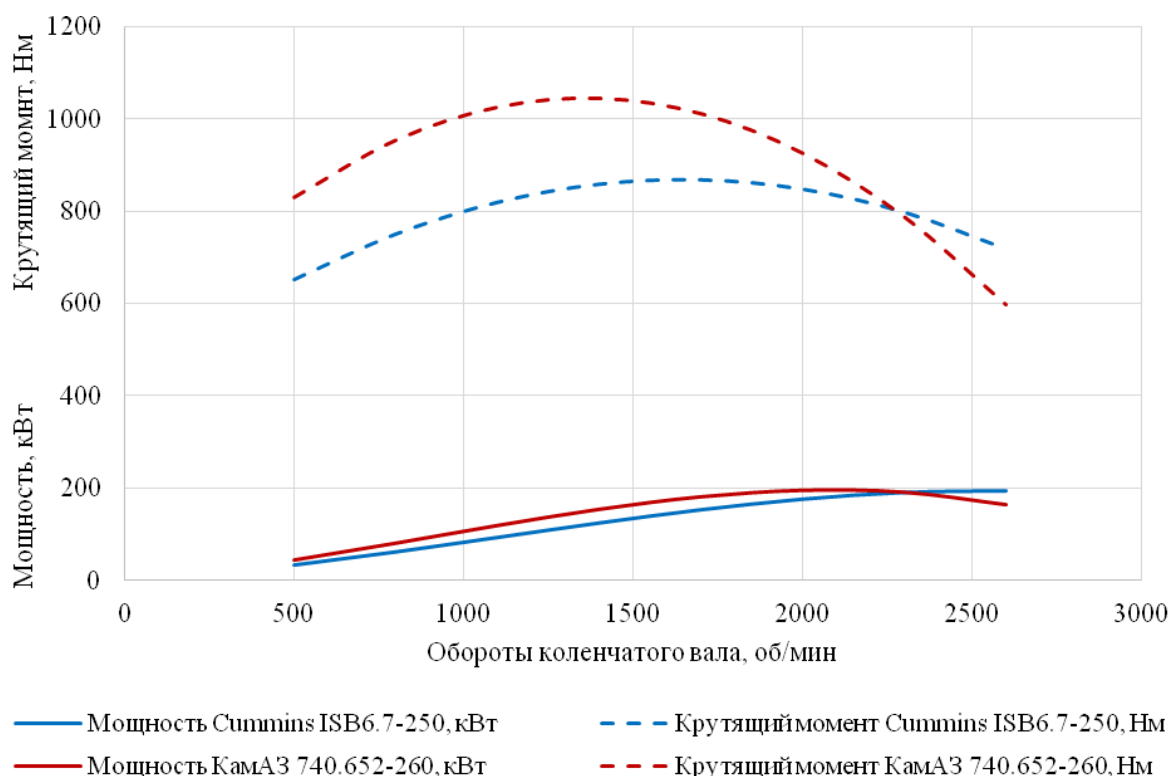


Рисунок 1. Внешняя скоростная характеристика двигателей

Для расчета тягово-скоростной характеристики выбранных автомобилей необходимо изучить устройство трансмиссии и определить передаточные числа ее агрегатов [5, 6]. Оба автомобиля полноприводные, имеют колесную формулу 4\*4. На обе модели

шасси устанавливается коробка переключения передач ZF 9S1310. Передаточные числа главной передачи у автомобилей тоже одинаковые. Данные трансмиссии представлены в таблице 3 [4].

Таблица 3  
 Параметры передаточных чисел трансмиссии

Число передач	Передаточные числа на передачах, $i_{КП}$	Передаточное число главной передачи, $i_{Г}$	Общее передаточное число трансмиссии $i_{ТР}$
КамАЗ 45501 D4 и КамАЗ 45502 45			
1	9,48	6,7	56,31
2	6,58		39,09
3	4,68		27,8
4	3,48		20,67
5	2,62		15,56
6	1,89		11,23
7	1,35		8,019
8	1		5,94
9	0,75		4,455

С учетом значений передаточных чисел трансмиссии были рассчитаны тяговые усилия на колесах и скорость движения автомобилей в задан-

ном диапазоне оборотов на каждой передаче. Результат расчета приведен в таблице 4.

Таблица 4  
Параметры тяговых характеристик автомобилей

Марка шасси	Передача	Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, об*мин							
			500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600
КамАЗ 45501 D4	1	$F_{k1}$ (Н)	58496,3	67304,8	73459,8	76961,3	77809,3	76003,8	71544,7	64432,2
		$V_A$ (М*С)	0,5	0,8	1,1	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
	2	$F_{k2}$ (Н)	40601,9	46715,8	50987,9	53418,3	54006,9	52753,7	49658,7	44721,9
		$V_A$ (М*С)	0,8	1,2	1,7	2,1	2,6	3,0	3,5	3,9
	3	$F_{k3}$ (Н)	28877,9	33226,4	36265,0	37993,6	38412,2	37520,9	35319,6	31808,3
		$V_A$ (М*С)	1,1	1,7	2,3	3,0	3,6	4,2	4,9	5,5
	4	$F_{k4}$ (Н)	21473,3	24706,8	26966,3	28251,6	28562,9	27900,1	26263,3	23652,3
		$V_A$ (М*С)	1,4	2,3	3,1	4,0	4,8	5,7	6,5	7,4
	5	$F_{k5}$ (Н)	16166,7	18601,1	20302,2	21269,9	21504,3	21005,3	19772,9	17807,2
		$V_A$ (М*С)	1,9	3,0	4,2	5,3	6,4	7,6	8,7	9,8
	6	$F_{k6}$ (Н)	11662,2	13418,4	14645,5	15343,6	15512,6	15152,7	14263,7	12845,7
		$V_A$ (М*С)	2,6	4,2	5,8	7,3	8,9	10,5	12,0	13,6
	7	$F_{k7}$ (Н)	8330,2	9584,5	10461,1	10959,7	11080,4	10823,3	10188,3	9175,5
		$V_A$ (М*С)	3,7	5,9	8,1	10,3	12,5	14,7	16,9	19,1
	8	$F_{k8}$ (Н)	6170,5	7099,7	7748,9	8118,3	8207,7	8017,3	7546,9	6796,6
		$V_A$ (М*С)	4,9	7,9	10,9	13,9	16,8	19,8	22,8	25,7
	9	$F_{k9}$ (Н)	4627,9	5324,7	5811,7	6088,7	6155,8	6013,0	5660,2	5097,5
		$V_A$ (М*С)	6,6	10,6	14,5	18,5	22,4	26,4	30,4	34,3
КамАЗ 45502 45	1	$F_{k1}$ (Н)	68305,4	78456,8	84316,6	85884,9	83161,7	76147,0	64840,7	49243,0
		$V_A$ (М*С)	0,6	0,9	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	3,0
	2	$F_{k2}$ (Н)	47410,3	54456,3	58523,5	59612,1	57721,9	52853,1	45005,5	34179,2
		$V_A$ (М*С)	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3
	3	$F_{k3}$ (Н)	33720,4	38731,8	41624,6	42398,9	41054,5	37591,5	32010,0	24309,8
		$V_A$ (М*С)	1,2	1,8	2,5	3,2	3,9	4,6	5,3	6,0
	4	$F_{k4}$ (Н)	25074,1	28800,6	30951,7	31527,4	30527,7	27952,7	23802,3	18076,5
		$V_A$ (М*С)	1,6	2,5	3,4	4,3	5,3	6,2	7,1	8,1
	5	$F_{k5}$ (Н)	18877,7	21683,2	23302,7	23736,1	22983,5	21044,8	17920,1	13609,4
		$V_A$ (М*С)	2,1	3,3	4,5	5,8	7,0	8,2	9,5	10,7
	6	$F_{k6}$ (Н)	13617,9	15641,7	16809,9	17122,6	16579,7	15181,2	12927,1	9817,4

	$V_A$ (М*С)	2,9	4,6	6,3	8,0	9,7	11,4	13,1	14,9
7	$F_{k7}$ (Н)	9727,0	11172,6	12007,1	12230,4	11842,6	10843,7	9233,6	7012,5
	$V_A$ (М*С)	4,0	6,4	8,8	11,2	13,6	16,0	18,4	20,8
8	$F_{k8}$ (Н)	7205,2	8276,0	8894,2	9059,6	8772,3	8032,4	6839,7	5194,4
	$V_A$ (М*С)	5,4	8,6	11,9	15,1	18,4	21,6	24,8	28,1
9	$F_{k9}$ (Н)	5403,9	6207,0	6670,6	6794,7	6579,2	6024,3	5129,8	3895,8
	$V_A$ (М*С)	7,2	11,5	15,8	20,2	24,5	28,8	33,1	37,4

По расчетным данным таблицы 4 для каждого автомобиля и передачи были построены зависимости тягового усилия на колесе от скорости движе-

ния автомобиля, приведенные на рисунке 2.

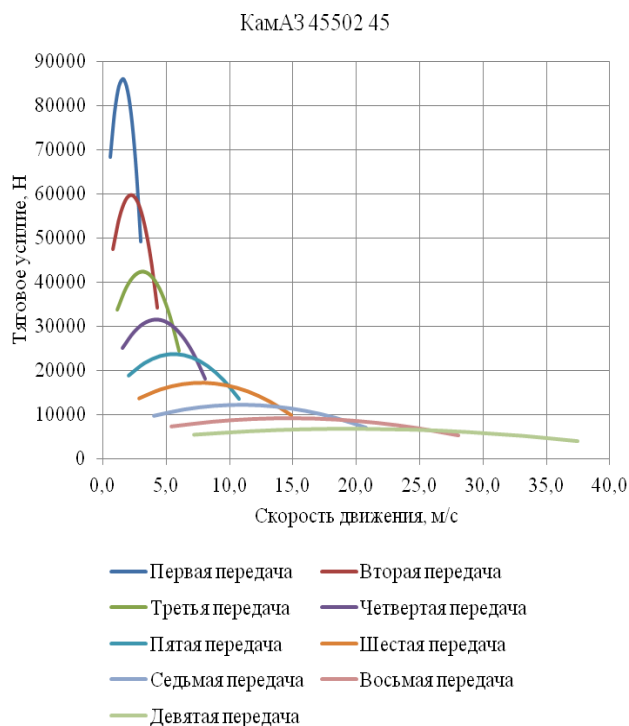
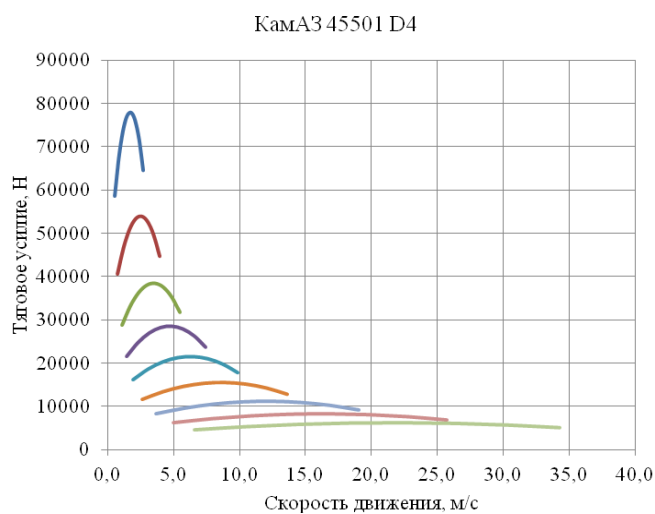


Рисунок 2. Тяговые характеристики автомобилей

Анализ графиков на рисунке 2 позволяет сделать вывод, что автомобиль

КамАЗ 45502 45, за счет более высокого крутящего момента двигателя, имеет лучшие тяговые характеристики. Скоростные характеристики КамАЗ 45502 45 отличаются в большую сторону, особенно это заметно на высших передачах. Следовательно, этот автомобиль будет иметь преимущество при движении в сложных дорожных условиях, где необходимо высокое значение тяги для преодоления возникающих сил сопротивления дороги.

Для построения динамической характеристики выбранных автомобилей был рассчитан динамический фактор, предложенный академиком Е.А. Чудаковым для сравнительной оценки динамических свойств автомобилей с различными техническими характеристиками. Динамический фактор учитывает скорость движения автомобиля, коэффициент обтекаемости автомобиля, площадь лобового сопротивления, силу сопротивления воздуха, силу тяги на колесах и ско-

рость движения. Последние два параметра были рассчитаны ранее и приведены в таблице 4. В таблице 5 приведены расчетные значения динамического фактора для каждой передачи исследуемых автомобилей в заданном диапазоне оборотов.

Используя расчетные данные таблицы 5, были построены графики динамической характеристики выбранных автомобилей, представленные на рисунке 3.

Поскольку габаритная высота автомобилей различается незначительно, то сила сопротивления воздуха также имеет небольшие различия. Габаритная высота автомобиля КамАЗ 45502 45 больше, что влияет на увеличение лобовой площади сопротивления и на увеличение силы сопротивления воздуха. Но за счет большего крутящего момента двигателя автомобиль имеет запас тяги, что характеризуется большим значением динамического фактора по сравнению с КамАЗ 45501 D4 и позволяет преодолевать возникающие сопротивления воздуха.

Таблица 5  
Параметры динамических характеристик автомобилей

Марка шасси	Передача	Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин							
			500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КамАЗ 45501 D4	1	F <sub>B</sub>	1,07	2,74	5,18	8,40	12,38	17,14	22,67	28,97
		D	0,44	0,50	0,55	0,58	0,58	0,57	0,54	0,48
	2	F <sub>B</sub>	2,22	5,69	10,76	17,43	25,71	35,58	47,05	60,13
		D	0,30	0,35	0,38	0,40	0,40	0,39	0,37	0,33
	3	F <sub>B</sub>	4,40	11,25	21,27	34,46	50,81	70,33	93,01	118,86
		D	0,22	0,25	0,27	0,28	0,29	0,28	0,26	0,24
	4	F <sub>B</sub>	7,95	20,35	38,48	62,33	91,90	127,20	168,22	214,96
		D	0,16	0,18	0,20	0,21	0,21	0,21	0,20	0,18
	5	F <sub>B</sub>	14,03	35,90	67,88	109,96	162,13	224,40	296,78	379,24
		D	0,12	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,13
	6	F <sub>B</sub>	26,95	69,00	130,45	211,30	311,56	431,23	570,30	728,78
		D	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09
	7	F <sub>B</sub>	52,83	135,23	255,68	414,15	610,67	845,21	1117,80	1428,41

		D	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06
	8	F <sub>B</sub>	96,28	246,46	465,97	754,80	1112,94	1540,40	2037,18	2603,28
		D	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03
	9	F <sub>B</sub>	171,16	438,16	828,39	1341,86	1978,56	2738,49	3621,66	4628,05
		D	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КамАЗ 45502 45	1	F <sub>B</sub>	1,30	3,34	6,31	10,23	15,08	20,87	27,60	35,27
		D	0,56	0,64	0,69	0,70	0,68	0,62	0,53	0,40
	2	F <sub>B</sub>	2,71	6,93	13,11	21,23	31,30	43,32	57,30	73,22
		D	0,39	0,44	0,48	0,49	0,47	0,43	0,37	0,28
	3	F <sub>B</sub>	5,35	13,70	25,91	41,96	61,88	85,64	113,26	144,73
		D	0,28	0,32	0,34	0,35	0,33	0,31	0,26	0,20
	4	F <sub>B</sub>	9,68	24,78	46,85	75,89	111,91	154,89	204,84	261,76
		D	0,20	0,24	0,25	0,26	0,25	0,23	0,19	0,15
	5	F <sub>B</sub>	17,08	43,72	82,66	133,90	197,43	273,26	361,38	461,80
		D	0,15	0,18	0,19	0,19	0,19	0,17	0,14	0,11
	6	F <sub>B</sub>	32,82	84,02	158,85	257,30	379,39	525,11	694,46	887,44
		D	0,11	0,13	0,14	0,14	0,13	0,12	0,10	0,07
	7	F <sub>B</sub>	64,33	164,67	311,34	504,32	743,61	1029,22	1361,14	1739,38
		D	0,08	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,06	0,04
	8	F <sub>B</sub>	117,23	300,12	567,41	919,12	1355,23	1875,75	2480,67	3170,01
		D	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,02
	9	F <sub>B</sub>	208,42	533,55	1008,73	1633,98	2409,29	3334,66	4410,09	5635,58
		D	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,00	-0,02



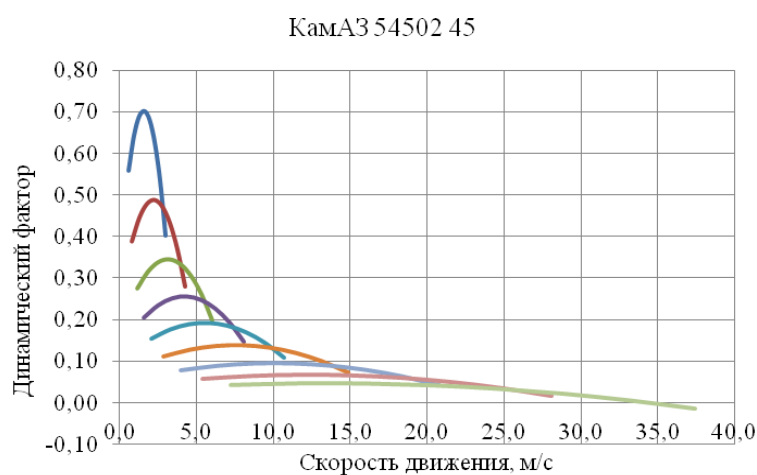
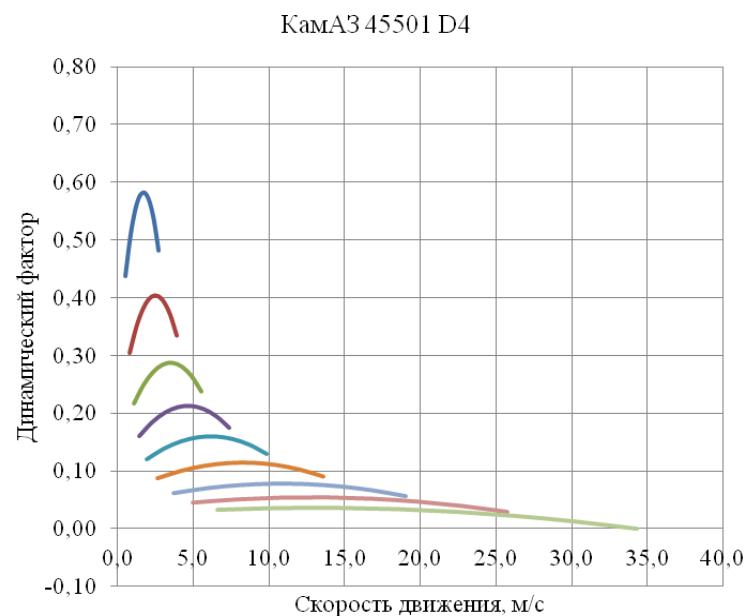
Значения динамического фактора позволяют судить о запасе тягового усилия на колесах и приемистости автомобиля: чем выше значения динамического фактора, тем выше приемистость автомобиля и его ускорение во всем диапазоне оборотов. В условиях городского трафика пожарный автомобиль движется с постоянным ускорением после торможений и маневрирования, поэтому ускорение является еще одной характеристикой, оказывающей серьезное влияние на оперативность пожарных автомобилей.

Ускорение автомобиля на каждой передаче зависит от величины динамического фактора, коэффициента сопротивления дороги, коэффициента вращающихся масс и передаточного числа коробки переключения передач. Расчетные значения ускорений автоцистерн на разных передачах в выбранном диапазоне оборотов приведены в таблице 6. На рисунке 4 представлены графики зависимости ускорений от скорости движения автомобилей.

Сравнение расчетных характеристик ускорения на разных передачах позволяет сделать вывод, что автомобиль КамАЗ 45502 45 имеет большие значения ускорений на каждой передаче и является более оперативным.

Поскольку двигатель пожарного автомобиля эксплуатируется в более сложных условиях, в транспортном и стационарном режиме, то и выходит из строя он быстрее. Поэтому ремонт двигателя отечественного производства потребует меньших затрат, чем импортного.

С учетом значений динамического фактора, тягового усилия на колесах и внешней скоростной характеристики двигателя можно предположить, что из сравниваемых базовых шасси КамАЗ 45502 45 наиболее подходит для создания на его базе пожарного автомобиля, так как является наиболее оперативным в условиях плотного городского уличного движения и наиболее проходимым на бездорожье вследствие высоких значений тягового усилия.



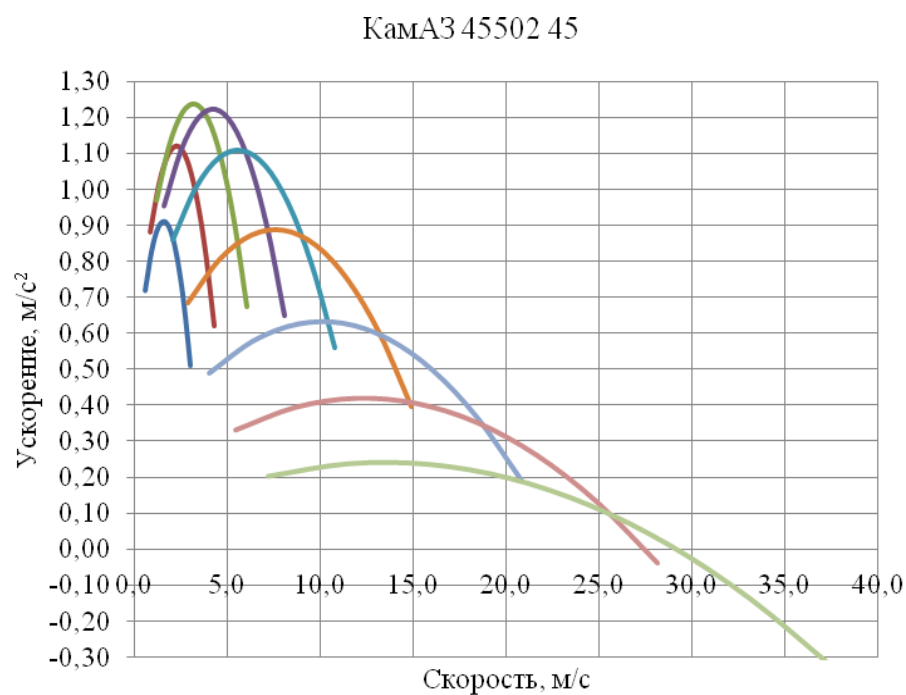
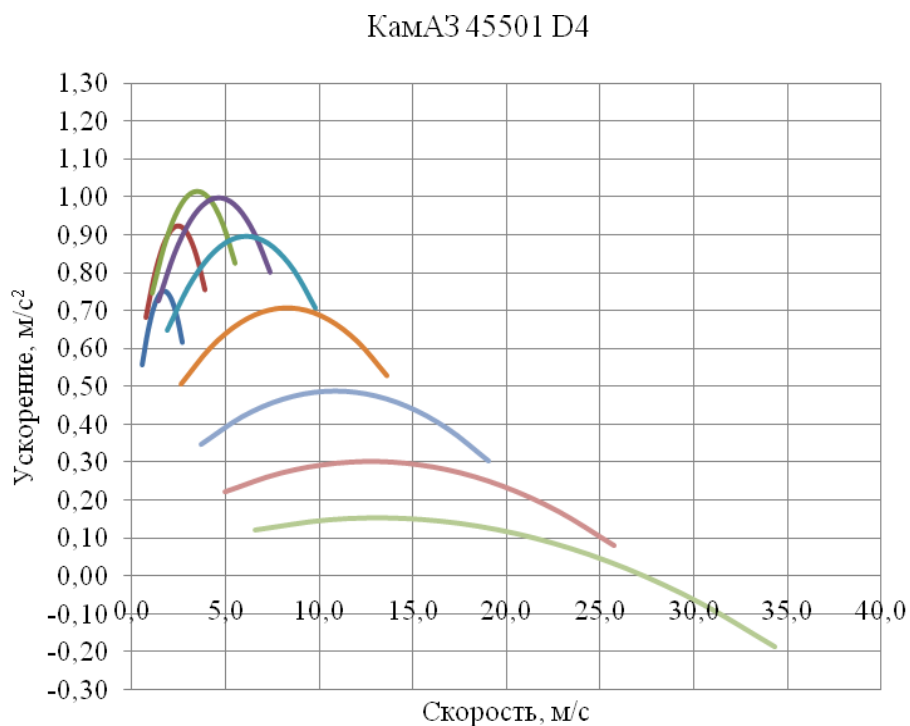
- Первая передача
- Вторая передача
- Третья передача
- Четвертая передача
- Пятая передача
- Шестая передача
- Седьмая передача
- Восьмая передача
- Девятая передача

Рисунок 3. Динамические характеристики автомобилей

Таблица 6  
Ускорение автомобилей на разных передачах

Марка шасси	Передача	Пара-метр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин							
			500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600
КамАЗ 45501 D4	1	$V_A$ (м/с)	0,5	0,8	1,1	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
		$J_{A1}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,56	0,65	0,71	0,74	0,75	0,73	0,69	0,62
	2	$V_A$ (м/с)	0,8	1,2	1,7	2,1	2,6	3,0	3,5	3,9
		$J_{A2}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,68	0,79	0,87	0,91	0,92	0,90	0,84	0,76
	3	$V_A$ (м/с)	1,1	1,7	2,3	3,0	3,6	4,2	4,9	5,5
		$J_{A3}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,75	0,87	0,95	1,00	1,01	0,99	0,93	0,82

КамАЗ 45502 45	4	$V_A$ (м/с)	1,4	2,3	3,1	4,0	4,8	5,7	6,5	7,4
		$J_{A4}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,73	0,85	0,94	0,99	1,00	0,97	0,90	0,80
	5	$V_A$ (м/с)	1,9	3,0	4,2	5,3	6,4	7,6	8,7	9,8
		$J_{A5}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,65	0,76	0,84	0,89	0,89	0,87	0,80	0,71
	6	$V_A$ (м/с)	2,6	4,2	5,8	7,3	8,9	10,5	12,0	13,6
		$J_{A6}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,51	0,60	0,67	0,70	0,71	0,68	0,62	0,53
	7	$V_A$ (м/с)	3,7	5,9	8,1	10,3	12,5	14,7	16,9	19,1
		$J_{A7}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,35	0,42	0,47	0,49	0,48	0,45	0,39	0,30
	8	$V_A$ (м/с)	4,9	7,9	10,9	13,9	16,8	19,8	22,8	25,7
		$J_{A8}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,22	0,27	0,30	0,30	0,28	0,24	0,17	0,08
	9	$V_A$ (м/с)	6,6	10,6	14,5	18,5	22,4	26,4	30,4	34,3
		$J_{A9}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,12	0,15	0,15	0,13	0,09	0,02	-0,07	-0,19
	1	$V_A$ (м/с)	0,6	0,9	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	3,0
		$J_{A1}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,72	0,83	0,89	0,91	0,88	0,80	0,68	0,51
	2	$V_A$ (м/с)	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3
		$J_{A2}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,88	1,02	1,10	1,12	1,08	0,99	0,83	0,62
	3	$V_A$ (м/с)	1,2	1,8	2,5	3,2	3,9	4,6	5,3	6,0
		$J_{A3}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,97	1,13	1,21	1,24	1,20	1,09	0,91	0,67
4	$V_A$ (м/с)	1,6	2,5	3,4	4,3	5,3	6,2	7,1	8,1	
	$J_{A4}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,95	1,11	1,20	1,22	1,18	1,07	0,89	0,65	
5	$V_A$ (м/с)	2,1	3,3	4,5	5,8	7,0	8,2	9,5	10,7	
	$J_{A5}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,86	1,00	1,09	1,11	1,06	0,96	0,79	0,56	
6	$V_A$ (м/с)	2,9	4,6	6,3	8,0	9,7	11,4	13,1	14,9	
	$J_{A6}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,69	0,81	0,87	0,89	0,85	0,75	0,60	0,40	
7	$V_A$ (м/с)	4,0	6,4	8,8	11,2	13,6	16,0	18,4	20,8	
	$J_{A7}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,49	0,58	0,63	0,63	0,59	0,50	0,37	0,19	
8	$V_A$ (м/с)	5,4	8,6	11,9	15,1	18,4	21,6	24,8	28,1	
	$J_{A8}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,33	0,39	0,42	0,41	0,35	0,26	0,13	-0,04	
9	$V_A$ (м/с)	7,2	11,5	15,8	20,2	24,5	28,8	33,1	37,4	
	$J_{A9}$ (м/с <sup>2</sup> )	0,20	0,24	0,24	0,20	0,12	0,01	-0,14	-0,32	



- Первая передача
- Вторая передача
- Третья передача
- Четвертая передача
- Пятая передача
- Шестая передача
- Седьмая передача
- Восьмая передача
- Девятая передача

Рисунок 4. Ускорение автомобилей на разных передачах

**Литература**

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (действующая редакция) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Гл. 17. Ст. 76. С. 60.
2. ГОСТ Р 53328-2009 «Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний». М.: Стандартинформ, 2009. С. 7.
3. Крудышев В.В., Балаба С.В., Хабибуллина Н.В., Лазарев И.С. Сравнительный анализ тягово-скоростных характеристик пожарных автоцистерн тяжелого класса // Техносферная безопасность. 2016. № 04 (13). С.17-27.
4. Автомобили и шасси КАМАЗ. ПАО КАМАЗ, 2015. 140 с.
5. Вахламов В.К. Автомобили: эксплуатационные свойства: ученик. М.: Академия, 2012. 240 с.
6. Пожарная техника / М.Д. Безбородько и др.; под ред. М.Д. Безбородько. М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. 580 с.

**References**

1. Federalnyy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ (dey-stvuyushchaya redaktsiya) «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti». Gl. 17. St. 76. S. 60.
2. GOST R 53328-2009 «Tekhnika pozharnaya. Osnovnyye pozharnyye avtomobili. Obshchiye tekhnicheskkiye trebovaniya. Metody ispytaniy». M.: Standartinform. 2009. S. 7.
3. Krudyshev V.V., Balaba S.V., Khabibullina N.V., Lazarev I.S. Sravnitelnyy analiz tyagovo-skorostnykh kharakteristik pozharnykh avtotsistern tyazhelogo klassa // Te-khnosfernaya bezopasnost. 2016. № 04 (13). S.17-27.
4. Avtomobili i shassi KAMAZ. PAO KAMAZ. 2015. 140 s.
5. Vakhlamov V.K. Avtomobili: ekspluatatsionnyye svoystva: uchenik. M.: Akade-miya. 2012. 240 s.
6. Pozharnaya tekhnika / M.D. Bezborodko i dr.; pod red. M.D. Bezborodko. M. : Akademiya GPS MChS Rossii. 2015. 580 s.

УДК 614.8.084: 62-521

evkalach@gmail.com

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ**

**THE PROSPECTS OF ROBOTIC COMPLEXES USE FOR AUTOMOBILE  
GAS-FILLING STATIONS FIRE EXTINGUISHING**

*Сотников Д.И.,  
Калач Е.В., кандидат технических наук, доцент,  
Воронежский институт – филиал Ивановской  
пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, Воронеж*

*Sotnikov D.I., Kalach E.V.,  
The Voronezh Institute – the affiliate of Ivanovo  
Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service  
of EMERCOM of Russia, Voronezh*

По результатам анализа статистических данных по пожарам и авариям, происходивших на автомобильных газозаправочных станциях, выявлены особенности их тушения. Для обеспечения пожаротушения в условиях возникающих угроз сделано предположение о применимости мобильной робототехнической системы пожаротушения. Проведены оценка и обоснование тактико-технических характеристик, и описаны особенности применения в пожаротушении существующих систем робототехники. Сформулированы технические требования, на основании которых может быть сконструирован опытный образец мобильной роботизированной установки пожаротушения, предназначенной для автомобильных газозаправочных станций.

*Ключевые слова:* робототехнические комплексы, пожар, авария, газозаправочные станции, пожаротушение.

By results of the analysis of statistical data on the fires and accidents happening on automobile gas-filling stations features of their suppression revealed. For ensuring fire extinguishing in the conditions of the arising threats the assumption of applicability of the mobile robotic fire extinguishing system is made. The assessment and justification of tactical technical characteristics and feature of application in fire extinguishing of the existing systems of robotics carried out. Technical requirements based on which the prototype of the mobile robotic installation of fire extinguishing intended for automobile gas-filling stations can designed formulated.

*Keywords:* robotic complexes, fire, accident, gas-filling stations, fire extinguishing.

Топливо-энергетический комплекс играет ключевую роль для России: служит важной частью экономической безопасности страны; формирует почти четверть валового внутреннего продукта; вносит значительный вклад в установление и развитие внешнеторговых взаимоотношений РФ с другими странами (более 45% производимых в стране первич-

ных энергоресурсов идет на экспорт), а также в развитие международных энергетических рынков; от экспорта энергоресурсов страна обеспечивает большую часть валютных поступлений.

Развитие энергетического, промышленного и экономического потенциала России зависит от увеличения добычи и переработки газа, нефти и газовой

го конденсата. Газовая отрасль России представляет собой совокупность предприятий, организаций, производственных и иных комплексов, которые технологически, организационно и экономически взаимосвязаны между собой, охватывают систему процессов, включая разведку месторождений (геолого-разведочные работы на суше и морском шельфе), их эксплуатацию, переработку и хранение природного газа, производство искусственного газа, а также транспортировку газа по газопроводам и использование его в различных отраслях экономики.

Надежность эксплуатации газотранспортных систем выдвигает определенные требования к процессам подготовки газов к транспорту. Основное из них: установление точек росы газа по воде и углеводородам, обеспечивающих бесперебойную работу газотранспортных систем с высокими технико-экономическими показателями.

По состоянию на 01.01.2018, добычу природного и попутного нефтяного газа (далее – ПНГ) на территории страны осуществляют 254 добывающих предприятия, в том числе 85 входящих в состав вертикально-интегрированных нефтяных холдингов (ВИНК); 15 дочерних компаний в составе Газпром; 7 структурных подразделений НОВАТЭК; 144 независимых нефтегазодобывающих компании; 3 предприятия, работающие на условиях соглашений о разделе продукции (операторы СРП) [1].

В 2017 г. суммарная добыча газа (природного и попутного нефтяного) в Российской Федерации увеличилась на 8,0 % (+50,9 млрд куб. м к 2016 г.) и достигла рекордного уровня за весь период существования российской газодобычи – более 650 млрд куб. метров [1].

В настоящее время в Российской Федерации эксплуатируются более 4 000 АГЗС [1, 2], количество которых постоянно увеличивается.

Основным недостатком АГЗС является их повышенная взрывопожароопасность, что связано с наличием

большого количества пропанобутановых смесей и их специфическими свойствами, а также определяется наличием оборудования, в котором обращаются СУГ. Подавляющее количество АГЗС характеризуется наличием наземных одностенных резервуаров или автоцистерн различной емкости с рабочим избыточным давлением 1,6 МПа.

По мере распространения и востребованности АГЗС строгое соблюдение норм пожарной безопасности подобных объектов выходит на новый профессиональный уровень. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности устанавливает основные требования пожарной безопасности к объектам защиты, в том числе к АГЗС [4]. Тем не менее, несмотря на соблюдение требований пожарной безопасности, в случае аварийных ситуаций, связанных с пожаром или взрывом, они представляют большую угрозу для жизни людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов.

В настоящее время одними из самых опасных видов аварий на объектах нефтегазовой отрасли являются аварии, связанные с возникновением пожаров.

Борьба с пожарами на нефтяных и газовых месторождениях, часто находящихся в труднодоступных регионах, требует привлечения огромных материально-технических ресурсов и может продолжаться длительное время. Пожары на открыто фонтанирующих газонефтяных скважинах являются одними из наиболее сложных видов промышленных аварий.

При этом особенность обстановки при пожаре на данных объектах можно характеризовать следующими параметрами:

- большой скоростью распространения горения в объеме фонтанирующей струи;
- значительной скоростью стабилизации теплофизических параметров;
- возможностью распространения пожара в пределах зоны загазованности и разлива нефти;

– возможностью изменения во времени характера фонтанирования, состава, вида струи и дебита;

– образованием группового фонтанирования на кустах скважин.

Основному этапу ликвидации горящих фонтанов предшествует этап подготовительных работ, в течение которого определяют:

- надежность защиты соседних сооружений;

- возможность эвакуации из опасной зоны ценного оборудования;

- состояние устья скважины и установленного на ней оборудования;

- характер фонтанирования;

- источники водоснабжения и наличие запасов воды [5].

Важным параметром фонтана, определяющим условия и способ тушения, является дебит скважины. Дебит скважины определяет штаб соответствующей организации добычи нефти или газа и выдает данные в штаб организации борьбы с фонтанами [6].

В процессе бурения скважины, при фонтанировании без возгорания, фонтаны могут быть ликвидированы механическим и гидравлическим способами. Первый способ заключается в закрытии потока механическими средствами (закрытие трубного пространства заранее установленным на устье скважины превентором или с помощью специальной аварийной планшайбы, имеющей задвижку и патрубки на резьбе, соответствующей резьбе насосно-компрессорных труб, спускаемых в данную скважину).

Второй – в задавливании скважины тяжелыми растворами (применяют глинистый раствор или соляной раствор, с помощью которого создается противодавление на продуктивный пласт).

При невозможности ликвидировать открытый фонтан указанными спо-

собами применяют взрыв в призабойной зоне в целях обрушения пород в фонтанирующей скважине или пробуривают наклонную скважину к стволу фонтанирующей скважины для отвода газа и нефти.

До настоящего времени тушение пожаров газонефтяных фонтанов может осуществляться следующим образом: мощными водяными струями; струями огнетушащих порошков, подаваемых в факел сжатым газом; газоводяными струями, создаваемыми авиационными турбореактивными двигателями; взрывом мощного сосредоточенного заряда взрывчатого вещества, подвешиваемого вблизи основного факела.

Методы различны, что обусловлено, с одной стороны, исключительной сложностью технической проблемы, многофакторностью и разнообразием конкретных ситуаций на таких пожарах, а с другой – ограниченной эффективностью каждого из этих способов.

Перспективным устройством для пожаротушения являются робототехнические комплексы [7].

При выборе робототехнической системы пожаротушения должны выполняться следующие условия – корпус робота должен быть выполнен из огнестойких и жаропрочных материалов; необходимо наличие устройства дождевания робота; вместительный резервуар для воды; резервуар для огнетушащих веществ; лафетный ствол для подачи огнетушащих веществ в зону возгорания; возможность индивидуального дистанционного управления ходовой частью робота, его лафетным стволом и подачей огнетушащих веществ к очагу возгорания.

В табл. 1 приведены характеристики наиболее распространенных в пожаротушении робототехнических комплексов.



Таблица 1  
Выполнение условий соответствия пожарного робота

№	Ель-4	Ель-10	МРУП	LUF 60	Пеликан
1	предназначен для работы в условиях высоких температур	предназначен для работы в условиях высоких температур	предназначен для работы в условиях высоких температур	предназначен для работы в условиях высоких температур	предназначен для работы в условиях высоких температур
2	есть	есть	нет	нет	дождевание колес
3	водные коммуникации	водные коммуникации	водные коммуникации	водные коммуникации	водные коммуникации
4	водопенные коммуникации, возможно переоснащение под порошковое тушение	водопенные коммуникации, запас водопенного огнетушащего вещества, возможно переоснащение под порошковое ту-	водопенные коммуникации	водопенные коммуникации	водопенные коммуникации
5	есть	есть	есть	есть	есть
6	есть	есть	есть	есть	есть

Анализ характеристик пожарных роботов позволил заключить, что модели МРУП и LUF 60 не имеют в своей комплектации устройства дождевания. В связи с этим, данные модели потребуют дополнительное переоснащения в случае экономической целесообразности. Кроме того, в качестве дополнительных и необходимых особенностей у робототехнического комплекса для пожаротушения следует выделить грузоподъемность в размере, позволяющие установить на корпус робота электромагнит определенной массы; наличие места удобного для закрепления данного электромагнита; возможность проезда пожарного робота по местности с неровным рельефом;

дальность подачи струи воды; дальность управления по радиоканалу связи; скорость передвижения; производительность пожарного насоса.

В табл. 2 приведено сопоставление существующих робототехнических комплексов дополнительным условиям.

Таким образом, установлено, что система «Пеликан» не может переносить грузы, следовательно, не выполняется условие по установке магнита, несмотря на наличие подходящего места.

Пожарные роботы МРУП и LUF60 не предназначены для работы по пересеченной местности и не имеют необходимого места для установки электромагнита.

Таблица 2

Дополнительные условия для пожарных роботов

Модель	Ель-4	Ель-10	МРУП	LUF 60	Пеликан
Грузоподъемность	500	1000	600	400 – 600	-
Место для закрепления электромагнита	есть	есть	нет	нет	есть
Возможность проезда по местности с неровным рельефом	есть	есть	нет	нет	есть
Дальность подачи струи воды	50	90	80	60	60
Дальность управления по радиоканалу связи	2000	1500	300	300	150
Скорость передвижения	5	5	8	6	5
Производительность пожарного насоса	4200	4000	2400	2400	1860

Сравнивая варианты пожарных роботов, подходящих под все условия, был сделан выбор в пользу ЕЛЬ-10 на следующих основаниях:

наибольшая грузоподъемность и дальность подачи струи воды в сравнении с вышеуказанными вариантами;

дальность управления по радиоканалу связи обеспечивает в полном объеме безопасность жизни и здоровья людей

(1500 м > 19,52 м – минимальное безопасное расстояние для нахождения людей);

производительность пожарного насоса незначительно отличается от производительности ЕЛЬ-4;

предназначен для работы в условиях пересеченной местности и обладает необходимым местом для установки электромагнита.

#### Литература

1. Коноваленко Н.П. Газовая отрасль России: современное состояние и основные тенденции развития // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. Т. 6, № 10А. С. 83-94.
2. Фертникова Ю.В. Тенденции развития газовой отрасли в современной России // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы Междунар. науч. конф. (г. Москва, апрель 2011 г.). Т. I. М.: РИОР, 2011. С. 87-89. URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/9/564/> (дата обращения: 20.10.2018).
3. Мысак Н.Б., Марченко М.В. Сжиженный природный газ: перспективы развития // Молодой ученый. 2017. № 45. С. 55-57. URL: <https://moluch.ru/archive/179/46327/> (дата обращения: 20.10.2018).
4. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (действующая редакция) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
5. Помолотова О.В. Методы ликвидации аварий, связанных с открытыми выбросами с возгоранием, при разработке нефтяных месторождений: магистр. дисс. СибГУ, 2017. 97 с.
6. Масаев В.Н. и др. Разработка роботизированного пожарного комплекса для тушения нефтегазовых скважин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017, № 7. С. 185–190.
7. Алешков М.В. и др. Обеспечение пожарной безопасности объектов энергетики путем разработки и применения мобильной робототехники пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность /Fire and Explosion Safety. 2018. №27(9). С. 35-49. URL: <https://doi.org/10.18322/PVB.2018.27.09.35-49>.

**References**

1. Konovalenko N.P. Gazovaya otrasl Rossii: sovremennoye sostoyaniye i osnovnyye tendentsii razvitiya // *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*. 2016. T. 6. № 10A. S. 83-94.
2. Fertikova Yu.V. Tendentsii razvitiya gazovoy otrasli v sovremennoy Rossii // *Aktualnyye voprosy ekonomiki i upravleniya: materialy Mezhdunar. nauch. konf. (g. Moskva, aprel 2011 g.)*. T. I. M.: RIOR. 2011. S. 87-89. URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/9/564/> (data obrashcheniya: 20.10.2018).
3. Mysak N.B., Marchenko M.V. Szhizhenny prirodnyy gaz: perspektivy razvitiya // *Molodoy uchenyy*. 2017. № 45. S. 55-57. URL: <https://moluch.ru/archive/179/46327/> (data obrashcheniya: 20.10.2018).
4. Federalnyy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ (deystvuyushchaya redaktsiya) «Tekhnicheskyy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti».
5. Pomolotova O.V. Metody likvidatsii avariyn, svyazannykh s otkrytymi vybrosami s vozgoraniyem, pri razrabotke neftyanykh mestorozhdeniy: magistr. diss. SibGU. 2017. 97 s.
6. Masayev V.N. i dr. Razrabotka robotizirovannogo pozharnogo kompleksa dlya tusheniya neftegazovykh skvazhin // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamenta-lnykh issledovaniy*. – 2017. № 7. S. 185–190.
7. Aleshkov M.V. i dr. Obespecheniye pozharnoy bezopasnosti obyektov energetiki-ki putem razrabotki i primeneniya mobilnoy robototekhniki pozharotusheniya // *Pozha-rovzryvobezopasnost /Fire and Explosion Safety*. 2018. №27(9). S. 35-49. URL: <https://doi.org/10.18322/PVB.2018.27.09.35-49>.

**ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ГИБЕЛИ ЛЮДЕЙ  
В ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****ANALYSIS OF VARIANCE OF DEATH OF PEOPLE  
IN FEDERAL DISTRICTS OF THE RUSSIAN FEDERATION**

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

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

Выполнен дисперсионный анализ гибели людей при пожарах в федеральных округах России по данным 2001-2016 годов. С вероятностью 95 % доказано, что средние числа по федеральным округам погибших при пожарах различны, различие обусловлено фактором географического положения. Средние числа погибших при пожарах по годам также различны, различие обусловлено фактором времени. Установленные факты могут быть полезны при математическом моделировании обстановки с гибелью людей при пожарах в федеральных округах России.

*Ключевые слова:* дисперсионный анализ, количество пожаров, федеральные округа Российской Федерации.

Performed variance analysis of fatalities in fires in the Federal districts of Russia according 2001-2016 years. With a probability of 95 % it is proved that the average number of deaths in fires in the Federal districts are different, the difference is due to geographical location. The average number of deaths from fires also varies from year to year, due to the time factor. The established facts can be useful in mathematical modeling of the situation with the death of people in fires in the Federal districts of Russia.

*Keywords:* analysis of variance, number of fires, Federal districts of the Russian Federation.

В дисперсионном анализе производят поиск зависимостей в данных с помощью исследования различий в средних значениях [1]. В нашем случае мы исследуем влияние факторов времени и географического положения на число погибших при пожарах в федеральных округах Российской Федерации. Фактор времени (обозначим буквой А) будем учитывать путем задания номера года. Фактор географического положения (обозначим буквой В) будет ранговой пере-

менной (зададим порядковым номером). Для расчетов используем статические данные 2001-2016 годов [2-14]. Количество федеральных округов в разные периоды было различным. Поэтому расчеты выполним отдельно для периода 2001-2005 годов (Таб. 1) и 2006-2016 годов (Таб. 2).

Далее рассчитываем средние значения по федеральным округам (столбец  $V_j$ ), по годам (строка  $A_i$ ), общее среднее (в нашем случае 2642). Выдвигаем гипотезу

тезы.  $H_0(A)$  средние по федеральным округам равны,  $H_1(A)$  средние по федеральным округам различны;  $H_0(B)$  средние по годам равны,  $H_1(B)$  средние по годам различны.

Дисперсионный анализ основан на расчете общей суммы квадрата отклонений значений от общего среднего ( $Q$ ) и разбивки его на составляющие, обусловленные влиянием факторов  $A$  ( $Q_A$ ) и  $B$  ( $Q_B$ ), а также ошибки ( $Q_e$ ).

Таблица 1  
Данные по гибели людей в федеральных округах РФ в 2001-2005 годах

№	Округ	2001	2002	2003	2004	2005	$V_j$
1	Северо-Западный	1941	2728	2599	2429	2380	2415
2	Центральный	4343	5420	5029	4839	4610	4848
3	Приволжский	3357	4306	4134	4093	3961	3970
4	Южный	1576	1816	1751	1675	1740	1712
5	Уральский	1381	1695	1614	1596	1565	1570
6	Сибирский	2658	2696	2941	2991	2926	2842
7	Дальневосточный	969	1249	1149	1149	1149	1133
	$A_i$	2318	2844	2745	2682	2619	2642

Последнюю компоненту нельзя объяснить влиянием факторов  $A$  и  $B$ . Считают, что она обусловлена влиянием посторонних случайных причин, которые невозможно учесть. Потому

$$Q = Q_A + Q_B + Q_e. \quad (1)$$

В нашем случае  $Q = 56854807$ ,  $Q_A = 1111422$ ,  $Q_B = 55072103$ ,  $Q_e = 671282$ .

Число значений фактора  $A$  равно 5, количество значений  $b$  для фактора  $B$  равно 7. Число степеней свободы для фактора  $A$   $v_A = a - 1 = 4$ , для фактора  $B$   $v_B = b - 1 = 6$ , ошибки  $v_e = (a - 1) * (b - 1) = 24$ .

Определим дисперсии:

$$MS_A = Q_A / v_A = 277855.5, MS_B = Q_B / v_B = 9178683.8,$$

$$MS_e = Q_e / v_e = 27970.08. \quad (2)$$

Вычислим  $F$  – статистику:

$$F_A = MS_A / MS_e = 9.934025, F_B = MS_B / MS_e = 328.16076. \quad (3)$$

Задаем уровень значимости  $\beta = 0.05$ . Критические значения  $F$  – статистики равны

$$F_k(\beta, v_A, v_e) = 2.776289, F_k(\beta, v_B, v_e) = 2.5081888. \quad (4)$$

В рассмотренном случае выполняются неравенства  $F_A > F_k(\beta, v_A, v_e)$ ,  $F_B > F_k(\beta, v_B, v_e)$ . Поэтому с вероятностью

0.95 нужно принять гипотезы  $H_1(A)$ ,  $H_1(B)$ . Это означает, что средние значения чисел пожаров по федеральным округам различны. Различие обусловлено влиянием фактора географического положения. Коэффициент детерминации  $R^2_B = Q_B / Q = 0,9686 = 96,86\%$  свидетельствует, что географический фактор объясняет 96,86 % различий.

Средние значения чисел пожаров по годам различны. Различие обусловлено влиянием фактора времени. Коэффициент детерминации

$$R^2_A = Q_A / Q = 0,0195 = 1,95\% \quad (6)$$

показывает, что фактор времени объясняет 1,96 % различий.

С 2006 года появились данные по Северо-Кавказскому федеральному округу (Таб. 2). В этой ситуации  $Q = 88303426$ ,  $Q_A = 9807887.8$ ,  $Q_B = 74774318.1$ ,  $Q_e = 3721221$ .

Число значений  $a$  фактора  $A$  равно 11, для фактора  $B$   $b = 8$ . Число степеней свободы для фактора  $A$   $v_A = a - 1 = 10$ , для фактора  $B$   $v_B = b - 1 = 7$ , ошибки  $v_e = (a - 1) * (b - 1) = 70$ .

$$\text{Находим дисперсии } MS_A = Q_A / v_A = 980788.78, MS_B = Q_B / v_B = 10682045.4, MS_e = Q_e / v_e = 53160.29.$$

Задаем уровень значимости  $\beta = 0.05$ . Критические значения  $F$  – статистики равны  $F_k(\beta, v_A, v_e) = 1.9688749$ ,  $F_k(\beta, v_B, v_e) = 2.14347804$ .

Выполняются неравенства  $F_A > F_k(\beta, v_A, v_e)$ ,  $F_B > F_k(\beta, v_B, v_e)$ . Поэтому с

вероятностью 0.95 нужно принять гипотезы  $H_1(A)$ ,  $H_1(B)$ .

Это означает, что средние значения количества погибших по федеральным округам различны. Различие обусловлено влиянием фактора географического положения.

Таблица 2  
Данные по гибели людей в федеральных округах РФ в 2006-2016 годах

№	Округа	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	$V_j$
1	Северо-Западный	2174	1955	1838	1664	1528	1358	1331	1188	1064	978	930	1455
2	Центральный	4339	4005	3670	3307	3061	2701	2644	2435	2392	2245	2102	2991
3	Приволжский	3726	3562	3429	3228	3000	2850	2746	2562	2406	2131	1961	2873
4	Южный	1320	1311	1281	1133	1032	1000	975	819	936	790	826	1038
5	Уральский	1498	1422	1356	1325	1292	1199	1091	1014	961	911	902	1179
6	Сибирский	2647	2395	2311	2097	2079	1942	1998	1757	1700	1568	1391	1990
7	Дальневосточный	1119	1045	1006	887	795	702	623	615	580	493	468	758
8	Северо-Кавказский	346	317	320	254	235	213	195	177	168	156	144	230
	$A_i$	2146	2002	1901	1737	1628	1496	1450	1321	1276	1159	1091	1564

Коэффициент детерминации  $R^2_B = Q_B / Q = 0,8468 = 84,68\%$  (7) свидетельствует, что географический фактор объясняет 84,68 % различий.

Средние значения количества погибших по годам различны. Различие обусловлено влиянием фактора времени.

Коэффициент детерминации  $R^2_A = Q_A / Q = 0,1111 = 11,11\%$  (8) показывает, что фактор времени объясняет 11,11 % различий.

### Выводы

С вероятностью 95% установлено, что средние числа пожаров по федераль-

ным округам России различны. Различие вызвано влиянием фактора географического положения. С вероятностью 95 % справедлива гипотеза о различии средних значений количества погибших по годам. Различие обусловлено фактором времени. Основной вклад в различие дает географическое положение.

Полученные результаты могут оказаться полезными при разработке математических моделей, объясняющих численность погибших при пожарах в федеральных округах России.

### Литература

1. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2005 году. Статистический сборник / под общей редакцией Н.П. Копылова. М.: ВНИИПО, 2006. 139 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2006 году: Статистический сборник / под общей редакцией Н.П. Копылова. М.: ВНИИПО, 2007. 137 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2007 году. Статистический сборник / под общей редакцией Н.П. Копылова. М.: ВНИИПО, 2008. 137 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2008 году. Статистический сборник / под общей редакцией Н.П. Копылова. М.: ВНИИПО, 2009. 137 с.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году. Статистический сборник / под общей редакцией Н.П. Копылова. М.: ВНИИПО, 2010. 135 с.
7. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году. Статистический сборник / под общей редакцией В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2011. 140 с.

8. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году. Статистический сборник / под общей редакцией В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2012. 137 с.
9. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году. Статистический сборник / под общей редакцией В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2013. 137 с.
10. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году. Статистический сборник / под общей редакцией В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2014. 137 с.
11. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году. Статистический сборник / под общей редакцией А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2015. 124 с.
12. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году. Статистический сборник / под общей редакцией А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2016. 124 с.
13. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году. Статистический сборник / под общей редакцией Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2017. 124 с.

#### References

1. Sheffe G. Dispersionnyj analiz. – М.: Nauka, 1980. – 512 s.
2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2005 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej N.P. Kopylova. М.: VNIPO, 2006. 139 s.
3. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2006 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej N.P. Kopylova. М.: VNIPO, 2007. 137 s.
4. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2007 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej N.P. Kopylova. М.: VNIPO, 2008. 137 s.
5. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2008 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej N.P. Kopylova. М.: VNIPO, 2009. 137 s.
6. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2009 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej N.P. Kopylova. М.: VNIPO, 2010. 135 s.
7. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2010 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej V.I. Klimkina. М.: VNIPO, 2011. 140 s.
8. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2011 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej V.I. Klimkina. М.: VNIPO, 2012. 137 s.
9. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2012 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej V.I. Klimkina. М.: VNIPO, 2013. 137 s.
10. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2013 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej V.I. Klimkina. М.: VNIPO, 2014. 137 s.
11. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2014 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej A.V. Matyushina. М.: VNIPO, 2015. 124 s.
12. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2015 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej A.V. Matyushina. М.: VNIPO, 2016. 124 s.
13. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2016 godu. Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej D.M. Gordienko. М.: VNIPO, 2017. 124 s.

УДК 66.02

yakovenkota@bk.ru

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА  
С МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТЬЮ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**DEVELOPMENT OF ELECTROMECHANICAL DEVICE  
WITH MAGNETIC LIQUID TO IMPROVE  
SAFETY OF CHEMICAL INDUSTRY**

*Сизов А.П., доктор технических наук,  
Топоров А.В., кандидат технических наук,  
Палин Д.Ю.,  
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Иваново,  
Яковенко Т.А., кандидат технических наук,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Sizov A.P., Toporov A.V., Palin D.Y.,  
Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Emergency Ministry of Russia, Ivanovo,  
Yakovenko T.A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье рассматриваются различные устройства для удаления твердых частиц из отходящих газов, а также указываются их достоинства и недостатки. На основе проведенного анализа предлагается новая конструкция для очистки воздуха и газов от дисперсных частиц и других примесей. Разработанное устройство повысит очистку загрязненных газов, а так же позволит снизить выбросы загрязнений в атмосферу и тем самым повысить безопасность химических производств.

*Ключевые слова:* очистка газов, очистка воздуха, твердые частицы, химическое производство.

The article discusses various devices for the removal of solid particles from flue gases, as well as their advantages and disadvantages. Based on the analysis, a new design is proposed for air and gas purification from dispersed particles and other impurities. The developed device will improve the cleaning of polluted gases, as well as reduce pollution emissions into the atmosphere and thereby increase the safety of chemical plants.

*Keywords:* gas purification, air purification, solid particles, chemical production.

Очистка отходящих газов химических производств оказывает значительное влияние на безопасность жизни людей, особенно это касается районов с высокой концентрацией источников выделения газов. Такими районами часто являются промышленные зоны. В отходящих газах обычно содержится большое количество твердых частиц, которые оседают на почву, засоряя прилегающие к источнику газовыделения области [1].

Существуют различные способы удаления твердых частиц из отходящих газов. Наиболее распространенный способ удаления твердых частиц из потока отходящих газов – это их утяжеление за счет разбрызгивания воды с дальнейшим перемещением образовавшегося шлака в шлакоприемник [2].

Для реализации данного способа существует целый ряд устройств. Например, известно изобретение, которое относится к области неорганической химии и



может быть использовано при очистке газов и дезинфекции воздуха от дисперсных и молекулярных примесей [3].

Конструкция уплотнения приведена на рисунке 1.

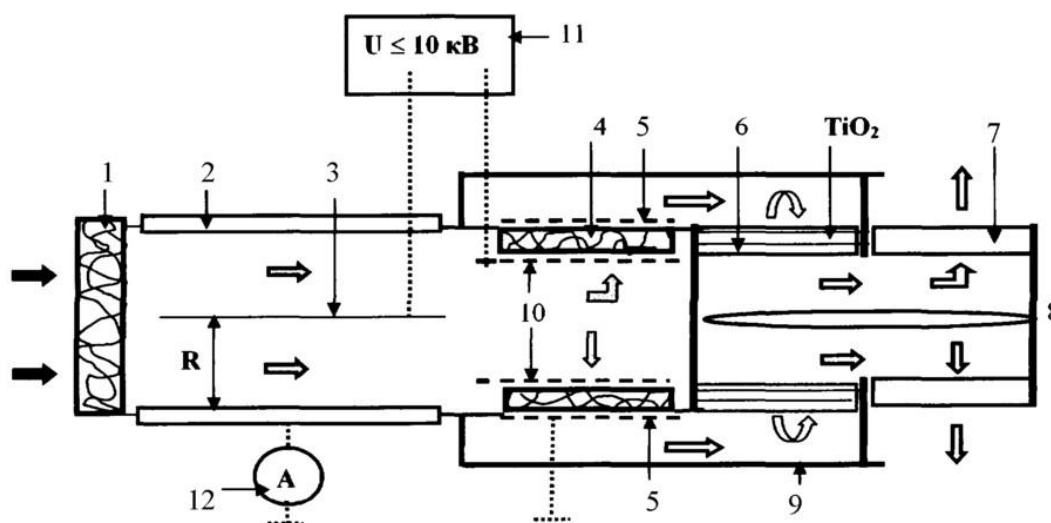


Рисунок 1. Схема устройства для очистки воздуха от дисперсных и молекулярных примесей

- 1 – механический фильтр грубой очистки, 2 – внешний заземленного цилиндра, 3 – центральный коронирующий проволочный электрод, 4 – грубоволокнистый электростатический фильтр, 5 – заземленная цилиндрическая сетка, 6 – фотокаталитический фильтр, 7 – фильтр из активированного угля, 8 – лампа мягкого ультрафиолетового излучения, 9 – цилиндрический заземленный корпус, 10 – цилиндрическая высоковольтная сетка, 11 – высоковольтный источник положительного напряжения, 12 – микроамперметр для измерения тока коронного разряда цилиндрического конденсатора.

Достоинством изобретения является обеспечение постоянного процесса очистки воздуха от дисперсных и молекулярных примесей за счет униполярной зарядки ионами коронного разряда аэрозольных частиц, их эффективной электростатической фильтрации грубоволокнистым фильтром со стерилизацией уловленного фильтра [3].

Представленное устройство обладает рядом недостатков, которые описываются низким качеством очистки газа, большими энергетическими затратами и сложностью изготовления конструкции [4].

Еще одним способом очистки воздуха является применение каталитиче-

ского метода. Использование каталитического метода наиболее широко известно в вытяжных вентиляционных системах закрытых гаражных помещений, автостоянок, локомотивных депо, двигателях внутреннего сгорания, а также для очистки газовых выбросов в нефтяной и химической промышленности [5].

Схема уплотнения приведена на рисунке 2.

Рассмотренная установка обладает высокой производительностью и эффективностью из-за ее постоянной готовности к очистке загрязненного воздуха, что соответственно характеризует ее как достоинство [5].

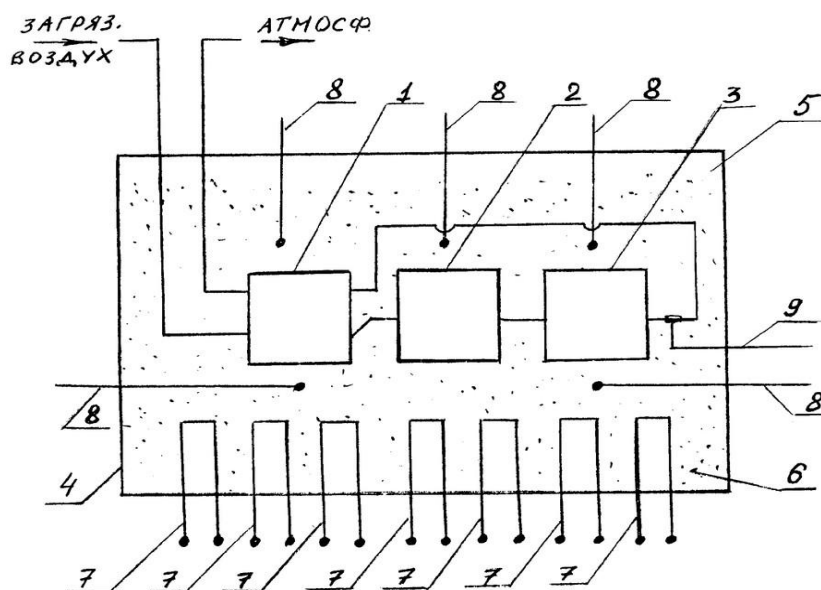


Рисунок 2. Установка для очистки воздуха и отходящих газов от токсичных и горючих компонентов

1 – теплообменник, 2 – нагреватель, 3 – каталитический нейтрализатор, 4 – теплонакопительное устройство, 5 – емкость, заполненная материалом 6 с хорошей теплоемкостью и термостабильностью, 7 – система нагрева, 8 – датчики температуры материала 6, 9 – датчики температуры очищенного воздуха или газа

Основным недостатком устройства является отсутствие обеспечения пожарной безопасности из-за выпуска в окружающее пространство раскаленных отходящих газов, а также по причине отсутствия эффективной теплоизоляции [6].

Поскольку представленные конструкции имеют ряд недостатков, существенно ограничивающих область их применения, было разработано очистительное устройство, в котором в качестве рабочего тела использовалась магнитная жидкость.

В разработанном устройстве для очистки воздуха и газов, в качестве рабочей жидкости предназначена для утяжеления шлаковых частиц, используется магнитная жидкость, которая разбрызгивается в запыленном потоке воздуха. Магнитная жидкость производится на основе частиц магнетита, в качестве базовой жидкости используется вода. При наложении магнитного поля, на обработанные магнитной жидкостью частицы загрязнения кроме силы тяжести начинает

действовать магнитная ponderomotorная сила.

Тогда, воздействующая на дисперсную частицу сила  $F$  определяется следующим образом:

$$F = F_T + F_m, \quad (1)$$

где  $F_T$  – сила обусловленная увеличением силы тяжести.  $F_m$  – магнитная сила.

Частицы шлама, находящиеся в потоке отходящих газов имеют большие размеры по сравнению с частицами стабилизированного магнитного наполнителя, таким образом, на частицах загрязнения, находящихся в газе адсорбируется несколько слоев магнитных частиц.

Магнитная сила  $F_m$  воздействующая на ферромагнитную частицу определяется по формуле:

$$F_m = \mu_0 \cdot M \cdot \text{grad}H, \quad (2)$$

где  $\mu_0$  – магнитная проницаемость вакуума,  $M$  – намагниченность насыщения магнитной жидкости,  $H$  – напряженность магнитного поля.

Следовательно, магнитное поле, воздействующее на шлам целесообразно

создавать неравномерно вдоль потока газа.

На рисунке 3 представлен вариант конструкции устройства для очистки газов от дисперсных частиц [7].

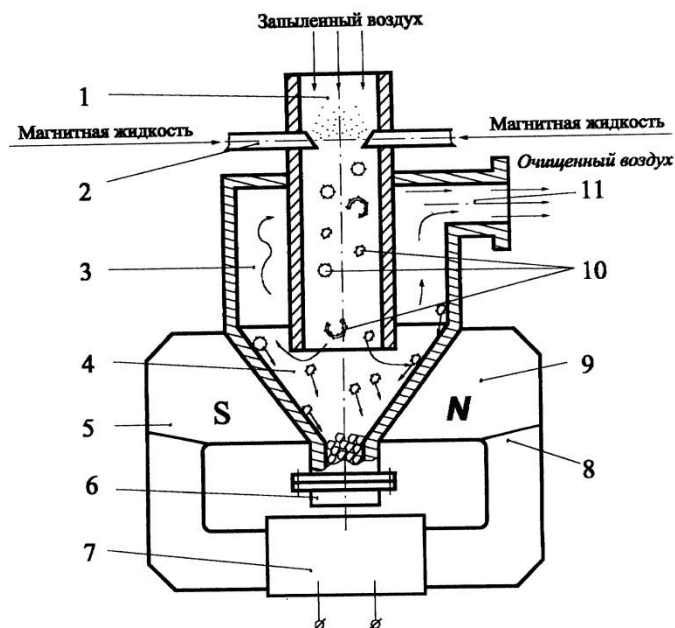


Рисунок 3. Устройство для очистки воздуха и газов от дисперсных частиц и других примесей

- 1 –подводящий патрубок, 2 –разбрызгиватели, 3 – бункер,  
4 – сепаратор-каплеуловитель, 5, 9 – полюсные наконечники,  
6 – шломоприемник, 7 – магнитным возбудителем, 8 - магнитопровод,  
10 – зона отделения шламочапель от потока воздуха (газа),  
11 – отводящий патрубок

Устройство состоит из подводящего патрубка 1, установленные в нем разбрызгиватели 2, бункер 3 с сепаратором-каплеуловителем 4 с шломоприемником 6 и отводящий патрубок 11. Сепаратор снабжен магнитным возбудителем 7 с магнитопроводом 8 и полюсными наконечниками 5 и 9, создающими магнитное поле в зоне отделения шламочапель 10 от потока воздуха (газа), за срезом подводящего патрубка 1, в зоне расположения шломоприемника 6. В качестве рабочей жидкости используется магнитная жидкость [7].

В процессе работы устройства в подводящем патрубке с помощью раз-

брызгивателей производят разбрызгивание магнитной жидкости. Например, на кремнийорганической основе, содержащей в качестве магнитного наполнителя ферромагнитные частицы дисперсностью 10-20 нм в количестве до 20% массы, имеющей намагниченность насыщения 50-100 кА/м. Магнитная жидкость смачивает находящиеся в потоке очищаемого газа частицы и образует шламочапель, которые на выходе из патрубка попадают в зону действия магнитного поля между полюсными наконечниками. Очищенный от шламочапель чистый газ проходит в зазоре между подводящим патрубком, стенками сепаратора и бункера к выпуск-

ному патрубку. Под действием градиентного магнитного поля шламовые капли по стенкам сепаратора стягиваются в нижнюю его часть и собираются в виде слоя шлама. Собравшийся шлам периодически удаляют через шламоприемник. Отделение шламовых капель от чистого газа происходит у среза подводящего патрубка. Поток газа здесь меняет направление своего движения. Шламовые частицы, обладающие, большей кинетической энергией отделяются от газа в результате совокупного действия сил инерции и магнитных сил наложенного градиентного магнитного поля [7].

Достоинства предлагаемого устройства заключаются в более высокой степени очистки загрязненных газов и, как следствие, уменьшении вредных выбросов в окружающую среду, что позволяет существенно оздоровить экологическую обстановку и уменьшить загрязнение окружающей среды. Устройство может быть применено не только в стационарных условиях на предприятиях промышленного производства, но и в подвижных объектах, загрязняющих атмосферу выхлопными газами двигателей

внутреннего сгорания или отходящими газами топок [7].

Предлагаемое устройство позволит очищать отходящие газы не только от механических, но и газообразных вредных примесей, вступающих в химическую реакцию с разбрызгиваемой магнитной жидкостью. Для этого необходимо произвести подбор жидкости-носителя исходя из условий конкретного производства. Магнитные свойства магнитной жидкости при этом сохраняются, и образовавшиеся шламовые капли легко задерживаются магнитным полем.

Поскольку, в данной установке не предъявляются особые требования к долговечности магнитной жидкости, возможно, максимально снизить ее стоимость, используя для ее получения в необходимых количествах готовый стабилизированный магнитный наполнитель. При этом, жидкость – носитель и концентрацию магнитного наполнителя, возможно, подбирать исходя из условий конкретного производства.

Предложенное устройство позволит снизить выбросы загрязнений в атмосферу и тем самым повысить безопасность химических производств.

#### Литература

1. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник в 2-х частях. Под ред. С. Калверта. – М.: Metallurgiya. – 1988. – 760 с.
2. Трапезников Ю.Ф., Кудрявский Ю.П., Рахимова О.В., Кирьянов С.В., Черных О.Л., Романов А.А. Способ очистки отходящих газов RU 2201791C2 от 22.01.2001
3. Загнит'ко А.В., Першин А.Н. Способ высокоэффективной очистки воздуха от дисперсных и молекулярных примесей. Патент РФ №2352382, от 20.04.09.
4. Носырев Д.Я., Плетнев А.И. Устройство очистки воздуха от дисперсных и высокомолекулярных примесей патент на полезную модель RU 91006 U1 от 31.08.2009
5. Улькин Б.Г., Куприянова С.Г., Зегер К.Е., Хрусталева С.А., Хмельницкий Б.И. Установка для очистки воздуха и отходящих газов от токсичных и горючих компонентов патент на изобретение RU 2 277 010 C2 от 10.06.2004
6. Веденин А.Д., Пустовгар А.П. Устройство для очистки воздуха и отходящих газов от токсичных компонентов. Патент на полезную модель RU 124183 U1 от 04.05.2012
7. Подгорков В.В., Сизов А.П., Щелькалов Ю.Я. Устройство для очистки воздуха и газов от дисперсных частиц и других примесей. Патент на полезную модель RU 16261 U1 от 11.04.2000)

#### References

1. Zashchita atmosfery ot promyshlennyh zagryaznenij. Spravochnik v 2-h chastyah. Pod red. S. Kalverta. – M.: Metallurgiya. – 1988. – 760 p.
2. Trapeznikov Yu.F., Kudryavskij Yu.P., Rahimova O.V., Kir'yanov S.V., Chernyh O.L., Romanov A.A. Sposob ochistki othodyashchih gazov RU 2201791S2 ot 22.01.2001
3. Zagnit'ko A.V., Pershin A.N. Sposob vysokoeffektivnoj ochistki vozduha ot dispersnyh i molekulyarnyh primesej. Patent RF №2352382, ot 20.04.09.

4. Nosyrev D.Ya., Pletnev A.I. Ustrojstvo ochistki vozduha ot dispersnyh i vysokomolekulyarnyh primesej patent na poleznuyu model' RU 91006 U1 ot 31.08.2009

5. Ul'kin B.G., Kupriyanova S.G., Zeger K.E., Hrustalev S.A., Hmel'nickij B.I. Ustanovka dlya ochistki vozduha i othodyashchih gazov ot toksichnyh i goryuchih komponentov patent na izobretenie RU 2 277 010 S2 ot 10.06.2004

6. Vedenin A.D., Pustovgar A.P. Ustrojstvo dlya ochistki vozduha i othodyashchih gazov ot toksichnyh komponentov. Patent na poleznuyu model' RU 124183 U1 ot 04.05.2012

7. Podgorkov V.V., Sizov A.P., Shchelykalov Yu.Ya. Ustrojstvo dlya ochistki vozduha i gazov ot dispersnyh chastic i drugih primesej. Patent na poleznuyu model' RU 16261 U1 ot 11.04.2000)

УДК: 614.849

pas\_ural@mail.ru

**ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРОВ НА АВТОТРАНСПОРТЕ****FEATURES OF FIRES ON MOTOR TRANSPORT**

*Перевалов А.С., кандидат технических наук, доцент,  
Стяжкин В.В., Елесина Ю.К., Шевелева И.Г., Хрулев В.В.,  
Уральский институт Государственной  
противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург*

*A.S. Perevalov, V.V. Styazhkin, Y.K. Elesina, I.G. Sheveleva, V.V. Khrulev,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе проводится анализ статистических данных о пожарах транспортных средств, происшедших в 2018 году на территории Свердловской области. Отмечаются основные причины возникновения пожаров на автотранспорте. Предложены эффективные пути пожаротушения автотранспортных средств для снижения последствий пожара.

*Ключевые слова:* пожар, автомобиль, эксплуатация, электрооборудование.

The paper analyzes the statistical data on the fires of vehicles that occurred in 2018 in the Sverdlovsk region. The main causes of fires in motor vehicles are noted. The proposed effective ways of fire fighting vehicles to reduce the effects of fire.

*Keywords:* fire, car, exploitation, electrical equipment.

В Правила дорожного движения Российской Федерации (утвержденные постановлением Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. № 1090) 12 июля 2017 года были внесены изменения и дополнения [1]. В результате этого появились новые определения: «гибридный автомобиль» и «электромобиль».

С конца 2014 года Schiphol, международный коммерческий аэропорт в столице Нидерландов г. Амстердаме, использует в качестве такси 167 новых электрических автомобилей типа Tesla Model S [2]. Данное нововведение проводится для сокращения выбросов в атмосферу CO<sub>2</sub>. В настоящее время уже во многих странах запущены электрические автомобили типа Tesla Model S с возможностью беспилотного управления. По данным электронного портала Википедия в 2014 году в Россию было завезено 170-180 автомобилей Tesla.

На заседании Госсовета, посвя-

щенном вопросам повышения инвестиционной привлекательности регионов, которое проводилось 27 декабря 2017 года, президент Российской Федерации Владимир Путин затронул вопросы перевода автотранспорта на газомоторное топливо – метан, который имеет определенные эксплуатационные преимущества перед другими топливами [3].

Можно предположить, что в дальнейшем все большее количество автомобильных транспортных средств (далее – АТС) будут именно с гибридными и электрическими двигателями, а также с двигателями, использующими в качестве топлива газ – метан.

Пожарную безопасность и надежность данных АТС еще предстоит изучать и проанализировать в процессе их эксплуатации.

Приведенный в работе анализ статистических сведений о пожарах, произошедших на автомобильных транспортных средствах Свердловской области

в 2018 году, проводится на основе [4] с целью установления основных причин и условий возникновения пожаров на АТС, выработки возможных предложений по снижению количества поврежденных и уничтоженных в результате пожаров автомобилей, минимизации ущерба.

От общего количества пожаров по основным объектам пожары на транспорте составляют 14,7 %. Основными причинами пожаров и взрывов на АТС либо произошедших с их участием, согласно данным статистической отчетности, являются нарушения правил технической эксплуатации электрооборудования (далее – ЭО), а также другие нарушения, связанные с электрооборудованием, аппаратами защиты, их изготовлением и устройством, нарушения правил пожарной безопасности, неосторожное обращение

с огнем, проведение огневых работ, неисправность и разрушение систем, механизмов и узлов транспортного средства, производственного оборудования, нарушения при эксплуатации и монтаже газового оборудования, самовозгорание веществ и материалов, а также поджоги, в том числе и с сокрытием под техническую причину [5].

Как показывает статистика за 2018 год, в Свердловской области с повреждением и уничтожением АТС произошло 611 пожаров, из них (рисунок 1):

– непосредственно с повреждением АТС произошло 512 пожаров, в которых были уничтожены и повреждены 621 автомобиль: повреждено – 528; уничтожено – 93;

– на прочих объектах – 99.

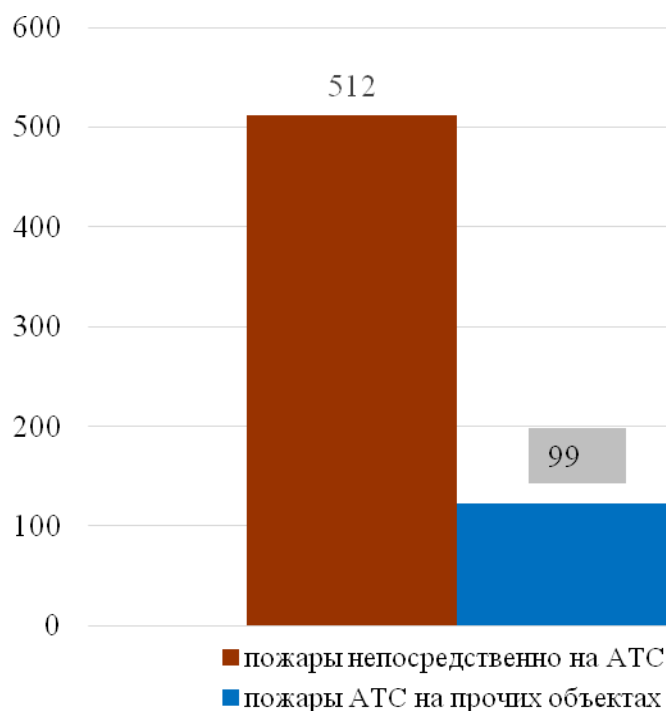


Рисунок 1. Общее количество поврежденных и уничтоженных АТС за 2018 г. в Свердловской области

По типам АТС пожарами в течение года было уничтожено и повреждено:

– легковых автомобилей – 505 (от поджогов – 272);

– грузовых – 70 (от поджогов – 13, неисправности электрооборудования и

механизмов – 49, нарушение правил – 3, прочие – 5);

– троллейбусов – 1;

– сельскохозяйственной техники – 1 (неисправность ЭО – 1);

– передвижные машинные стан-

ции – 4 (от поджогов – 3, неисправность ЭО – 1);

– ремонтно-дорожная техника и прочие – 2 (неисправность ЭО – 1, прочие – 1);

– передвижных машинных станций – 4 (от поджогов – 3, неисправности ЭО и механизмов – 1);

– тракторов – 2 (от поджогов – 1, неисправности механизмов – 1);

– автобусов – 11 (от поджогов – 2, неисправность ЭО и механизмов – 9);

– ремонтно-дорожной и строительной техники (экскаваторы, краны) – 2

(неисправности механизмов – 1, прочие – 1);

– прочие (локомотивы, мототранспорт) – 19 (от поджогов – 3, неисправность ЭО и механизмов – 15, прочие – 1).

Из представленных данных видно, что количество уничтоженных и поврежденных легковых автомобилей составляет 81 % от общего числа (рисунок 2), в то время, как доля остальных транспортных средств составляет 19%. Наибольшее количество поджогов (54 %) совершается легковых автомобилей, прочих АТС – 19 %.

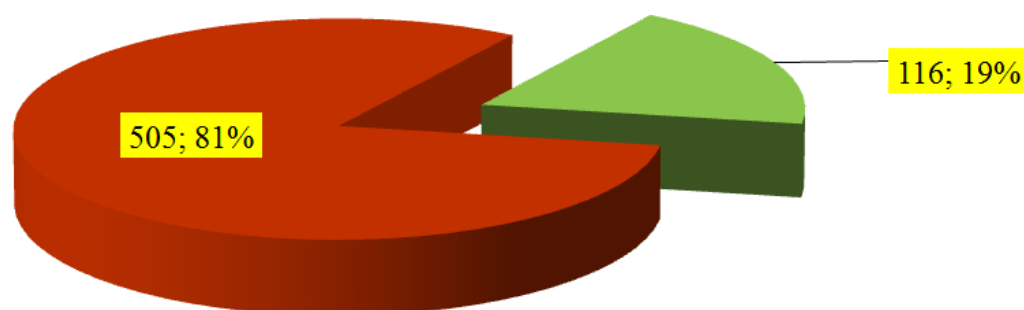


Рисунок 2. Количество уничтоженных и поврежденных АТС по типам, их процентное соотношение

Распределение количества пожаров на АТС по причинам их возникновения представлено на рисунке 3.



Рисунок 3. Количество пожаров на АТС по причинам их возникновения

Основными причинами загораний и пожаров на АТС в 2018 году являлись:

- 1) поджог – 238;
- недостаток конструкции и изго-



товления электрооборудования – 35;

- нарушение правил технической эксплуатации электрооборудования – 9;
- нарушение правил монтажа электрооборудования – 4;
- нарушение правил технической эксплуатации и выбора аппаратов защиты электрических сетей – 3;
- нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации бытовых электроприборов – 2;

2) возгорание электрооборудования, электроприборов, аппаратов защиты – 212;

3) неисправность и разрушение систем, механизмов и узлов транспортного средства, производственного оборудования – 93:

- неисправность систем, механизмов и узлов транспортного средства – 90,
- разрушение движущихся узлов и деталей, попадание в движущиеся механизмы посторонних предметов – 2;
- прочие причины, связанные с неисправностью производственного оборудования, нарушением технических правил производства – 1;

4) причины, связанные с неосторожным обращением с огнем, проведением огневых работ, сжиганием мусора, использованием пиротехнических изделий, и другие аналогичные причины – 21:

- прочие причины, связанные с неосторожным обращением с огнем – 13;
- оставление источника открытого горения, тления (кроме сигареты) без присмотра – 3;
- нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ (отогревание труб, двигателей и пр.) – 1;
- нахождение (оставление) горючих материалов (изделий) вблизи источников высокой температуры – 1;
- неосторожность при сжигании мусора, травы и иных изделий (материалов) – 1;
- нарушение правил пожарной безопасности при использовании пиротех-

нических изделий – 1;

- нарушение правил эксплуатации бытовых керосиновых, бензиновых и др. устройств – 1;
- 5) неосторожность при курении – 10;
- 6) нарушение правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных работ – 5;
- 7) возгорание от горящих надворных построек – 11;
- 8) нарушения при эксплуатации и монтаже газового оборудования – 3;
- 9) самовозгорание веществ и материалов – 2;
- 10) прочие причины, не относящиеся ни к одной из групп – 12;
- 11) неустановленные причины – 2;
- 12) неуказанные причины – 2.

Из данных об основных причинах возникновения горения следует, что 491 пожар и загорание (80 % от общего их количества) возникли в АТС от таких источников зажигания, как открытое пламя, нагретые поверхности, тление табачных изделий, температурный нагрев электрической дуги, тока, искры.

Общее количество сгоревших легковых автомобилей по месту возникновения пожара и количеству их поджогов распределились следующим образом:

- МО «город Екатеринбург» – 210 (поджогов – 160, 76 %);
- МО «город Нижний Тагил» – 55 (поджогов – 37, 67 %);
- Березовский г.о. – 22 (поджогов – 0);
- МО «город Каменск-Уральский» – 16 (поджогов – 3);
- г.о. Первоуральск – 12 (поджогов – 3);
- Асбестовский г.о. – 10 (поджогов – 8, 80 %);
- Артемовский г.о. – 10 (поджогов – 0);
- Качканарский г.о. – 9 (поджогов – 7, 78 %);
- Серовский г.о. – 9 (поджогов – 1);
- г.о. Верхняя Пышма – 8 (поджо-

гов – 0);  
 – Нижнетуринский г.о. – 8 (поджогов – 2);  
 – Полевской г.о. – 7 (поджогов – 4, 57 %);  
 – Горноуральский г.о. – 7 (поджогов – 3);  
 – Верхнесалдинский г.о. – 7 (поджогов – 7, 100 %);  
 – Тавдинский г.о. – 6 (поджогов – 1);  
 – Талицкий г.о. – 6 (поджогов –

1);  
 – Белоярский г.о. – 6 (поджогов – 4, 67 %);  
 – Сысертский г.о. – 5 (поджогов – 0);  
 – г.о. Ревда – 5 (поджогов – 4, 80 %);  
 – МО «Камышловский МР» – 5 (поджогов – 0);  
 – прочие – 4 и меньше (поджогов – 27).

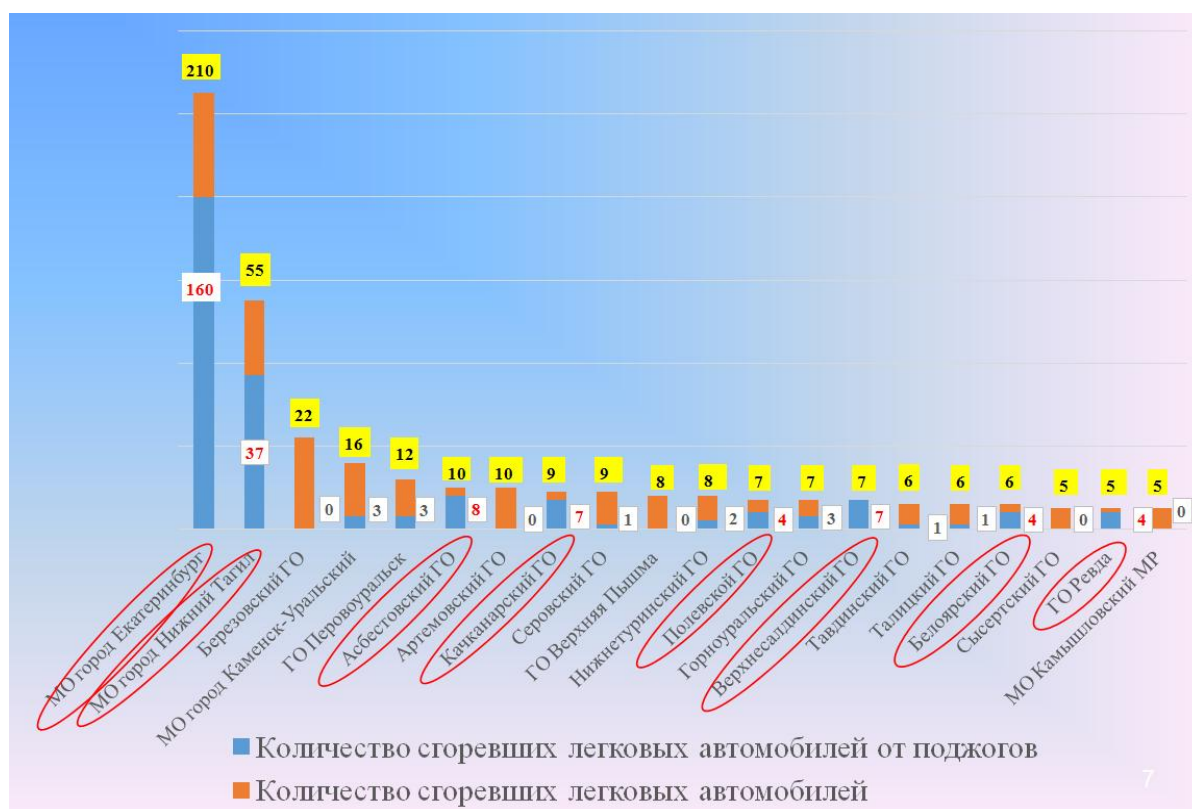


Рисунок 4. Общее количество сгоревших легковых автомобилей и количество их поджогов по муниципальным образованиям и городским округам Свердловской области

В восьми представленных муниципальных образованиях и городских округах доля сгоревших от поджогов легковых автомобилей находится в интервале 57-100 %.

Таким образом, представленный анализ статистических данных о пожарах транспортных средств, происшедших в 2018 году на территории Свердловской

области, позволяет говорить о необходимости пожаротушения подкапотного пространства и салона АТС, как наиболее распространенных мест возникновения горения. Одним из перспективных направлений решения данной проблемы, на наш взгляд, является совершенствование и популяризация применения автоматических установок пожаротушения.

Литература

1. Постановление Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. № 1090 «О Правилах дорожного движения». URL: <http://www.consultant.ru>.
2. Tesla Model S: свободная энциклопедия «Википедия». URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Model\\_S](https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S).
3. Путин рассказал о преимуществах перевода транспорта РФ на газ. URL: <https://regnum.ru/news/2363303.html>.
4. Анализ обстановки с пожарами и последствий от них на территории Свердловской области за 2018 год. Статистические данные ГУ МЧС России по Свердловской области / Документ опубликован не был.
5. Исследование причин возгорания автотранспортных средств / под ред. А.И. Колмакова. М.: ГУ ЭКЦ МВД РФ. 2001.

#### References

1. Postanovleniye Soveta Ministrov – Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 23 oktyabrya 1993 g. № 1090 «O Pravilakh dorozhnogo dvizheniya». URL: <http://www.consultant.ru>.
2. Tesla Model S: svobodnaya entsiklopediya «Vikipediya». URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Model\\_S](https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S).
3. Putin rasskazal o preimushchestvakh perevoda transporta RF na gaz. URL: <https://regnum.ru/news/2363303.html>.
4. Analiz obstanovki s pozharemi i posledstviy ot nikh na territorii Sverdlo-vskoy oblasti za 2018 god. Statisticheskiye dannyye GU MChS Rossii po Sverdlovskoy oblasti / Dokument opublikovan ne byl.
5. Issledovaniye prichin vozgoraniya avtotransportnykh sredstv / pod red. A.I. Kolmakova. M.: GU EKTs MVD RF. 2001.

УДК 614.841.315

ElinaSagitovna@yandex.ru

**КЛАССИФИКАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ПО НАРУШЕНИЯМ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ НОРМ****EDUCATIONAL INSTITUTIONS CLASSIFICATION  
BY VIOLATIONS OF FIRE REGULATIONS**

*Леонтьева М.А., Храмова Л.А.,  
Насырова Э.С., кандидат технических наук,  
Аксенов С.Г., доктор экономических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО УГАТУ, Уфа*

*Leontyeva M.A., Khramtsova L.A.,  
Nasyrova E.S., Aksenov S.G.,  
USATU, Ufa*

В работе проанализированы и сгруппированы нарушения противопожарных норм, встречающиеся на образовательных объектах. Методом построения классификационных шкал выделены четыре класса объектов по количеству нарушений. Предложена классификация нарушений по времени возможного исправления (А, Б, В, Г). Определив класс объекта по количеству нарушений и категоризовав выявленные нарушения, можно определить уровень безопасности объекта по разработанной матрице. Образовательные объекты разделены на четыре уровня безопасности: нормальный, пониженный, неудовлетворительный и опасный. Следует отметить, что данная матрица применима не только к образовательным объектам, но и к любым другим зданиям, имеющим соответствующие нарушения противопожарных норм.

*Ключевые слова:* образовательный объект, нарушение, пожарная безопасность, классификация.

In the work authors analyzed and grouped violations of fire regulations that occur in educational institutions. By method of constructing classification scales identified four classes of objects by the number of violations. In work is proposed a classification of violations by the time of a possible correction (A, B, C, D). Determining the class of the object by the number of violations and categorizing the identified violations, you can determine the level of object safety by the developed matrix. Educational institutions are divided into four levels of safety: normal, reduced, unsatisfactory, and dangerous. It should be noted that this matrix is applicable not only for educational institutions, but also to any other objects that have corresponding violations of fire safety regulations.

*Keywords:* educational object, violation, safety, classification.

Образовательные объекты, как и все объекты строительства, имеют свою классификацию. По градостроительному кодексу нет отдельного типа для них, однако, можем сказать, что они не относятся к особо опасным, технически сложным и уникальным объектам. Уровень ответственности в соответствии со СП

20.13330.2010 - нормальный, поскольку образовательные объекты относятся к общественным сооружениям массового строительства.

Степень огнестойкости здания и класс конструктивной пожарной опасности зависят от площади, высоты объекта и количества обучающихся и определя-

ются по СП 2.13130.2012. По классу функциональной пожарной опасности образовательные учреждения относятся к Ф1.1. и Ф4.

Вопросы обеспечения пожарной безопасности в образовательных учреждениях в настоящее время рассматриваются многими авторами [1-5]. В случае нарушения правил пожарной безопасности в школах и детских садах принимаются серьезные меры, вплоть до приостановления работы объекта [1]. Например, авторы в работе [3] отмечают, что в учреждениях лица, ответственные за пожарную безопасность недостаточно ознакомлены с современными требованиями.

Последствия проведенной проверки пожарными инспекторами зависят от степени выявленных нарушений. В случае мелких нарушений выдаются предупреждения и рекомендации по устранению. Однако нарушения не всегда исправляются вовремя, что и является причиной пожаров. Например, в Кемеровском филиале современной гуманитарной академии неудовлетворительное противопожарное состояние объекта и неграмотное действие обслуживающего персонала стали причинами пожара. В акте проверки отмечено 24 нарушения: нерабочее состояние пожарной сигнализации, отсутствие средств оповещения людей о пожаре и прочее. Следует также отметить, что при выявлении нарушений играет роль и степень профессиональной подготовки инспекторов [4, 6].

Широко распространенные причины пожаров в образовательных учреждениях: нарушение правил устройства и эксплуатации электроустановок, неосторожное обращение с огнем, поджоги, самовозгорание веществ и материалов [5-7]. Гибель людей при пожарах в большинстве случаев происходит из-за нарушений требований пожарной безопасности: отделка путей эвакуации горючими материалами, наличие в оконных проемах глухих металлических решеток, а также наличие на дверях эвакуационных выходов запоров [8].

Согласно статистике пожаров, в зданиях общественного назначения, к которым относятся и образовательные учреждения, за 2017 год произошло 5613 пожаров, 35 погибших и 172 пострадавших. Например, 8 мая 2018 года в г. Уфа (Республика Башкортостан) в школе, расположенной на улице Сельской Богородской, произошел пожар по причине неисправности электропроводки. 7 декабря 2018 г. в г. Сухой Лог (Свердловская область) произошел пожар в школе искусств. 17 декабря 2018 года пожарные г. Челябинск успешно ликвидировали возгорание в школе № 19.

Для своевременного выявления нарушений пожарной безопасности и, как следствие, предупреждения пожаров в образовательных учреждениях органы государственного пожарного надзора (ГПН) проводят выездные проверки, как плановые и внеплановые. При проведении проверок инспекторы по пожарной безопасности обосновывают свои замечания на основании таких документов, как Правила противопожарного режима в РФ утвержденные Постановлением правительства РФ №390 от 25.04.2012, ФЗ РФ от 22.07.2008 № 123, СНИП 21-01-97, НПБ 88-2001, НПБ 151-2000, НПБ 104-03, СН 512-78, ГОСТ Р12.2.143-2009, СП 3.13130.2009, СП 5.13130.2009, СП 6.13130.2009, СП 8.13130.2009, СП 10.13130.2009.

Выявляемые пожарной инспекцией нарушения разделяются на: легкие, рецидивные, нарушения особого режима противопожарной безопасности, повреждения средств тушения и противопожарной защиты, недоступность или ограничение доступа к эвакуационным выходам и проходам. Также нарушения можно разделить на 2 группы: режимного и не-режимного характера. К первой группе относятся организационные нарушения, которые не связаны с конструктивными особенностями строения, а их устранение не влечет масштабных переделок и больших затрат:

– пути эвакуации загромождены;

– неправильно и неточно ведется учет наличия и состояния огнетушителей и других средств тушения пожара;

– к работе допущены лица, не прошедшие обучение по пожарной безопасности;

– отсутствуют инструкции соблюдения мер пожарной безопасности.

Устранить такие нарушения не слишком сложно, поэтому на их устране-

ние дается немного времени (от месяца). Для устранения нережимных нарушений придется вносить значительные изменения в конструкцию здания, что несет за собой большие затраты.

Проанализировав всевозможные причины пожаров в образовательных учреждениях в литературных источниках, нарушения, выявляемые инспекторами, в работе объединены в группы (таблица 1).

Таблица 1  
Группировка нарушений

Вид нарушения	%
Организация персонала, документация объекта	3
Электрозащита и электроприборы	6
Пожаротушение	9
Сигнализация и оповещение	31
Эвакуация, планировочные решения	51

Как видно из данных таблицы 1, наибольшее количество нарушений касается эвакуации. Из всех проанализированных нарушений по эвакуации: в 27 % случаев зафиксирована недостаточная ширина эвакуационного выхода, а в 13 % – недостаточная высота. В 20 % случаев эвакуационный выход отсутствует, либо заблокирован. На 5 % объектов он не обособлен от общей лестничной клетки здания. Принимая в учет вышесказанное, можно сделать вывод, что почти на половине объектов найдены нарушения, связанные с эвакуационными выходами. В 17 % на путях эвакуации в коридоре на полу отмечено применение материала с неизвестными показателями пожарной опасности (ламинат, линолеум, ковер).

Серьезным нарушением является то, что ковры на путях эвакуации не прибиты к полу, присутствуют перепады высот и пороги (7 %) и двери открываются не по направлению выхода из помещения (16 %). В 17 % случаев эвакуационные выходы закрываются на ключ. Во время пожара всегда происходит паника, а из-за присутствия данных нарушений она может превратиться в давку. Если двери закрываются на ключ, то ключ в большинстве случаев находится у охранника, ко-

торый в стрессовой ситуации, во время пожара, может забыть открыть дверь.

Также в 22 % случаев отсутствуют приспособления для самозакрывания. Двери на объектах должны быть оборудованы доводчиками, так как дверь – это препятствие на пути пожара. В литературных данных отмечено, что двери, предусматриваемые проектной документацией, отсутствовали или не соответствовали требуемому пределу огнестойкости.

Самым серьезным нарушением в любом образовательном учреждении является отсутствие автоматической пожарной сигнализации (АПС).

При проведении проверок пожарной инспекцией на образовательных объектах выявляется различное количество нарушений. При этом, как показал анализ литературы, в настоящее время отсутствует классификация объектов по количеству выявленных нарушений. В связи с этим методом построения классификационных шкал осуществлялось классификация объектов по количеству выявленных нарушений в несколько этапов:

- расчет идентификатора формы эмпирической функции распределения;
- определение числа классов;

– построение эмпирической функции распределения и формирования на ее основе классификационной шкалы.

Идентификатор формы эмпирической функции распределения ( $c$ ):

$$c = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i}{N} \sqrt{\frac{N-1}{\sum_{i=1}^N (Z_i - \frac{\sum_{i=1}^N Z_i}{N})^2}}, \quad (1)$$

где  $Z$  – число нарушений у  $i$ -го объекта;  $N$  – объем выборки.

В работе рассмотрено 50 объектов, с количеством нарушений у одного объекта от 1 до 48.

На следующем этапе по расчетному значению идентификатора форми-

мы эмпирической функции распределения ( $c=1,38$ ) и объему выборки ( $N=50$ ) определено число классов ( $n$ ), равное 4.

Эмпирическая функция распределения:

$$F = \frac{1}{N+1} \left( \frac{Z-a}{b-a} + (x-a) + (K_i - 1) \right), \quad (2)$$

где  $a$  – минимальное количество нарушений на объекте;  $b$  – максимальное количество нарушений на объекте;  $x$  – номер объекта в выборке;  $K_i$  – количество объектов с одинаковым числом нарушений.

В соответствии с полученными результатами составлена классификация образовательных объектов по количеству выявленных нарушений (таблица 2).

Таблица 2

*Классы объектов по количеству нарушений*

Класс	Словесное описание	Количество нарушений
1	Очень мало	<5
2	Мало	5-10
3	Много	11-20
4	Очень много	>20

Полученная классификация позволяет оценить объект по количеству нарушений, однако не качество нарушений. На объекте может быть выявлено одно нарушение, но очень серьезное, например, отсутствие сигнализации. В связи с этим предпринята попытка расширить полученную классификацию в виде матрицы, учитывающей характер выявленных нарушений. Предварительно нарушения разделены по времени возможного исправления на категории:

**А** – нарушения, которые могут быть исправлены за 1-6 дней;

**Б** – могут быть исправлены за 1-3 недели;

**В** – исправление займет около месяца, требуется ремонт;

**Г** – исправление более месяца, необходимы масштабные переработки или большие затраты.

Наиболее распространенные нарушения, выявляемые на образователь-

ных объектах, экспертным методом разбиты по категориям.

#### Сигнализация и оповещение

**А:** отсутствует годовой план-график проведения регламентных работ по техническому обслуживанию.

**Б:** отсутствует вывод сигнала о срабатывании пожарной сигнализации в подразделение пожарной охраны на пульт; на месте установки контрольно-приемного прибора автоматической пожарной сигнализации отсутствует аварийное освещение (дежурное).

**В:** на этажах отсутствует аварийное освещение; настенные речевые оповещатели на расстоянии от пола до верхней части менее 2,3 м; приемно-контрольный прибор АПС установлен в коридоре, не защищен от несанкционированного доступа; речевой пожарный извещатель установлен на высоте менее 150 мм от потолка; ручные пожарные из-

вещатели не на высоте 1,5 м на уровне пола.

**Г:** в помещении отсутствует автоматическая пожарная сигнализация; отсутствуют пожарные извещатели; расстояние от дымовых пожарных извещателей до светильников менее 0,5 м; отсутствует система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре; дымовой пожарный извещатель смонтирован от вентиляционного отверстия на расстоянии меньше 1 м; шлейфы автоматической пожарной сигнализации проложены на расстоянии менее 0,25 м от электропроводки 220 в; шлейфы в неисправном состоянии, отсутствует система дымоудаления.

#### Эвакуация, планировочные решения

**А:** эвакуационный выход заблокирован; отсутствует световой оповещатель «Выход»; отсутствуют знаки направления к гидранту; не обеспечено наличие плана эвакуации; на путях эвакуации отсутствуют знаки пожарной безопасности или их недостаточное количество.

**Б:** эвакуационный выход не обособлен от общей лестничной клетки здания; на дверях отсутствуют приспособления для самозакрывания.

**В:** дверь не соответствует требуемому пределу огнестойкости; выходы закрываются на ключ, двери не оборудованы устройствами для закрывания без ключа; дверь эвакуационного выхода открывается не по направлению выхода из помещения.

**Г:** высота эвакуационного выхода менее 1,9 м; ширина эвакуационного выхода меньше 1,2 м; ширина запасного выхода менее 0,8 м; отсутствует эвакуационный выход; помещения различного класса функциональной пожарной опасности не разделены между собой противопожарными перегородками; лестница не соответствует по ширине и высоте ступеней, ширине площадки; лестница

при высоте более 45 см не имеет перил; на путях эвакуации имеется перепад высот; на путях эвакуации в коридоре на полу (стенах) применен материал с неизвестными (либо высокими) показателями пожарной опасности (ламинат, линолеум, ковер).

#### Электрозащита и электроприборы

**А:** скручивание электропроводов, нарушение изоляции.

**Б:** эксплуатация светильников со снятым колпаком (рассеивателем).

**В:** эксплуатация электрооборудования в неисправном техническом состоянии.

**Г:** электропровода не имеют защиту от распространения пожара; электропровода пожарной сигнализации выполнены не огнестойкими кабелями.

#### Пожаротушение

**А:** не организована проверка внутреннего противопожарного водопровода; отсутствует журнал учета, отсутствует акт перекачки рукавов.

**Б:** пожарный кран не укомплектован пожарными рукавами; отсутствуют первичные средства пожаротушения; допускается эксплуатация огнетушителя в неисправном состоянии.

**В:** отсутствует наружное противопожарное водоснабжение.

**Г:** не предусмотрен водисточник, ёмкость которого должна обеспечивать расход воды на наружное пожаротушение в течение 3 часов.

#### Организация персонала, документация объекта

**А:** отсутствует инструкция о действиях персонала при эвакуации людей при пожаре; в административных помещениях отсутствуют таблички с номерами телефонов; отсутствует журнал учета инструктажей.

**Б:** не назначено лицо, ответственное за пожарную безопасность.

**Г:** отсутствует декларация пожарной безопасности.

Таблица 3



Матрица безопасности образовательных объектов

Уровень безопасности	Классификация по количеству нарушений (классы)															
	1				2				3				4			
Нормальный	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пониженный	+	+	-	-	+	<3	-	-	+	<5	-	-	-	-	-	-
Неудовлетворительный	+	+	+	-	+	+	<5	<3	+	<10	<5	<3	+	-	-	-
Опасный	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Категория нарушений	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г

У объекта не обязательно должны присутствовать все категории нарушений, чтобы соответствовать определенному уровню. Например, если у объекта из второго класса все нарушения только категории А, но нет нарушений Б, то у него нормальный уровень безопасности. Однако, если у объекта из четвертого класса все нарушения только Б, то он будет отнесен к опасному классу безопасности, поскольку их количество намного выше, чем у остальных.

Определив класс объекта по количеству нарушений, необходимо категорировать выявленные нарушения (А, Б, В, Г) и определить уровень безопасности объекта.

Для примера проведем анализ двух объектов.

На объекте № 1 (Таблица 4) – 16 нарушений, следовательно, он относится к 3 классу.

Таблица 4  
Образовательный объект № 1

№	Нарушение	Категория нарушения
1	В учебных классах отсутствует оповещатель «Выход»	А
2	Отсутствует акт перекачки пожарных рукавов	А
3	Отсутствует акт проверки работоспособности внутреннего противопожарного водопровода	А
4	Отсутствует акт работоспособности АПС и СОУЭ	А
5	Не работает система дымоудаления	Г
6	Отсутствует АПС	Г
7	Ширина эвакуационного выхода, ведущего в тамбур меньше 1,2 м	Г
8	Ширина выхода, ведущего из тамбура на лестничную клетку, меньше 1,2 м	Г
9	Нет журнала учета инструктажей	А
10	Отсутствует эвакуационный выход	Г
11	Отсутствуют первичные средства пожаротушения	Б
12	Отсутствуют таблички с номером телефона в помещениях	А
13	Отсутствуют знаки ПБ на путях эвакуации	А
14	Отсутствует вывод сигнала о срабатывании пожарной сигнализации	Б
15	Отсутствует декларация ПБ	Г
16	Отсутствует инструкция о действиях персонала	А

Итого: А – 8, Б – 2, Г – 6.

Уровень безопасности – опасный, так как присутствуют нарушения категории Г.

Анализ объекта № 2 (Таблица 5). На объекте 9 нарушений – 2 класс.

Таблица 5  
Образовательный объект № 2

№	Нарушение	Класс по времени исправления
1	Дверь эвакуационного выхода открывается не по направлению выхода из здания	В
2	На путях эвакуации имеется перепад высот 5 см	Г
3	На путях эвакуации на полу применен материал высокой пожарной опасности	Г
4	На путях эвакуации стены отделаны материалом высокой пожарной опасности	Г
5	В помещении спортивного зала пожарные извещатели автоматической пожарной сигнализации не защищены от механических повреждений	В
6	В тамбуре эвакуационного выхода отсутствует АПС	Г
7	В коридоре отсутствует пожарный шкаф	Б
8	Пожарный кран не укомплектован пожарными рукавами	Б
9	Несвоевременно проводится обслуживание и ремонт противопожарного водопровода	А

Итого: А – 1, Б – 2, В – 2, Г – 4.

Уровень безопасности – опасный.

Таким образом, в статье разработана матрица безопасности образовательных объектов, позволяющая определить уровень их безопасности в зависимости от его класса по количеству выявленных нарушений и их категорий. Следует отметить, что данная матрица применима

не только к образовательным объектам, но и к любым другим зданиям, имеющим соответствующие нарушения противопожарных норм. Применение разработанной матрицы на практике позволит структурировать результаты проверок пожарных инспекторов и держать под особым контролем объекты, имеющие опасный уровень безопасности.

#### Литература

1. Pogoreltsev M.V., Yakimova N.V. The role of the state fire supervision inspector // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. 2013. № 12. С. 51-52.
2. Маковой В.А., Иваницкий А.А. Вопросы плановых проверок объектов защиты государственным пожарным надзором МЧС РФ // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2015. № 2-3 (22-23). С. 7-18.
3. Маковой В.А., Проверка объектов защиты государственным пожарным надзором МЧС РФ // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2015. №1 (21). С. 13-26.
4. Шаров И. Н. Влияние уровня знаний государственных инспекторов по пожарному надзору на надёжность их работы // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2012. № 3. С. 74-76.
5. Аксенов В.Н., Терещенко Е.К. Проблемы пожарной безопасности в образовательных учреждениях города Ставрополь. Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сборник научных трудов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию создания первого в Республике Беларусь научного подразделения в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров. Минск, "Колорград". 2016. С. 378-387.
6. Исхаков Э.Р., Аксенов С.Г. Теоретические аспекты формирования антикоррупционного правосознания и поведения, как фактора противодействия преступлениям и правонарушениям // Прикладная психология и педагогика. 2016. № 3. С. 2-8.
7. Скирда А.В., Бартенев А.Н. Анализ причин возникновения пожаров // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2017. № 1. С. 948-952.

8. Бондаренко Ю.А. Объект пожара и его пожарно-техническая характеристика как элемент криминалистической характеристики нарушений требований пожарной безопасности // Юридический вестник кубанского государственного университета. 2013. № 2 (15). С. 7-10.

#### References

1. Pogoreltsev M.V., Yakimova N.V. The role of the state fire supervision inspector // Molodezh. Obshchestvo. Sovremennaya nauka, tekhnika i innovatsii. 2013. № 12. S. 51-52.
2. Makovej V.A., Ivanickij A.A. Voprosy planovykh proverok obektov zashchity gosudarstvennym pozharnym nadzorom MChS RF // Chrezvychainye situatsii: promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost, Kubanskii sotsialno-ekonomicheskii institute. 2015. №2-3 (22-23). S. 7-18.
3. Makovej V.A., Proverka obektov zashchity gosudarstvennym pozharnym nadzorom MChS RF // Chrezvychainye situatsii: promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost. 2015. №1 (21). S. 13-26.
4. Sharov I. N. Vliianie urovnia znaniy gosudarstvennykh inspektorov po pozharnomu nadzoru na nadezhnost ikh raboty// Pozhary i chrezvychainye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiia. 2012. № 3. S.74-76.
5. Aksenov V.N., Tereshchenko E.K., Problemy pozharnoi bezopasnosti v obrazovatelnykh uchrezhdeniyakh goroda Stavropol // Chrezvychainye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiia: sbornik nauchnykh trudov VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 60-letiiu sozdaniia pervogo v Respublike Belarus nauchnogo podrazdeleniia v oblasti preduprezhdeniia i likvidatsii chrezvychajnykh situatsii i pozharov. Minsk, "Kolorgrad". 2016. S.378-387.
6. Iskhakov E.R., Aksenov S.G. Teoreticheskie aspekty formirovaniia antikorrupcionnogo pravosoznaniia i povedeniia, kak faktora protivodeistviia prestupleniyam i pravonarusheniim // Prikladnaya psixologiya i pedagogika. 2016. № 3. S. 2-8.
7. Skirda A.V., Bartenev A.N. Analiz prichin vozniknoveniia pozharov // Problemy obespecheniia bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychainnykh situatsii. 2017. № 1. S. 948-952.
8. Bondarenko Yu.A. Obekt pozhara i ego pozharno-tekhnicheskaya kharakteristika kak element kriminalisticheskoi kharakteristiki narusheniia trebovaniy pozharnoi bezopasnosti // Iuridicheskii vestnik kubanskogo gosudarstvennogo universiteta, Iuridicheskii fakultet Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 2 (15). S. 7-10.

УДК 614.84

*bezzaponnay@mail.ru***ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ  
ИНТУМЕСЦЕНТНОГО ТИПА МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА****IDENTIFICATION CONTROL OF FIRE-PROTECTIVE COMPOSITIONS  
OF THE INTUMESCENT TYPE BY THE METHODS OF THERMAL ANALYSIS**

*Беззапонная О.В., кандидат технических наук, доцент,  
Головина Е.В.,  
Акулов А.Ю., кандидат технических наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Bezzaponnaya O.V., Golovina E.V., Akulov A.U.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье рассматриваются проблемы, возникающие при проведении идентификационных испытаний огнезащитных составов интумесцентного типа методами термического анализа, а также проблемы качества огнезащиты в целом. Анализируются причины частых случаев неидентичности образцов огнезащитных покрытий идентификатору. Неидентичность анализируемых образцов огнезащитных покрытий идентификатору может быть обусловлена: заменой производителем ОЗС компонентов огнезащитной композиции на отечественные аналоги, процессами окислительной деструкции (старением) ОЗС, применением некачественного сырья производителями средств огнезащиты, нарушением технологии нанесения ОЗС, особенно температурного и влажностного режимов, а также уровнем квалификации испытателя.

Описаны термоаналитические характеристики, свойственные огнезащитным составам интумесцентного типа различной химической природы.

*Ключевые слова:* идентификация, качество огнезащиты, огнезащитные составы, контрафактная продукция, фальсификат, термический анализ.

The article describes the problems of the identification tests of flame retardants of intumescent type using thermal analysis methods, as well as the quality problems of fire protection in general. The reasons for the frequent cases of non-identity flame retardant coatings to the identifier are analyzed. The identity of the analyzed flame retardant coatings to the identifier may be due to: replacing the components of the flame retardants with domestic counterparts, oxidative destruction processes (aging) of the flame retardants, the use of poor quality raw materials by manufacturers of fire protection, violation of the technology of applying flame retardants, especially temperature and humidity conditions, as well as level test qualifications.

Thermoanalytical characteristics characteristic of intumescent type flame retardants of various chemical nature are described.

*Keywords:* identification, quality of fire protection, flame retardants, counterfeit products, counterfeit, thermal analysis.

Идентификация огнезащитных составов (ОЗС) методами термического анализа (ТА) применяется для оценки качества огнезащитной обработки и уста-

новления вида применённого материала в соответствии с ГОСТ Р 53293-09 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнеза-

щиты. Идентификация методами термического анализа» [1]. Интерес как производителей ОЗС, так и заказчиков огнезащитных работ для промышленных объектов, а также объектов с массовым пребыванием людей возрос после серии крупных пожаров, повлекших за собой человеческие жертвы и большие материальные убытки, а также с участвовавшими случаями выявления контрафактной и фальсифицированной продукции огнезащитных материалов.

С целью борьбы с контрафактной продукцией в мае 2018 г. вышло Постановление Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации «... о нормативно-правовом регулировании вопросов надзорной и контрольной деятельности в области пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей», в соответствии с которым было принято решение о создании национального реестра огнезащитных материалов, разрешённых к применению в несущих строительных конструкциях, и определение порядка внесения в него изменений. Для борьбы с контрафактом и фальсификатом необходимо формирование эффективной системы контроля качества огнезащиты методами ТА, начиная с сертификационных испытаний и заканчивая контролем термоаналитических характеристик во время эксплуатации огнезащитных покрытий на объекте.

Одним из эффективных способов борьбы с контрафактной продукцией и контроля качества огнезащиты является идентификационный контроль качества огнезащитных материалов в соответствии с ГОСТ Р 53293-09 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа». Сущность методики заключается в сравнении значимых термоаналитических характеристик (идентификационных параметров) образцов покрытий с «эталонными» данными [1]. Под «эталонными» понимаются данные, полученные при первичных испытаниях (сертификационных

испытаниях) образцов огнезащитных материалов. Высокоточный и чувствительный метод термического анализа позволяет выявить любые, даже незначительные, изменения в рецептуре материала.

Идентификация с применением методов термического анализа в соответствии с ГОСТ Р 53293-2009 проводится в два этапа:

1. Исследование огнезащитных покрытий методами термического анализа и получение идентификационных термоаналитических характеристик с использованием статистических методов обработки (вычисления средних величин и дисперсий).

2. Установление идентичности (тождественности) испытываемого объекта идентификатору на основе сравнения дисперсий и средних величин значимых характеристик термического анализа с использованием статистических критериев: Фишера ( $F$ ) и  $t$ -критерия.

Сравниваемые образцы материалов считаются идентичными при выполнении следующих условий:

- совпадает количество основных (значимых) ДТГ-максимумов;

- выполняются следующие условия:  $F_{\text{эксп}} < F_{\text{теор}}$ , и  $t_{\text{эксп}} < t_{\text{теор}}$ .

При проведении идентификационных испытаний методом термического анализа важно чтобы испытания проводились:

- на приборах той же точности, что и при сертификационных испытаниях или чтобы эталон исследовался на этом же оборудовании;

- при одинаковых условиях испытаний: среда, расход газа, скорость нагрева, исходная и конечная температуры, материал тигля, масса образца, форма образца, время кондиционирования.

Достаточно часто по результатам идентификационных испытаний образцы огнезащитных покрытий не идентичны идентификатору (идентификация не проходит), даже при анализе средств огнезащиты, приобретённых у добросовестных производителей, соблюдающих техноло-

гию производства и инструкции по нанесению ОЗС.

Одной из причин этому может послужить процесс окислительной деструкции огнезащитного материала с течением времени (старение ОЗС). Окислительная деструкция – это естественный процесс, протекающий при воздействии кислорода воздуха, перепадов температур, высокой влажности, воздействия солнечной радиации. Особенно подвержены окислительной деструкции составы на водной основе (винилацетатной эмульсии) из-за вымывания антипирирующего компонента, а также ОЗС на акриловой основе, так как являются гигроскопичными. Причём эффект огнезащиты может быть утрачен со временем частично или полностью без видимых изменений самого покрытия. Проблема старения полимеров, входящих в состав огнезащитной композиции, приводит к снижению, а со временем и к полной потере огнезащитной эффективности [2].

Разработчики огнезащитных составов заявляют о сроках эксплуатации огнезащитных покрытий в течение 15÷20 лет, а некоторые производители заявляют о просто фантастических 40÷50 и более лет. При этом для контроля состояния покрытия используют чаще всего только визуальный метод, что не даёт объективной информации о сохранении огнезащитной эффективности применяемых материалов. Для подтверждения соответствия покрытий заявленным требованиям пожарной безопасности по истечению времени эксплуатации в зависимости от условий окружающей среды необходимы экспериментальные исследования (методом термического анализа, огневые испытания) [2, 3].

Значительное влияние на стабильность огнезащитных составов на полимерной основе оказывает химическая природа полимерного связующего. По мнению многих исследователей [4-5] 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 инициированию 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 [2].

Значительное влияние на стабильность огнезащитных материалов, то есть сохранение своих свойств с течением времени, оказывает также качество применяемого сырья. Для повышения стабильности полимеров, составляющих 30÷70 % огнезащитных композиций, используют специальные стабилизирующие добавки, что приводит к удорожанию сырья и огнезащитной композиции в целом. Многие производители в целях экономии закупают не стабилизированные полимеры, что в дальнейшем при эксплуатации огнезащитных покрытий приводит к их преждевременному «старению».

Ещё одной из причин неидентичности анализируемых образцов огнезащитных покрытий является замена производителями ОЗС компонентов огнезащитной композиции на отечественные аналоги, так называемый переход на отечественное сырьё (импортозамещение) в связи с экономическими санкциями и снижением курса российской национальной валюты, из-за чего качественное импортное сырьё стало дорогим и недоступным. Однако сложный и сбалансированный интумесцентный процесс крайне чувствителен к любым изменениям в рецептуре, а также технологии производст-

ва и нанесения огнезащитных композиций. Малейшие изменения в рецептуре ОЗС приводят к изменению или нарушению процесса интумесценции и соответственно изменению термоаналитических характеристик состава, которые определяются по термогравиметрическим (ТГ), дифференциально-термогравиметрическим (ДТГ) кривым и кривым дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Результаты замены основных компонентов в огнезащитной композиции можно проследить по термограммам, полученным методом термического анализа, которые несут в себе большой объём

информации и являются «паспортом» исследуемого огнезащитного материала.

Исследование образцов огнезащитных вспучивающихся покрытий проводили методом синхронного термического анализа (Nietzsch STA 449 F5 Jupiter<sup>®</sup>), со скоростью нагрева 20 К·мин<sup>-1</sup>. Масса образцов составляла 4÷5 мг, форма – диск диаметром 4 мм, толщина – 0,2÷0,3 мм. На рисунке представлены термограммы ОЗС на эпоксидной основе одного производителя, но разных партий. В качестве эксперимента, один важный для процесса интумесценции компонент ОЗС был заменён на отечественный аналог.

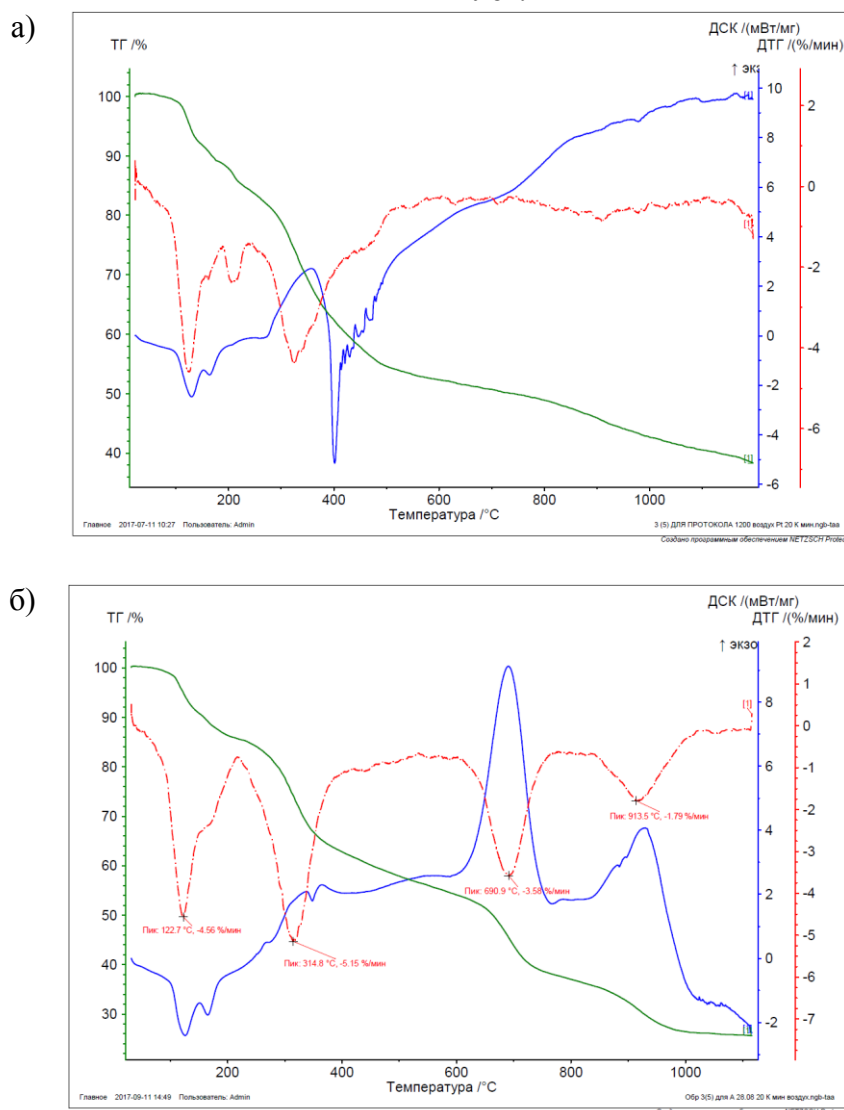


Рисунок. Термограммы ОЗС на эпоксидной основе в среде воздуха:  
а – партия № 1; б – партия № 2

Анализ приведённых термограмм свидетельствует о том, что огнезащитные

композиции уже даже по внешнему виду кривых значительно отличаются друг от

друга. Огнезащитный состав партии № 2 отличается меньшей термостойкостью (больше величина потери массы и меньше зольный остаток), меньшим суммарным эндотермическим эффектом и соответственно меньшей прогнозируемой огнезащитной эффективностью. Даже минимальные изменения в рецептуре ОЗС приводят к значительным изменениям термоаналитических характеристик и соответственно неидентичности идентификатору.

Как уже было сказано выше, термограмма ОЗС является его паспортом и несёт большой объём информации. Безусловно, термограммы ОЗС различной химической природы отличаются друг от друга, но характерные закономерности термолиза позволяют определить наличие или отсутствие огнезащитных функций анализируемых материалов. Анализ процесса термолиза огнезащитных составов различной химической природы методом ТА позволил выделить следующие закономерности:

– На термогравиметрической кривой огнезащитных композиций видны 3-4 ступеньки потери массы, что соответствует процессу интумесценции (вспучиванию) с выделением паров и газов (обычно это пары воды, аммиака, азота, углекислого газа). Наибольшая потеря массы обычно наблюдается в интервале температур 250-400 °С, когда процесс интумесценции идёт наиболее интенсивно. Величина зольного остатка (в воздушной среде) составляет 20÷50 % (в зависимости от материала и значения температуры,

при которой определяется зольный остаток), редко превышает 50 %.

– На ДТГ кривой огнезащитных материалов интумесцентного типа ярко выражены 3-4 пика, характеризующие интенсивность потери массы. Пик с максимальной скоростью потери массы наблюдается в интервале температур 250-400 °С.

– На кривой дифференциальной сканирующей калориметрии выделяются 2-3 эндотермических пика при температурах до 400-450 °С, свидетельствующие о процессах плавления и интумесценции, и большой комплексный экзотермический пик при температурах выше 450 °С, свидетельствующий о выгорании горючих компонентов ОЗС и образовавшегося пенококса (выше 700 °С).

Помимо объективных причин, влияющих на результат идентификации средств огнезащиты, большую роль играют аналитические навыки и опыт испытателя.

Таким образом, неидентичность анализируемых образцов огнезащитных покрытий идентификатору может быть обусловлена: заменой производителем ОЗС компонентов огнезащитной композиции на отечественные аналоги, процессами окислительной деструкции (старением) ОЗС, применением некачественного сырья производителями средств огнезащиты, нарушением технологии нанесения ОЗС, особенно термпературного и влажностного режимов, а также уровнем квалификации испытателя.

#### Литература

1. ГОСТ Р 53293-09 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа». Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 08.11.2017).
2. Беззапонная О.В. Исследование окислительно-деструктивных процессов, протекающих в огнезащитных составах интумесцентного типа с течением времени, методом термического анализа // Техносферная безопасность. 2018. № 3. С. 66-71.
3. Головина Е.В., Беззапонная О.В., Мансуров Т.Х. Влияние агрессивной среды на термостойкость и горючесть интумесцентного состава на основе силиконового связующего // Техносферная безопасность 2017. № 4(17). С. 44-50.
4. Зыбина О.А. Теоретические принципы и технология огнезащитных вспучивающихся материалов: дисс. ... на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, 2015. 260 с.
5. Ненахов С.А., Пименова В.П., Пименов А.Л. Проблемы оценки ресурса работоспособности вспенивающихся огнезащитных покрытий // Пожаровзрывобезопасность. 2009. Т. 18, № 8. С. 46-49.



**Reference**

1. GOST R 53293-09 «Pozharnaya opasnost' veshchestv i materialov. Materialy, veshchestva i sredstva ognezashchity. Identifikaciya metodami termicheskogo analiza». Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus». (data obrashcheniya: 08.11.2017).
2. Bezzaponnaya O.V. Issledovanie oksiditel'no-destruktivnyh processov, protekayushchih v ognezashchitnyh sostavah intumescentnogo tipa s techeniem vremeni, metodom termicheskogo analiza // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2018. №3. P. 66-71.
3. Golovina E.V., Bezzaponnaya O.V., Mansurov T.H. Vliyaniye agressivnoy sredy na termostojkost' i goryuchest' intumescentnogo sostava na osnove silikonovogo svyazuyushchego // Tekhnosfernaya bezopasnost' 2017. №4(17). – P. 44-50.
4. Zybina O.A. Teoreticheskie principy i tekhnologiya ognezashchitnyh vspuchivayushchihsya materialov / diss. na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk, Sankt-Peterburg, 2015 – 260 p.
5. Nenahov S.A., Pimenova V.P., Pimenov A.L. Problemy ocenki resursa rabotosposobnosti vspenivayushchihsya ognezashchitnyh pokrytij // Pozharovzryvobezopasnost'. 2009. T. 18, № 8 – P. 46-49.

**ВЫЯВЛЕНИЕ АКТУАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ  
НАСЕЛЕНИЯ К ДЕЙСТВИЯМ ПРИ ПОЖАРЕ  
С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

**IDENTIFICATION OF THE RELEVANT DIRECTIONS  
OF TRAINING OF THE POPULATION FOR ACTIONS  
AT THE FIRE BY MEANS OF STATISTICAL METHODS**

*Синякова М.Г., доктор психологических наук, доцент,  
Кошкарлов В.С., кандидат психологических наук, доцент,  
Курманова И.Ю., Калимуллина К.И.,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Sinyakova M.G., Koshkarov V.S., Kurmanova I.Y., Kalimullina K.I.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В данной статье авторы рассматривают причины пожаров в крупных субъектах РФ, а также и общие проблемы подготовки населения к действиям при пожарах. Приведена статистика количества пожаров по субъектам РФ за 2013-2017 гг. Представлен регрессионный анализ количества пожаров в РФ с 2001 по 2015 гг. Выполнено распределение пожаров по причинам их возникновения. Особое внимание уделено проблеме несовершенства подготовки и информирования населения в области защиты населения и территорий от ЧС и пожаров, особенно таких групп населения как учащиеся общеобразовательных учреждений и неработающие граждане. Разработаны рекомендации по информированию и подготовке данных категорий населения.

*Ключевые слова:* пожар как чрезвычайная ситуация, статистический анализ пожаров и их причин по субъектам РФ, статистический и регрессионный анализ пожаров по РФ, обучение населения действиям при пожарах.

In this article, the authors consider the causes of fires in large regions of the Russian Federation, as well as the general problems of preparing the population for action in fires. The statistics of the number of fires in the regions of the Russian Federation for 2013-2017 is given. A regression analysis of the number of fires in the Russian Federation from 2001 to 2015 is presented. The distribution of fires for their causes. Special attention is paid to the problem of imperfection of training and informing the population in the field of protection of the population and territories from emergencies and fires, especially such groups of the population as students of educational institutions and unemployed citizens. Developed guidelines for informing and preparing these categories of the population.

*Keywords:* the fire as emergency situation, the statistical analysis of the fires and their reasons on territorial subjects of the Russian Federation, the statistical and regression analysis of the fires on the Russian Federation, training of the population in actions at the fires.

В условиях современного мира существует каждодневный риск возникновения пожаров. По данным МЧС

ежедневно в России происходят 600 пожаров, из них 90 % пожаров в насе-

ленных пункта. Это подтверждается и данными, представленными в таблице 1.

Для анализа статистических данных были взяты крупнейшие субъекты

Российской Федерации, лидирующие по количеству населения (более 1 млн человек).

Таблица 1  
Статистические данные по возникновению пожаров в субъектах РФ [1-5]

Субъект РФ	Количество пожаров				
	2013	2014	2015	2016	2017
Московская область	3892	3487	4232	2779	2703
Ленинградская область	1098	1528	1746	3322	1144
Новосибирская область	1404	1848	1571	1488	1520
Свердловская область	1634	2048	1710	2021	1936
Нижегородская область	3150	1512	1527	1362	1279

Представленная ниже диаграмма (рис. 1) наглядно иллюстрирует соотношение количества пожаров в субъектах РФ с 2013 по 2017 гг.

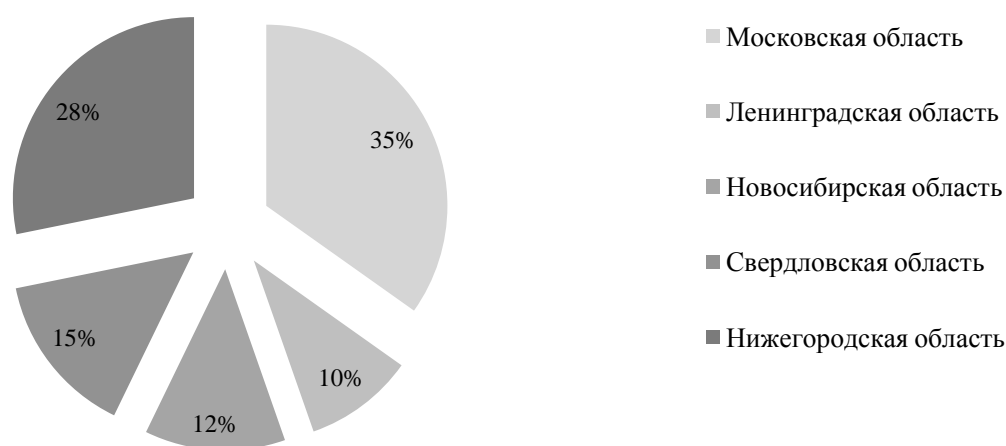


Рисунок 1. Количество пожаров в субъектах РФ с 2013 по 2017 гг.

Представленные выше статистические данные и данные ВНИИПО за 2013 и 2017 год, а также статистика сайта МЧС России позволяют сделать некоторые выводы.

В целом по Московской, Ленинградской, Новосибирской и Свердловской областям наблюдается скачкообразность и неравномерность количества пожаров.

В Нижегородской области с 2013 по 2017 год уменьшается число пожаров. По материалам ГУ МЧС России по Нижегородской области, мы можем связывать данный факт с проведением комплексной работы по профилактике

пожаров, а именно информированию и подготовке категорий населения, которые находятся в группе риска.

Таким образом, можно утверждать, что только статистический анализ данных не позволяет делать точные прогнозы по количеству возможных пожаров в том или ином регионе РФ. Именно поэтому и применяются различные математические методы обработки статистических данных, с помощью которых возможно прогнозирование пожаров в будущем году.

Одним из таких методов считается регрессионный анализ – метод статистической обработки данных, позво-

ляющий измерить связь между одной или несколькими причинами (факторными признаками) и следствием (результативным признаком) [6]. Так, в работе [7] авторы провели регрессионный анализ основных показателей статистики пожаров в Российской Федерации за 2001–2015 годы. В процессе исследования имеющиеся статистические данные аппроксимировали линейной зависимостью. Коэффициенты в уравнении прямой линии определялись по методу наименьших квадратов.

Для определения количества пожаров в Российской Федерации в результате регрессионного анализа найдена формула

$$Y = -8,4 * X + 17137, \quad (1)$$

где  $Y$  – количество пожаров (тыс. ед),  $X$  – год. Прогнозное значение для 2016 года в 132,1 тыс. ед. получаем из (1) после подстановки  $X = 2016$ . В работе [8] получено прогнозное значение на 2016 год – 140,9 тыс. ед. Разница – 7 %. Что показывает незначительное расхождение со статистическими данными.

Таким образом, как статистические, так и математические методы не дают полной гарантии точного прогноза количества пожаров – в этой связи и практики, и теоретики уделяют сегодня большое внимание выявлению причин происхождения пожаров (таблица 2).

Таблица 2  
Распределение пожаров в субъектах РФ в период с 2013 по 2017 гг.  
по причинам возникновения [1-5]

Причины пожаров	2013	2014	2015	2016	2017
Московская область					
Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств	601	659	557	547	554
Неосторожное обращение с огнем	1981	1906	1933	1545	1412
в т. ч. шалость детей с огнем	14	15	20	8	20
Грозовые разряды	66	34	42	45	22
Поджог	791	758	519	429	508
Самовозгорание веществ	14	10	12	13	16
Нарушение ППБ при использовании пиротехнических изделий	0	0	2	1	1
Ленинградская область					
Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств	190	167	196	227	188
Неосторожное обращение с огнем	813	770	607	545	465
в т. ч. шалость детей с огнем	11	6	6	8	5
Грозовые разряды	22	20	6	10	1
Поджог	301	289	230	197	147
Самовозгорание веществ	5	6	6	2	2
Нарушение ППБ при использовании пиротехнических изделий	1	2	0	0	0
Новосибирская область					
Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств	282	246	263	221	225
Неосторожное обращение с огнем	1362	1274	1142	1002	1085
в т. ч. шалость детей с огнем	48	44	37	39	35
Грозовые разряды	15	9	10	17	20

Поджог	261	253	239	194	142
Самовозгорание веществ	8	10	12	14	8
Нарушение ППБ при использовании пиротехнических изделий	1	13	7	0	5
Свердловская область					
Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств	239	329	289	275	256
Неосторожное обращение с огнем	835	952	904	770	803
в т. ч. шалость детей с огнем	25	19	26	19	19
Грозовые разряды	39	9	20	10	13
Поджог	431	642	621	792	696
Самовозгорание веществ	9	13	9	15	11
Нарушение ППБ при использовании пиротехнических изделий	0	2	1	1	1
Нижегородская область					
Нарушения правил устройства и эксплуатации транспортных средств	239	222	209	168	195
Неосторожное обращение с огнем	835	746	695	709	636
в т. ч. шалость детей с огнем	25	35	24	28	27
Грозовые разряды	39	26	31	27	5
Поджог	431	480	447	422	411
Самовозгорание веществ	9	3	2	3	0
Нарушение ППБ при использовании пиротехнических изделий	0	1	1	1	0

В Московской области стабильно уменьшается количество пожаров по причине неосторожного обращения с огнем. Но в 2017 году увеличился показатель пожаров по причине самовозгорания веществ по сравнению с другими годами. В остальных случаях закономерность не прослеживается.

В Ленинградской области уменьшаются сразу несколько показателей: пожары по причине неосторожного обращения с огнем, в том числе шалости детей с огнем, самовозгорания веществ, поджога, грозových разрядов, нарушения ППБ при использовании пиротехнических изделий.

В Новосибирской области снижается количество пожаров по причине шалости детей с огнем и поджогов. Но увеличивается количество пожаров, возникающих по причине грозových разрядов.

В Свердловской области преобладает количество пожаров, возникаю-

щих из-за неосторожного обращения с огнем и поджогов.

В Нижегородской области видим снижение количества пожаров по всем показателям. Данные ГУ МЧС России по Нижегородской области свидетельствуют о повышении эффективности профилактической работы сотрудников МЧС России в данной области.

Как показывают проведенные статистический и регрессионные анализы причин пожаров, самыми распространенными из них являются неосторожное обращение с огнем и поджоги. Но с каждым годом мы видим рост пожаров по причине детской шалости.

Исходя из вышеизложенного, мы можем утверждать, что в субъектах Российской Федерации с наибольшим количеством населения особенно важна подготовка населения к действиям при пожарах. Именно целенаправленная и качественная подготовка населения к действиям при пожаре является важ-

нейшим фактором для сохранения жизни и здоровья множества людей.

Поскольку главной причиной пожаров в большинстве случаев является неосторожное обращение с огнем, важно выделить те группы населения, которые требуют особого внимания со стороны МЧС России.

Одной из главных задач МЧС России является информирование населения о ЧС и пожарах, а также подготовка населения к действиям в ЧС и при пожарах. На сегодняшний день существует несколько путей информирования разных категорий населения (таблица 3).

Таблица 3  
Пути информирования разных категорий населения

Группы населения	Способы информирования населения
1. Учащиеся общеобразовательных учреждений	В учебное время по образовательным программам в области защиты от пожаров
2. Группа населения, не занятого в сфере производства и обслуживания	Беседы, лекции, просмотр учебных фильмов, самостоятельное изучение пособий и памяток, прослушивание радиопередач и просмотр телепрограмм в области защиты от пожаров
3. Работники предприятий в составе невоенизированных формирований	Непосредственно по месту работы
4. Руководители и специалисты в области защиты от ЧС	В Академии гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

Нужно отметить, что информированием и подготовкой населения к действиям в ЧС и при пожарах, кроме органов МЧС России, занимаются органы местного самоуправления. Ключевым направлением деятельности органов местного самоуправления является деятельность по организации и осуществлению подготовки соответствующих групп населения в области пожарной безопасности. Целью данной подготовки является привитие наименее подготовленным группам населения муниципальных образований, необходимого уровня знаний, умений и навыков по пожарной безопасности, а также по действиям при возникновении пожара [9].

На основании изучения Государственного доклада «О состоянии защиты населения и территорий РФ от ЧС природного и техногенного характера в

2016 и 2017 году» можно отметить следующее [10]:

1. Учащиеся общеобразовательных учреждений являются одной из наиболее неподготовленных категорий к действиям при пожарах. Причиной этого является слабая подготовка школьников, поскольку учебная дисциплина «Основы безопасности жизнедеятельности», на которой должны рассматриваться данные вопросы, входит в обязательную программу, начиная с 8 класса.

2. Население, не занятое в сфере производства и обслуживания также является мало информированной категорией о действиях в ЧС и при пожарах, так как в большинстве случаев обладает информацией только из источников СМИ.

3. Работники предприятий, руководители и специалисты в области защиты от ЧС и руководители невоенизи-

рованных формирований более подготовлены к действиям в ЧС, потому что они регулярно по месту работы проходят обучение и подготовку к действиям в ЧС и при пожарах.

Таким образом, наиболее проблемными категориями населения, с точки зрения проведения информирования о подготовке к действиям при пожарах, являются учащиеся общеобразовательных учреждений и население, не занятое в сфере производства и обслуживания.

Способом решения данных проблем может стать повышение уровня готовности путем охвата информирования данных категорий населения.

В качестве итога отметим, что при решении существующих проблем в подготовке населения по вопросам защиты от пожаров необходимо сосредоточить усилия:

- на переработке программ обучения всех групп населения в области защиты от пожаров;
- поиске новых технологий информирования – совершенствование программно-аппаратной базы компью-

терных систем, предоставление информации населению в виде мультимедийных продуктов, обучающих игровых и тестирующих компьютерных программ, видеороликов, информационных сообщений, электронных плакатов;

- повышении квалификации и компетентности преподавателей дисциплины «Основы безопасности жизнедеятельности» в общеобразовательных учреждениях и увеличении количества часов, выделенных на данную дисциплину в образовательном учреждении;

- создании учебно-консультационных пунктов по пожарной безопасности в сельских поселениях; ужесточении контроля со стороны органов местного самоуправления за соблюдением требований нормативных правовых документов по подготовке в области пожарной безопасности работников организаций, функционирующих на территориях муниципальных образований;

- создании добровольческих организаций из числа обучающихся образовательных учреждений, заинтересованных в агитации и обучении населения.

#### Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: статистический сборник / под общей редакцией В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2014. 137 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: статистический сборник / под общей редакцией А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2015. 124 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: статистический сборник / под общей редакцией А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2016. 124 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: статистический сборник / под общей редакцией В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2017. 137 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: статистический сборник / под общей редакцией А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2018. 124 с.
6. Иванов А.З., Круг Г.К., Филаретов Г.Ф. Статистические методы в инженерных исследованиях. Регрессионный анализ. М.: МЭИ, 1977. 203 с.
7. Кайбичев И.А., Калимуллина К.И. Регрессионный анализ основных показателей пожарной статистики // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации. Ч. 1. 2017. С. 86–95.
8. Фирсов А.Г. и др. Прогноз обстановки с пожарами в Российской Федерации на 2016 год. Балашиха: ВНИИПО, 2016. 45 с.
9. Твердохлебов Н.В., Норсеева М.Е. Проблемы подготовки населения муниципальных образований в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций и возможные пути их решения // Технологии гражданской безопасности. 2014. Т. 11, №1. С. 39.
10. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году». М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. С. 390. URL: <http://www.mchs.gov.ru/>.

#### Referenses

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2013 godu: statisticheskiy sbornik / pod obshchey redaktsiyey V.I. Klimkina. M.: VNIPO. 2014. 137 s.
2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2014 godu: statisticheskiy sbornik / pod obshchey redaktsiyey A.V. Matyushina. M.: VNIPO. 2015. 124 s.
3. Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2015 godu: statisticheskiy sbornik / pod obshchey redaktsiyey A.V. Matyushina. M.: VNIPO. 2016. 124 s.
4. Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2016 godu: statisticheskiy sbornik / pod obshchey redaktsiyey V.I. Klimkina. M.: VNIPO. 2017. 137 s.
5. Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2017 godu: statisticheskiy sbornik / pod obshchey redaktsiyey A.V. Matyushina. M.: VNIPO. 2018. 124 s.
6. Ivanov A.Z., Krug G.K., Filaretov G.F. Statisticheskiye metody v inzhenernykh issledovaniyakh. Regressionnyy analiz. M.: MEI. 1977. 203 s.
7. Kaybichev I.A., Kalimullina K.I. Regressionnyy analiz osnovnykh pokazateley pozharnoy statistiki // Aktualnyye problemy obespecheniya bezopasnosti v Rossiyskoy Federatsii. Ch. 1. 2017. S. 86–95.
8. Firsov A.G. i dr. Prognoz obstanovki s pozharami v Rossiyskoy Federatsii na 2016 god. Ba-lashikha: VNIPO. 2016. 45 s.
9. Tverdokhlebov N.V., Norseyeva M.E. Problemy podgotovki naseleniya munitsipalnykh obrazovaniy v oblasti grazhdanskoy oborony i zashchity ot chrezvychaynykh situatsiy i vozmozhnyye puti ikh resheniya // Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti. 2014. T. 11. №1. S. 39.
10. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii zashchity naseleniya i territoriy Rossiyskoy Federatsii ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera v 2015 godu». M.: MChS Rossii. FGBU VNII GOChS (FTs). 2016. S. 390. URL: <http://www.mchs.gov.ru/>.



УДК 614.841

AVKalach@gmail.com

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ С ТЯЖЕСТЬЮ ПОСЛЕДСТВИЙ  
РЕАЛИЗАЦИИ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ НА ОБЪЕКТАХ  
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА С УЧАСТИЕМ СЛОЖНОЙ ГОМОГЕННОЙ  
ГОРЮЧЕЙ СРЕДЫ**

**INTERRELATION OF FIRE RISK WITH CONSEQUENCES WEIGHT  
OF FIRE-DANGEROUS SITUATION REALIZATION ON OBJECTS  
OF THE OIL AND GAS COMPLEX WITH PARTICIPATION  
OF THE COMBUSTIBLE ENVIRONMENT**

*Черепакхин А.М.<sup>1</sup>,*

*Калач А.В.<sup>1</sup>, доктор химических наук, профессор,*

*Калач Е.В.<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент,*

*<sup>1</sup> Воронежский государственный технический университет, Воронеж,*

*<sup>2</sup> Воронежский институт – филиал Ивановской*

*пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, Воронеж*

*Cherepakhin A.M.<sup>1</sup>, Kalach A.V.<sup>1</sup>, Kalach E.V.<sup>2</sup>,*

*<sup>1</sup> Voronezh State Technical University, Voronezh*

*<sup>2</sup> The Voronezh Institute – the affiliate of Ivanovo Fire and Rescue*

*Akademy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia, Voronezh*

На основе методов количественного описания техногенных опасностей сформулирована необходимость перехода от концепции абсолютной техногенной безопасности к концепции допустимых границ опасности. По результатам анализа и обобщения нормативной и законодательной документации, действующей на территории Российской Федерации, научно обоснован выбор целевой функции управления опасностями для постановки и решения задачи оптимизации в концепции допустимых опасностей при гибком нормировании. Показана адекватность описания целевой функции парциальной пожарной опасности от параметров объекта сигмоидными функциями.

*Ключевые слова:* пожарная опасность, целевая функция, нефтегазовый комплекс, горючая среда, пожар.

Because of methods of the quantitative description of technogenic dangers need of transition from the concept of absolute technogenic safety to the concept of admissible limits of danger is formulated. By results of the analysis and synthesis of the standard and legislative documentation existing in the territory of the Russian Federation the choice of criterion function of management of dangers to statement and the solution of a problem of optimization in the concept of admissible dangers at flexible rationing is evidence-based. The adequacy of the description of criterion function of partial fire hazard from object parameters is shown by sigmoidal functions.

*Keywords:* fire hazard, criterion function, oil and gas complex, combustible environment, fire.

Современный этап развития отечественной нефтегазовой отрасли характеризуется не только наращиванием мощностей, но и тотальной модернизацией производства, что позволит российским

компаниям улучшить качество продукции до уровня международных стандартов, а также повысить глубину переработки сырья и минимизировать имеющиеся опасности. Одним из направлений

этой модернизации является организация контроля качества нефтепродуктов с применением современных инструментальных методов.

Сегодня актуальной является проблема обеспечения пожарной безопасности на всех объектах нефтегазового комплекса [1]. Анализ деятельности в области применения инновационных технологий крупнейших российских нефтяных компаний АО «НК «Роснефть», АО «Газпром», АО «Лукойл» и т. д. позволил выделить следующие проблемы в области обеспечения экологической безопасности, характерные для большинства компаний этой отрасли. Это недостаточный объём инвестиций в основные средства природоохранного назначения (4 % от общего объёма инвестиций по сравнению со среднемировым уровнем в 12 % и выше). Такое нарушение норм правовых актов в сфере регулирования негативного воздействия на окружающую среду (например, засыпка песком мест аварийных разливов, в результате чего происходит увеличение объёма загрязнённого грунта, нерегулируемое сжигание ПНГ) ведет к отставанию от мировых отраслевых лидеров по удельным показателям выбросов, сбросов и образования отходов на единицу продукции. Также в нефтегазовой отрасли отмечено превышение допустимых уровней воздействия на окружающую среду [1, 2].

Традиционно оценку пожарной опасности предприятий нефтепереработки осуществляли лишь с точки зрения соблюдения действующих нормативных документов. В настоящее время основные принципы снижения вероятности возникновения пожара заключаются в предупреждении образования горючей среды, исключении появления источников зажигания либо создании условий возникновения горения, а также ликвидации или ограничении путей распространения пожара в случае возгорания. При этом основной потенциальной опасностью при эксплуатации объектов нефтепереработки является образование взрывопожаро-

опасных концентраций паров нефтепродуктов (органических растворителей).

Обеспечение максимальной безопасности требует вложения немалых средств, поэтому единственный способ достичь баланса вложений и отдачи – это сделать ставку на надежную диагностику и прогнозирование (оценку опасности). Точная диагностика позволяет не только своевременно предупредить возможную аварию, но и значительно сократить расходы на плановые и внеплановые ремонты и модернизацию. Тенденция мирового опыта описания ущербов от техногенных, в том числе и пожарных, происшествий характеризуется переходом от нереалистичной концепции абсолютной безопасности к концепции допустимого ущерба. Именно этот подход законодательно закреплен, в том числе и в РФ. Использование любых методов управления пожарными опасностями невозможно без описания условий реализации негативных событий и ущербов от них, что и определяет актуальность данного исследования.

В статье представлены результаты исследования взаимосвязи опасности с последствиями при использовании горючей среды на основе индивидуальных и бинарных растворителей. Согласно п. 2 статьи 94 ФЗ № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» анализ пожарной опасности производственных объектов должен предусматривать: 1) анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов на производственном объекте; 2) определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса; 3) определение перечня причин, возникновения которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную, для каждого технологического процесса; 4) построение сценариев возникновения и развития пожаров, повлекших за собой гибель людей [3]. Все эти стадии анализа исследованы в данной статье.

Известно, что оценку величины

пожарной опасности можно осуществить на основе анализа физических явлений, протекающих при пожароопасных ситуациях, пожарах, взрывах [4]. При этом развитие пожароопасной ситуации и пожара должно рассматриваться постадийно с учетом места возникновения на объекте оценки опасности, уровня потенциальной опасности каждой стадии и возможности ее локализации и ликвидации. В случае рассмотрения объекта нефтегазового комплекса, в частности исследовательской лаборатории на объектах хранения нефтепродуктов, одним из основных определяющих факторов пожарной опасности является кипение горючей среды, сопровождающееся интенсивным выделением паров и, следовательно, повышением концентраций компонентов горючей среды в зоне дыхания людей, находящихся на объекте в момент пожара. Кроме того, кипение смесей при температурах более низких, чем температура горения, повышает и опасность возникновения открытого пламени на объекте. Поэтому локализация полей опасных факторов пожара в значительной мере определяется расположением емкостей, содержащих горючую среду. С другой стороны, расчетные величины пожарной опасности определяются температурами кипения используемых смесей. Этому важному фактору пожарной опасности в литературе уделено недостаточно внимания. Количественная оценка этих факторов опасности в любом случае требует определения целевой функции задачи. Кроме того, при использовании на объекте сложных жидких систем необходим

также расчет зависимости температуры кипения от относительной концентрации компонентов горючей среды. Из теории следует, что целевая функция опасности должна удовлетворять следующим требованиям: 1) она должна принимать малые, практически постоянные значения в области температур, меньших критических значений для описываемого явления; 2) целевая функция должна быстро возрастать в окрестности критических температур; 3) скорость роста целевой функции должна расти с увеличением степени опасности описываемого механизма; 4) должна оставаться практически неизменной при повышении температуры выше предела, обеспечивающего полное развитие механизмов образования полей опасных факторов. Этим требованиям удовлетворяют сигмоидные функции следующего вида:

$$R_i^S = \frac{\arctan[a \cdot (T - T_0)]}{\pi} + \frac{1}{2},$$

где  $R_i^S$  - функция опасности,  $T_i$  - температура кипения  $i$ -й системы,  $T_0$  - средняя температура в оцениваемом помещении,  $a$ , - константа.

Выбор значения параметров сигмоидной функции определяется степенью тяжести последствий, возникающих при реализации пожароопасных ситуаций и пожаров. В качестве примера на рисунке приведена зависимость сигмоидной функции от температуры помещения.

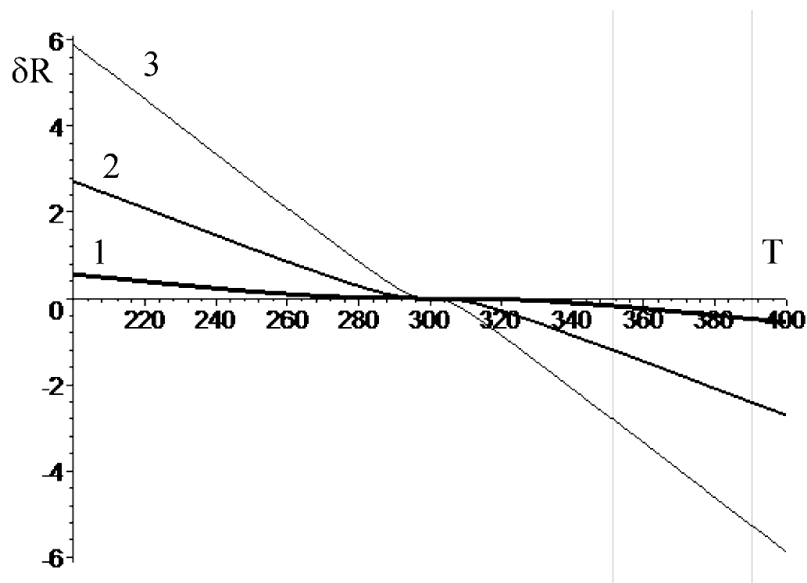


Рисунок. График зависимости разности сигмоидной функции и ее линейной составляющей –  $\delta R = R_i^S - R_i^L$  от температуры помещения при средней температуре реализации нештатной ситуации  $T_0 = 300$  К и различных коэффициентов эластичности  $a$

Кривые 1,2,3 соответствуют значениям  $a = 0,03; 0,1; 0,2$ . При этом, суммарную локальную опасность можно рассчитать, суммируя парциальные опасности отдельных механизмов:

$$R = \sum_{i=1}^N C_i \left[ \frac{\arctg [a_i \cdot (T - T_i)]}{\pi} + \frac{1}{2} \right],$$

где  $N$  – количество механизмов образования полей опасных факторов;  $C_i$  – коэффициент тяжести последствий реализации соответствующего механизма, кото-

рый должен расти с уменьшением ПДК продукта реакции  $p_i$  и уменьшаться с падением ее эффективности  $e_i$ .

Таким образом, по результатам исследования получена зависимость целевой функции пожарной опасности от параметров системы, которая адекватно описывается сигмоидными формулами, параметр эластичности предложенной функции определяется необратимостью и тяжестью последствий реализации пожарной ситуации.

#### Литература

1. Гордиенко, Д.М. Пожарная безопасность особо опасных и технически сложных производственных объектов нефтегазового комплекса Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Москва, 2018. – 48 с.
2. Гордиенко, Д.М. Проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов нефтегазодобычи в арктическом бассейне // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>) – Выпуск № 1 (71). – 2017.
3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изм. и доп., вступ. в силу с 31.07.2018).
4. Калач А.В., Преображенский М.А., Черепяхин А.М., Рудаков О.Б. Пожарный риск применения растворов на основе четыреххлористого углерода в закрытых помещениях // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. №2(23). С. 78-87.

#### References

1. Gordiyenko D.M. Pozharnaya bezopasnost osobo opasnykh i tekhnicheski slozhnykh proizvodstvennykh obyektov neftegazovogo kompleksa: avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni

доктора технических наук. М., 2018. 48 с.

2. Gordiyenko D.M. Problemy obespecheniya pozharnoy bezopasnosti obyektov ne-ftegazodobychi v arkticheskom bassejne // Internet-zhurnal «Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti» 2017. Vyp. № 1 (71). URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

3. Federalnyy zakon ot 22.07.2008 № 123-FZ (red. ot 29.07.2017) «Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti» (s izm. i dop., vstup. v silu s 31.07.2018).

4. Kalach A.V. i dr. Pozharnyy risk primeneniya rastvorov na osnove chetyrekhkh-loristogo ugleroda v zakrytykh pomeshcheniyakh // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. 2017. №2(23). S. 78-87.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ  
ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ****THE FEATURES OF THE PROCESS OF EVACUATION OF PEOPLE  
FROM THE PRODUCTION ROOM IN CASE OF FIRE**

*Русских Д.В., кандидат технических наук,  
Вытовтов А.В., Шевцов С.А., доктор технических наук,  
Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО  
Ивановской пожарно-спасательной академии  
ГПС МЧС России, Воронеж*

*Russkikh D.V., Vitovtov A.V., Shevtsov S.A.,  
The Voronezh Institute – the affiliate of Ivanovo Fire and Rescue Academy  
of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia, Voronezh*

В статье приведены результаты исследования зависимости времени блокирования путей эвакуации от производительности противодымной вентиляции и расположения клапанов дымоудаления, полученные на основе имитационного моделирования в различном факторном пространстве исходных данных процесса распространения опасных факторов пожара в помещении класса функциональной пожарной опасности Ф 5.1, в котором размещена замкнутая технологическая линия по производству ламинированных напольных покрытий и одновременно могут находиться на различных отметках до 40 человек. Моделирование динамики опасных факторов пожара производилось для двух различных систем обеспечения пожарной безопасности исследуемого объекта защиты, одна из которых предусмотрена проектом и специальными техническими условиями, а вторая разработана авторами статьи. В обоих случаях учитывались наиболее неблагоприятные сценарии развития пожара.

На основе регрессионного анализа результатов моделирования пожара построены соответствующие математические зависимости времени блокирования путей эвакуации по семи опасным факторам пожара от производительности исследуемых в работе систем противодымной вентиляции. Эффективность выполненной работы подтверждена моделированием процесса эвакуации людей из производственного помещения и расчетом величин индивидуального пожарного для всех рассмотренных сценариев развития пожара.

*Ключевые слова:* пожар в помещении, путь эвакуации, объект защиты, система обеспечения пожарной безопасности, противодымная вентиляция, фактическое время эвакуации, необходимое время эвакуации, индивидуальный пожарный риск.

In the article the results of study of dependence of time of blocking the escape routes on the performance of smoke ventilation and the location of smoke removal valves, obtained on the basis of simulation in different factor space of the initial data of the process of spread of fire hazards in the room of the functional fire hazard class F 5.1, which houses a closed technological line for the production of laminated floor coverings, and at the same time can be at different levels up to 40 people, are presents. Simulation of the dynamics of fire hazards was carried out for two different systems of fire safety of the object of protection, one of which is provided by the project and special

technical conditions, and the second developed by the authors. In both cases, the most adverse fire scenarios were taken into account.

On the basis of the regression analysis of the results of fire simulation, the corresponding mathematical dependences of the time of blocking the escape routes for seven fire hazards on the performance of the smoke ventilation systems studied in the work are constructed. The effectiveness of the work performed is confirmed by modeling the process of evacuation of people from the production room and calculating the values of the individual fire risk for all considered scenarios of fire development.

*Keywords:* fire in the room, evacuation route, object of protection, fire safety system, smoke ventilation, actual evacuation time, required evacuation time, individual fire risk.

Действующим законодательством в области пожарной безопасности, в том числе Федеральным законом от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», введено понятие допустимого пожарного риска, которое подразумевает гибкий подход к выбору конкретных организационно-технических мероприятий в области пожарной безопасности [1]. Задача их разработки полностью лежит на руководителе объекта защиты вне зависимости от формы собственности и его функционального назначения. В связи с этим актуальной и важной задачей является разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, исключая возможность превышения значений допустимого пожарного риска.

Цель данной работы заключалась в выявлении особенностей процесса эвакуации людей из производственного помещения при пожаре на основе анализа эффективности различных систем обес-

печения пожарной безопасности на примере действующего объекта защиты – завода по производству ламинированных напольных покрытий.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- проверка соответствия исходных данных требованиям нормативных документов по пожарной безопасности на примере выбранного объекта исследования;

- исследование зависимости времени блокирования путей эвакуации от производительности и расположения противодымной вентиляции;

- регрессионный анализ результатов моделирования;

- обоснование расчетными способами оценки эффективности выполненной работы.

Основные показатели исследуемого объекта защиты представлены в таблице 1.

*Таблица 1*  
*Основные показатели исследуемого объекта защиты*

№ п/п	Наименование	Ед. измерения	Показатели
1	Площадь участка в границах отвода	Га	3,3
2	Площадь застройки зданий на территории	м <sup>2</sup>	33100
3.1	Общая площадь производственного корпуса (пожарный отсек I)	м <sup>2</sup>	19297,5
3.2	Строительный объем производственного корпуса (пожарный отсек I)	м <sup>3</sup>	217370
4.1	Общая площадь склада готовой продукции (пожарный отсек II)	м <sup>2</sup>	9327,9
4.2	Строительный объем склада готовой продукции (пожарный отсек II)	м <sup>3</sup>	108830

5.1	Общая площадь административно-бытового корпуса (пожарный отсек III)	м <sup>2</sup>	2851,68
5.2	Строительный объем административно-бытового корпуса (пожарный отсек III)	м <sup>3</sup>	10284,7

План производственного помещения представлен на рисунке 1.

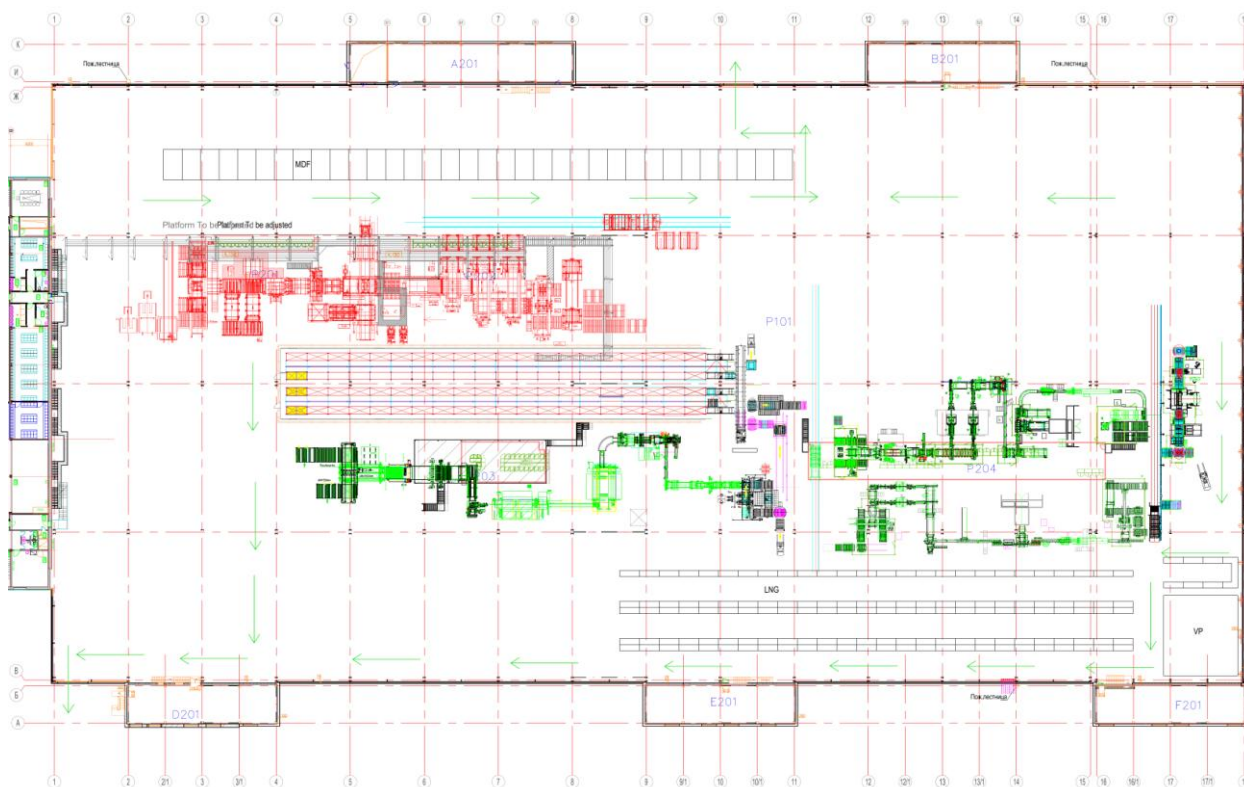


Рисунок 1. План производственного помещения

Выбор указанного объекта исследования был обусловлен следующими факторами:

- большая площадь цеха и протяженность путей эвакуации;
- насыщенность технологическим оборудованием и, как следствие, большая энергонасыщенность;
- не выделенная противопожарными преградами зона высотного стеллажного хранения размерами 12×72,0 м<sup>2</sup> и высотой 9,5 м, предусмотренная специальными техническими условиями;
- наличие площадок для обслуживания технологического оборудования на высоте 3 м в непосредственной близости от зоны высотного стеллажного хранения горючего материала – досок ламината;
- металлические фермы, располагающиеся непосредственно над зоной

высотного стеллажного хранения на высоте 9,6 м не обработаны огнезащитным составом, следовательно, имеют предел огнестойкости не более EI 15;

- отсутствие деления помещения на дымовые зоны противопожарными преградами и нерациональное расположение люков дымоудаления;
- одновременное присутствие в цехе до 40 человек на различных отметках.

Помимо этого есть основания полагать, что отсутствие деления цеха на дымовые зоны, в частности, отсутствие противопожарной преграды между зоной высотного стеллажного хранения и производственной линией, не обеспечит безопасной эвакуации людей, находящихся на технологических площадках на высоте 3 м в непосредственной близости от зоны



высотно-стеллажного хранения. Пути эвакуации будут блокироваться по потере видимости и предельной плотности теплового потока.

Перечисленные предположения использовались в качестве базовой гипотезы для дальнейших исследований.

Для уточнения и проверки адекватности выдвинутой гипотезы решались следующие задачи:

- проверка соответствия объёмно-планировочных решений, путей эвакуации и противодымной защиты требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;
- определение наиболее опасных сценариев пожара в производственном помещении;
- моделирование динамики распространения опасных факторов пожара;
- определение вероятности эвакуации людей из производственного здания на основе результатов моделирования.

В результате экспертизы объёмно-планировочных решений производственного помещения выявлены следующие отступления:

- допущено размещение не выделенной противопожарными преградами зоны высотно-стеллажного хранения в производственном цехе размерами  $12 \times 72,0 \text{ м}^2$  и высотой 9,5 м (СП 4.13130.2013 п. 4.2) [2], предусмотрено специальными техническими условиями;
- группы штабелей площадью более  $180 \text{ м}^2$  (по факту  $864 \text{ м}^2$ ) не отделены между собой продольными и поперечными разрывами шириной не менее 5 м (СП 4.13130.2013 п. 6.8.2) [2];
- помещение цеха включает в себя зоны технологических процессов различ-

ных классов взрывопожарной и пожарной опасности: П-I; П-II; П-IIIa (СП 4.13130.2013 п. 6.2.10) [2].

В результате экспертизы эвакуационных путей и выходов из производственного помещения ООО «ЮНИЛИН» выявлены следующие отступления:

- помещение категории В1 площадью  $18668,9 \text{ м}^2$  имеет два эвакуационных выхода (в разделе 9 проектной документации указано 7 эвакуационных выходов), в помещении одновременно может находиться до 40 человек;
- расстояние от наиболее удаленной точки помещения с инженерным оборудованием до эвакуационного выхода из здания 155 м (СП 1.13130.2009 п. 9.2.4, табл. 29) [3].

Выявленные отступления от требований нормативных документов по пожарной безопасности уточняют и подтверждают выдвинутую гипотезу. В связи с этим дальнейшие исследования по проверке выдвинутой гипотезы были продолжены.

В ходе исследования были определены наиболее опасные сценарии пожара в производственном помещении.

Сценарий 1 – возникновение пожара в зоне высотно-стеллажного хранения досок МДФ высотой до 9,5 м. В непосредственной близости расположена технологическая площадка, на которой, согласно технической документации, может находиться до пяти человек, задействованных в проведении ежедневных работ, и предусмотрен один эвакуационный выход, ведущий на уровень первого этажа 0.000 м (выделен желтым цветом на рисунке 2).



Рисунок 2. Расположение эвакуационного выхода с технологической площадки на уровень первого этажа 0.000 м

На основе результатов моделирования распространения ОФП по сценарию 1 установлено, что блокировка эвакуационного выхода с технологической площадки достигается на 23 секунде пожара по предельно допустимому значению теплового потока (рисунок 3). С учетом коэффициента безопасности 0,8 необходимое время эвакуации составляет 18,4 сек. Протяженность площадки с од-

ним эвакуационным выходом составляет 50 м, следовательно, при максимальной скорости движения людского потока равной 100 м/мин рабочий попадет к лестнице через 30 сек.

Выдвинутая гипотеза доказана. При использовании существующих объемно-планировочных решений вероятность эвакуации стремится к нулю.

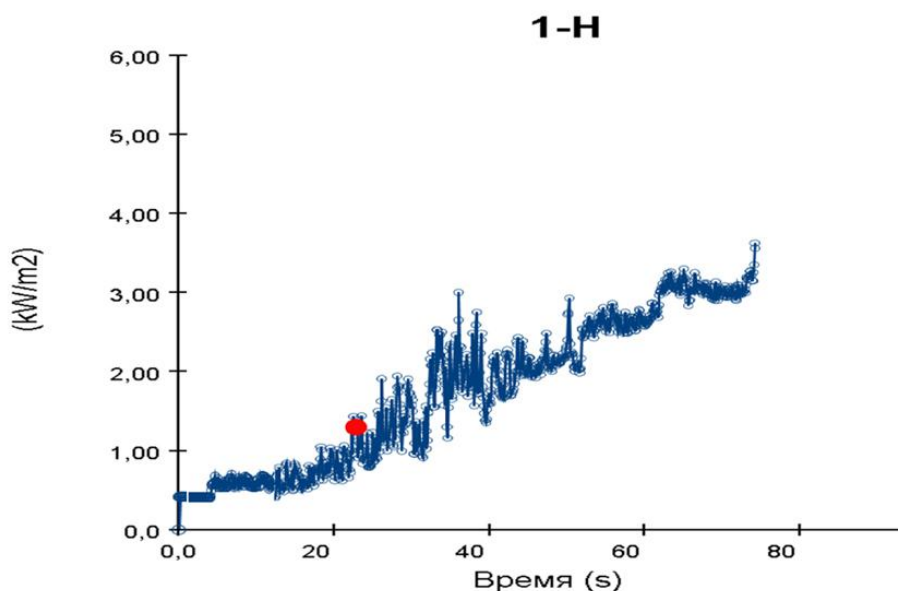


Рисунок 3. Зависимость плотности теплового потока от времени пожара

Для обеспечения безопасной эвакуации людей необходимо оборудовать технологические площадки вторым эвакуационным выходом.

Выявленное превышение плотности теплового потока при пожаре может

быть исправлено противопожарными шторами, отделяющими в случае пожара зону высотного хранения досок МДФ от технологических площадок. Эти мероприятия внедрены для защиты людей в сценарии 2.

Сценарий 2 – возникновение пожара на технологической линии на отметке 0.000 м, загорается индустриальное масло, которое является наиболее пожароопасным из всех веществ и материалов [4], применяемых для производства ламината.

В рамках данного сценария, из-за превышения максимального расстояния от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода, было добавлено два эвакуационных выхода из помещения непосредственно наружу и в дальнейшем они учитывались при расчете фактического времени эвакуации.

По сценарию 2 горящая технологическая линия блокирует эвакуацион-

ный выход на отметке 0.000 м, показанный на рисунке 4.

Моделирование процесса распространения опасных факторов пожара на исследуемом объекте защиты проводилось для двух вариантов функционирования системы противодымной вентиляции.

Система 1 – принятые в проекте крышные вентиляторы дымоудаления в количестве шести штук с расходом  $2 \text{ м}^3/\text{с}$  каждый. Исходя из технических возможностей доработки системы дымоудаления, учитывалось варьирование расхода вентиляторов от 1 до  $10 \text{ м}^3/\text{с}$  каждый, которого можно добиться частотными регуляторами и заменой двигателя, без изменения расположения и сечения клапанов. Схема представлена на рисунке 5.



Рисунок 4. Эвакуационный выход из производственного помещения, блокируемый опасными факторами пожара по сценарию 2

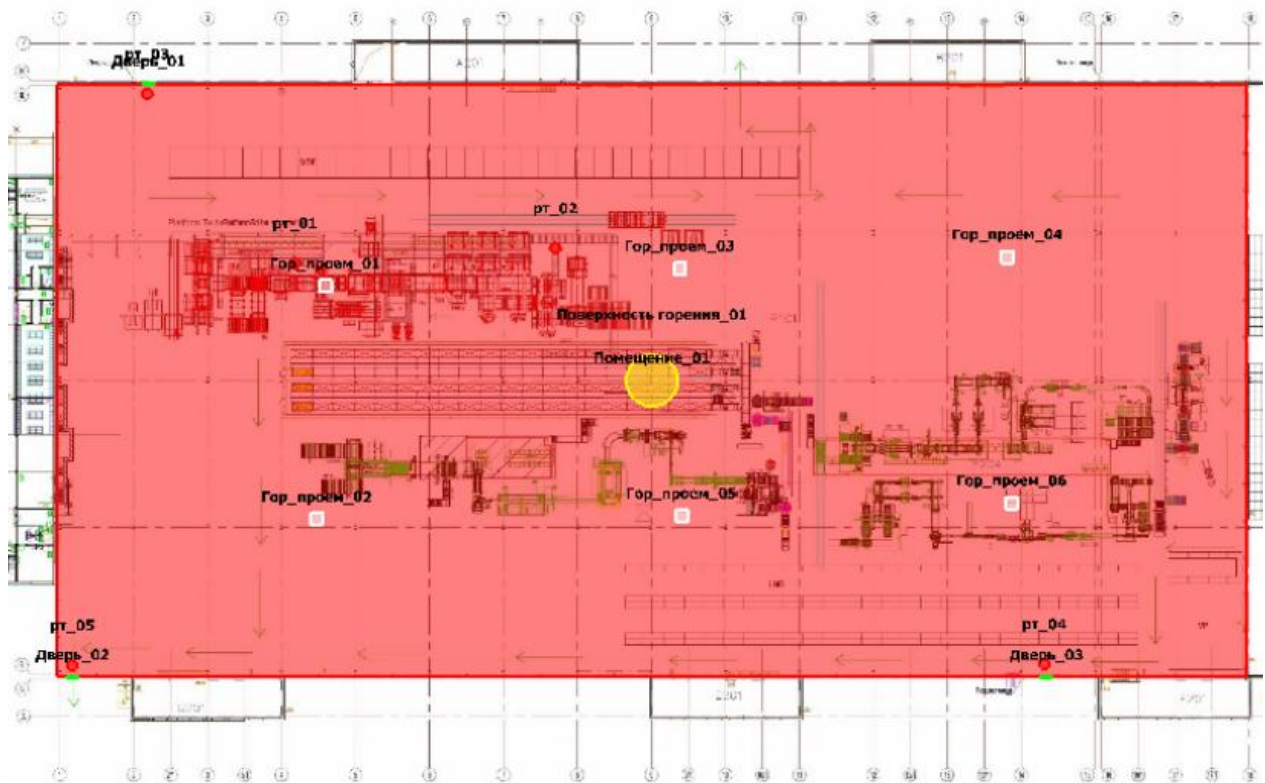


Рисунок 5. Схема моделирования распространения опасных факторов пожара по сценарию 2: желтым цветом обозначен очаг пожара, белым – расположение клапанов дымоудаления

Сводный график критической продолжительности пожара для системы 1 с

постоянным расходом крышных вентиляторов  $2 \text{ м}^3/\text{с}$  представлен на рисунке 6.

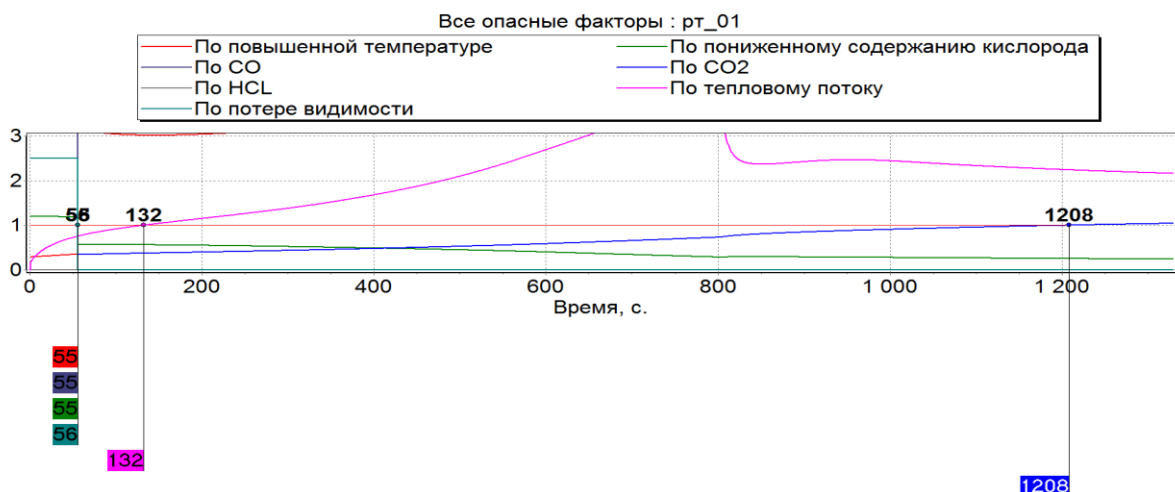


Рисунок 6. Сводный график критической продолжительности пожара для системы 1 с постоянным расходом крышных вентиляторов  $2 \text{ м}^3/\text{с}$

Для системы 1 установлено, что время блокирования путей эвакуации во всех расчетных точках меньше времени,

необходимого для безопасной эвакуации людей (рисунки 7, 8).

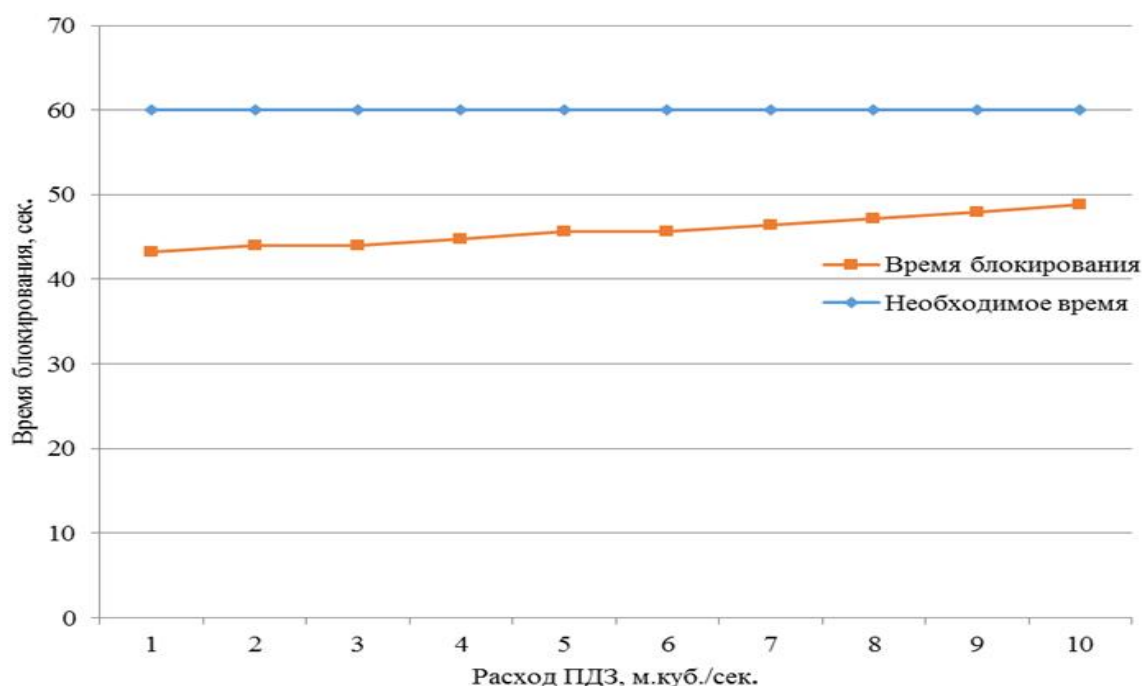


Рисунок 7. Время блокирования путей эвакуации в расчетных точках  $Pm_1$ ,  $Pm_2$  и время, необходимое для безопасной эвакуации людей с технологических площадок для системы 1

Система 2 – дополнительно к имеющимся крышным вентиляторам предложены еще восемь, четыре из которых размещены над технологической линией на высоте 9,6 м, и по два в каждой

дымовой зоне, предложенной в исследовании. Вариативность суммарного расхода для предложенных восьми клапанов составляет от 10 до 100 м<sup>3</sup>/с.

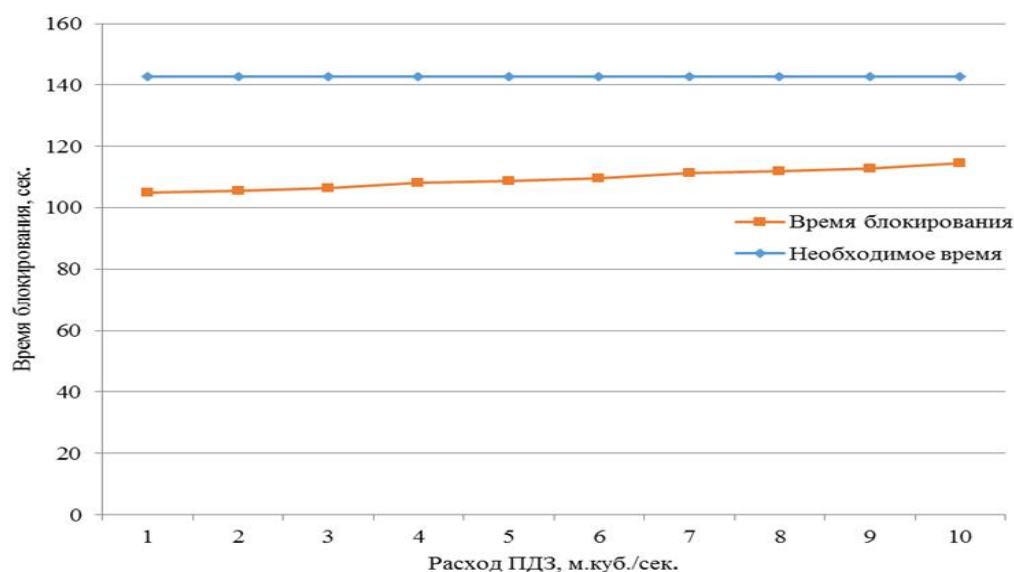


Рисунок 8. Время блокирования путей эвакуации в расчетных точках  $Pm_3$ ,  $Pm_4$ ,  $Pm_5$  и время, необходимое для безопасной эвакуации людей из производственного помещения для системы 1

Для системы 2 установлено, что от 15 м<sup>3</sup>/с любой из предложенных режимов работы системы обеспечивает безопас-

ную эвакуацию людей с технологических площадок (рисунок 9).

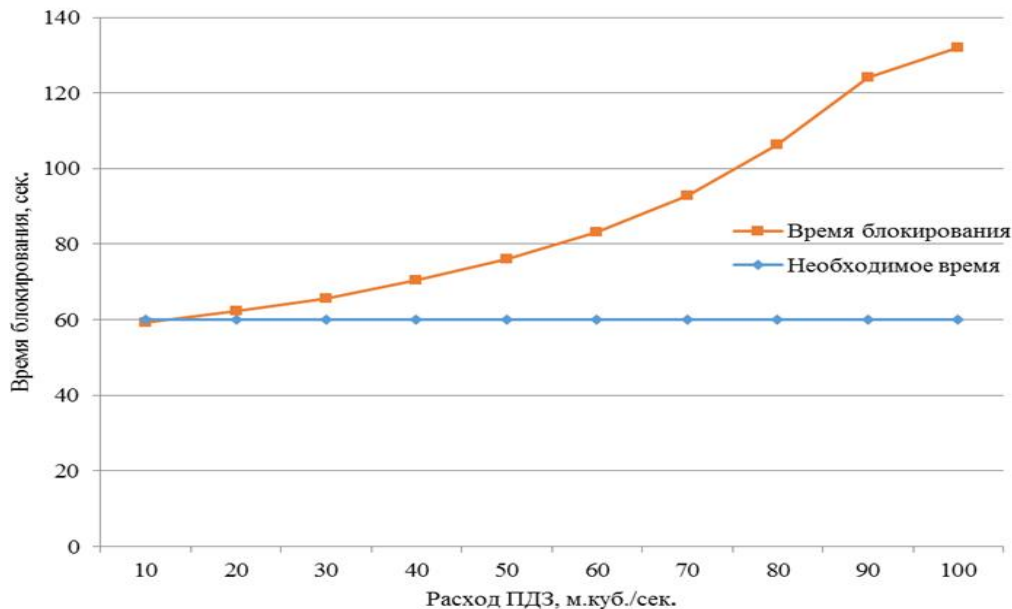


Рисунок 9. Время блокирования путей эвакуации в расчетных точках Рт\_1, Рт\_2 и время, необходимое для безопасной эвакуации людей с технологических площадок для системы 2

Из данных рисунка 10 видно, что совмещение графиков произошло около значения расхода 55 м<sup>3</sup>/с. Данное и последующие (большие) значения расхода предложенных клапанов дымоудаления

удовлетворяют требованиям пожарной безопасности и позволяют обеспечить безопасную эвакуацию людей из производственного помещения при пожаре.

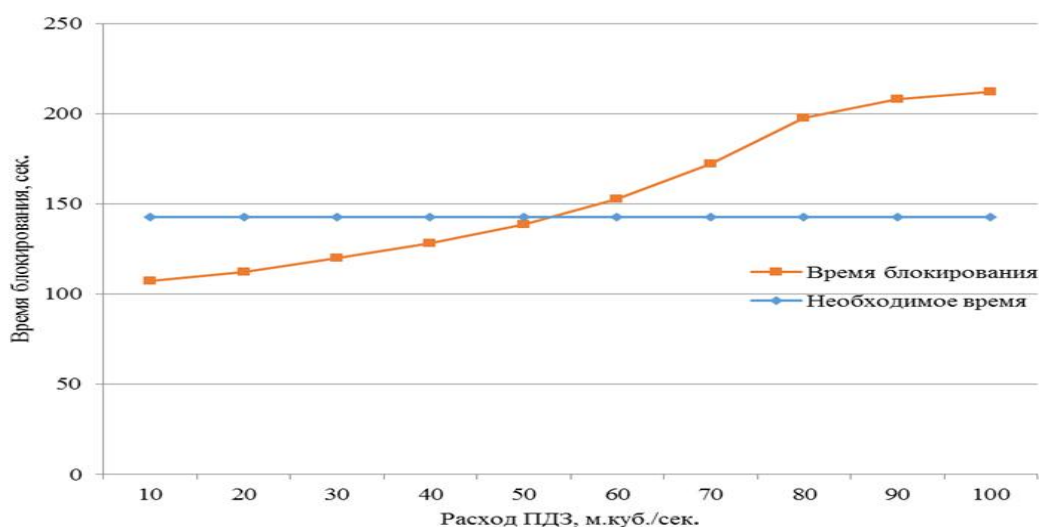


Рисунок 10. Время блокирования путей эвакуации в расчетных точках Рт\_3, Рт\_4, Рт\_5 и время, необходимое для безопасной эвакуации людей из производственного помещения для системы 2

На основании моделирования динамики пожара для системы 2 построены регрессионные уравнения, позволяющие описать значение времени блокирования эвакуационных путей в расчетных точках в среднем факторном пространстве. Времена достижения каждым опасным фак-

тором пожара его предельно допустимого значения представлено в виде полиномиальных зависимостей третьей степени и сведено для расчетных точек РТ\_1 и РТ\_2 в систему (1), а для расчетных точек РТ\_3, РТ\_4, РТ\_5 в систему (2).

$$t_{\text{бл РТ1,2}} = \min \left[ \begin{array}{l} t_{\text{кр}}^T = -0,0033 \cdot x^3 + 1,1037 \cdot x^2 - 1,453 \cdot x + 75,5; R^2 = 0,9944 \\ t_{\text{кр}}^{O_2} = -0,0033 \cdot x^3 + 1,1037 \cdot x^2 - 1,453 \cdot x + 75,5; R^2 = 0,9944 \\ t_{\text{кр}}^{CO} = -0,0033 \cdot x^3 + 1,1037 \cdot x^2 - 1,453 \cdot x + 75,5; R^2 = 0,9944 \\ t_{\text{кр}}^{CO_2} = 1,4889 \cdot x^3 - 56,442 \cdot x^2 + 596,3 \cdot x + 542,8; R^2 = 0,9058 \\ t_{\text{кр}}^{HCL} > 2400 \\ t_{\text{кр}}^{AT} = -0,2902 \cdot x^3 + 5,6066 \cdot x^2 - 14,8 \cdot x + 146,83; R^2 = 0,9907 \\ t_{\text{кр}}^V = -0,0033 \cdot x^3 + 1,1037 \cdot x^2 - 1,4536 \cdot x + 76,5; R^2 = 0,9944 \end{array} \right]; (1)$$

$$t_{\text{бл РТ3,4,5}} = \min \left[ \begin{array}{l} t_{\text{кр}}^T = -14,995 \cdot x^3 + 271,05 \cdot x^2 - 1103 \cdot x + 1386,4; R^2 = 0,8892 \\ t_{\text{кр}}^{O_2} = -18,185 \cdot x^3 + 295,01 \cdot x^2 - 1026,3 \cdot x + 1215,5; R^2 = 0,9004 \\ t_{\text{кр}}^{CO} = -11,8 \cdot x^3 + 159,97 \cdot x^2 - 233,83 \cdot x + 338,9; R^2 = 0,8802 \\ t_{\text{кр}}^{CO_2} = 1,4889 \cdot x^3 - 56,442 \cdot x^2 + 596,3 \cdot x + 542,8; R^2 = 0,9058 \\ t_{\text{кр}}^{HCL} > 2400 \\ t_{\text{кр}}^{AT} = -0,2902 \cdot x^3 + 5,6066 \cdot x^2 - 14,8 \cdot x + 146,83; R^2 = 0,9907 \\ t_{\text{кр}}^V = -15,635 \cdot x^3 + 248,12 \cdot x^2 - 789,41 \cdot x + 998,3; R^2 = 0,9117 \end{array} \right]; (2)$$

где  $x$  – суммарный расход восьми дополнительных вентиляторов противодымной вентиляции, м<sup>3</sup>/с;

$R^2$  – достоверность аппроксимации полученной математической модели к исходным данным.

Расчет фактического времени эвакуации был произведен на основе моделирования процесса эвакуации с использованием имитационно-стохастической модели. Схема представлена на рисунке 11.



Рисунок 11. Расчетная схема процесса эвакуации из производственного помещения

Процесс эвакуации показан на рисунках 12-14.

В ходе моделирования процесса эвакуации из производственного помещения установлено фактическое (расчетное) время эвакуации:

- через «Выход\_01» – 1,83 мин (6 чел.),

- через «Выход\_03» – 2,38 мин (18 чел.);

- через «Выход\_04» – 2,00 мин (16 чел.).

Максимальное время выхода из помещения 2,38 мин (фактическое время эвакуации через «Выход\_03»).

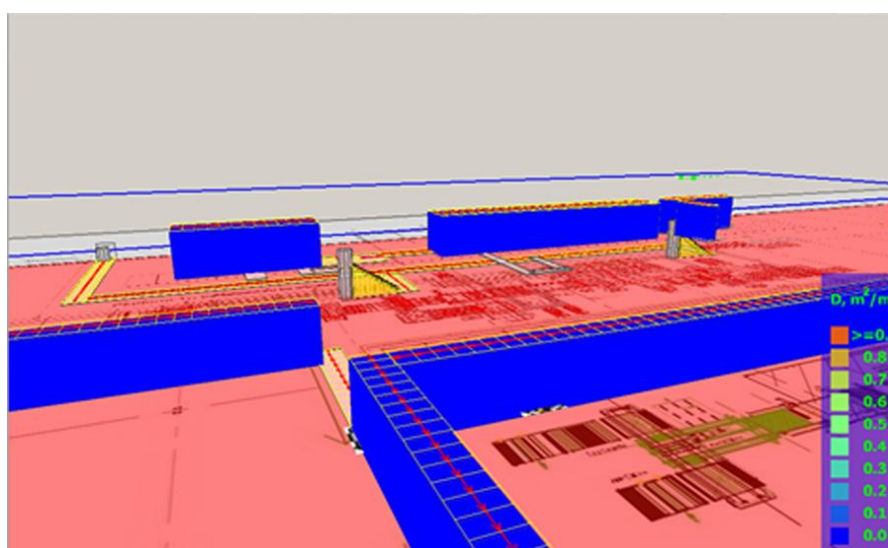


Рисунок 12. Моделирование процесса эвакуации из производственного помещения – начало эвакуации



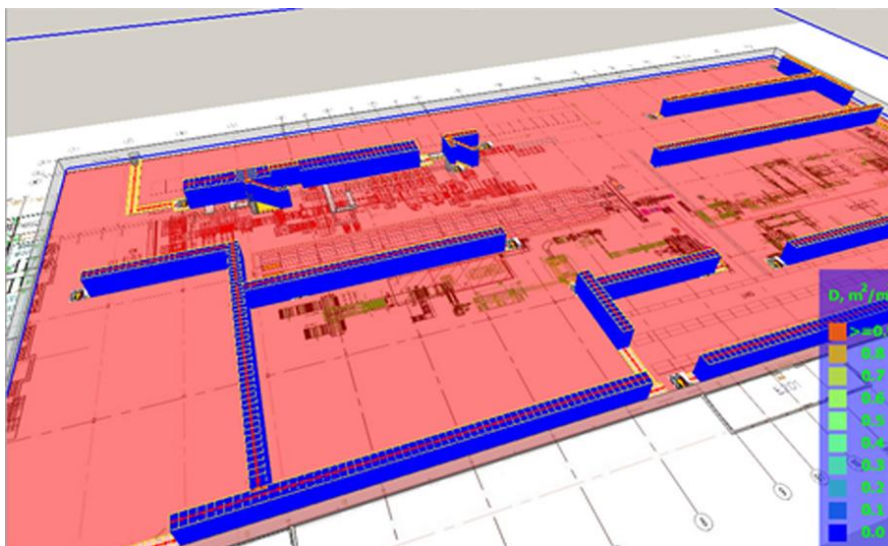


Рисунок 13. Моделирование процесса эвакуации из производственного помещения – движение по эвакуационным проходам

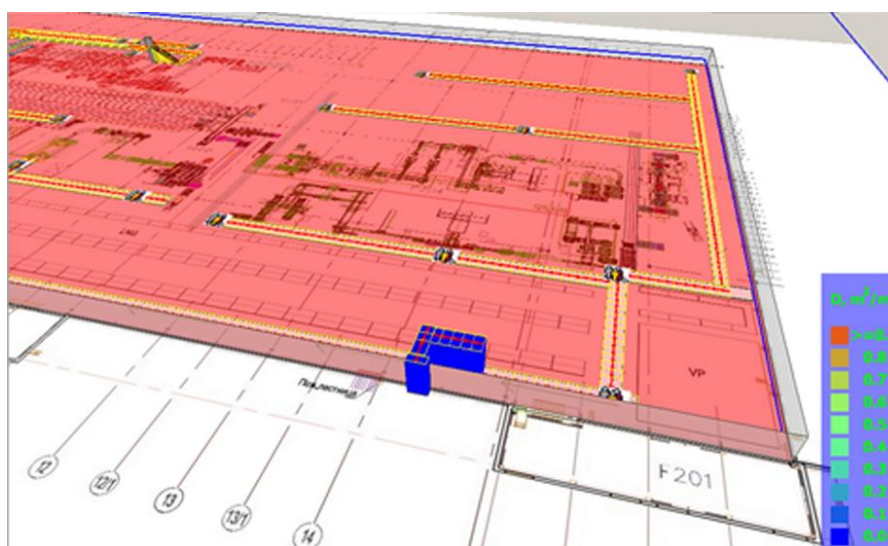


Рисунок 14. Моделирование процесса эвакуации из производственного помещения – завершение эвакуации

Для обоснования необходимости и достаточности предложенных в ходе работы противопожарных мероприятий произведен расчет величины индивидуального пожарного риска в производственном помещении [5-6] для двух исследованных сценариев пожара.

Установлено, что величина индивидуального пожарного риска для первого сценария  $9,3 \cdot 10^{-4}$  превышает нормативное значение, установленное Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017). Это в очередной раз

доказывает выдвинутую базовую гипотезу и указывает на необходимость разработки дополнительных противопожарных мероприятий.

Величина индивидуального пожарного риска для второго сценария  $9,3 \cdot 10^{-7}$  ниже нормативного значения, установленного Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017), что обосновывает достаточность предложенных в работе технических решений для обеспечения безопасной эвакуации людей из производственного помещения.

На основании результатов проведенных исследований собственнику завода по производству ламинированных напольных покрытий было рекомендовано переработать специальные технические условия и предусмотреть следующие противопожарные мероприятия в производственном помещении завода:

- разделить производственное помещение на дымовые зоны, отделив противопожарными шторами зону высотного хранения от производственной линии;

- добавить вторую эвакуационную лестницу с технологической площадки, расположенной в непосредственной близости с зоной высотного хранения;

- добавить два эвакуационных выхода из производственного помещения непосредственно наружу;

- добавить восемь клапанов (люков) дымоудаления, суммарной производительностью не менее 55 м<sup>3</sup>/с, расположенных над технологической площадкой и в дымовых зонах.

#### Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22.07.08 № 123-ФЗ // Российская газета. 2008. № 163; Собр. законодательства РФ. 2008. № 30 (Ч. I). Ст. 3579.
2. СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям: свод правил; утв. Приказом МЧС России от 24.04.2013 № 288.
3. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы: свод правил; утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 № 171.
4. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств их тушения: справочник в 2 ч.; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Пожнаука, 2004. Ч. 1. 713 с. Ч. 2. 774 с.
5. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 (ред. от 14.12.2010): зарегистрирован в Минюсте РФ 17.08.2009 № 14541.
6. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». М.: ВНИИПО, 2014. 247 с.

#### References

1. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: feder. zakon ot 22.07.08 №123-FZ // Rossijskaya gazeta. 2008. № 163; Sobr. zakonodatel'stva RF. 2008. № 30 (Ch. I). St. 3579.
2. SP 4.13130.2013 Sistemy protivopozharnoj zashchity. Ogranichenie rasprostraneniia pozhara na ob'ektakh zashchity. Trebovaniia k ob'emno-planirovochnym i konstruktivnym resheniiam: svod pravil; utv. Prikazom MCHS Rossii ot 24.04.2013 № 288.
3. SP 1.13130.2009 Sistemy protivopozharnoj zashchity. Evakuatcionnye puti i vykhody: svod pravil; utv. Prikazom MCHS Rossii ot 25.03.2009 № 171.
4. Korol'chenko A.IA., Korol'chenko D.A. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstv ikh tusheniia: spravochnik v 2 ch.; 2-e izd., pererab. i dop. M.: Pozhnauka, 2004. Ch. 1. 713 s. Ch. 2. 774 s.
5. Ob utverzhenii metodiki opredeleniia raschetnykh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennykh ob'ektakh: prikaz MCHS Rossii ot 10.07.2009 № 404 (red. ot 14.12.2010): zaregistrovan v Miniuste RF 17.08.2009 № 14541.
6. Posobie po primeneniiu "Metodiki opredeleniia raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniiax, sooruzheniiax i stroeniiax razlichnykh klassov funktsional'noi pozharnoi opasnosti". M.: VNIPO, 2014. 247 s.

УДК 614.84

pavel\_zykov@inbox.ru

**ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В РЕЗЕРВУАРАХ АЗС ПОСЛЕ ФЛЕГМАТИЗАЦИИ ТВЕРДЫМ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА****CHANGE OF OXYGEN CONTENT IN FUEL TANKS OF GAS STATIONS AFTER FLEGMATIZATION BY SOLID CARBON DIOXIDE**

*Зыков П.И., кандидат технических наук,  
Корнилов А.А., кандидат технических наук,  
Бородин А.А., кандидат технических наук,  
Сатюков Р.С., кандидат технических наук,  
Халимов Е.В.,*

*Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Zykov P.I., Kornilov A.A., Borodin A.A., Satyukov R.S., Khalimov E.V.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service  
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В целях совершенствования способа обеспечения пожарной безопасности огневых и аварийно-ремонтных работ на топливных емкостях АЗС посредством флегматизации твердым диоксидом углерода исследован процесс изменения содержания кислорода в зафлегматизированном объеме горизонтального резервуара.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, огневые работы, резервуары АЗС, флегматизация, твердый диоксид углерода, концентрация кислорода.

In order to improve the method of ensuring fire safety of fire and emergency repair work on fuel tanks of gas stations by phlegmatization with solid carbon dioxide, the process of changing the oxygen content in inert volume of a horizontal tank has been investigated.

*Keywords:* fire safety, fire works, gas station tanks, phlegmatization, solid carbon dioxide, oxygen concentration.

Стальной горизонтальный резервуар (далее – РГС) является одним из многочисленных емкостных аппаратов, предназначенных для хранения нефтепродуктов на распределительных нефтебазах, в расходных складах топлива объектов различного функционального назначения, в частности на автозаправочных станциях.

В процессе эксплуатации РГС часто возникает необходимость в проведении ремонтных и аварийно-ремонтных работ, которые, в свою очередь, являются

пожаровзрывоопасными технологическими операциями (рис. 1).

Анализ обстоятельств регулярно возникающих пожаров и взрывов ремонтируемых РГС, которые часто сопровождаются гибелью и травмами людей, позволяет сделать вывод об отсутствии или некачественной очистке РГС от остатков нефтепродукта, что согласно традиционной технологии подготовки резервуара к ремонту является обязательным мероприятием.



Рисунок 1. Примеры последствий взрыва наземного и подземного РГС в период их ремонта [1]

К одному из перспективных направлений обеспечения пожаровзрывобезопасности (ПВБ) ремонтных работ на емкостных аппаратах следует отнести флегматизацию инертными газами, основанную на снижении в защищаемом объеме содержания кислорода до безопасных значений (менее 6 % (об.)), что не требует проведения полной очистки РГС от остатков хранимой углеводородной среды.

Применительно к РГС одним из эффективных является способ флегматизации твердым гранулированным диоксидом углерода (ТГДУ) [2], т. е. инертным газом  $\text{CO}_2$  только в твердом фазовом состоянии посредством его загрузки в защищаемый объем на сублимацию (рис. 2).

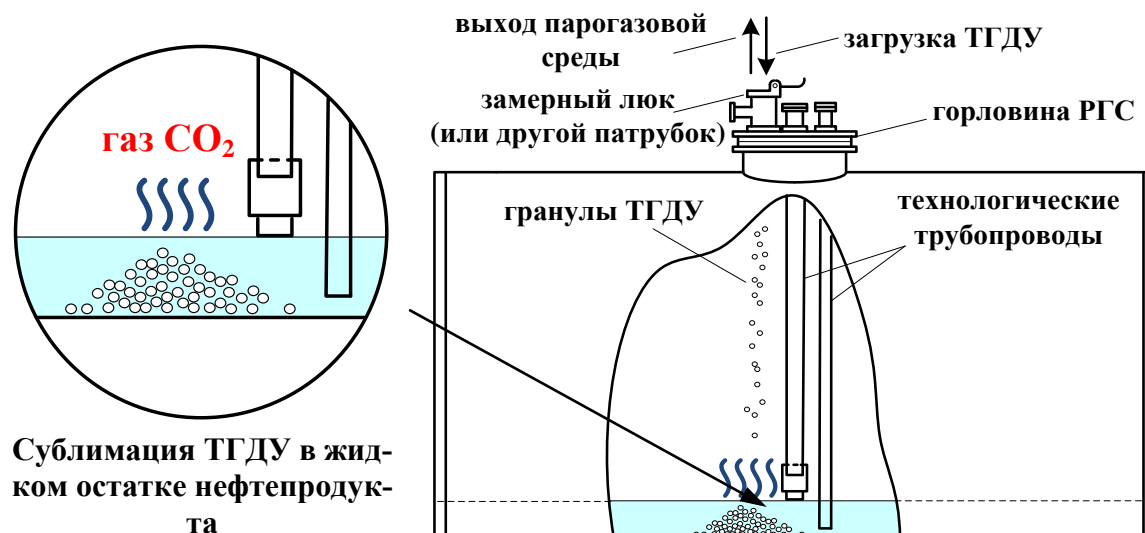


Рисунок 2. Принципиальная схема флегматизации РГС с остатком жидкого нефтепродукта ТГДУ

Одним из важных вопросов при проведении ремонтных работ является поддержание в резервуаре безопасной концентрации окислителя после оконча-

ния процесса флегматизации, в том числе при наличии негерметичности или вынужденной разгерметизации его объема [3].

В связи с этим в ходе проводимых исследований способа флегматизации ТГДУ ставилась задача по экспериментальной оценке изменения содержания кислорода в зафлегматизированном объеме РГС при открытом и закрытом патрубке выхода парогазовой среды (далее – ПГС) из резервуара.

Измерение концентрации кислорода производилось посредством измерительного комплекса и кислородных датчиков, размещенных в разных точках внутреннего объема РГС емкостью 1,6 м<sup>3</sup>. Внешний вид экспериментального резервуара и схема размещения датчиков кислорода в его объеме представлены на рисунке 3.



Рисунок 3. Внешний вид РГС-1,6 м<sup>3</sup> и схема размещения датчиков концентрации кислорода (11 шт.) в экспериментальном объеме

Установлено, что при флегматизации ТГДУ не зависимо от его расхода концентрация кислорода в сходственные моменты времени в каждой контролируемой точке одной горизонтальной плоскости объема РГС имеет практически одинаковые значения. В связи с этим для общего представления снижения концентрации кислорода при флегматизации ТГДУ найдена средняя величина концентраций кислорода для каждой горизонтальной плоскости, обозначенной соответствующим цветом (рис. 4).

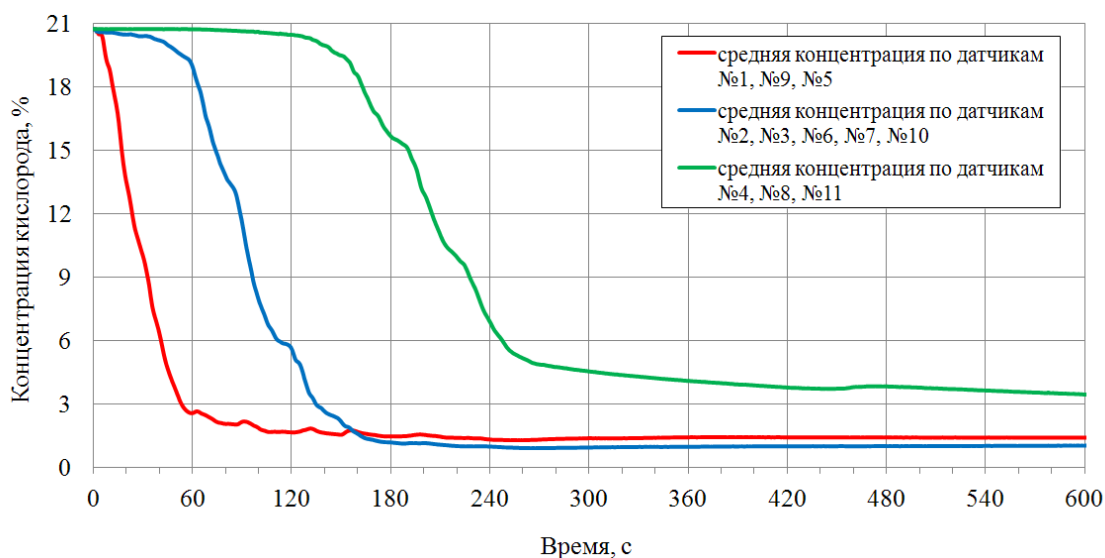


Рисунок 4. Динамика средних концентраций кислорода в ходе флегматизации РГС

Процесс диффузии ПГС после окончания флегматизации при закрытом выпуском патрубке РГС можно характеризовать стремлением средних концентраций кислорода в горизонтальных плоскостях зафлегматизированного объема принять среднееобъемное значение в течение времени (рис. 5).

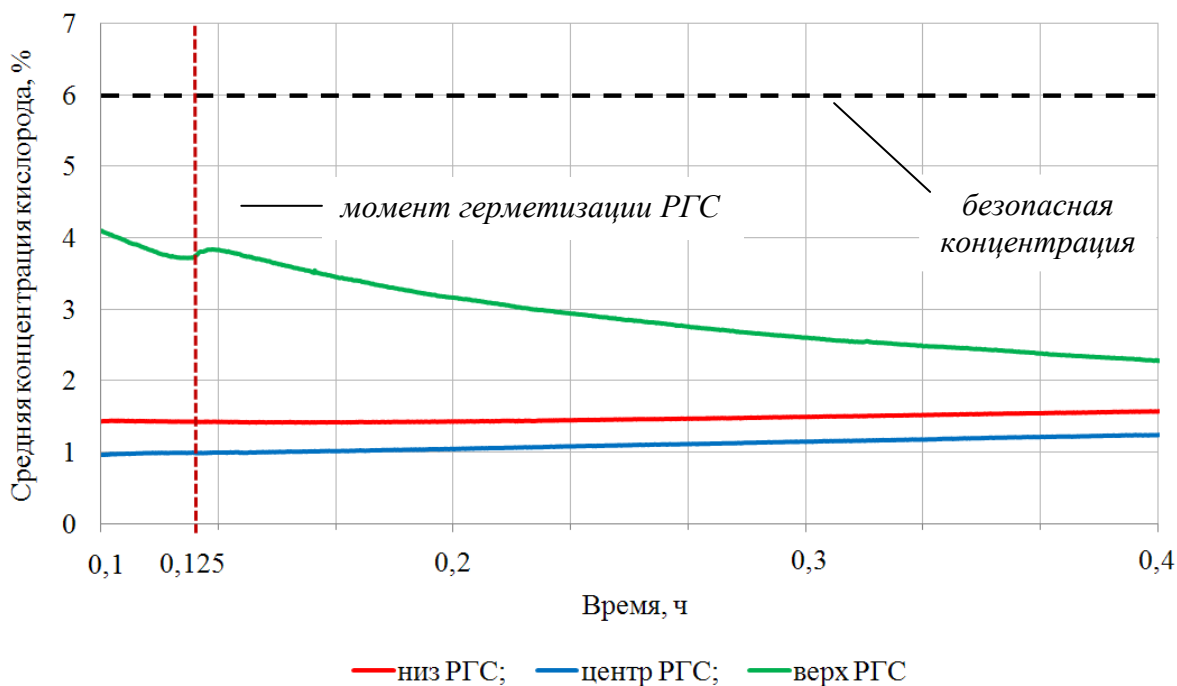


Рисунок 5. Динамика концентраций кислорода в герметизированном объеме РГС после окончания флегматизации (после 0,1 ч с момента начала загрузки ТГДУ)

В случае с открытым патрубком процесс диффузии характеризуется относительно медленным повышением сред-

них концентраций кислорода в горизонтальных плоскостях экспериментального объема (рис. 6).

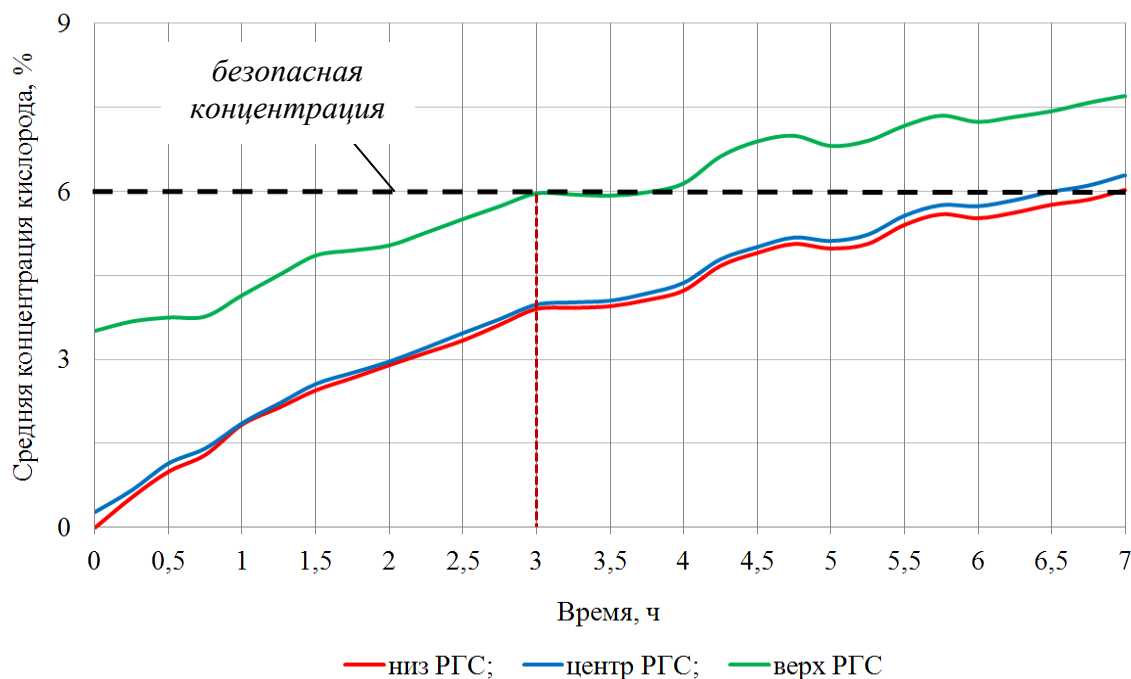


Рисунок 6. Динамика концентраций кислорода при открытом патрубке объема РГС после окончания флегматизации

В соответствии с данными (см. рис. 6) средняя концентрация кислорода в верхней части РГС приравняется к безопасному значению через 3 часа, в то время как в центральной и нижней части РГС это значение достигается через 6,5 часа. Волнообразный вид графиков свидетельствует о наличии процесса инфильтрации кислорода воздуха через патрубков РГС.

Представленные данные позволяют приблизительно оценить, в течение какого времени среда в РГС является безопасной при локальном нарушении герметичности в области горловины РГС, а также оценить периодичность дополни-

тельной загрузки ТГДУ в целях поддержания ПВБ содержания кислорода в защищаемом объеме.

Важно знать, насколько повысится концентрация кислорода в зафлегматизированном объеме РГС после откачки жидкого остатка нефтепродукта. Согласно представленным данным на рис. 7, после полного слива нефтепродукта в количестве, соответствующем минимальному уровню разлива (0,15 м), средняя концентрация кислорода вверху резервуара повышается не более чем на 2 % (об.) при начальной концентрации равной ~ 0 % (об.).

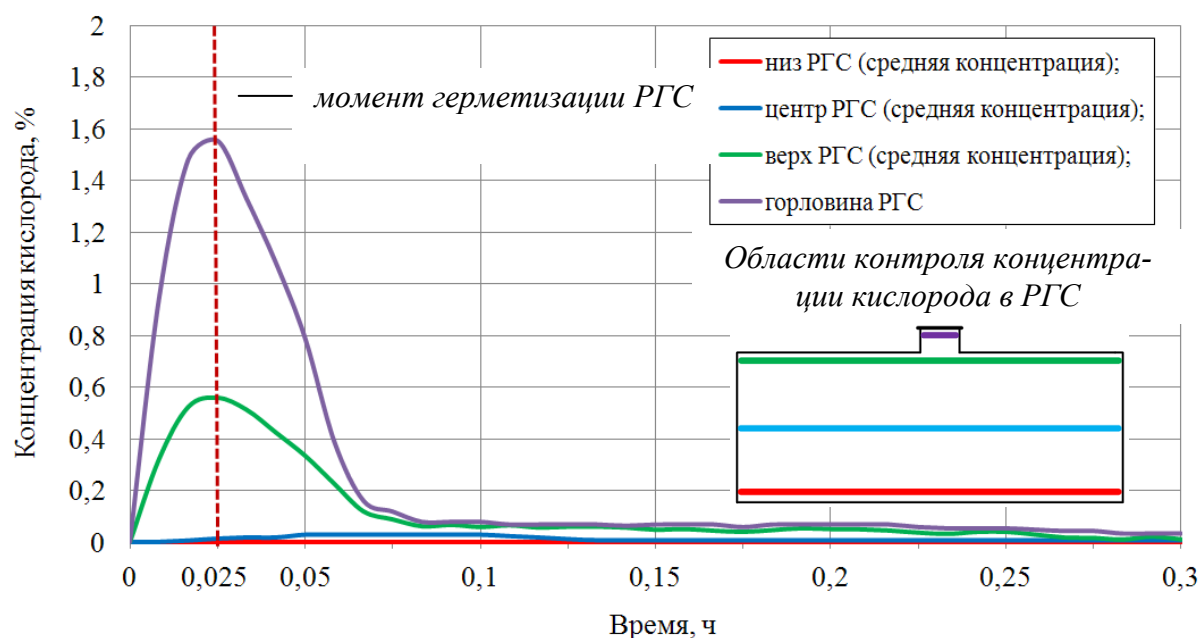


Рисунок 7. Динамика концентраций кислорода при сливе жидкого остатка нефтепродукта из РГС после флегматизации ТГДУ и последующей герметизации резервуара (за начало отсчета принято время начала слива нефтепродукта)

За счет сил диффузии с соблюдением герметичности резервуара концентрация кислорода в верхней части РГС принимает среднеобъемное значение. С практической точки зрения, целесообразно

осуществлять контроль концентрации кислорода в наивысшей точке объема РГС в период слива минимального остатка нефтепродукта и после герметизации РГС.

#### Литература

1. Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2011. № 2 (53). 27 с. URL: <http://ib.safety.ru/assets/pdf>.
2. Способ подготовки горизонтальных резервуаров для светлых нефтепродуктов к проведению ремонтных огневых работ: патент №2501585 Российская Федерация / П.И. Зыков, А.А. Корнилов; опубл. 2013, Бюл. № 35. 13 с.

3. Булгаков В.В. Обеспечение пожаровзрывобезопасности огневых аварийно-ремонтных работ на резервуарах способом флегматизации: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Булгаков Владислав Васильевич. М., 2001. 236 с.

#### References

1. Informatsionnyy byulleten Federalnoy sluzhby po ekologicheskomu. tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. 2011. № 2 (53). 27 s. URL: <http://ib.safety.ru/assets/pdf>.

2. Sposob podgotovki gorizontalnykh rezervuarov dlya svetlykh nefteproduktov k provedeniyu remontnykh ognevykh работ: patent №2501585 Rossiyskaya Federatsiya / P.I. Zikov. A.A. Kornilov; opubl. 2013. Byul. № 35. 13 s.

3. Bulgakov V.V. Obespecheniye pozharovzryvobezопасности ognevykh avariyno-remontnykh работ na rezervuarakh sposobom flegmatizatsii: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.26.03 / Bulgakov Vladislav Vasilyevich. M., 2001. 236 s.



УДК 614.841.41

demafa@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ  
КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИХ СВОЙСТВ****STUDY OF MODIFIED POLYMERIC COMPOSITIONS  
TO IMPROVE THEIR PROPERTIES**

*Иванов А.В., кандидат технических наук, доцент,  
Скрипник И.Л., кандидат технических наук, доцент,  
Дементьев Ф.А., кандидат технических наук, доцент,  
Ловчиков В.А., доктор химических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург*

*Ivanov A.V., Skrypnyk I.L., Dementiev F.A., Lovchikov V.A.,  
Saint-Petersburg University of state fire service  
of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg*

В статье представлены результаты анализа эффективности использования разных растворителей для получения эпоксидных клеев, модифицированных с помощью депонирования в них углеродных нанотрубок и воздействия переменного частотно-модулированного сигнала. Приведен сравнительный анализ результатов термического анализа (термогравиметрии) эпоксидной смолы с двумя видами модифицированных отвердителей.

*Ключевые слова:* клей, растворитель, углеродная нанотрубка, переменный частотно-модулированный сигнал, ацетон, этанол, ультразвук, модификация, термогравиметрический анализ.

The article studies the properties of solvents to obtain the best characteristics of epoxy adhesives by depositing carbon nanotubes in them and exposure to variable frequency-modulated signal. The analysis of thermogravimetric curves of epoxy resin with two types of modified hardeners was performed.

*Keywords:* glue, solvent, carbon nanotube, variable frequency-modulated signal, acetone, ethanol, ultrasound, modification, thermogravimetric curve.

В настоящее время проблема тепловой защиты технологического оборудования остается актуальной в любом технологическом процессе и производстве.

Большое число аварий происходит по причине снижения характеристик надежности оборудования. Из них выделяются неисправности, связанные со способами соединения магистральных трубопроводов с помощью сварочного оборудования и др., которые проявляются посредством формирования сгустков напряжений в элементах конструкций.

Предлагаемый в данной статье способ соединения с помощью эпоксид-

ных клеев уменьшает эти недостатки. В результате получается оптимальная конструкция с минимальным количеством микротрещин.

Для того чтобы продлить время работоспособности соединения в условиях пожара, необходимо разработать новые виды эпоксидных клеев, которые могут работать при повышенной температуре и воздействии открытого пламени.

**Исследование растворителей, депонированных углеродными нанотрубками (УНТ)**

Растворители играют важную роль в производстве эпоксидных клеев. Их добавление в состав композиции ускоряет

отверждение клеев. Для повышения эксплуатационных характеристик эпоксидного клея, растворители могут быть депонированы УНТ [1]. Для достижения этого необходимо, чтобы нанотрубки равномерно распределились по всему объему, а размер их скоплений стремился к 10 нм. Для достижения подобного эффекта, во время депонирования растворители подвергаются термическому и ультразвуковому воздействию в ультразвуковой пушке или ванне.

Для эпоксидных клеев применяют растворители: спирт, ксилол, ацетон и др. Их количество не должно превышать 3- 5 % объема сухой смолы [2].

Для того чтобы рассмотреть в объеме какого растворителя УНТ расположены наиболее равномерно с наименьшими частицами, применяют атомно-силовую микроскопию (АСМ-анализ), которая основана на межмолекулярном взаимодействии веществ, под воздействием сил Ван-дер-Ваальса. На установке NT-MDT NTEGRA Spectra полуконтактным методом определялся рельеф поверхности растворителей, депонированных астраленами, которые использовались в качестве УНТ.

Цель эксперимента заключалась в выборе наиболее подходящего раствори-

теля между ацетоном и этанолом. В оба выбранных растворителя добавлялись УНТ в двух концентрациях: 0,5 и 1% от массы. Полученные смеси обрабатывались ультразвуком в ультразвуковой ванне в течение одного часа. Это должно было обеспечить равномерное распределение УНТ по объему вещества с наименьшими размерами наночастиц, что, создавая наилучший их контакт с молекулами вещества, должно приводить к улучшению характеристик эпоксидного клея.

В первую очередь был исследован ацетон.

Полученные результаты (рисунок 1) показали, что при обработке растворителя (ацетона) ультразвуком (+У), скопления наночастиц становятся меньше, чем без обработки (Б/У). Они равномернее распределяются по объему вещества, не образуя крупных скоплений, смесь становится более однородной. Средний размер частиц в случае отсутствия обработки ультразвуком составил 1000 нм, после обработки растворителя ультразвуком – 400 нм.

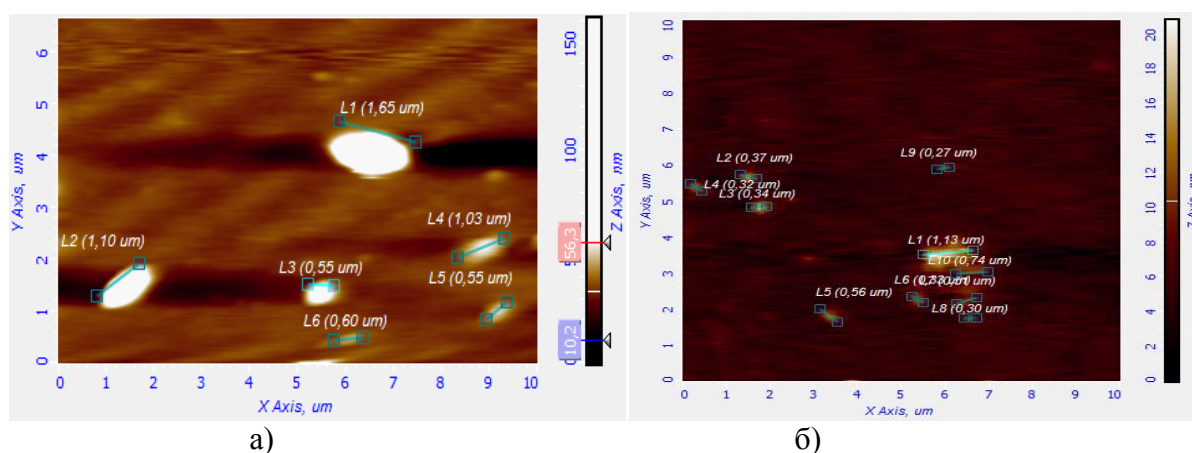


Рисунок 1. Сканы следов УНТ с помощью АСМ (концентрация 0,5 масс. %) в ацетоне: а – Б/У; б – +У

При повышении концентрации УНТ скопления наночастиц имеют мень-

шие размеры также при обработке ультразвуком (рисунок 2). Средний размер

скопления для образцов без ультразвукового воздействия - 690 нм, а у образца

при обработке ультразвуком - 420 нм.

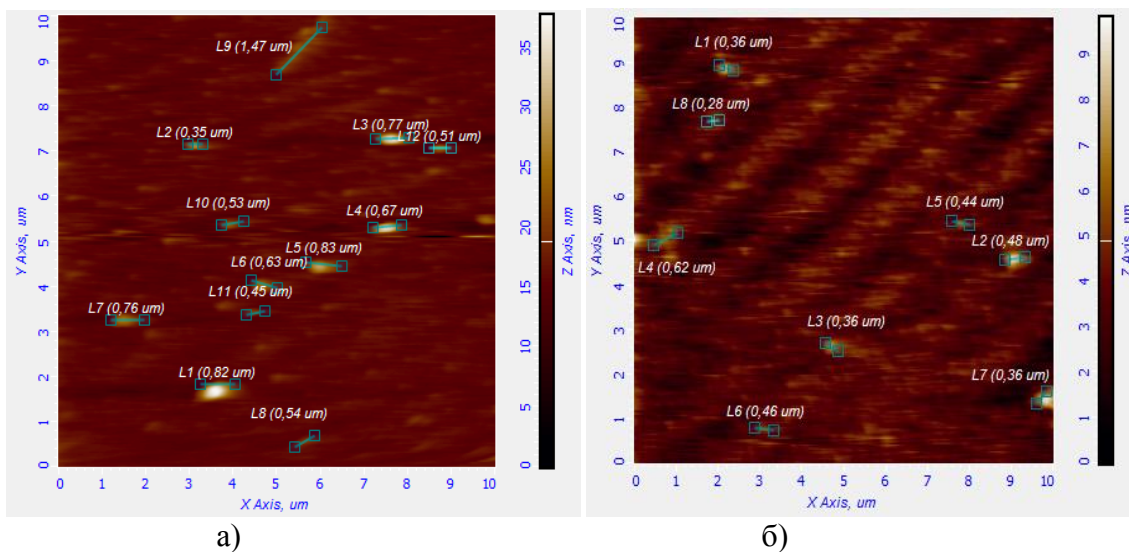


Рисунок 2. Сканы следов УНТ с помощью АСМ (концентрация 1,0 масс. %) в ацетоне: а – Б/У; б – +У

Затем было проведено сравнительное исследование образцов, на которые воздействовали ультразвуком, а также обрабатывали электрическим полем (+П), в качестве которого выступает переменный частотно-модулированный сигнал (ПЧМС) [3] (рисунок 3). В случае обработки средние размеры наночастиц

увеличиваются: без обработки они составляли 400 нм, после обработки – 991 нм. При повышении концентрации УНТ, образец, не обработанный электрическим полем, имеет размеры скопления наночастиц 420 нм, а при обработке электрическим полем они увеличиваются до 935 нм (рисунок 4).

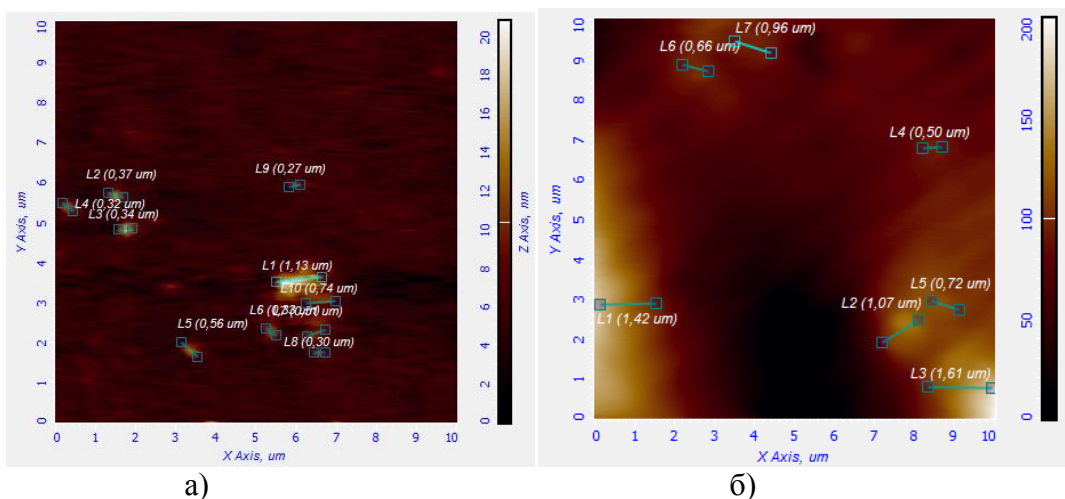


Рисунок 3. Сканы следов УНТ с помощью АСМ (концентрация 0,5 масс. %) в ацетоне: а – без обработки электрическим полем (Б/П); б – +П

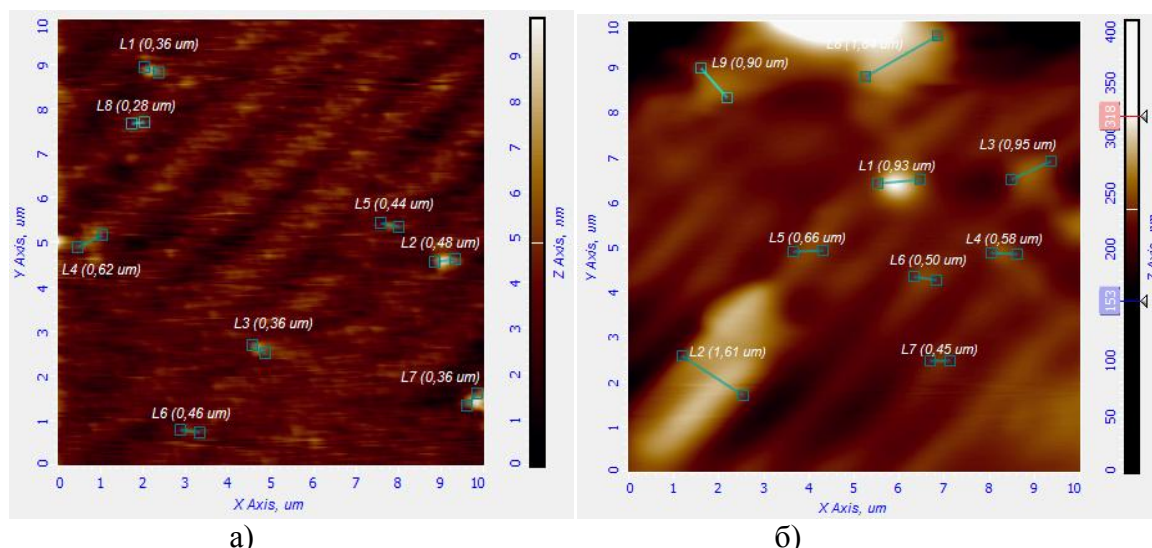


Рисунок 4. Сканы следов УНТ с помощью АСМ (концентрация 1,0 масс. %) в ацетоне: а – Б/П; б – +П

Сравнительные данные результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Сравнительная таблица зависимости размеров скоплений наночастиц в ацетоне от различных параметров модификации вещества

Ацетон	Размеры наночастиц (нм)	
	0,5 масс. %	1 масс. %
Концентрация УНТ		
Б/У; Б/П	1000	690
+У; Б/П	400	420
+П; +У	991	935

Полученные данные позволили сделать следующие выводы:

1. Обработка модифицированного растворителя ультразвуком ведет к более равномерному распределению наночастиц в объеме вещества (0,5 масс. %). Снижается неоднородность смеси.

2. При повышении концентрации УНТ (1,0 масс. %) скопления наночастиц, обработанных ультразвуком уменьшаются, но в меньших пределах, в следствие того, что структура нанотрубок имеет

сильные связи, для разрушения которых требуется дополнительное воздействие на смесь.

3. В то же время воздействие электрическим полем ведет к увеличению размеров скоплений наночастиц в веществе.

Следующим этапом стало исследование по аналогичной схеме этанола. Обобщенные результаты экспериментов показаны в таблице 2.

Таблица 2  
Сравнительная таблица зависимости размеров скоплений наночастиц в ацетоне от различных параметров модификации вещества

Ацетон	Размеры наночастиц (нм)	
	0,5 масс. %	1 масс. %
Концентрация УНТ		
Б/У; Б/П	1028	1352
+У; Б/П	953	237
+П; +У	1132	1322

Как видно из данных таблицы 2, результаты исследования этанола подтверждают данные полученные ранее для ацетона.

#### **Разработка рецептуры модификации эпоксидного клея**

Проводимые ранее исследования показали, что модификация эпоксидного клея углеродными наноконпонентами улучшает его эксплуатационные характеристики. При введении модификатора:

- снижается показатель горючести;
- увеличиваются прочностные характеристики полимерной матрицы после отверждения клеевого состава;
- уменьшается вязкость смеси и т. д.

В настоящей работе были проведены 2 эксперимента с различными компонентами эпоксидных клеев.

В первом эксперименте применялась эпоксидная смола марки ЭД-20 и смесь отвердителя № 1, депонированная УНТ (астроленами) в четырех концентрациях. Было исследовано 4 образца отвердителя марки № 1: с концентрацией нанотрубок 0 масс.%; 0,25 масс.%; 0,5 масс.%; 1 масс.%. Выбранные составы отвердителя № 1 смешивались с эпоксидной смолой ЭД-20, соотношение компонентов составляло: основа (эпоксидная смола) и отвердитель (№ 1) 10:2,7.

Второй эксперимент заключался в том, что в отвердитель (компонент ХТ – 119Б) добавлялись астролены в концентрации 0,07 масс.%. Соотношение компонентов в эпоксидной композиции было: основа (эпоксидная смола ХТ-119А) и отвердитель в пропорции 10:1.

Для равномерного распределения УНТ по объему компонента, модифицированный отвердитель № 1 обрабатывался ультразвуком в ультразвуковой ванне при температуре 90 °С.

Для депонирования отвердителя УНТ использовалась ультразвуковая пушка В01F11/0. Вследствие высокой скорости нагрева вещества, для качественного перемешивания смеси, отверди-

тель подвергался ультразвуковой обработке четыре раза с промежутками между подходами в 10 минут. В результате была получена смесь депонированного отвердителя с концентрацией астроленов 0,07 масс. %.

Подготовленный отвердитель смешивали с эпоксидной смолой и оставляли на сутки до полного затвердевания.

#### **Термический анализ эпоксидного клея, модифицированного УНТ**

После затвердевания клея был проведен эксперимент на изменение показателя горючести в установке «Termoscan-2» с помощью дифференциально термического анализа (ДТА), заключающийся в измерении температуры, теплоты и величин потери веса образца при нагреве с постоянной скоростью. Данный метод нашел широкое применение при исследовании самых разных материалов в экспертизе пожаров [4, 5]. Прибор состоит из нагревательного элемента, тигля с эталоном, тигля с испытуемым образцом и регистрирующего разницу температур устройства.

Для эпоксидного клея без добавления УНТ, температура начала разложения составила 225 °С, а для эпоксидного клея с добавлением УНТ – 257 °С. Разница температур составила 32 °С. Таким образом, в модифицированном образце начало термической деструкции происходит при более высоких температурах по сравнению с чистым клеем. Пик, при котором воспламеняется модифицированный образец наблюдается при температуре 352 °С, в то время, как исходный образец загорается при меньшей температуре (285 °С). Также, в модифицированном образце полное прекращение экзотермических реакций наблюдаются при температуре 390 °С, а в чистом – при температуре 378 °С. Сравнительный анализ данных образцов показал, что добавление наночастиц в концентрации 0.25 масс.% снижает характеристики горючести клеевого состава на основе эпоксидной смолы (таблица 3).

Таблица 3

Влияние наночастиц на горючесть клеевого состава

Образцы	Содержание наночастиц, масс%	
	0	0,25
T °C начала термической деструкции	225	257
T °C воспламенения вещества	285	352
T °C окончания экзотермических процессов	378	390

Депонирование большим количеством нанотрубок не всегда ведет к повышению качественных характеристик вещества. Так, например, клей с концентрацией УНТ 0,25 масс. % имеет более низкий показатель горючести, по сравнению с образцом с концентрацией УНТ 0,5 масс. %. Температура, при которой

происходит активация молекул образца «б», составляет 235 °C, в то время, как у образца «а» эта температура равна 257 °C. Следовательно, прекращение экзотермических реакций в образце с меньшей концентрацией наблюдается при более высоких температурах 390 °C и 377 °C соответственно (таблица 4).

Таблица 4

Данные исследования клеевого состава на показатель горючести

Характеристика	Содержание нанотрубок в отвердителе, масс. %			
	0	0,25 «а»	0,50 «б»	1,0
T °C начала термической деструкции	225	257	235	225
T °C воспламенения вещества	285	352	285	286
T °C окончания экзотермических процессов;	378	390	377	378
Дельта температуры от начала термической деструкции до воспламенения °C	2,4	4,6	1,8	1,2

Анализ результатов термического анализа исходного образца эпоксидного клея и модифицированного УНТ с концентрацией 1 масс.% (таблица 4) показал, что показатели горючести, начала термических деструкций и прекращение экзотермических реакций практически идентичны.

Добавление УНТ в эпоксидную смолу ХТ-119А с отвердителем ХТ-119Б приводит к увеличению температуры начала разложения на 24 °C. Несмотря на ряд преимуществ, модифицированный образец горит более интенсивно, о чем свидетельствует большая потеря массы.

Сравнение необработанного и обработанного образцов ПЧМС, при 0 масс.%. УНТ показывает преимущество последнего. Температура воспламенения становится равной 256 °C и потеря массы снижается на 0,6 (таблица 5).

В то же время, характеристики модифицированного образца, обработанного электрическим полем почти не отличаются от такого же образца, без воздействия ПЧМС, т. е. обработка эпоксидной композиции, модифицированной УНТ электрическим полем практически не влияет на исследуемые показатели горючести и не приводит к увеличению термических свойств полимера.

Таблица 5

Данные исследования клеевого состава на показатель горючести

Характеристики	Образцы			
	«а» 0 масс. %.	0 масс. %. +П	«б» 0,07 масс. %. УНТ	0,07 масс. %. УНТ +П
Т °С начала термической деструкции	170	184	194	195
Т °С воспламенения вещества	250	256	260	256
Т °С окончания экзотермических процессов	330	347	360	360
Дельта температуры от начала термической деструкции до воспламенения °С	2,5	1,9	3,2	3,3

Анализ проведенных исследований показал, что:

1) наличие растворителя (аcetона, этанола и др.) в составе эпоксидного клея показывает целесообразность его отдельной подготовки. Модификация растворителей позволяет улучшить их характеристики до нужного состояния для депонирования в состав клея. Это позволяет повысить свойства клеевого состава;

2) этанол с концентрацией УНТ 1 масс. % имеет наименьшие размеры скоп-

лений нанотрубок (237 нм.) и более равномерное распределение наночастиц в объеме вещества по сравнению с ацетоном;

3) наилучшими показателями, характеризующими горючесть и уменьшение массы образца, обладают изделия модифицированного клея на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20 и смеси отвердителя № 1, в концентрациях 0,25 масс. % и 0,5 масс. % (таблица 6);

Таблица 6

Обобщенный анализ ТГ – кривых

Показатели	Образцы	Значения
Т °С начала термической деструкции	Модифицированный клей марки № 1 с концентрацией УНТ 0,25 масс. %	257
Т °С воспламенения вещества	Модифицированный клей марки № 1 с концентрацией УНТ 0,25 масс. %	352
Т °С окончания экзотермических процессов	Модифицированный клей марки № 1 с концентрацией УНТ 0,25 масс. %	390
Дельта температуры от начала термической деструкции до воспламенения °С	Модифицированный клей марки № 1 с концентрацией УНТ 1 масс. %	1,2

4) эпоксидная смола марки ХТ – 119А и отвердитель марки ХТ – 119Б, депонированный астраленами в концентрациях 0,07 масс. %, не приводит к значительному (существенному) улучшению характеристик модифицированного клея;

5) подготовка термостойкого клеевого состава в качестве эпоксидной смолы, представляющего собой депонирова-

ние отвердителя УНТ и обработкой его ультразвуком, позволит повысить эффективность тепловой защиты оборудования в условиях термического воздействия;

б) применение исследуемого клеевого состава снижает вероятность разрушения технологического оборудования, как следствие, разгерметизацию системы и утечку нефтепродуктов.

### Литература

1. Иванов А.В. и др. Научно-методические основы управления электростатическими свойствами жидких углеводородов для обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтегазового комплекса // Вестник Уральского института Государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. № 2 (19). С. 98-109.
2. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Исследование процессов электризации при обращении с модифицированными наножидкостями и лакокрасочными материала // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 107-112.
3. Азимов Д.С. и др. Физико-химические свойства и коллоидные особенности воды и акрилового гидрогеля при электрофизической модификации // Известия СПбГТИ(ТУ). 2018. № 47 (73). С. 57-61.
4. Принцева М.Ю. и др. Термический анализ при исследовании объектов судебной пожарно-технической экспертизы. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2018. 128 с.
5. Исследование гипса методом синхронного термического анализа для оценки температурного режима нагрева / Е.В. Наймушин, Ф.А. Дементьев, Д.Ю. Минкин // Технологии техносферной безопасности. 2013. № 6 (52). С. 9.

### References

1. Ivanov A.V. i dr. Nauchno-metodicheskiye osnovy upravleniya elektrostaticheskimi svoystva-mi zhidkikh uglevodorodov dlya obespecheniya pozharnoy bezopasnosti predpriyatij neftegazovogo kompleksa // Vestnik Uralskogo instituta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MChS Rossii. 2018. № 2 (19). S. 98-109.
2. Ivanov A.V., Skripnik I.L., Voronin S.V. Issledovaniye protsessov elektrizatsii pri obra-shchenii s modifitsirovannymi nanozhidkostyami i lakokrasochnymi materiala // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 3 (47). S. 107-112.
3. Azimov D.S. i dr. Fiziko-khimicheskiye svoystva i kolloidnyye osobennosti vody i akrilovogo gidrogelya pri elektrofizicheskoy modifikatsii // Izvestiya SPbGTI(TU). 2018. № 47 (73). S. 57-61.
4. Printseva M.Yu. i dr. Termicheskiy analiz pri issledovanii obyektov sudebnoy pozharnotekhnicheskoy ekspertizy. SPb.: Sankt-Peterburgskiy universitet GPS MChS Rossii. 2018. 128 s.
5. Issledovaniye gipsa metodom sinkhronnogo termicheskogo analiza dlya otsenki temperaturnogo rezhima nagreva / E.V. Naymushin, F.A. Dementyev, D.Yu. Minkin // Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. 2013. № 6 (52). S. 9.



УДК 004.942:614.841

sergey-subachev@yandex.ru

**РАСЧЕТ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА ОТ ТРУБОПРОВОДОВ  
С ГОРЮЧИМИ ЖИДКОСТЯМИ И ГОРЮЧИМИ ГАЗАМИ****CALCULATION OF POTENTIAL FIRE RISK FROM PIPELINES  
WITH FLAMMABLE LIQUID AND FLAMMABLE GASES**

*Карькин И.Н., кандидат физико-математических наук,  
Контарь Н.А., Pyrosim.ru, Екатеринбург,  
Субачев С.В., кандидат технических наук, доцент,  
Субачева А.А., кандидат педагогических наук,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Kar'kin I.N., Kontar N.A.,  
Pyrosim.ru, Yekaterinburg,  
Subachev S.V., Subacheva A.A.,  
Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе представлен алгоритм расчета потенциального пожарного риска вблизи трубопроводов с горючими жидкостями и газами, учитывающий равновероятное возникновение разгерметизации по всей длине трубопровода. Этот метод необходим при анализе пожарной опасности таких трубопроводов со значительной протяженностью. Алгоритм реализован в компьютерной программе PromRisk, предназначенной для расчета пожарных рисков на производственных объектах.

*Ключевые слова:* моделирование пожаров, расчет пожарного риска, пожарная опасность производственных объектов.

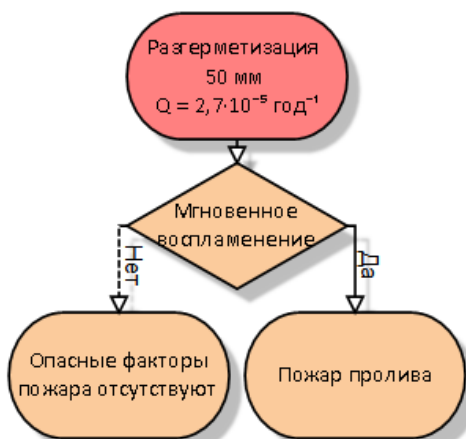
The paper presents an algorithm for calculating the potential fire risk near pipelines with flammable liquids and gases, taking into account the equally probable occurrence of depressurization along the entire length of the pipeline. This method is necessary when analyzing the fire hazard of such pipelines with a considerable length. The algorithm is implemented in the computer program PromRisk, designed to calculate fire risks at industrial facilities.

*Keywords:* modeling of fires, calculation of fire risk, fire hazard of industrial facilities.

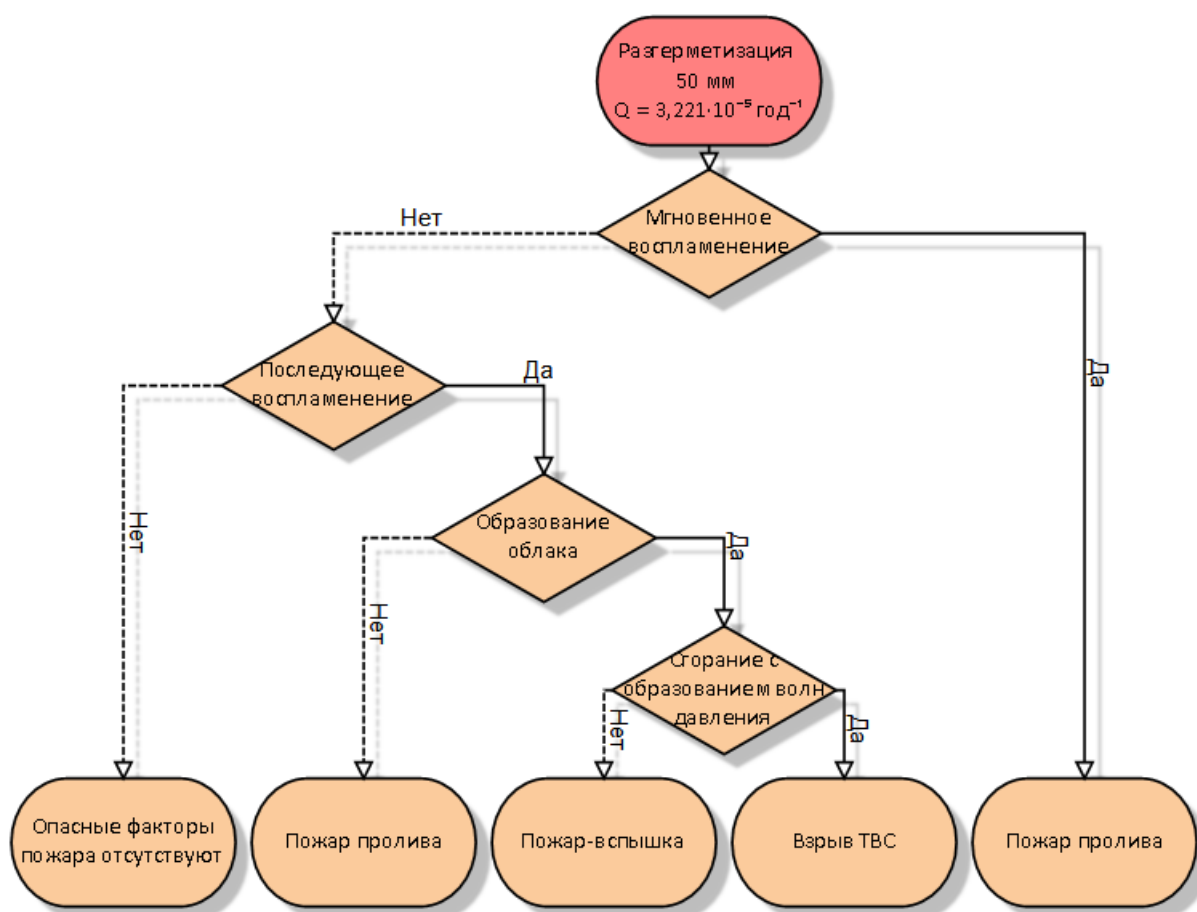
Согласно методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [1, 2] при расчете количества горючих веществ, выходящих из поврежденного трубопровода в результате аварии, в качестве инициирующих событий рассматривается возникновение утечек с разными диаметрами отверстий истечения, а также случай разрушения трубопровода (разгерметизация по всей площади сечения). Удельные

(по длине трубопровода) частоты этих событий приведены в таблице П1.2 [1].

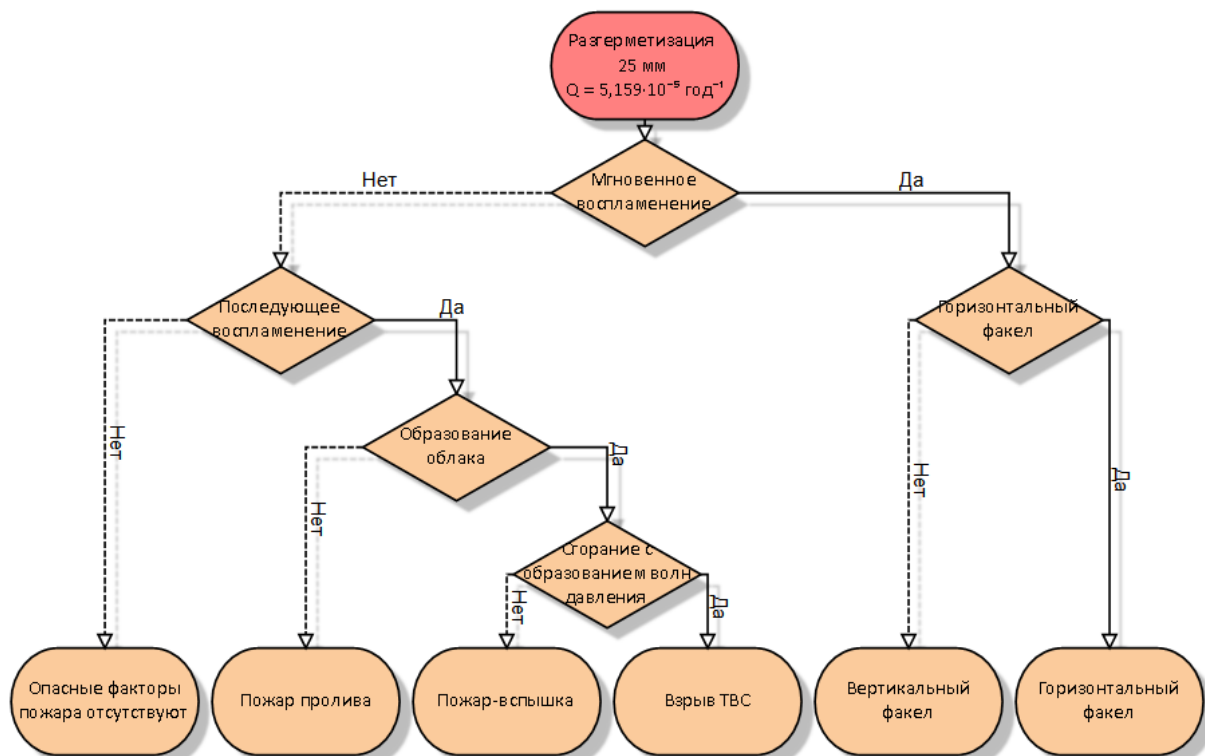
Дальнейшее развитие аварии в большинстве случаев происходит согласно типовому логическому дереву событий (прил. 3 [2]) в зависимости от вида горючего вещества и его состояния и приводит к таким результирующим событиям, как пожар пролива, возникновение факельного горения, взрыв, пожар-вспышка (рисунок 1).



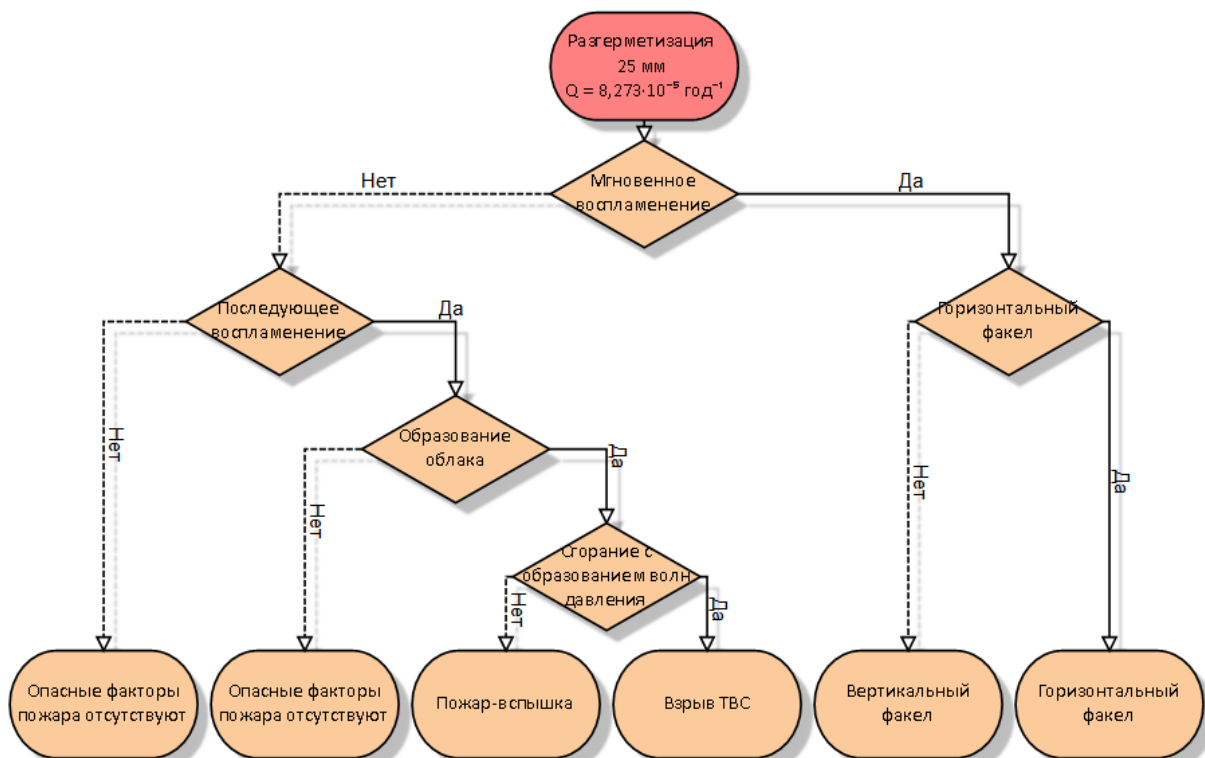
а)



б)



а)



б)

Рисунок 1. Примеры логических деревьев событий при возникновении аварий на трубопроводах: а) с горючей жидкостью; б) с легковоспламеняющейся жидкостью; в) со сжиженным горючим газом; г) со сжатым горючим газом

Наличие и величина возникающих при этом опасных факторов пожара (теп-

ловой поток при горении, избыточное давление взрыва, попадание в область

воздействия пожара-вспышки) и последствий их воздействия на людей зависят от расстояния от рассматриваемой точки территории до места разгерметизации трубопровода. Таким образом, при анализе риска важна не только частота возникновения разгерметизаций, но и места их возникновения.

При значительной длине трубопровода для объектов, расположенных даже в непосредственной близости от него, возможны случаи, когда расстояние до места возникновения утечки будет столь значительным, что опасные факторы пожара не будут оказывать воздействие на объект. Доля таких случаев в общем количестве возможных вариантов мест разгерметизации тем больше, чем больше длина трубопровода и чем меньше радиус воздействия ОФП.

Идеализируя, для расчета риска в рассматриваемой точке территории необходимо учесть возникновение всех видов утечек в каждой из бесконечно большого количества точек по всей длине трубо-

провода:

$$P_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_a^i, \text{ при } n \rightarrow \infty,$$

где  $P_a$  – суммарный потенциальный пожарный риск в точке  $a$ ;  $P_a^i$  – потенциальный пожарный риск в точке  $a$  в случае разгерметизации трубопровода в точке  $i$ .

Следуя этому положению, в программе PromRisk реализован алгоритм, разбивающий трубопровод на множество точек и суммирующий потенциальные риски от каждого случая разгерметизации (рисунок 2). Расстояние между точками выбирается пропорционально длине трубопровода и радиусу воздействия опасных факторов пожара. Для каждой из точек возникновения утечки выполняется весь комплекс необходимых вычислений: прогнозирование площади пролива, расчет количества паров, определение значений опасных факторов пожара с учетом направления ветра [3].

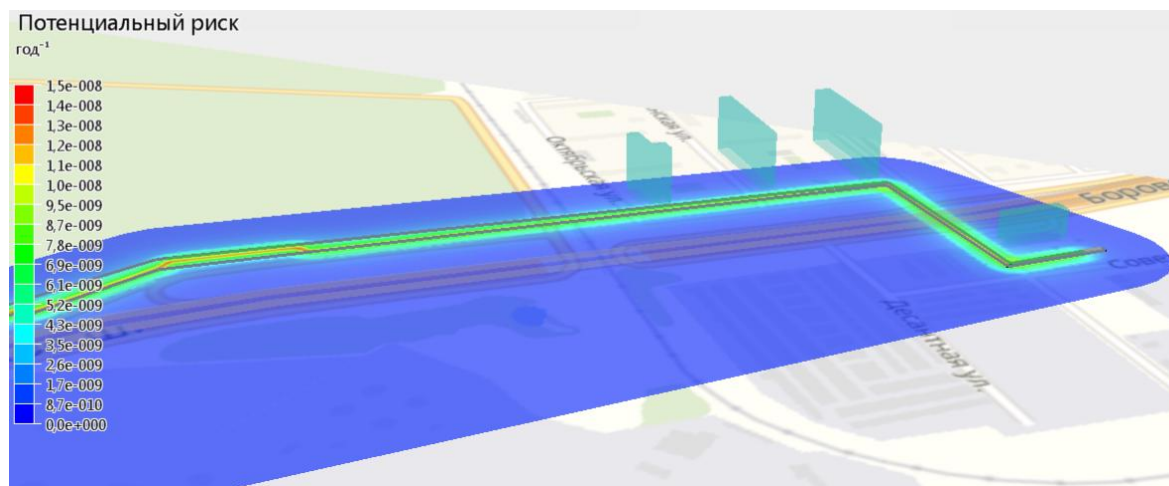


Рисунок 2. Поле потенциального риска от трубопровода со сжиженным газом с учетом возникновения утечек равновероятно по всей длине

При этом в настройках расчета остается возможность моделирования возникновения утечек в одной точке трубо-

провода, в середине его длины (рисунок 3).

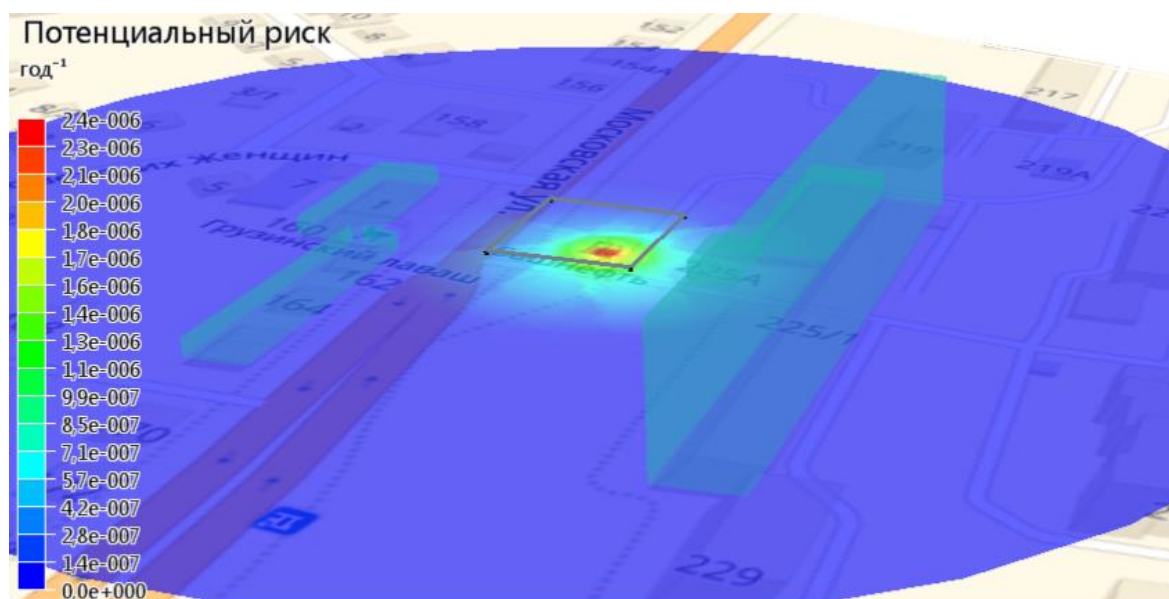


Рисунок 3. Поле потенциального риска от трубопровода на автозаправочной станции по результатам моделирования утечек в одной точке трубопровода

Такой метод требует в десятки раз меньше вычислений и, несмотря на значительные упрощения, во многих случаях является приемлемым. Например, его целесообразно применять при относительно небольшой длине трубопроводов, сконцентрированных на территории производственного объекта, и значительных расстояниях до территорий, для которых выполняется расчет пожарного риска.

Метод расчета, учитывающий равновероятное возникновение утечек по всей длине трубопровода, следует выбирать при значительной длине трубопровода (например, газопровод, проходящий вдоль нескольких зданий). Он требует больших вычислительных ресурсов, однако, позволяет получить более реалистичную, адекватную картину поля риска.

#### Литература

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 г. № 404, с изм.).
2. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д.М. Гордиенко и др. – М.: ВНИИПО, 2016.
3. Карькин И.Н. и др. Алгоритм автоматического определения влияния ветра при оценке теплового потока пожара пролива горючей жидкости // Техносферная безопасность. 2018. № 4 (21).

#### References

1. Metodika opredeleniya raschetnykh velichin pozhnarnogo riska na proizvodstvennykh obyektakh (utv. prikazom MChS Rossii ot 10.07.2009 g. № 404. s izm.).
2. Posobiye po opredeleniyu raschetnykh velichin pozhnarnogo riska dlya proizvodstvennykh obyektov / D.M. Gordiyenko i dr. – M.: VNIIPPO. 2016.
3. Karkin I.N. i dr. Algoritm avtomaticheskogo opredeleniya vliyaniya vetra pri otsenke teplo-vogo potoka pozhara proliva goryuchey zhidkosti // Tekhnosfernaya bezopasnost. 2018. № 4 (21).

УДК 614.843

ildar.hafizov@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ БЕНЗИНА В ВЕРТИКАЛЬНЫХ КАНАЛАХ  
РАЗНОГО ДИАМЕТРА ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ****THE STUDY OF GASOLINE COMBUSTION IN THE VERTICAL CHANNELS  
WITH DIFFERENT DIAMETERS AT DIFFERENT TEMPERATURES**

*Хафизов Ф.Ш., доктор технических наук, профессор,  
Каримов Р.Р.,*

*Хафизов И.Ф., доктор технических наук, профессор,  
Султанов Р.М., доктор химических наук, профессор,  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет, Уфа*

*Khafizov F.Sh., Karimov R.R., Khafizov I.F., Sultanov R.M.,  
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa*

Учитывая высокую опасность при возникновении пожаров на нефтеперерабатывающем производстве необходимо иметь эффективные пожаротехнические средства для их ликвидации. В связи с этим разработка и совершенствование существующих способов борьбы с пожарами нефтепродуктов видится основной задачей в обеспечении пожарной безопасности объектов нефтегазовой отрасли промышленности.

Перспективой в решении данной задачи является изучение физико-химических свойств горения горючих жидкостей, а также поиск экономически выгодных, пассивных способов тушения, базирующихся на эффекте затухания пламени.

*Ключевые слова:* вспышка, вертикальный канал, этиловый спирт.

Given the high risk of fires in the oil refining industry, it is necessary to have effective fire-fighting equipment to eliminate them. In this regard, the development and improvement of existing methods of fire control of petroleum products is seen as the main task in ensuring fire safety of oil and gas industry.

The prospect in solving this problem is to study the physical and chemical properties of combustion of flammable liquids, as well as the search for cost-effective, passive methods of extinguishing, based on the effect of flame damping.

*Keywords:* flash, vertical channel, ethyl alcohol.

Бензины – легковоспламеняющиеся бесцветные или слегка желтые (при отсутствии специальных добавок) жидкости [1].

Автомобильный бензин высокого качества. Содержит антидетонационные присадки. Самая распространенная марка бензина в крупных городах РФ и Украины. Бензин производят этилированный с содержанием свинца не более 0,15 г/л и неэтилированный с содержанием свинца не более 0,013 г/л. Содержание серы – не более 0,05 % [2]. Плотность - не более

0,77 г/см<sup>3</sup>-923. Октановое число по моторному методу – 83, а по исследовательскому методу – 92 [3].

Бензин Аи-92 применяется как топливо для карбюраторных и инжекторных двигателей, при производстве парафина, чистке тканей (растворяет жиры), как горючий материал, как растворитель.

Бензины имеют высокую летучесть и температуры вспышки 27 °С, застывания – ниже -60 °С [4].

В таблице 1 представлены результаты исследования горения бензина в

вертикальном канале диаметром 17 мм с сужением 9 мм.

Таблица 1  
Результаты исследования горения бензина в вертикальном канале  
диаметром 17 мм с сужением 9 мм

Уровень жидкости $H_{ж}$ , см	Высота пламени, см			
	25 °С	35 °С	45 °С	55 °С
0	1,5	1,9	2,2	2,5
1	1,2	1,5	1,8	2,2
2	0,9	1	1,2	1,8
3	0	0	0	0

На рисунке 1 представлена графическая зависимость высоты пламени от уровня жидкости при горении бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с местным сужением в канале 9 мм, при разных начальных температурах.

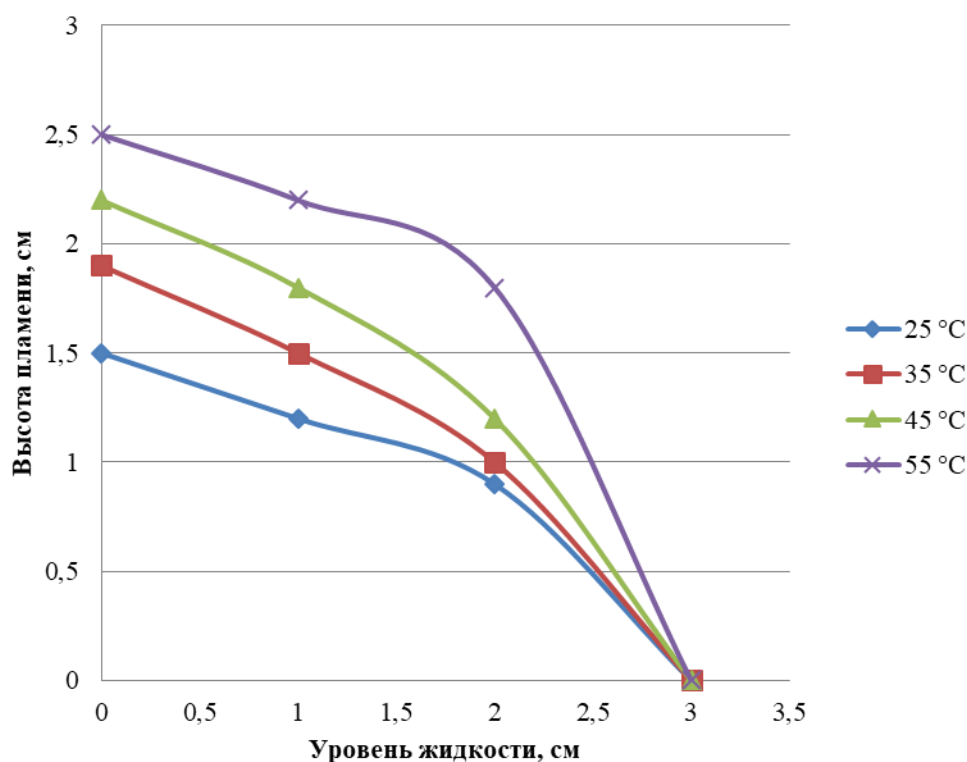


Рисунок 1. Зависимость высоты пламени от уровня жидкости при горении бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с местным сужением 9 мм

Для отбора значений, необходимых для обработки результатов ме-

тодом регрессии был применен метод Монте-Карло (рисунок 2).



Рисунок 2. Применение метода Монте-Карло

С помощью метода Монте-Карло получены необходимые значения для проведения регрессии, в результате которой определен вид зависимости.

Для полученных данных система уравнений имеет вид:

$$4a + 6b = 2,293;$$

$$6a + 14b = 1,964.$$

Из первого уравнения:

$$5b = -1,475;$$

$$b = -0,295.$$

Из второго уравнения:

$$4a = 4,062;$$

$$a = 1,0156.$$

Получаем эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = -0,295$ ,  $a = 1,0156$ . Уравнение регрессии (эмпирическое уравнение регрессии):

$$y = e^{1,0155651} e^{-0,295x} = 2,76092e^{-0,295x}.$$

В таблице 2 представлены результаты исследования горения бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с сужением 7 мм.

Таблица 2  
Результаты исследования горения бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с сужением 7 мм

Уровень жидкости $H_{ж}$ , см	Высота пламени, см			
	25 °C	35 °C	45 °C	55 °C
0	1,5	2	2,2	2,5
1	1,3	1,8	1,7	1,9
2	0,9	1,3	1,4	1,4
3	0	0	0	0



На рисунке 3 представлена графическая зависимость высоты пламени от уровня жидкости при бензина в верти-

кальном канале диаметром 17 мм с местным сужением в канале 7 мм, при разных начальных температурах.

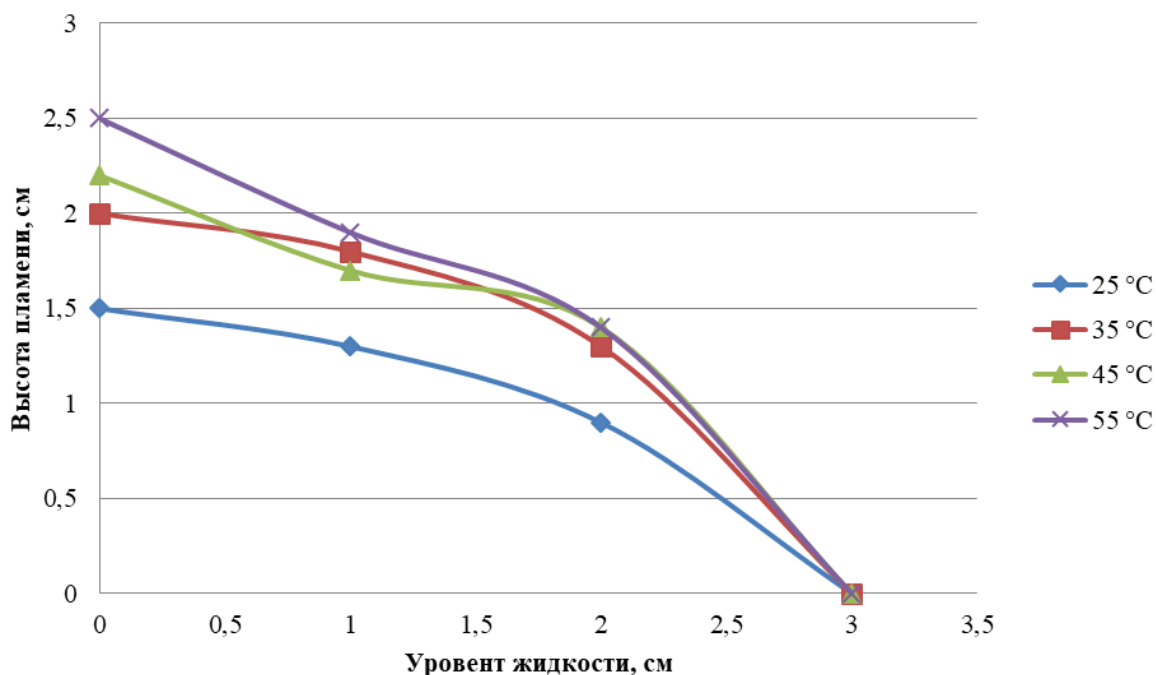


Рисунок 3. Зависимость высоты пламени от уровня жидкости при горении бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с местным сужением 7 мм

Для отбора значений, необходимых для обработки результатов ме-

тодом регрессии был применен метод Монте-Карло (рисунок 4).

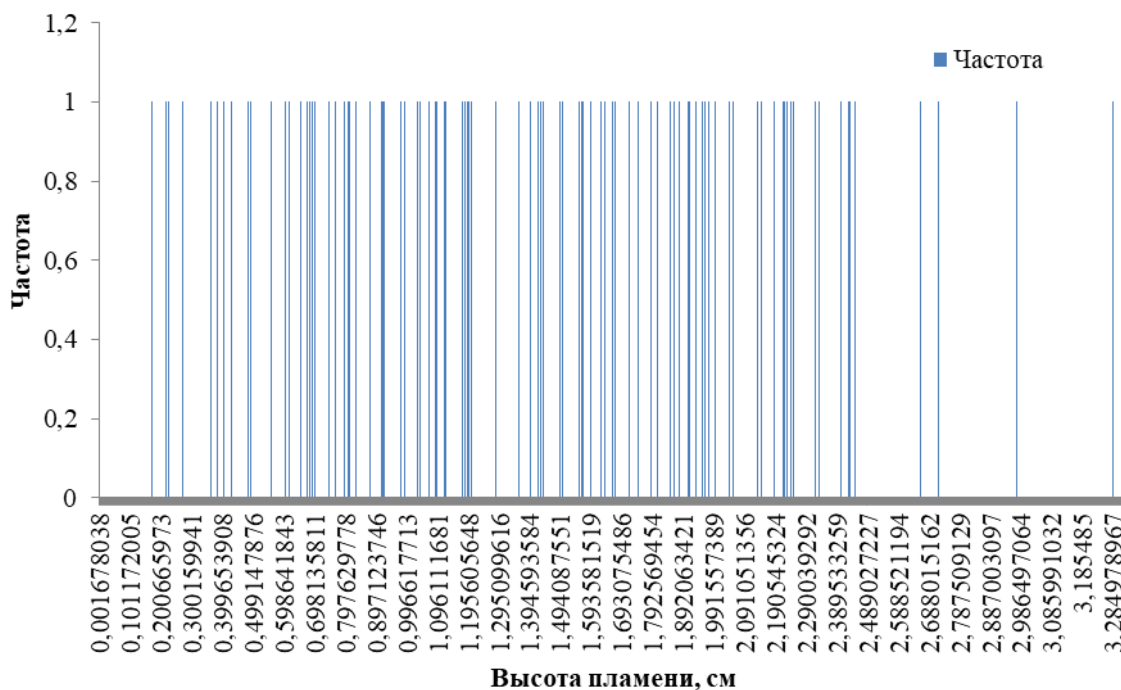


Рисунок 4. Применение метода Монте-Карло

С помощью метода Монте-Карло получены необходимые значения для проведения регрессии, в результате которой определен вид зависимости.

Для полученных данных система уравнений имеет вид:

$$4a + 6b = 1,895;$$

$$6a + 14b = 1,315.$$

Из первого уравнения:

$$5b = -1,527;$$

$$b = -0,3054.$$

Из второго уравнения:

$$4a = 3,727;$$

$$a = 0,9318.$$

Получаем эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = -0,3054$ ,  $a = 0,9318$ .

Уравнение регрессии (эмпирическое уравнение регрессии):

$$y = e^{0,93179228} e^{-0,3054x} = 2,53906 e^{-0,3054x}.$$

В таблице 3 представлены результаты исследования горения бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с сужением 11 мм.

Таблица 3  
Результаты исследования горения АИ-92 в вертикальном канале диаметром 17 мм с сужением 11 мм

Уровень жидкости $H_{ж}$ , см	Высота пламени, см			
	25 °С	35 °С	45 °С	55 °С
0	3,0	4,0	4,0	3,0
1	3,2	3,2	3,0	3,0
2	3,5	3,0	2,3	2,5
3	4,5	3,0	2,0	3,0
4	5,5	4,5	4,5	4,0
5	0	5,5	0	0
6	0	0	0	0

На рисунке 5 представлена графическая зависимость высоты пламени от уровня жидкости при горении бензина в

вертикальном канале диаметром 17 мм с местным сужением в канале 11 мм, при разных начальных температурах.

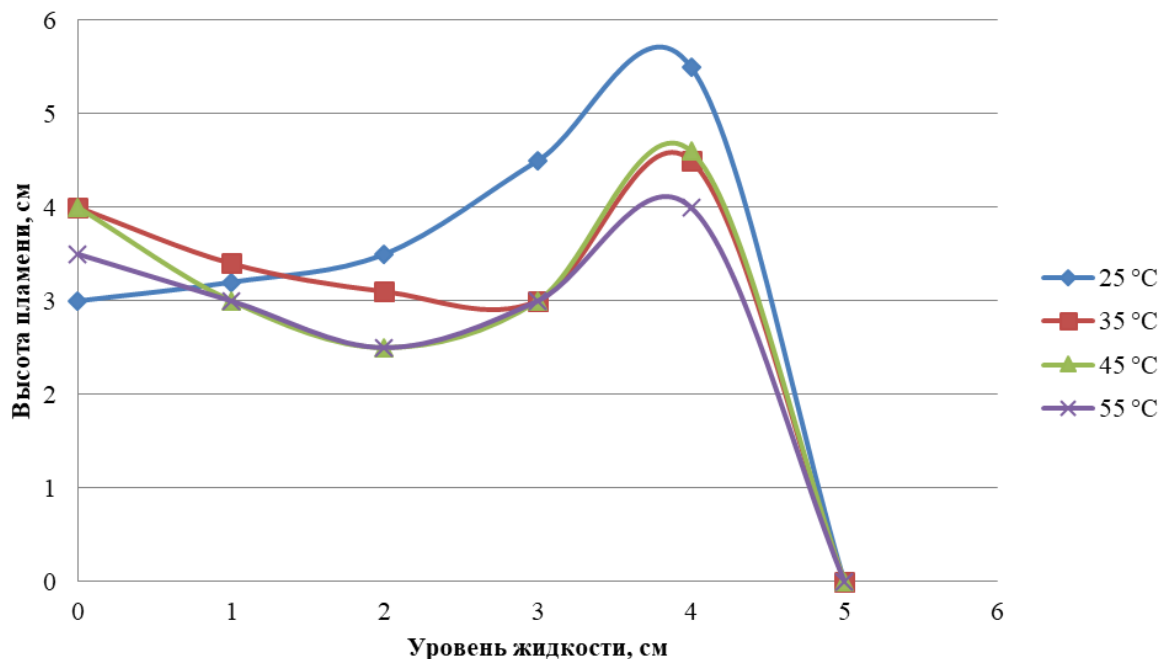


Рисунок 5. Зависимость высоты пламени от уровня жидкости при горении бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с местным сужением 11 мм

Для отбора значений, необходимых для обработки результатов ме-

тодом регрессии, был применен метод Монте-Карло (рисунок 6).

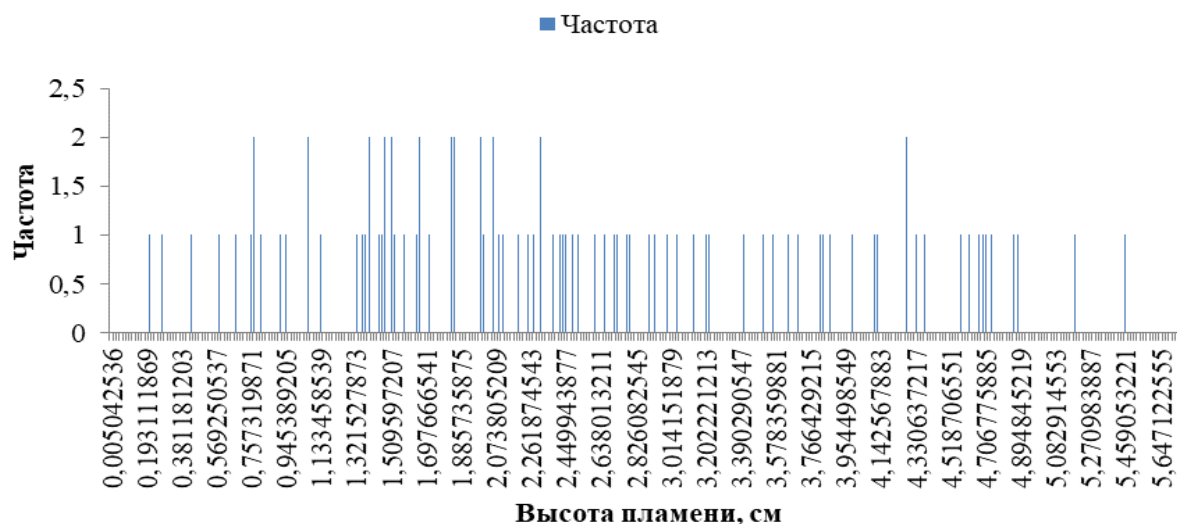


Рисунок 6. Применение метода Монте-Карло

С помощью метода Монте-Карло получены необходимые значения для проведения регрессии, в результате которой определен вид зависимости.

Для полученных данных система уравнений имеет вид:

$$\begin{aligned} 7a + 21b &= 5,598; \\ 21a + 91b &= 11,772. \end{aligned}$$

Из первого уравнения:

$$28b = -5,023;$$

$$b = -0,1794.$$

Из второго уравнения:

$$7a = 9,366;$$

$$a = 1,338.$$

Получаем эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = -0,1794$ ,  $a = 1,338$

Уравнение регрессии (эмпирическое уравнение регрессии):

$$y = e^{1,33795932} e^{-0,1794x} = 3,81126e^{-0,1794x}.$$

В таблице 4 представлены результаты исследования горения бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с сужением 13 мм.

Таблица 4  
Результаты исследования горения бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с сужением 13 мм

Уровень жидкости $H_{ж}$ , см	Высота пламени, см			
	25 °С	35 °С	45 °С	55 °С
0	4,0	4,4	4,6	5
1	3,0	3,5	3,7	3,6
2	5,0	3,0	3,0	2,5
3	3,5	3,3	3,4	3,5
4	0	0	0	0

На рисунке 7 представлена графическая зависимость высоты пламени от уровня жидкости при горении бензина в

вертикальном канале диаметром 17 мм с местным сужением в канале 13 мм, при разных начальных температурах.

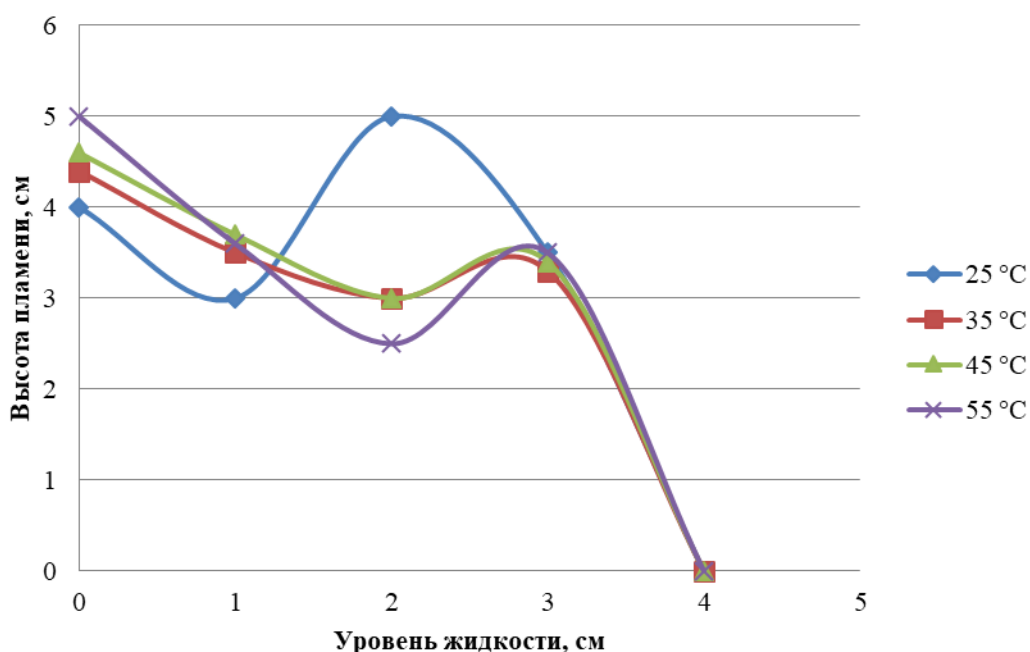


Рисунок 7. Зависимость высоты пламени от уровня жидкости при горении бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с местным сужением 13 мм

Для отбора значений, необходимых для обработки результатов ме-

тодом регрессии, был применен метод Монте-Карло (рисунок 8).

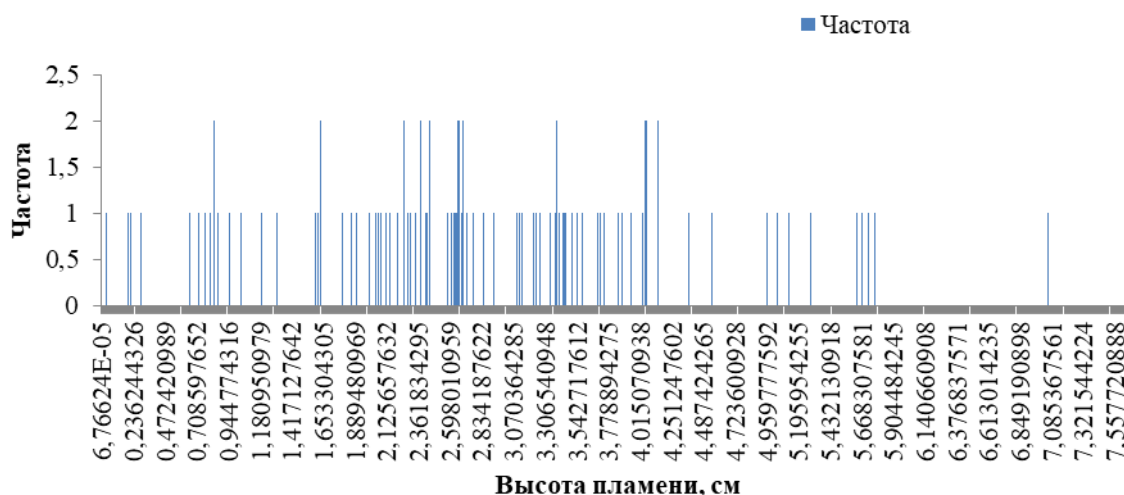


Рисунок 8. Применение метода Монте-Карло

С помощью метода Монте-Карло получены необходимые значения для проведения регрессии, в результате которой определен вид зависимости.

Для полученных данных система уравнений имеет вид:

$$\begin{aligned} 5a + 10b &= 5,059; \\ 10a + 30b &= 6,872. \end{aligned}$$

Из первого уравнения:

$$10b = -3,247;$$

$$b = -0,3247.$$

Из второго уравнения:

$$\begin{aligned} 5a &= 8,306; \\ a &= 1,6613. \end{aligned}$$

Получаем эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = -0,3247$ ,  $a = 1,6613$ . Уравнение регрессии (эмпирическое уравнение регрессии):

$$y = e^{1,66129441} e^{-0,3247x} = 5,26612e^{-0,3247x}.$$

Таблица 5  
Результаты исследования горения бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с сужением 15 мм

Уровень жидкости Нж, см	Высота пламени, см			
	25 °С	35 °С	45 °С	55 °С
0	4,0	4,0	4,5	4,0
1	3,0	3,5	3,5	3,2
2	2,5	2,5	3	2,5
3	3,5	3,5	3,5	3,5
4	4,0	4,2	4,5	2,5
5	0	0	0	0

На рисунке 9 представлена графическая зависимость высоты пламени от уровня жидкости при горении бензина

в вертикальном канале диаметром 17 мм с местным сужением в канале 15 мм, при разных начальных температурах.

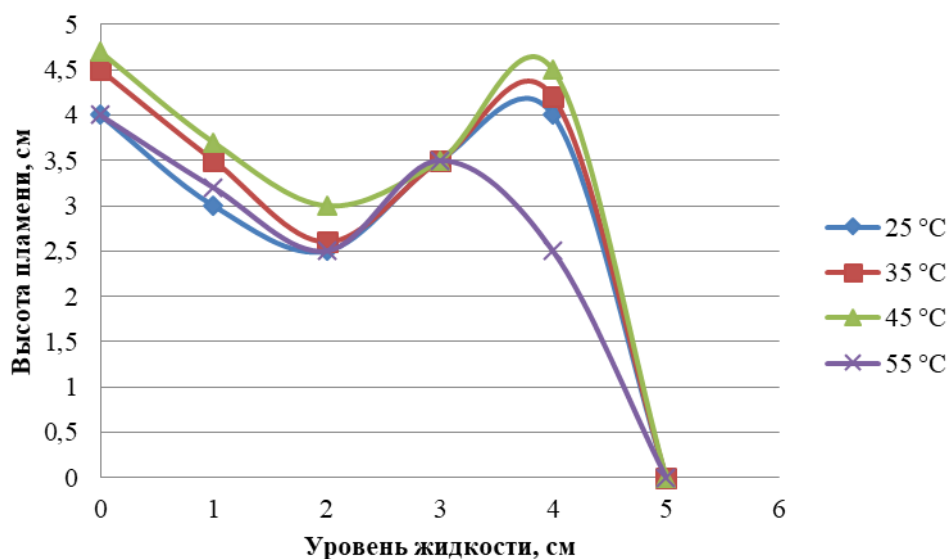


Рисунок 9. Зависимость высоты пламени от уровня жидкости при горении бензина в вертикальном канале диаметром 17 мм с местным сужением 15 мм

Для отбора значений, необходимых для обработки результатов ме-

тодом регрессии был применен метод Монте-Карло (рисунок 10).

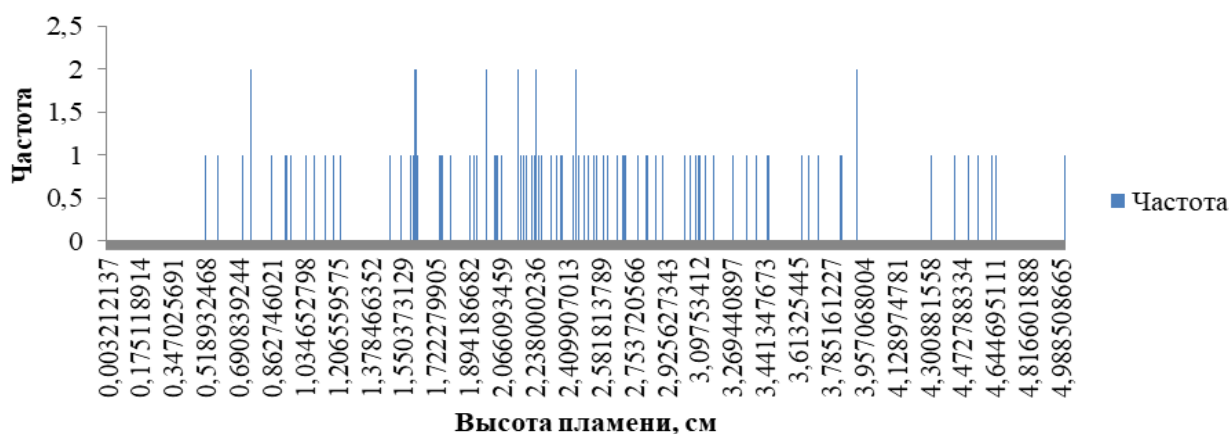


Рисунок 10. Применение метода Монте-Карло

С помощью метода Монте-Карло получены необходимые значения для проведения регрессии, в результате которой определен вид зависимости.

Для полученных данных система уравнений имеет вид:

$$\begin{aligned} 6a + 15b &= 5,635; \\ 15a + 55b &= 10,419. \end{aligned}$$

Из первого уравнения:

$$\begin{aligned} 17,5b &= -3,668; \\ b &= -0,2096. \end{aligned}$$

Из второго уравнения:

$$\begin{aligned} 6a &= 8,779; \\ a &= 1,4631. \end{aligned}$$

Получаем эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = -0,2096$ ,  $a = 1,4631$ .

Уравнение регрессии (эмпирическое уравнение регрессии):

$$y = e^{1,46310157} e^{-0,2096x} = 4,31934e^{-0,2096x}.$$

#### Литература

1. Каримов Р.Р. О тушении горючей жидкости без участия человека и применения огнетушащих веществ / Ф.Ш. Хафизов, Е.А. Смирнова, И.Ф. Хафизов // Технологии техносферной безопасности. М., 2016 № 3 (67).
2. Баратов А.Н., Иванов Е.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. М.: Химия, 1979, 386 с.
3. ГОСТ 12.1.044-89\*. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
4. Иванов Е.Н. Пожарная защита открытых технологических установок. Химия. М., 1975. 210 с.

#### References

1. Karimov R.R. O tushenii goryuchey zhidkosti bez uchastiya cheloveka i primeneniya oagnetushashchikh veshchestv / F.Sh. Khafizov. E.A. Smirnova. I.F. Khafizov // Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. M., 2016 № 3 (67).
2. Baratov A.N., Ivanov E.N. Pozharotusheniye na predpriyatiyakh khimicheskoy i neftepererabatyvayushchey promyshlennosti. M.: Khimiya. 1979. 386 s.
3. GOST 12.1.044-89\*. Pozharovzryvoopasnost veshchestv i materialov. Nomenklatura pokazateley i metody ikh opredeleniya.
4. Ivanov E.N. Pozharnaya zashchita otkrytykh tekhnologicheskikh ustanovok. Khimiya. M., 1975. 210 s.

УДК 614.841.1

magalishev@yandex.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ОТЛОЖЕНИЙ  
КОПОТИ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ГОРЕНИИ ТОВАРНЫХ  
НЕФТЕПРОДУКТОВ, В ЦЕЛЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОЦЕССОВ  
ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОЖАРОВ**

**RESEARCH OF MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE DEPOSITS  
OF A SOOT WHICH ARE FORMED WHEN BURNING COMMODITY OIL  
PRODUCTS FOR RECONSTRUCTION OF PROCESSES  
OF EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF THE FIRES**

*Галишев М.А., доктор технических наук, профессор,  
Медведев А.Ю.,  
Бельшина Ю.Н., кандидат технических наук, доцент,  
Санкт-Петербургский университет  
ГПС МЧС России, Санкт-Петербург*

*Galishev M.A., Medvedev A.Yu., Bel'shina Yu.N.,  
Saint Petersburg University of State Fire Service  
of Emercom of Russia, Saint Petersburg*

В статье рассмотрены процессы формирования отложений копоти в условиях пожара. Проведено оптическое микроскопическое исследование проб копоти, полученных в разных температурных условиях и при разной пожарной нагрузке, а также установлены закономерности в структуре образцов, полученных при разных условиях горения. Описана установка и методика проведения экспериментов. Изучены зависимости морфологических характеристик частиц копоти от условий сгорания, в первую очередь, от температурного режима пиролиза и притока окислителя. Установлено, что морфологический анализ отложений копоти может быть использован при установлении факта применения в качестве инициаторов поджогов светлых нефтепродуктов. При изучении различных нефтепродуктов установлено, что наибольшее количество копоти осаждается при горении автомобильных бензинов, в наименьшей степени – при горении осветительного керосина. В случае авиационного керосина наблюдалось слабое закопчение поверхностей. При исследовании чистых образцов материалов пожарной нагрузки установлено, что чистый хлопок и автомобильный поролон не коптят, однако те же вещества, пропитанные бензином при сгорании коптят сильнее, чем исходный образец бензина. Полученные результаты способствуют расширению реконструкционных возможностей при проведении экспертиз пожарно-технического профиля.

*Ключевые слова:* пожар, копать на пожаре, оптическая микроскопия, нефтепродукты, пожарно-техническая экспертиза.

In work processes of formation of deposits of soot in the conditions of the fire are considered. Optical microscopic research of the tests of soot received in different temperature conditions and at different fire loading is conducted and also consistent patterns in structure of the samples received under different conditions of burning are determined. Installation and technique of carrying out experiments is described. Dependences of morphological characteristics of particles of soot on combustion



conditions, first of all, from temperature condition of pyrolysis and inflow of oxidizer are studied. It is established that the morphological analysis of deposits of soot can be used at establishment of the fact of application as initiators of arsons of light oil products. When studying various oil products it is established that the greatest number of soot is besieged when burning automobile gasolines, least – when burning lighting kerosene. In case of aviation kerosene the weak zakopcheniye of surfaces was observed. At probe of clean samples of materials of fire loading it is established that pure cotton and automobile foam rubber do not smoke, however the same substances soaked with gasoline at combustion smoke stronger, than initial sample of gasoline. The received results promote expansion of reconstruction opportunities when conducting examinations of fire and technical cross-section.

*Keywords:* the fire, soot on the fire, optical microscopy, oil products, fire investigation.

На большинстве пожаров формируется своеобразная субстанция – дым, представляющая собой существенную угрозу жизни и здоровью людей, оказавшихся в задымленной зоне. С дымом связан один из опасных факторов пожара – снижение видимости в дыму [1]. Дым также содержит повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения и пониженную концентрацию кислорода, что также формирует опасные факторы пожара. Дым представляет собой относительно устойчивую дисперсную систему, содержащую твердые и жидкие продукты неполного сгорания каких-либо горючих материалов, взвешенные в газообразных продуктах сгорания. Дым является типичным аэрозолем с размерами частиц в среднем от  $10^{-7}$  до  $10^{-5}$  м. В связи с такими малыми размерами частицы дыма практически не оседают под действием гравитации. Дым является источником наслоений копоти, оседающей на различных поверхностях в зонах горения и задымления. Исследованию свойств дыма, посвящен ряд работ и научных исследований, направленных на снижение дымообразующей способности отделочных материалов.

В связи с неоднозначностью понятий копоть и сажа представляется необходимым определить трактовку указанных терминов, принятую в настоящей работе. Сажа – углеродистый продукт неполного сгорания или термического разложения органических

компонентов в неконтролируемых условиях пожара. Сажа является дисперсной фазой дыма и содержит как чистый аморфный углерод, так и битуминозные компоненты. Сажа – продукт неполного сжигания материалов, состоящие из круглых частиц черного цвета, по своей сути дисперсный углеродный продукт. Производными для сажи являются природный газ, ацетилен, жидкие углеводороды, а также другие соединения, содержащие большое количество ароматических соединений. Сажа образуется при столкновениях молекул, путем захвата других молекул. Эти первичные частицы сажи имеют практически сферическую форму и аморфное строение [3]. Позднее под действием теплового потока первичные частицы покидают зону горения, принимая форму дыма. На данный момент установлено, что размеры частиц сажи зависят от условий сгорания вещества. Размер частиц колеблется от 1 до 1000 нм, столь точную информацию удалось получить с помощью электронной микроскопии. Анализ электронных микрофотографий для различных условий горения позволил обнаружить широкий спектр форм частиц сажи: сферические или почти сферические частицы, цепочкообразные, хлопьевидные, кружевидные, нитевидные и другие структуры [4].

Копоть – сажевые частицы, осевшие на какую-либо поверхность. Копоть

– это осевшая на ограждающих конструкциях помещения дисперсная фаза дыма, присутствующая практически на любом пожаре. Копоть представляет смесь нерастворимых и графитизированных частиц, а также веществ, растворимых в органических растворителях, и зольные элементы. Свойства и состав копоти в значительной мере зависят от условий горения, сложившихся на пожаре: воздухообмен, температура горения, объем помещения, температура поверхности, на которую происходит осаждение, а также от вторичного прогрева закопчений. «Не исключено, что в дальнейшем исследование сажи даст возможность решать широкие задачи. Потенциал информативности этого объекта исследования явно не исчерпан», – пишет в своей книге И.Д. Чешко [2].

Механизм образования дыма при горении органических веществ заключается в конденсации пара. В процессе пиролиза и при недостатке кислорода возникают высшие углеводороды, молекулярный вес и концентрация которых увеличивается, пока не начнется конденсация, сопровождающаяся образованием мельчайших капель вокруг углеродных ядер. При непрерывном росте ядер содержание водорода в молекулярных структурах постепенно снижается вплоть до полной карбонизации.

Химический состав дыма напрямую зависит от того, что горит и в каком количестве. Именно горящие продукты определяют цвет дыма, по которому можно определить ряд его характеристик. Черный цвет дыма свидетельствует о наличии в пожаре сажи, что характерно для нефтепродуктов, резины, угля. Дым, насыщенный парами воды и окислами магния, будет иметь светлый оттенок. Серый, а иногда желтоватый цвет дыма указывает на горение волоса, кожи, резины, клея. Бурый – указывает на горение тканей, на тление или неполное горение других веществ, а желто-

бурый – на горение азотистых соединений, в которых присутствует окись азота. По цвету дыма вполне можно определить, что именно горит, однако он может изменяться в зависимости от условий горения.

Единственной работой, посвященной изучению возможности проведения морфологического анализа сажи (копоти) при экспертно-криминалистических исследованиях и разработке соответствующих методических рекомендаций, является работа Н.Г. Дудерова [5]. Вместе с коллегами он исследовал возможности дифференциации по сажевым частицам сгораемых материалов, используемых в самолетостроении: а) пластика СНП-С; б) жесткого обивочного материала, состоящего из сополимера полистирола СН-20П, поливинилхлорида, бутадииеннитрильного каучука с добавками трехоксида сурьмы, двуоксида титана, углекислого свинца и других компонентов; в) пенополиуретана ППУ-Э на основе изоцианатов; г) винилискожи авиационной Ва-3 на основе ПВХ; д) ткани «Венера» (шерсть, ацетохлорин, капрон); е) ковровой дорожки (шерсть, синтетика); ж) пола авиационного (комбинация жесткого ПВХ и древесины); з) основного горючего для самолетов – керосина ТС-1; и) гидрожидкости на основе керосина с присадками – АМГ-10. [6]. Полученные в результате исследования данные не смогли в полной мере доказать перспективность данного метода и, по сути, закрепили мнение о весьма малой эффективности морфологического анализа для решения экспертно-криминалистических задач. Авторы [5] проводили исследования на просвечивающем электронном микроскопе Tesla BS-500, фиксируя средний размер сажевых частиц, строилась кривая распределения частиц по размерам в зависимости от природы горевшего материала. Таким образом были выявлены определенные отличия,

но стоит принять во внимание мнение авторов: «... достоверность отнесения исследуемого объекта к тому или иному материалу зависит от идентичности условий образования образца и эталона». Таким образом, учитывая проведенные исследования можно прийти к выводу, что решаемые задачи в процессе морфологического анализа приобретают неопределенный характер.

В настоящей работе проведено оптическое микроскопическое исследование проб копоти, полученных в разных температурных условиях и при разной пожарной нагрузке, а также установлены закономерности в структуре образцов, полученных при разных условиях горения.

В качестве объектов исследования выбраны образцы копоти, полученные из разных материалов при разной пожарной нагрузке и температуре. Для получения копоти использовались различные ЛВЖ и ГЖ, а также образцы ткани и древесины. Копоть осаживалась на стекла и плитку в специально созданной установке.

Установка для осаждения копоти представляет собой печь, в вытяжной трубопровод которой помещены приспособления для горизонтального и вертикального крепления поверхностей осаждения. В топку печи помещается ЛВЖ, ГЖ или материалы, подлежащие изучению, сжигание которых должно обеспечить образование достаточного количества копоти. Образцы поджигаются с помощью факела, установка закрывается. Также установка предусматривает функцию определения температуры горения, для этого используются 2 термодатчики, одна из которых находится в топке, другая у поверхности осаждения. Для проведения исследования выбран метод оптической микроскопии. Снимки для морфологического исследования в настоящей работе были получены на стереомикроскопе Альтами. Обработка

проводилась в программном обеспечении Altami Studio 3.3.

Для анализа был получен ряд образцов. Исследование проводилось в двух направлениях: сравнения заочности стекол, полученных от одного образца при разной температуре, и сравнение копоти, полученной из разных материалов при одинаковых условиях осаждения.

Методика эксперимента включает в себя несколько этапов.

1. Поджигание исследуемого образца в лабораторной установке.

2. Извлечение образцов с копотью.

3. Рассмотрение полученных образцов под микроскопом.

4. Выделение на исследуемом образце участка  $10 \times 10$  мм.

5. Выявление основных параметров (число наиболее плотных скоплений, их длина, ширина, площадь, коэффициент вытянутости зерна, коэффициент вытянутости зерен как отношение длины зерна к ее ширине, коэффициент наполнения на  $1 \text{ мм}^2$ ).

6. Обработка полученных результатов.

7. Сравнение полученных образцов.

Исследованию были подвержены следующие материалы: бензины – АИ-92, АИ-G95, АИ-G98, ДТ, Керосин осветительный, Керосин авиационный (ТС-1), ткань х/б, та же ткань, смоченная в бензине АИ-G95, поролон из сидения автомобиля, он же, смоченный в бензине АИ-G95, деревянная щепка.

При исследовании копоти, образовавшейся при сжигании 15 мл бензина АИ-92 фирмы Neste в течение 3 минут установлена закономерность в формировании копоти на вертикальной и горизонтальной поверхностях. При горизонтальном закреплении поверхности осаждения копоть, полученная из образцов, более плотная и темная, по сравнению с вертикальным креплением. Это связано с восходящими

конвективными потоками, продукты горения поднимаются вверх и, встречая преграду в виде стекла, осаживаются на нее по всей поверхности, при

вертикальном креплении поверхности осадения такой преграды нет и копоть осаживается не столь плотно.

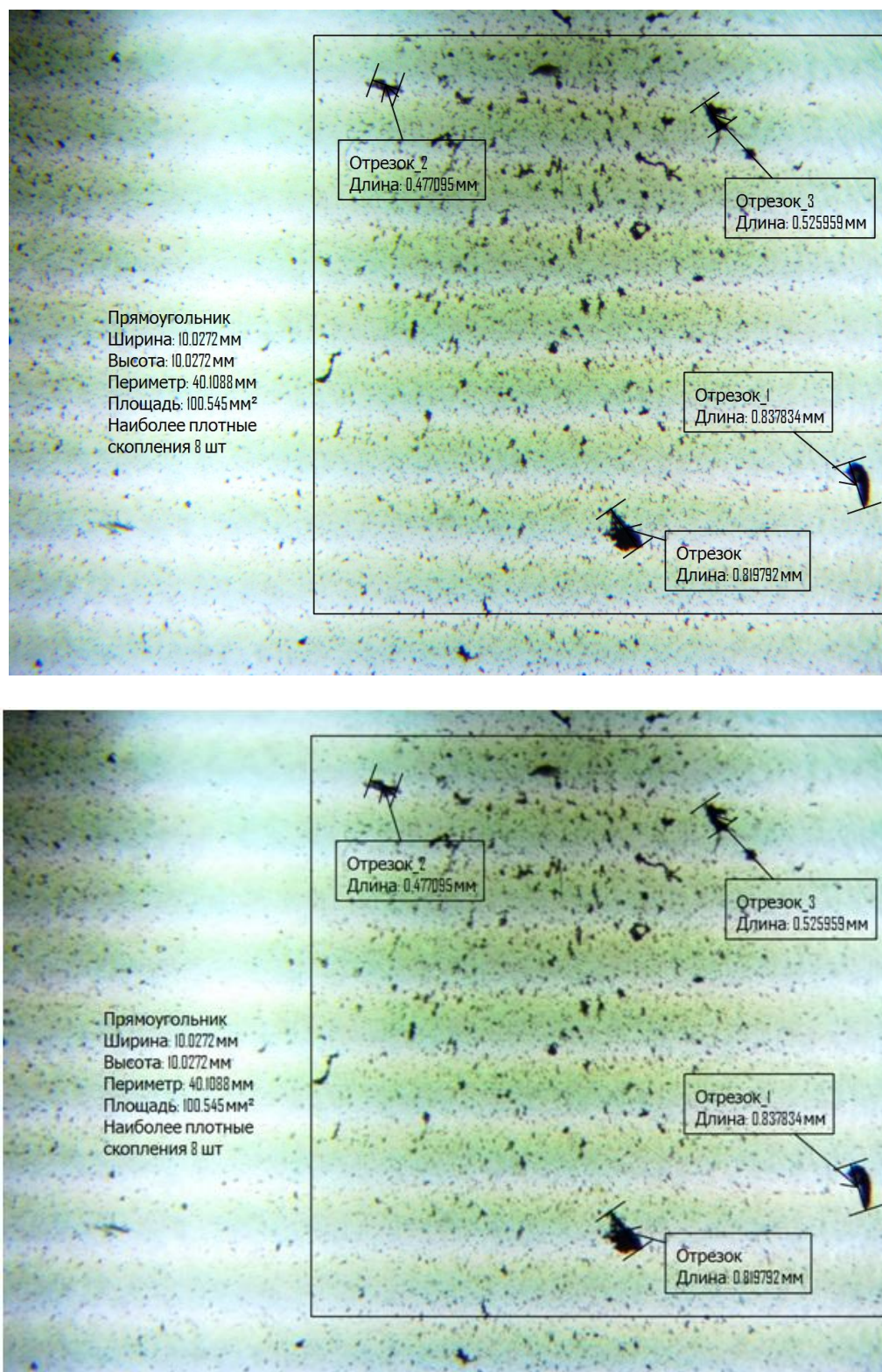


Рисунок 1. Образец бензина АИ-92, вертикальное закрепление стекла.  
Минимальное приближение микроскопа, проходящий свет

Для копоты образцов, закрепленных вертикально, характерна меньшая площадь порошинок, но больший коэффициент наполненности на  $1 \text{ мм}^2$ , коэффициент удлинения зерна практически у всех образцов равен 2 (рисунок 1). При горизонтальном

креплении поверхности осаждения для копоты характерна большая площадь, коэффициент наполненности разнится в зависимости от образца, коэффициент вытянутости зерна составляет больше 3 (рисунок 2).

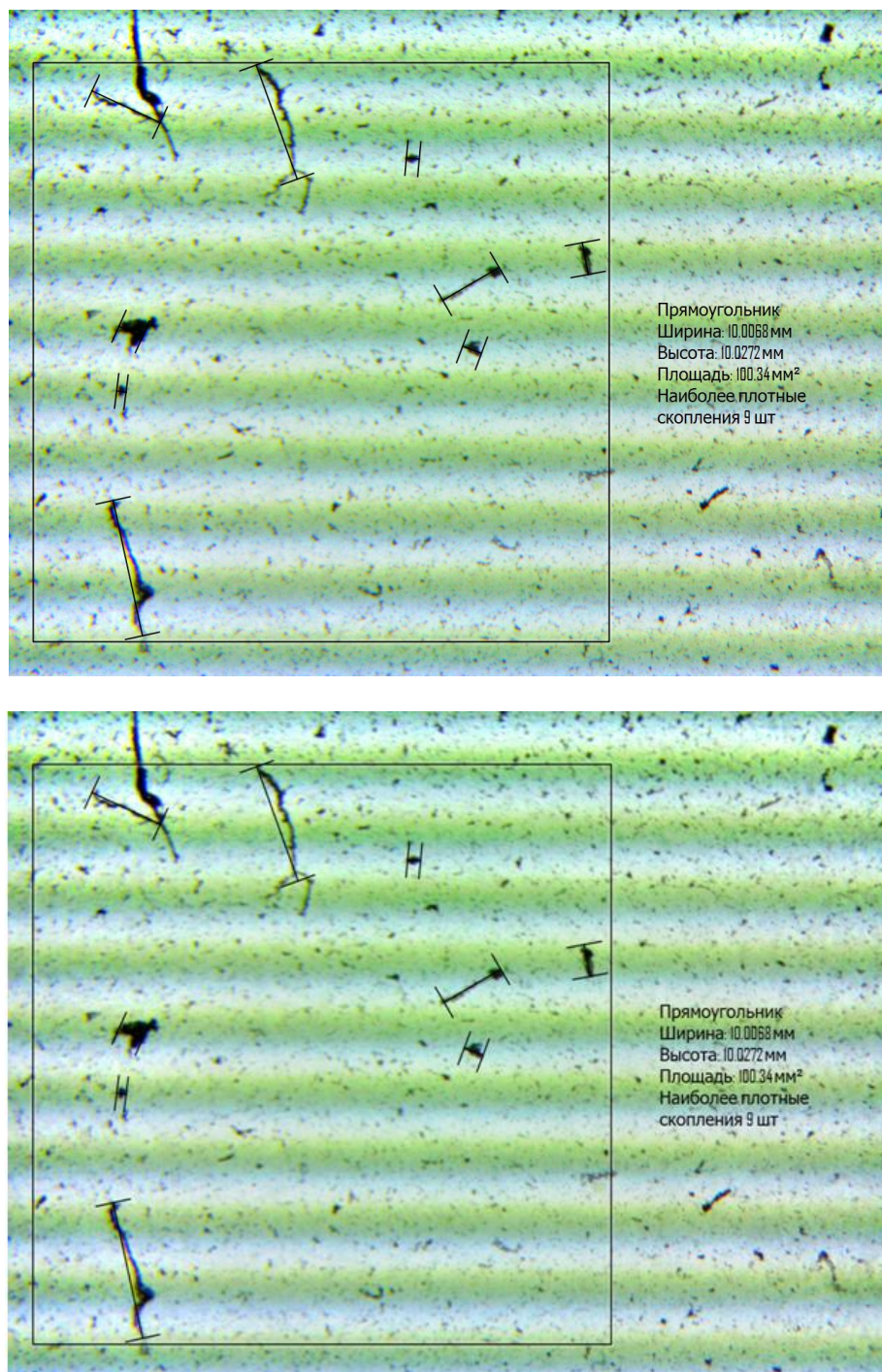


Рисунок 2. Образец бензина АИ-92, горизонтальное закрепление стекла, минимальное приближение микроскопа, проходящий свет

При сравнении различных нефтепродуктов установлено, что наибольшее количество копоти осаждается при горении автомобильных бензинов, в наименьшей степени – при горении осветительного керосина. В случае авиационного керосина наблюдалось закопчение поверхностей.

При исследовании чистых образцов материалов установлено, что чистый хлопок и автомобильный поролон не коптят, однако те же вещества, пропитанные бензином, при сгорании коптят сильнее, чем исходный образец бензина (рисунок 3).

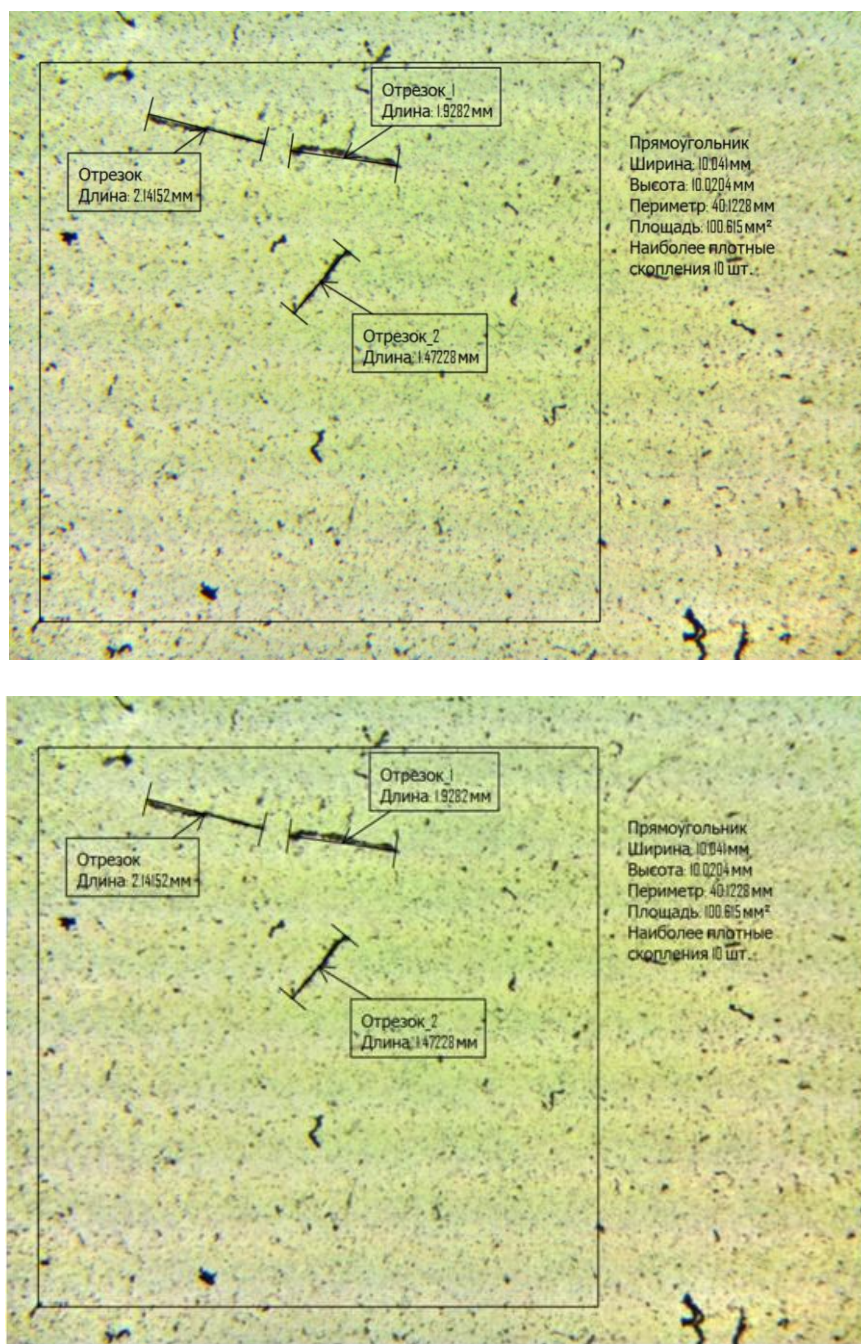


Рисунок 3. Образец хлопчатобумажной ткани, пропитанный автомобильным бензином АИ-Г95. Горизонтальное закрепление стекла. Минимальное приближение. Проходящий свет

Важную роль при расследовании пожара играет установление факта поджога, при совершении которого нередко используются различные горючие жидкости, в частности нефтепродукты. В рамках настоящей работы было установлено, что морфологический анализ отложений копоти может быть использован при установлении факта применения в качестве инициаторов поджогов светлых нефтепродуктов. Однако полученные данные не позволяют с высокой долей вероятности дифференцировать сгоревшие вещества путем исследования отложений копоти после пожара. Было установлено, что чистая ткань х/б не коптит, также незначительное количество копоти образуется при горении чистого автомобильного поролоната, данная закономерность позволяет определить присутствие ЛВЖ и ГЖ в салоне автомобиля, а именно на сиденьях, в рамках экспертизы автотранспорта.

Так же в рамках данной квалификационной работы изучены

зависимости морфологических характеристик частиц копоти от условий сгорания, в первую очередь, от температурного режима пиролиза и притока окислителя. К сожалению, установить четкой закономерности изменения частиц копоти при возрастании температуры горения не удалось, но получилось зафиксировать, что при осаждении копоти на горизонтальную и вертикальную поверхность, за счет конвективных потоков, образуются разные морфологические характеристики отложений копоти.

Таким образом, значимость формирования концептуальных основ морфологического исследования копоти обусловлена, с одной стороны, недостаточной научной разработанностью, с другой стороны, большой практической значимостью расширения реконструкционной способности в целях повышения качества экспертиз пожарно-технического профиля.

#### Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 // Собр. законодательства РФ. 2008. № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования) / под науч. ред. канд. юр. наук Н.А. Андреева. СПб.: СПбИПБ МВД России. 1997. 562 с.
3. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. М.: Химия, 1972. С. 39.
4. Козлов В.С., Панченко М.В. Исследование оптических свойств и дисперсного состава древесных дымовых аэрозолей // Физика горения и взрыва. 1996. Т. 32, №5. С. 122-133.
5. Определение вида сгоревших авиационных материалов по физико-химическим характеристикам образовавшейся копоти: метод. рекомендации / Н.Г. Дудеров и др. М.: ВНИИПО, 1986.
6. <http://www.rumex.ru/information/stereoskopicheskie-mikroskopy-128> 02.04.2018.

#### References

1. Tekhnicheskiiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti: federalnyy zakon № 123-FZ ot 22.07.2008 // Sobr. zakonodatelstva RF. 2008. № 30 (ch. I). st. 3579.
2. Cheshko I.D. Ekspertiza pozharov (obyekty, metody, metodiki issledovaniya) / pod nauch. red. kand. jur. nauk N.A. Andreyeva. SPb.: SPbIPB MVD Rossii. 1997. 562 s.
3. Grin Kh., Leyn V. Aerозoli – pyli, dymy i tumany. M.: Khimiya. 1972. S. 39.
4. Kozlov V.S., Panchenko M.V. Issledovaniye opticheskikh svoystv i dispersnogo sostava drevnykh dymovykh aerозoley // Fizika gorennya i vzryva. 1996. T. 32. №5. S. 122-133.
5. Opredeleniye vida gorevshikh aviatsionnykh materialov po fiziko-khimicheskim kharakteristikam obrazovavsheysya kopoti: metod.rekomendatsii / N.G. Duderov i dr.M.: VNIPO. 1986.
6. <http://www.rumex.ru/information/stereoskopicheskie-mikroskopy-128> 02.04.2018.

**БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

УДК 614.876 + 006.915

kafuks@yandex.ru

**ПРОБЛЕМА НЕКОРРЕКТНОГО ДОВЕДЕНИЯ ДО НАСЕЛЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИИ ПО ЗНАЧЕНИЯМ РАДИАЦИОННОГО ФОНА  
ВБЛИЗИ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ, РАСПОЛОЖЕННЫХ  
НА ТЕРРИТОРИИ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.  
ПУТИ ЕЁ РЕШЕНИЯ****THE PROBLEM OF INCORRECT CONDUCT TO POPULATION  
OF INFORMATION ON THE VALUES OF THE RADIATION BACKGROUND IN  
THE NEARBY OF THE OBJECTS OF THE ATOMIC INDUSTRY OF RUSSIA  
LOCATED ON THE TERRITORY OF THE SUBJECTS  
OF THE RUSSIAN FEDERATION. WAYS OF ITS SOLUTIONS***Шишкин П.Л.<sup>1</sup>,**Мураев Н.П.<sup>1</sup>, кандидат педагогических наук,**Вишняков А.В.<sup>2</sup>, кандидат биологических наук, доцент,**Батюшев В.М.<sup>1</sup>,**<sup>1</sup>Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург**<sup>2</sup>Учебно-методический центр по ГОЧС Свердловской области, Екатеринбург**Shishkin P.<sup>1</sup>, Muraev N.<sup>1</sup>, Vishnyakov A.<sup>2</sup>, Batushev V.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg**<sup>2</sup>Educational-methodical center for Civil Defense  
of the Sverdlovsk region, Yekaterinburg*

К важнейшим задачам в области обеспечения радиационной безопасности населения относятся контроль за радиационной обстановкой на территории Российской Федерации, учёт доз облучения населения, а также его информирование о радиационной обстановке. Указанные составляющие должны реализовываться в строгом соответствии с нормативной правовой базой, быть непрерывными и иметь объективный характер. В статье авторами поднимается проблематика некорректной работы по данному направлению, имеющей место в Свердловской области, даются предложения по решению обсуждаемого вопроса.

*Ключевые слова:* атомная отрасль России, Зиверт, радиационная обстановка, Рентген, интернет-ресурс, информирование населения.

The main tasks in the field of radiation safety of the population are monitoring the radiation situation in the territory of the Russian Federation, taking into account the population exposure doses, as well as informing it about the radiation situation. These components should be implemented in strict accordance with the regulatory legal framework, be continuous and have an objective character. In this article, the authors raise the problem of incorrect work in this area, which takes place in the Sverdlovsk region, offers suggestions for solving the issue under discussion.

*Keywords:* nuclear industry of Russia, Sievert, radiation environment, Roentgen, internet resource, information of population.



Несмотря на принимаемые на всех уровнях государственной власти усилия, уровень радиационной защиты населения Российской Федерации не достигает состояния, при котором отсутствуют недопустимые риски причинения вреда в результате воздействия опасных радиационных факторов, которые могут возникнуть при чрезвычайных ситуациях (ЧС). Катастрофа на Чернобыльской АЭС, как и другие аварии на подобных объектах, показала все стороны радиационной опасности как для человека, так и для экологии. Негативное воздействие радиации на территориях, подвергшихся загрязнению в результате Чернобыльской аварии, по оценке специалистов может продолжаться десятилетиями [1 и 2]. Также обязательному учёту подлежат и опасности потенциального характера, связанные с деятельностью объектов атомной отрасли России. Таким образом, указанные положения определяют решение вопросов радиационной безопасности как одну из важнейших составляющих деятельности органов государственной власти, включая властные структуры в субъектах Российской Федерации.

Первостепенными задачами в области обеспечения радиационной безопасности населения, что определяется федеральным законом «О радиационной

безопасности населения» являются контроль за радиационной обстановкой на территории Российской Федерации, учёт доз облучения населения, а также его информирование о радиационной обстановке [3]. Указанные составляющие должны реализовываться в строгом соответствии с нормативной правовой базой, иметь непрерывный и объективный характер. В качестве цели настоящей статьи авторами определяется обсуждение проблематики некорректной работы по данному направлению, имеющей место в Свердловской области и иных субъектах Российской Федерации, а также предложение конкретных мер по решению рассматриваемого вопроса.

Особое значение представляемой проблемы и необходимость оперативного его решения определяется тем положением, что центр Свердловской области – город Екатеринбург – может претендовать на проведение Универсиады-2023, что является значимым событием не только для города и области, но и для всей страны [4]. Естественно, в этот период информация о радиационной обстановке в Свердловской области будет особенно востребована, при этом некорректный характер сведений по данному направлению не будет способствовать престижу как региона, так и государства.

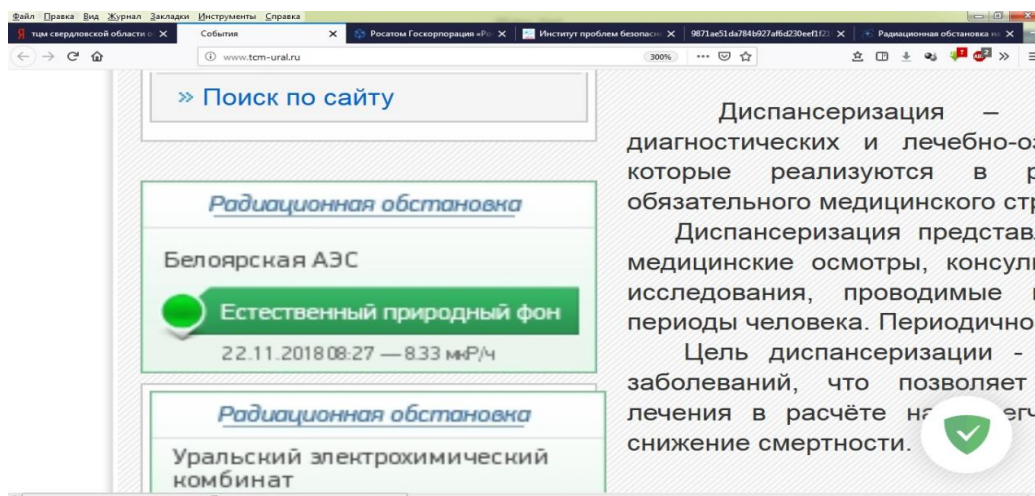


Рисунок 1. Фрагмент скриншота с сайта Территориального центра мониторинга и реагирования на чрезвычайные ситуации в Свердловской области

Рассматривая информацию по радиационной обстановке на объектах атомной отрасли России, расположенных на территории Свердловской области, следует указать, что все сведения в рамках правовых основ создания, целей и задач Территориального центра мониторинга и реагирования на чрезвычайные ситуации в Свердловской области (далее – ТЦМ) [5] находятся в свободном доступе на сайте данного учреждения (<http://www.tcm-ural.ru/>) (рисунок 1). Таким образом, сведениями рассматриваемого характера могут пользоваться все жители Свердловской области.

То положение, что согласно Федеральному закону «О радиационной безопасности населения» информирование населения о радиационной обстановке относится к мероприятиям по обеспечению радиационной безопасности, определило необходимость в изучения данного вопроса, результаты которого представлены ниже.

В своей деятельности по обеспечению сведениями по рассматриваемому направлению ТЦМ использует информацию с сайта <http://www.russianatom.ru/>,

который позиционируется как сайт Института проблем безопасного развития атомной энергетики РАН и показывает естественный природный фон на территориях вблизи объектов атомной отрасли России. В то же время названный выше институт в настоящее время поддерживает другой интернет-ресурс: <http://www.ibrae.ac.ru/>, и сайт <http://www.russianatom.ru/>, хотя и находится в ведении Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», постепенно утрачивает техническую поддержку, что выражается в постоянном снижении функциональности указанного интернет-ресурса по целому ряду составляющих.

Ограничение функциональности сайта, например, выражается в невозможности постоянного получения (в режиме онлайн) информации по территории, прилегающей к Белоярской АЭС и иных объектов, часто обозначаемой как ошибка загрузки показаний (рисунок 2) или ошибочной передачей информации из других населённых пунктов (рисунок 3) вместо города, выбранного пользователем.

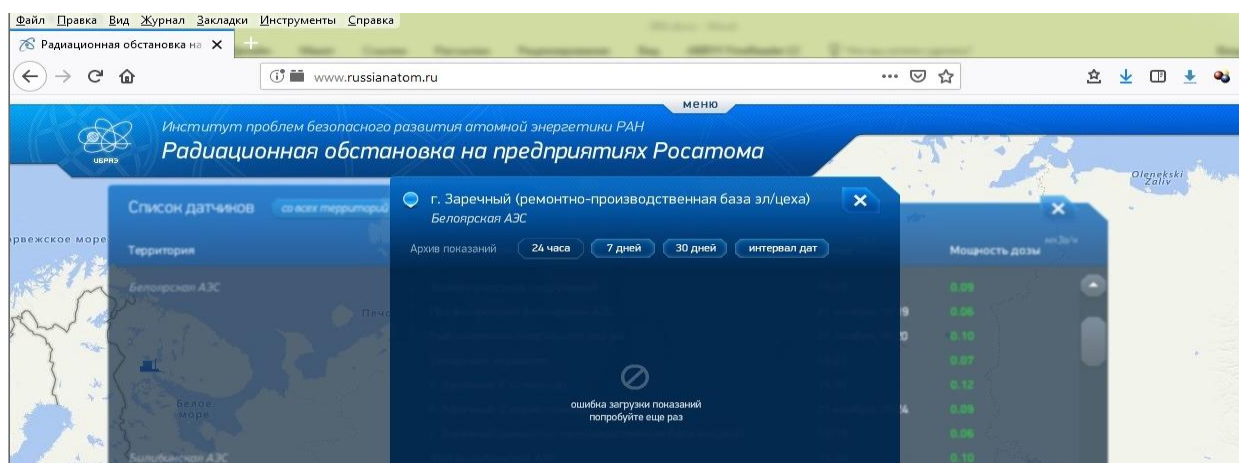


Рисунок 2. Фрагмент скриншота с сайта <http://www.russianatom.ru/>. Ошибка загрузки показаний о радиационном фоне в районе ремонтно-производственной базы в городе Заречном

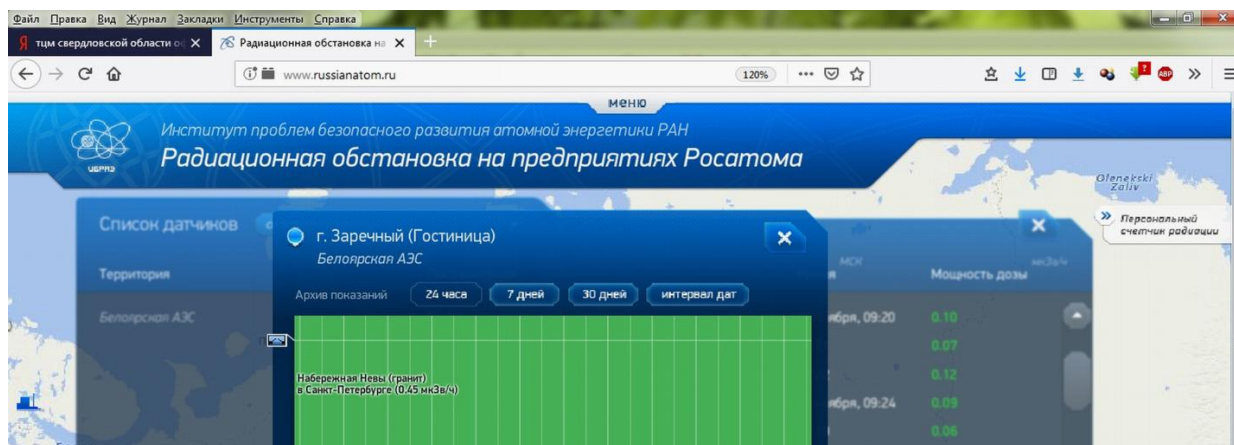


Рисунок 3. Фрагмент скриншота с сайта <http://www.russianatom.ru/>. Ошибка в передаче информации, вместо значения радиационного фона у гостиницы в городе Заречном на экране отображается информация по набережной Невы в городе Санкт-Петербурге

Одновременно, учитывая положение Федерального закона «О радиационной безопасности» и иных нормативных правовых документов об обязательном применении величины Зиверт (Зв) и её производных [6, 7], на сайте <http://www.russianatom.ru/>, несмотря на целый ряд негативных составляющих, имеющих место при работе с указанным ресурсом, всё же предусмотрена техническая возможность получения информации по радиационному фону в производных

величины Зиверт (рисунок 4). Однако специалисты ТЦМ этой возможностью не пользуются. В то же время, что бы не служило причиной данного положения независимо от обстоятельств, обуславливающих это, в настоящее время существует объективная необходимость незамедлительного изменения данной ситуации, в направлении приведения рассматриваемой информации в соответствие требованиям законодательных актов.

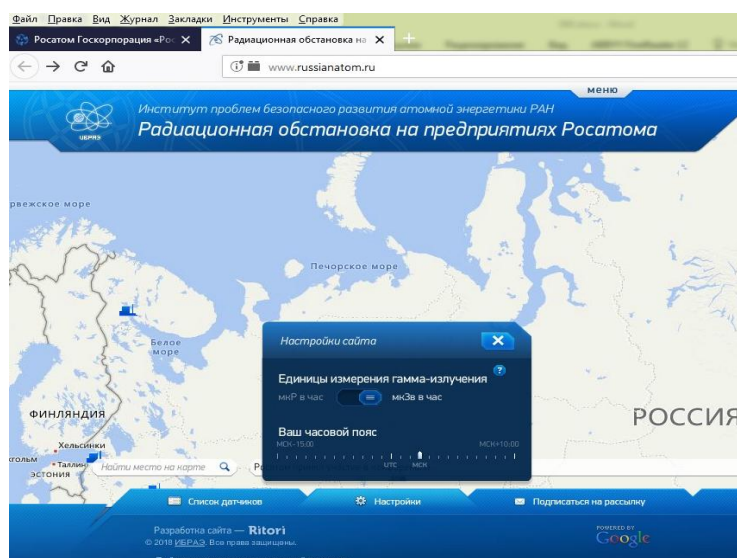


Рисунок 4. Фрагмент скриншота с сайта <http://www.russianatom.ru/>. Вкладка-переключатель единиц измерения гамма-излучения, вызываемая пользователем через настройку

Таким образом, указанное обстоятельство свидетельствует о некорректном распространении ТЦМ сведений по радиационному фону, получаемых с сайта <http://www.russianatom.ru/>, с использованием внесистемной физической величины Рентген (Р). В связи с переходом на Международную систему единиц (СИ) указанная величина исключена из применения в области дозиметрии и может использоваться только в ядерной физике и медицине [8].

Рассматривая некорректность применения такой величины как Рентген следует помнить, что в начальный период развития дозиметрии чаще всего приходилось иметь дело с рентгеновским излучением, распространявшимся в воздухе. Поэтому в качестве количественной меры поля излучения использовалась степень ионизации воздуха. Количественная мера, основанная на величине ионизации сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении, достаточно легко поддающаяся измерению, получила название экспозиционная доза и измерялась такой величиной, как Рентген, равной  $2,57976 \cdot 10^{-4}$  Кл/кг.

Однако выбранная мера количества излучения относилась лишь к фотонам и устанавливала неоднозначную связь с эффектом вследствие зависимости эффекта от плотности образования электрических зарядов, а также имела технические трудности измерения числа электрических зарядов, образующихся заряженными частицами с большим пробегом. Использование физической величины рентген не позволяло оценить отдалённые последствия воздействия излучения

на организм человека. Всё это определило переход на другие дозиметрические величины – Зиверт и Грей, нашедший применение в войсковой дозиметрии.

При этом очень важно учитывать, что применяемый в отдельных случаях перевод рентгенов в Зиверты, выражающийся соотношением, где 100 Рентгенов равно 1 Зиверту, носит достаточно условный и приближённый характер, т. е. не обеспечивающий точных результатов измерений, так как не учитывает целый ряд важных факторов, например, то обстоятельство что одно и то же количество частиц или квантов, падающих на объект, дают разный эффект в зависимости, например, от таких показателей, как тип частиц, их энергия и угол падения на объект (1:100) [2, 9 и 10].

Также, учитывая, что сайт, информацией которого пользуется ТЦМ, постепенно снижает свой функционал, представляется целесообразным получать информацию, например с сайтов иных структур (дивизионов) Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», в частности с официального сайта АО Концерна «Росэнергоатом» – <http://www.rosenergoatom.ru/>.

Данный ресурс в том числе предоставляет информацию по радиационному фону (рисунок 5), в строгом соответствии с законом «О радиационной безопасности населения» в производных такой величины, как Зиверт (мкЗв/ч). Причём данная информация, что особенно ценно, даётся в режиме онлайн и без ошибок, присущих ресурсу <http://www.russianatom.ru/>.



Рисунок 5. Фрагмент скриншота с сайта <http://www.rosenergoatom.ru/>, содержащего информацию по радиационному фону на территории Белоярской АЭС (0,1 мкЗв/ч)

Рассматривая сложившуюся в Свердловской области ситуацию с информированием населения о значениях радиационного фона, следует указать на опыт деятельности в данной сфере уполномоченных организаций в других регионах России. При этом важно отметить, что данная ситуация имеет достаточно сложный характер, что также свидетельствует об актуальности представленной в настоящей статье тематики.

К примеру, даже в одном субъекте Российской Федерации – Санкт-Петербурге – имеет место отсутствие единого подхода к информированию о значениях радиационного фона. Так ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», обобщая информацию по городу Санкт-Петербургу, приводит на своём сайте данные, обращаясь к величине мкР/ч [11]. Одновременно автоматизированная система радиационного контроля Санкт-Петербурга согласно

нормативному документу функционирует, работая с такой величиной, как мкЗв/ч [12].

В то же время в Московской области, где также широко представлены объекты атомной отрасли России, ФГУП «Радон», выполняя онлайн-мониторинг радиационной обстановки по всей территории субъекта, представляет информацию в строгом соответствии с положениями закона «О радиационной безопасности населения», оперируя такой величиной, как Зв/ч [13]. Подобное положение имеет место практически во всех регионах Российской Федерации, включая соседние со Свердловской областью субъекты, такие как Челябинская и Курганская области [14, 15].

Таким образом, как показано в настоящей работе, приведение в соответствии с законодательными актами вопросов информирования населения о радиационной обстановке является выполнимой задачей, не требующей дополнительных за-

трат денежных средств и проведения технически сложных мероприятий.

В заключение представляется возможным сделать ряд выводов:

1. Все составляющие радиационной безопасности населения должны реализовываться в строгом соответствии с федеральным законодательством и достижениями науки в данной сфере.

2. Информирова население об радиационной обстановке, следует применять производные такой величины, как Зиверт, что даёт возможность предусмотреть все радиобиологические эффекты, являющиеся очень важным обстоятельством

для целого ряда категорий населения – участников ликвидации Чернобыльской катастрофы, персонала, работающего с источниками ионизирующих излучений, онкологических больных, лиц с ослабленным иммунитетом, малолетних детей и т. д.

3. Предоставление некорректных данных, связанных с вопросами информирования населения о радиационной обстановке, является проблемным явлением, требующим незамедлительного решения.

#### Литература

1. Сосунов И.В., Батырев В.В., Посохов Н.Н. и др. Радиационная, химическая и биологическая защита населения: цель, задачи и направления совершенствования на период до 2020 года / Технологии гражданской безопасности. М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, 2014. № 4 (42). С. 22-28.
2. Рязанов А.А., Вишняков А.В., Шишкин П.Л. Радиационные измерения: проблемная составляющая, пути решения / «Чернобыль – 30 лет» Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 30-летию со дня катастрофы на Чернобыльской АЭС, 21 апреля 2016 г. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 208-210.
3. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон Российской Федерации от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации, 1996. № 3, ст. 4; Российская газета, 17.01.1996. № 9.
4. ТАСС. Полпредство УрФО: Опыт Екатеринбурга на ЭКСПО поможет в борьбе за Универсиаду-2023. Ранее Екатеринбург заявлял о готовности принять соревнования URL: [https://tass.ru/obschestvo/5829359?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop](https://tass.ru/obschestvo/5829359?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop) (дата обращения: 24.11.2018)
5. Территориальный центр мониторинга и реагирования на чрезвычайные ситуации в Свердловской области. Цели и задачи. URL: [http://www.tcm-ural.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=150&Itemid=40](http://www.tcm-ural.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=150&Itemid=40) (дата обращения: 24.11.2018).
6. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон Российской Федерации от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ // Собр. законодательства Российской Федерации, 1996. № 3, ст. 9; Российская газета, 17.01.1996. № 9.
7. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26.04.2010 № 40 «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010).
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.10.2009 г. № 879 «Об утверждении Положения о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации».
9. Вишняков А.В., Мишнёв А.И. Рентгенметр-радиометр ДП-5: отдельные проблемы эксплуатации, пути их решения // Техносферная безопасность (электронный журнал). Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. № 1. С. 21-25.
10. Рязанов А.А., Мурзин С.М., Вишняков А.В. Радиоактивные загрязнения и технические средства дозиметрии. Учебное пособие. Екатеринбург: УРИ ГПС МЧС России, 2015. 86 с.
11. ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»: Карта радиационного фона Северо-Западного региона URL: [http://www.meteo.nw.ru/weather/lo\\_radiationd.php](http://www.meteo.nw.ru/weather/lo_radiationd.php) (дата обращения: 24.11.2018).
12. Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга «Об автоматизированной системе контроля радиационной обстановки Санкт-Петербурга»
13. ФГУП «Радон»: Онлайн-мониторинг радиационной обстановки URL: <http://www.radon.ru/online-map> (дата обращения: 24.11.2018).
14. Росгидромет-Челябинский ЦГМС: Радиационная обстановка на территории Челябинской области URL: <http://www.chelpogoda.ru/pages/226.php> (дата обращения: 24.11.2018).

15. Главное управление МЧС России по Курганской области: Данные автоматизированной системы контроля радиационной обстановки URL: <http://45.mchs.gov.ru/operationalpage/dailyforecast/item/2631464/> (дата обращения: 24.11.2018).

#### References

1. Sosunov I.V., Batyrev V.V., Posohov N.N. i dr. Radiacionnaya, himicheskaya i biologicheskaya zashchita naseleniya: cel', zadachi i napravleniya sovershenstvovaniya na period do 2020 goda / Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. M.: VNII GOCHS (FC) MCHS Rossii, 2014. № 4 (42). S. 22-28.
2. Ryazanov A.A., Vishnyakov A.V., SHishkin P.L. Radiacionnye izmereniya: problemnaya sostavlyayushchaya, puti resheniya / «Chernobyl' – 30 let» Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchyonnoj 30-letiyu so dnya katastrofy na Chernobyl'skoj AEHS, 21 aprelya 2016 g. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2016. S. 208-210.
3. O radiacionnoj bezopasnosti naseleniya: Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 9 yanvarya 1996 g. № 3-FZ // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii, 1996. № 3, st. 4; Rossijskaya gazeta, 17.01.1996. № 9.
4. TASS. Polpredstvo UrFO: Opyt Ekaterinburga na EHKSPo pomozhet v bor'be za Universiadu-2023. Raneje Ekaterinburg zayavlyal o gotovnosti prinyat' sorevnovaniya URL: [https://tass.ru/obschestvo/5829359?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop](https://tass.ru/obschestvo/5829359?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop) (data obrashcheniya: 24.11.2018)
5. Territorial'nyj centr monitoringa i reagirovaniya na chrezvychajnye situacii v Sverdlovskoj oblasti. Celi i zadachi. URL: [http://www.tcm-ural.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=150&Itemid=40](http://www.tcm-ural.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=150&Itemid=40) (data obrashcheniya: 24.11.2018).
6. O radiacionnoj bezopasnosti naseleniya: Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 9 yanvarya 1996 g. № 3-FZ // Sobr. zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii, 1996. № 3, st. 9; Rossijskaya gazeta, 17.01.1996. № 9.
7. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federacii ot 26.04.2010 № 40 «Ob utverzhdenii SP 2.6.1.2612-10 «Osnovnye sanitarnye pravila obespecheniya radiacionnoj bezopasnosti (OSPORB-99/2010).
8. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 31.10.2009 g. № 879 «Ob utverzhdenii Polozheniya o edinichah velichin, dopuskaemyh k primeneniyu v Rossijskoj Federacii».
9. Vishnyakov A.V., Mishnyov A.I. Rentgenmetr-radiometr DP-5: otdel'nye problemy ehkspluatacii, puti ih resheniya // Tekhnosfernaya bezopasnost' (ehlektronnyj zhurnal). Ekaterinburg: Ural'skij institut GPS MCHS Rossii, 2013. № 1. S. 21-25.
10. Ryazanov A.A., Murzin S.M., Vishnyakov A.V. Radioaktivnye zagryazneniya i tekhnicheskie sredstva dozimetrii. Uchebnoe posobie. Ekaterinburg: URI GPS MCHS Rossii, 2015. 86 s.
11. FGBU «Severo-Zapadnoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy»: Karta radiacionnogo fona Severo-Zapadnogo regiona URL: [http://www.meteo.nw.ru/weather/lo\\_radiationd.php](http://www.meteo.nw.ru/weather/lo_radiationd.php) (data obrashcheniya: 24.11.2018).
12. Rasporyazhenie Komiteta po prirodopol'zovaniyu, ohrane okruzhayushchej sredy i obespecheniyu ehkologicheskoy bezopasnosti Pravitel'stva Sankt-Peterburga «Ob avtomatizirovannoj sisteme kontrolya radiacionnoj obstanovki Sankt-Peterburga»
13. FGUP «Radon»: Onlajn-monitoring radiacionnoj obstanovki URL: <http://www.radon.ru/online-map> (data obrashcheniya: 24.11.2018).
14. Rosgidromet-CHelyabinskij CGMS: Radiacionnaya obstanovka na territorii CHelyabinskoy oblasti URL: <http://www.chelpogoda.ru/pages/226.php> (data obrashcheniya: 24.11.2018).
15. Glavnoe upravlenie MCHS Rossii po Kurganskoj oblasti: Dannye avtomatizirovannoj sistemy kontrolya radiacionnoj obstanovki URL: <http://45.mchs.gov.ru/operationalpage/dailyforecast/item/2631464/> (data obrashcheniya: 24.11.2018).

УДК 53.06:09,67.08

sergej.anahov@rsvpu.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОЙ ИНСИНЕРАЦИИ  
В ТЕХНОЛОГИЯХ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ****MODELING OF THE PLASMA INCINERATION TECHNOLOGY OF  
WASTE UTILIZATION AND NEUTRALIZATION**

*Анахов С.В., кандидат физико-математических наук, доцент,  
Российский государственный профессионально-  
педагогический университет, Екатеринбург,  
Пыкин Ю.А., доктор технических наук, профессор,  
Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,  
Матушкин А.В., кандидат технических наук,  
Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург*

*Anakhov S.V.,  
Russian State Vocational-Professional University, Yekaterinburg,  
Pykin Yu.A.,  
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg,  
Matushkin A.V.,  
Ural Federal University named after  
the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg*

Исследованы процессы плазменной инсинерации в технологиях утилизации и обезвреживания отходов. Отмечены основные достоинства технологий, основанных на высокотемпературном плазменном воздействии на материалы, а также основные направления их применения в стратегиях управления отходами. За счет высоких температур плазменной струи (до 20 тыс. К), быстроты процесса, малого влияния атмосферного кислорода возникают необходимые условия для обезвреживания практически любых токсичных, а при определенных условиях и радиоактивных газов. Представлена обобщенная классификация плазмотронов по функциональным и конструктивным признакам, специфичным для применения в экологических технологиях. Отмечено, что оценка эффективности обезвреживания токсичных газов с применением плазмотронов подобного типа является многопараметрической задачей, так как помимо конструктивных следует учитывать газодинамические и теплоэнергетические параметры технологии. Методами математического моделирования определены газодинамические параметры воздушно-плазменного потока в камере смешения плазмотрона для экологических технологий. Определены характерные температуры, скорости и времена нагрева утилизируемого газа в различных областях камеры смешения. Обозначены направления дальнейших исследований и разработок, необходимых для создания технологии плазменной инсинерации с максимальной эффективностью обеззараживания. Рассмотрены также вопросы внедрения плазменной инсинерации на отдельных стадиях технологий высокотемпературной утилизации и обезвреживания отходов.

*Ключевые слова:* экологическая безопасность, утилизация отходов, обезвреживание, обеззараживание, инсинерация, плазмотрон.



The processes of the plasma incineration in technology of waste utilization and waste disposal are investigated. The main advantages of technologies based on high-temperature plasma impact on materials, as well as the main directions of their application in waste management strategies are noted. Due to the high temperatures of the plasma jet (up to 20 thousand K), the speed of the process, the small influence of atmospheric oxygen, the necessary conditions for the neutralization of almost any toxic, and under certain conditions, radioactive gases arise. A generalized classification of plasma torches according to the functional and design features specific to application in environmental technologies is presented. It is noted that the evaluation of the efficiency of toxic gases neutralization with the use of this type plasmatrons is a multiparameter problem, since in addition to the design should take into account the gas-dynamic and thermal power parameters of the technology.

The gas-dynamic parameters of the air-plasma flow in the plasma torch mixing chamber for ecology technologies are determined by methods of mathematical modeling. The characteristic temperatures, velocities and heating times of the utilized gas in different areas of the mixing chamber are determined. The directions of further research and development necessary to create a technology of plasma incineration with maximum efficiency of disinfection are outlined. The issues of plasma incineration introduction at certain stages of technologies of high-temperature waste utilization and disposal are also considered.

*Keywords:* ecological safety, waste recycling, waste treatment, decontamination, incineration, plasmatron.

Переработка и обезвреживание отходов – одна из приоритетных экологических проблем, стоящих не только перед российским обществом, но и человечеством, в целом. За последние годы было получено немало эффективных технологических решений, улучшающих экологическую обстановку окружающей среды. Одним из таких решений является применение в проектах экологической направленности электроплазменной техники, использующей генератор низкотемпературной плазмы – плазматрон [1]. В плазматроне при температурах плазменной струи в несколько тысяч градусов возникает высокоэнергетичный эффект воздействия на вещества, позволяющий подвергнуть их глубокому разложению, – плазменная инсинерация («сжигание») [2]. Однако использование плазменных технологий в производствах по переработке отходов должно быть обосновано с учетом критериев качества получаемого результата, эффективности и безопасности процесса [3, 4], а, следовательно, связано с изучением условий и разработкой методов управления риском для обеспе-

чения безопасности при технологических процессах, утилизации, нейтрализации, складировании и регенерации отходов деятельности предприятий. Внедрение технологий плазменной инсинерации должно, с учетом вышесказанного, опираться на системный подход, включающий в себя не только решение проблемы безопасности самой технологии (включая пожарную), но и её применение в целях повышения экологической и промышленной безопасности в сфере взаимодействия человека и среды его обитания.

Основным достоинством плазменных термических технологий (по сравнению с физико-химическими и биологическими) является возможность перерабатывать практически любые отходы – твердые, растворимые, жидкие и газообразные. При этом, в зависимости от вида и степени токсичности отходов применение плазматронов возможно как на стадии высокотемпературной обработки и обезвреживания самих отходов (после предварительной их подготовки для получения необходимых для высокотемпературной переработки характеристик),

так и на стадии обязательной в настоящее время многоступенчатой очистки образующихся при переработке газов. В связи с существенными энергетическими затратами внедрение плазменных технологий представляется наиболее целесообразным для решения локальных, но важных задач санитарно-эпидемиологическим и экологическим требованиям – уничтожение инфицированных отходов, кремация трупов животных, обезвреживание супертоксиантов (полихлорированных дибензодиоксидов, дибензофуранов, бифенилов, отравляющих веществ, тяжелых металлов и их со-

единений и т. д.). Следует при этом сослаться на мировую практику, в которой сложилось мнение об исключительности применения плазменных методов для обезвреживания токсичных веществ I и II класса опасности [5], а при определенных условиях и радиоактивных газов.

К настоящему времени разработано большое количество плазмотронов и схем применения в технологиях обезвреживания отходов (экотехнологиях). На рис. 1 представлена их обобщенная классификация по функциональным и конструктивным признакам, специфичным для применения в экотехнологиях [6].



Рисунок 1. Функциональные и конструктивные признаки классификации плазмотронов для экотехнологий

С учетом фазового состава подлежащих обезвреживанию и утилизации отходов большая часть применяемых в экотехнологиях плазмотронов предназначена для переработки дисперсных и парогазовых сред, когда отходы обезвреживаются путем непосредственного введе-

ния в плазменную дугу (струю). Специфика обезвреживания токсичных материалов и принципы проектирования плазмотронов для этих целей рассмотрена авторами ранее [4]. С учетом данных принципов разработана и запатентована полезная модель плазмотрона [7], кото-

рый может применяться для обезвреживания токсичных парогазовых потоков

различного состава и фазового состояния (рис. 2 и 3).

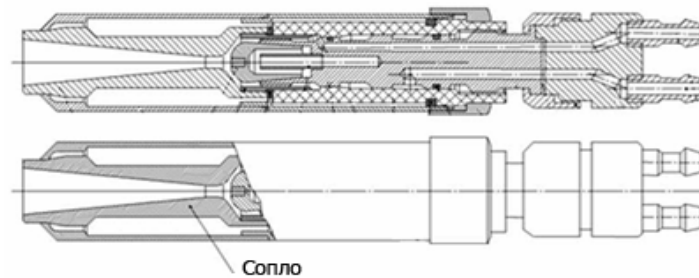


Рисунок 2. Плазмоторн для нагрева материалов (конструктивная схема)

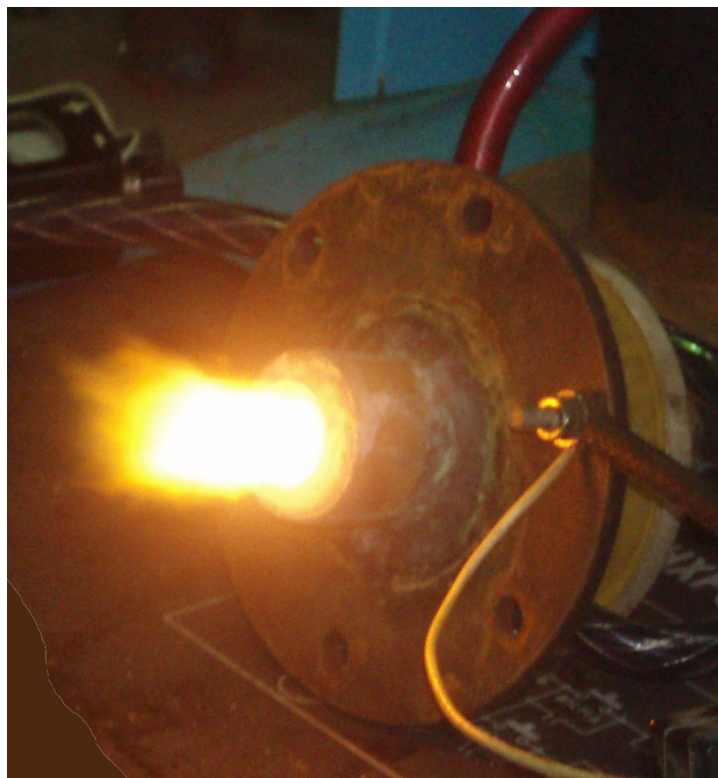


Рисунок 3. Плазмоторн для обезвреживания опасных отходов

Особенностью конструкции данного плазмоторна является наличие сопла, выполняющего также функцию камеры смешения (КС) основного потока плазмообразующего газа (ПОГ) и обезвреживаемого вторичного потока. Предварительно закрученный с помощью системы газовихревой стабилизации ПОГ в КС нагревается плазменной дугой и взаимодействует с потоком тангенциально подаваемой токсичной парогазовой смеси. Как известно, из-за неравномерного распределения скоростей потока вторичного холодного газа при взаимодействии с высокоскоростной плазменной струей возникает сильная турбулентность, приво-

дящая к интенсивному перемешиванию потоков. Для интенсификации теплообмена вторичного потока с дугой и плазменным потоком КС имеет конфузорный участок, сопряженный с сопловой камерой плазмоторна, когда за счет сложной траектории движения потоков, совершающих одновременно вращательное и поступательное движение, увеличивается время нахождения молекул токсичного вещества в плазменном потоке. Патрубки для подачи вторичного потока могут находиться на сменной части плазмоторна, либо быть вынесенным за его пределы и располагаться под срезом сопла под любым углом к оси плазменной струи.

Оценка эффективности обезвреживания токсичных газов с применением плазмотрона подобного типа является многопараметрической задачей, так как помимо конструктивных следует учитывать газодинамические и теплоэнергетические параметры технологии. С учетом вышесказанного, была поставлена задача методами математического моделирования определить газодинамические параметры

потоков в КС с различным конструктивным исполнением зоны нагрева и охлаждения утилизируемого газа с целью последующей оценки термокинетических процессов обезвреживания токсичных отходов, содержащихся во вторичном газовом потоке, а также выработки рекомендаций по совершенствованию конструкции плазмотрона и технологической схемы обезвреживания.

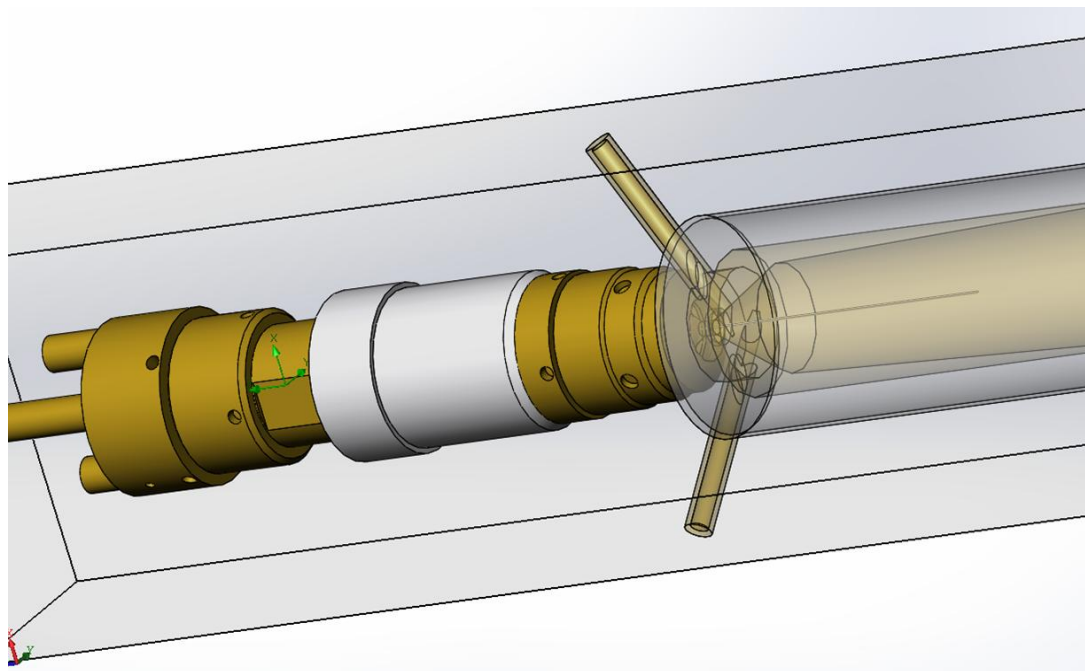


Рисунок 4. Расчетная модель плазмотрона для экотехнологий

Расчет газодинамических параметров потоков проводился в приложении FlowWorks программной среды SolidWorks. Расчетная модель плазмотрона представлена на рис.4. Расчеты проводились для воздушно-плазменной среды при характерном для эффективной газодинамической стабилизации дугового плазмотрона массовом расходе основного потока ПОГ 0,011 кг/с и диаметре входного отверстия в КС 4 мм. Вторичный поток утилизируемого газа подавался по 2-м осесимметрично расположенным патруб-

кам под углом  $60^\circ$ , обеспечивающим ввод утилизируемого газа по касательной в плазменную струю, с массовым расходом 0,005 кг/с на каждую трубку. Расчет температур в КС проводился по нескольким прямолинейным траекториям (линиям) различной удаленности от оси камеры (рис. 5) при характерной для воздушно-плазменной дуги (струи) длине в 90 мм и температуре в 7000 К. Геометрия КС: длина не менее 150 мм, угол раскрытия начальной части –  $20^\circ$ , раскрытие на остальной длине для конфузорной КС –  $5^\circ$ .

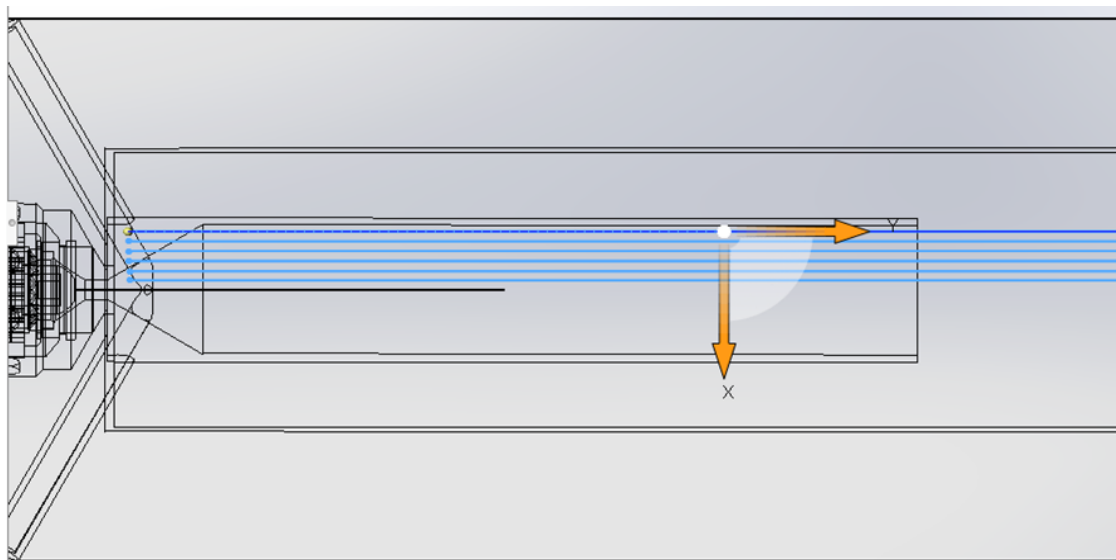


Рисунок 5. Траектории расчета скоростей и температур в камере смешения плазмотрона

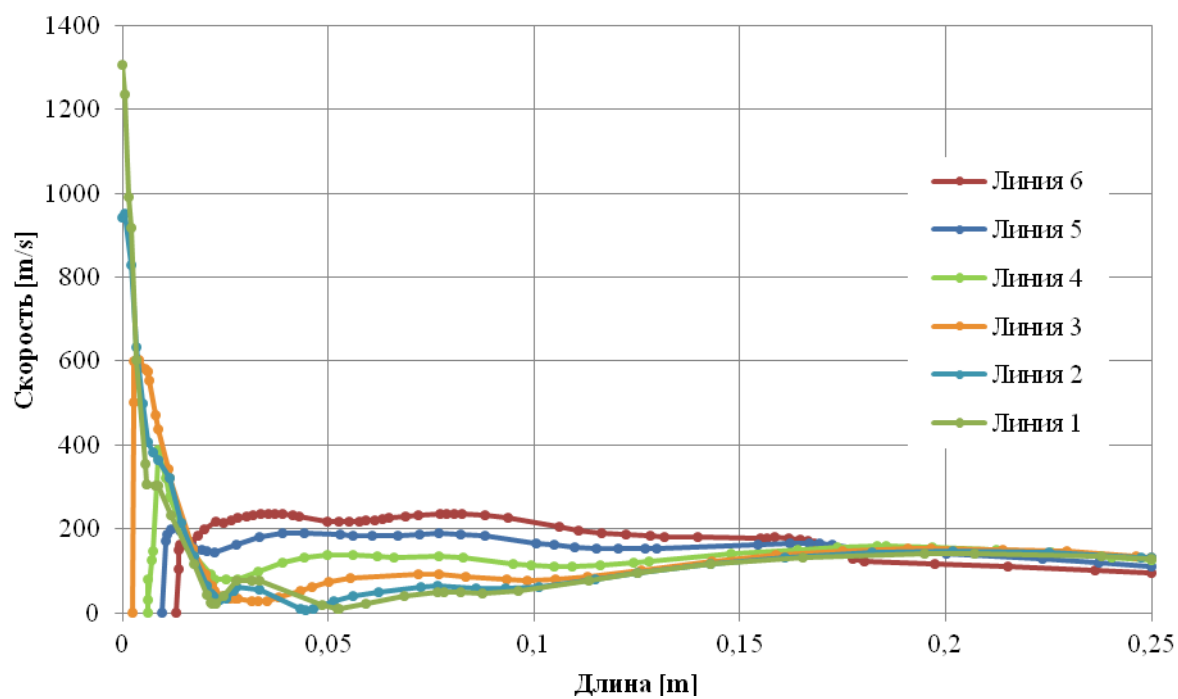


Рисунок 6. Расчет скоростей в камере смешения плазмотрона цилиндрического типа

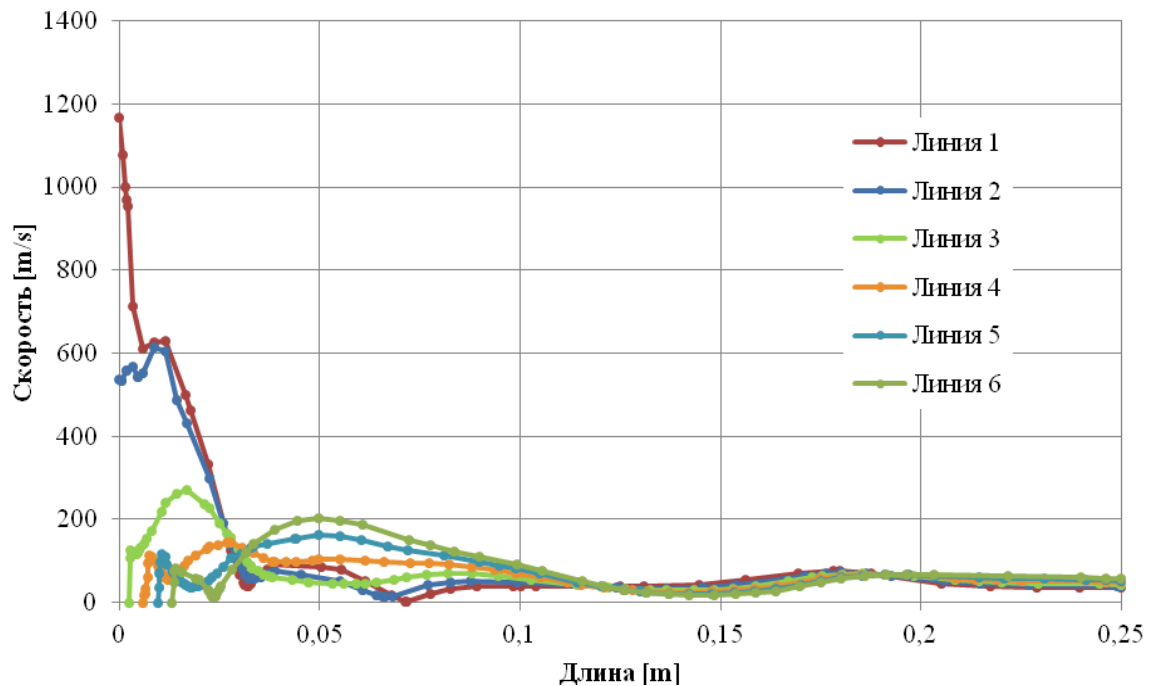


Рисунок 7. Расчет скоростей в камере смешения плазматрона конфузорного типа

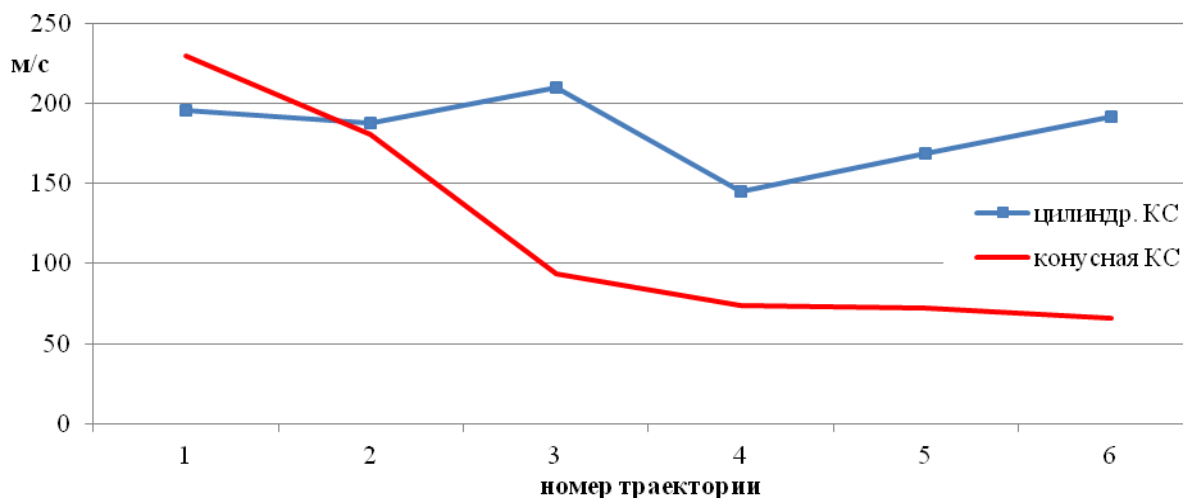


Рисунок 8. Средние скорости в плазматронах с цилиндрической и конфузорной КС

На рис. 6 и 7 представлены результаты расчетов скоростей газовых потоков в камерах смешения двух типов – цилиндрической (рис. 6) и с конфузорной (рис. 7). Расчеты выполнены вдоль траекторий по направлению оси  $Y$  (рис. 5). Нумерация линий – от оси КС. Видно, что наибольшие скорости (до значений порядка 1200 м/с) наблюдаются на начальном

участке плазменной струи длиной менее 1 см, где плазменный поток формируется преимущественно за счет основного потока ПОГ. На удалении более 2-х см от начала расчетной области в КС скорости стабилизируются и в областях смешения потоков составляют порядка 150-200 м/с в цилиндрической и 75-150 м/с в конфузорной КС. Оценка средних скоростей

потоков вдоль расчетных линий (рис. 8) показывает, что в цилиндрической камере смещения существенного изменения скоростей по мере удаления от оси КС не наблюдается, а при наличии конфузурности средние скорости по мере удаления от

оси уменьшаются в 2-3 раза, что, очевидно, связано как с изменением траекторий движения потоков, так и со снижением температуры потока на удалении от оси в КС конусного типа.

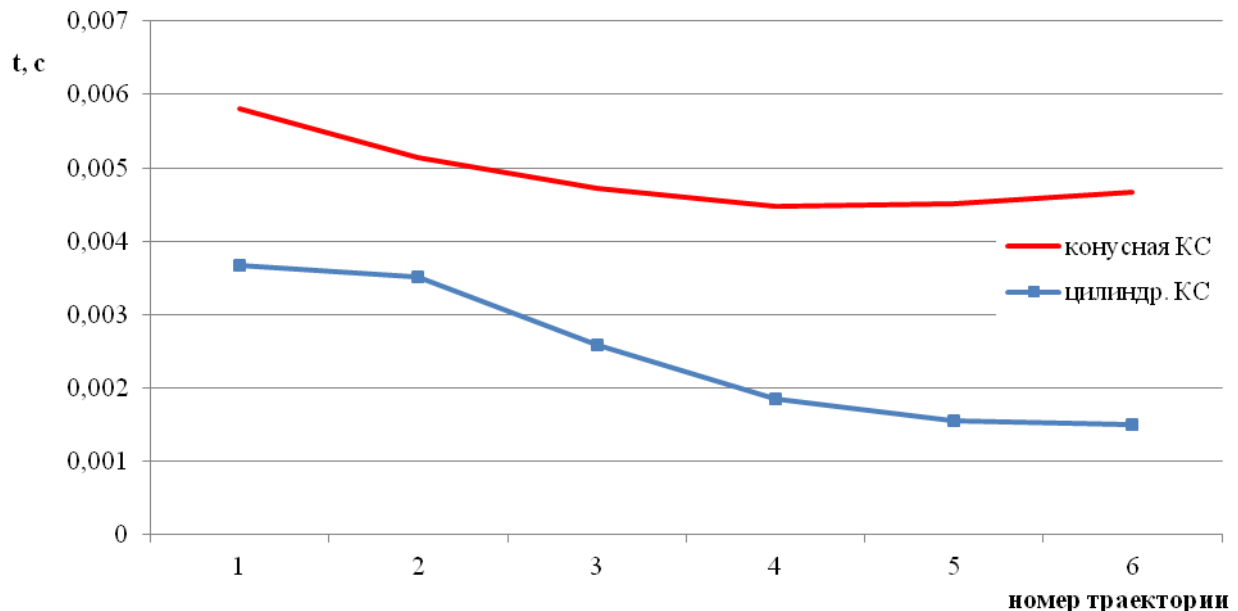


Рисунок 9. Времена нагрева в плазматронах с цилиндрической и конфузорной КС

Результаты расчета скоростей потока позволяют при заданных размерах плазматрона оценить время пребывания утилизируемого газа в камере смешения. Представленные на рис. 9 результаты свидетельствуют о характерных временах нагрева менее 0,01 с вдоль выбранных линейных траекторий. В связи с тем, что действительная траектория движения вторичного потока представляет собой в КС сложную геометрическую линию, реальное время нагрева должно быть выше. При аппроксимации траектории винтовой линией оценки времени нагрева дают его примерно двукратное увеличение для наиболее удалённых от оси областей перемещения, которое, однако, остаётся в диапазоне оценки до 0,01 с. Следует также заметить, что увеличение времени нагрева в областях с несколько меньшей температурой (вблизи стенок КС) способствует повышению эффективности обезвреживания. Такой же вывод можно

сделать и при сравнении влияния двух типов КС на время нагрева. При конфузорном типе КС время нагрева увеличивается в 1,5-3 раза в зависимости от траектории, причем наибольшее увеличение происходит вблизи стенок КС.

Как уже было отмечено, основным преимуществом технологии плазменной инсинерации является достижение высоких температур энергетического воздействия на продукт утилизации, обеспечивающих минимальное время термокинетического распада молекул токсичных веществ. Для оценки эффективности термокинетических процессов помимо скоростей и времён нагрева были определены температуры газовых потоков в КС. Результаты расчетов температур представлены на рис. 10 и 11 (для плазматрона с цилиндрической КС) и на рис. 12 и 13 (для плазматрона с конфузорной КС). Анализ данных результатов свидетельствует о существенном изменении темпера-

тур в объеме КС. При характерной для данного типа плазмотрона длине плазменной струи в пределах 0,1 м и температуре 7000 К возникает значительный градиент температур (от 2000 до 6000 К) в радиальном направлении от оси КС с существенным снижением (от 1500 до 2500 К) в оставшейся за пределами плазменной струи области цилиндрической камеры смешения. Для плазмотрона с конфузорной КС наблюдается более эффективный нагрев в области плазменной струи (от 2500 до 6500 К) с минимизацией радиального температурного градиента в области КС вне плазменной струи. При этом в плазмотроне с цилиндрической КС фактически отсутствует осевой градиент температуры за пределами плазменной струи, в отличие от плазмотрона с конфузорной КС, в котором наблюдается снижение температуры примерно на 1000 К к выходу из КС. Данные выводы подтверждаются и графиками средних температур вдоль расчетных ли-

ний в КС различного типа (рис.14). Результаты, представленные на рис. 13 позволяют сделать необходимую для термокинетических расчетов оценку средних температур нагрева за время пребывания потока вторичного утилизируемого газа в камере смешения. Эти температуры составляют 3500-4500 К в областях, близких к оси КС и около 2500 К для более удаленных от оси областей. Для приближенной оценки эффективности плазменной инсинерации можно принять среднюю температуру нагрева в КС плазмотрона для экотехнологий порядка 3000 К. Последний результат свидетельствует о существенных преимуществах плазменного метода по сравнению с известными технологиями пиролизного либо колосникового сжигания отходов, при которых максимальные температуры, как правило, составляют менее 1000 К и не обеспечивают эффективной деструкции вышеупомянутых супертоксиантов.

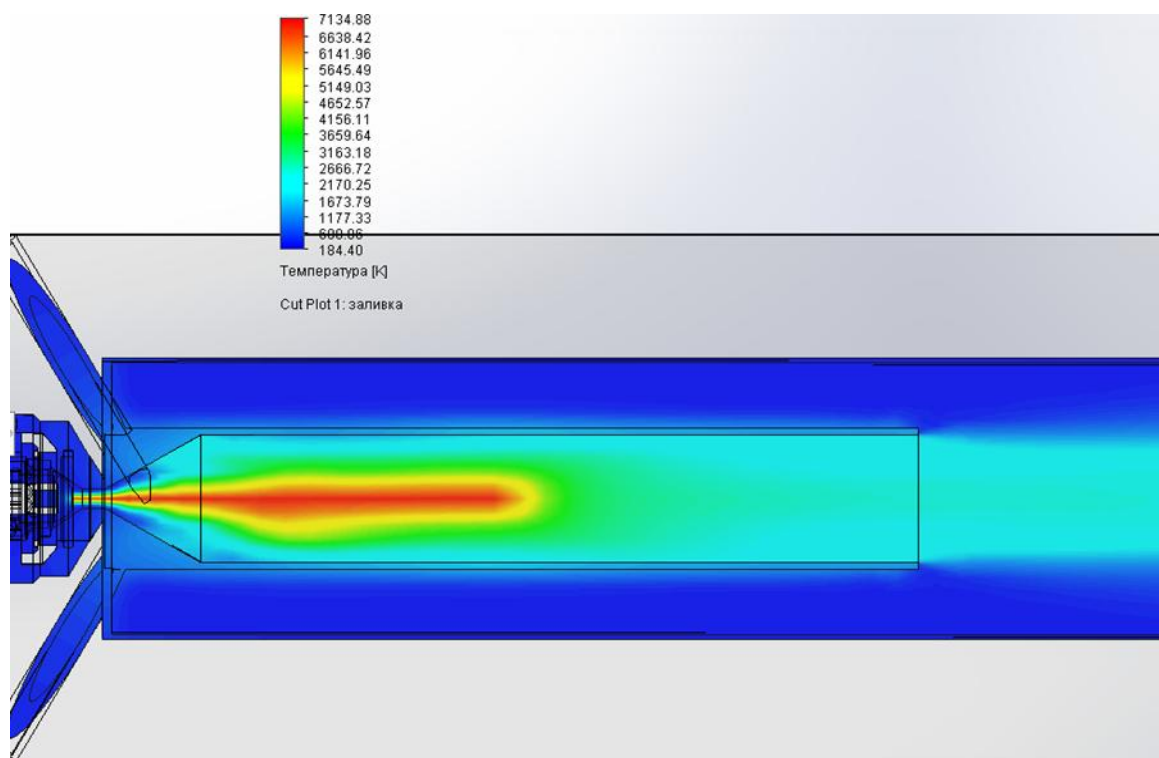


Рисунок 10. Распределение температур в плазмотроне с цилиндрической КС



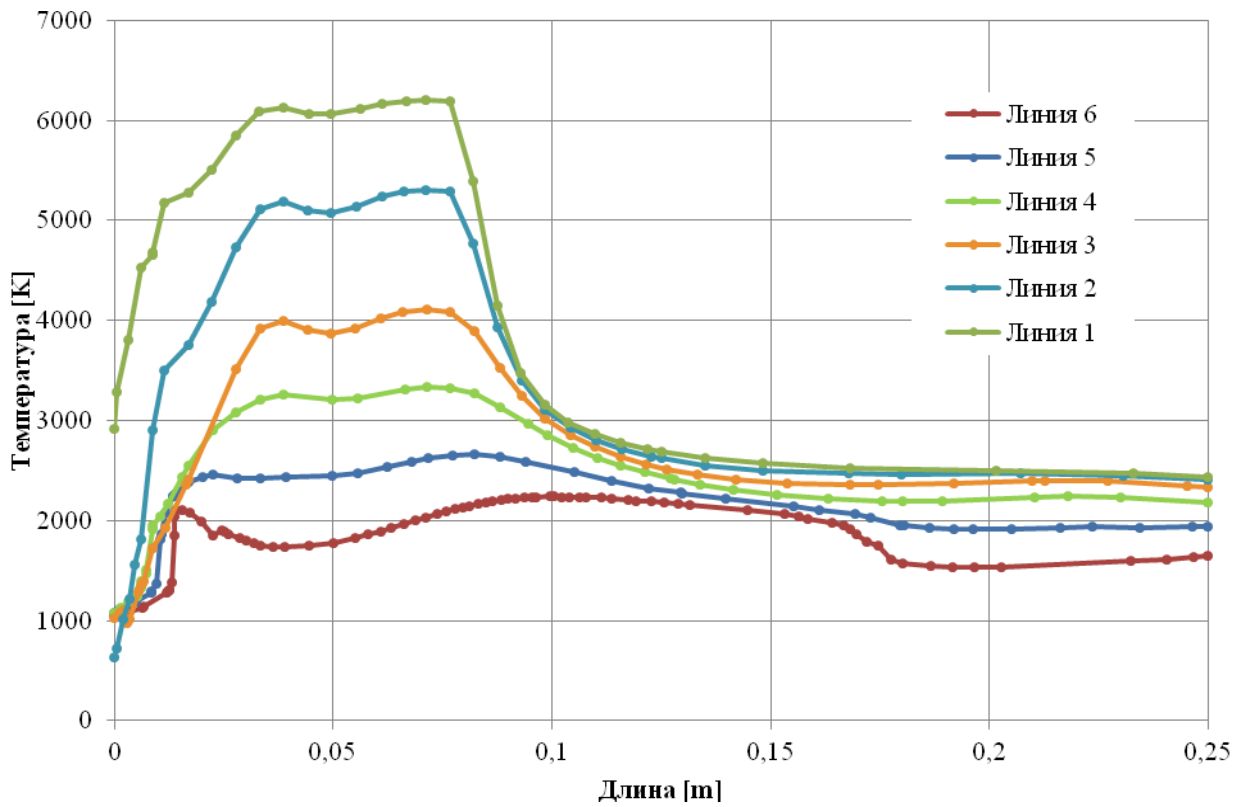


Рисунок 11. Распределение температур по траекториям в плазмотроне с цилиндрической КС

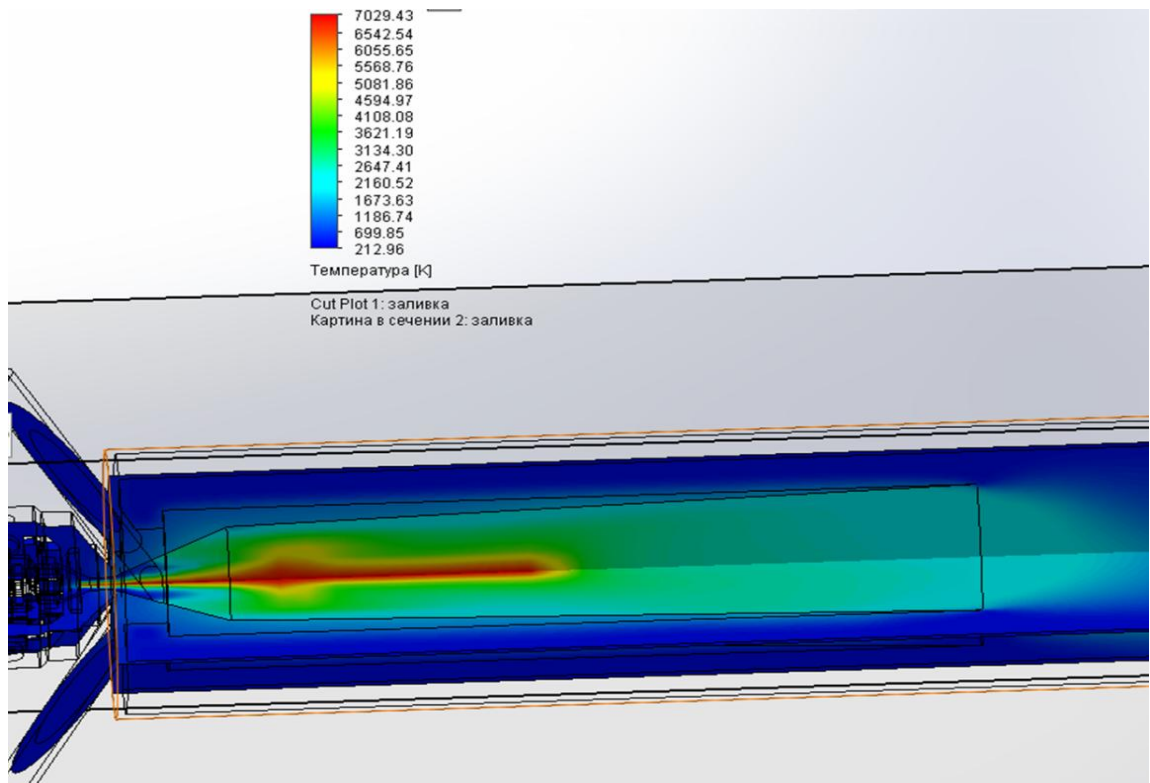


Рисунок 12. Распределение температур в плазмотроне с конфузорной КС

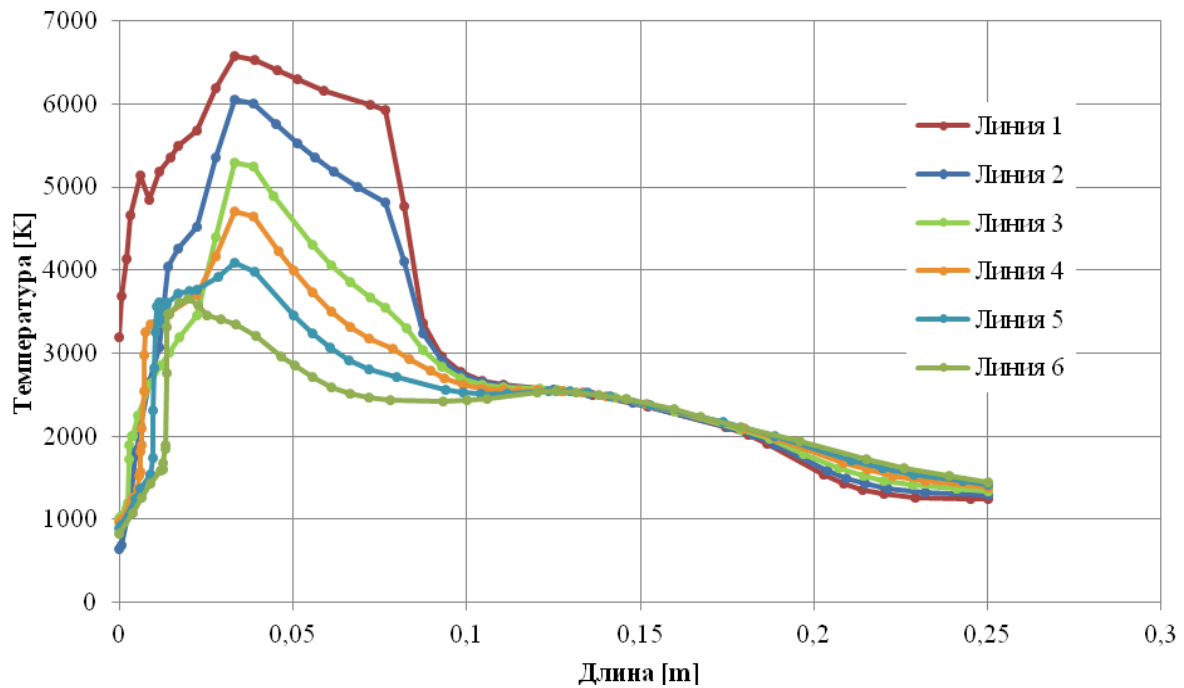


Рисунок 13. Распределение температур по траекториям в плазматорне с конфузорной КС

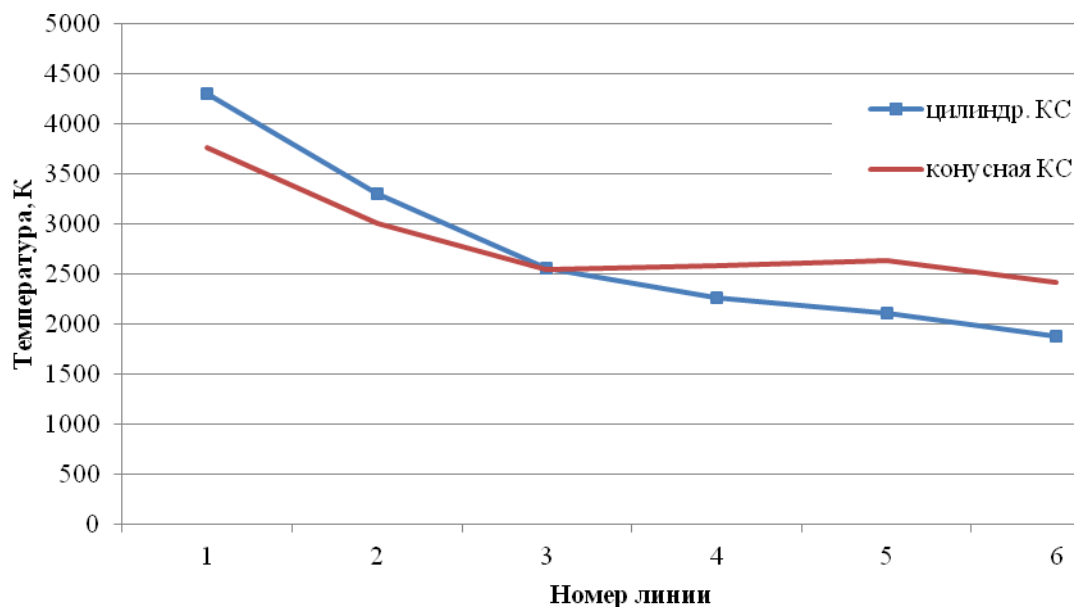


Рисунок 14. Средние температуры в плазматорнах с цилиндрической и конфузорной КС

Представленные результаты оценки газодинамических параметров технологии плазменной инсинерации позволя-

ют использовать их для расчета эффективности обезвреживания токсичных газов с применением заявленной конструк-

ции плазмотрона. При низкой эффективности обезвреживания технология может быть улучшена как конструктивно (за счет модификации размеров и геометрии КС), так и технологически (путем использования более высокоэнтальпийных газов или более мощных плазмотронов). Плазменное обезвреживание может осуществляться в окислительной или восстановительной среде с подачей воздуха, кислорода и других газов, за счет чего возникает возможность регулирования параметров среды с целью эффективного воздействия на конкретное утилизируемое вещество (диоксины, пестициды, гербициды и т. д.). Очевидно, что дополнительные исследования нужны в случае утилизации дисперсных материалов во вторичном потоке, а также конструирование и оценка эффективности системы

закалки (охлаждения), образующихся после плазменной деструкции продуктов распада. Одна из возможных технологических схем применения плазмотрона для экотехнологий (рис. 2 и 3) в реакторе для дожигания отходящих после термического обезвреживания газов представлена на рис. 15.

Потенциальными потребителями технологий плазменной инсинерации отходов являются учреждения и центры по переработке отходов, мусоросортировочные комплексы в крупных городах, структурные подразделения МЧС (министерства по чрезвычайным ситуациям) – в местах техногенных аварий, сельскохозяйственные и животноводческие комплексы – для захоронений инфицированной органики и т. д.

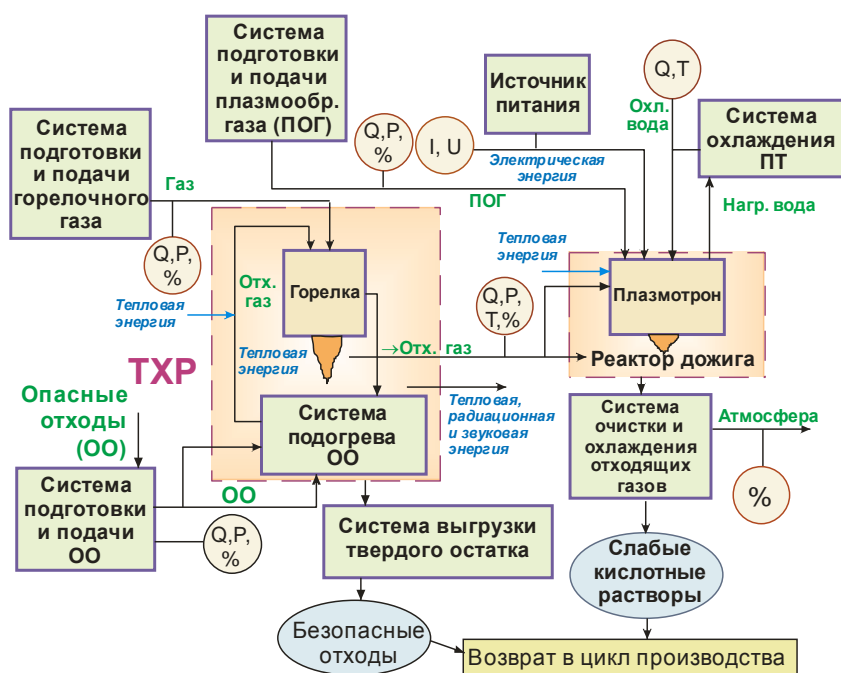


Рисунок 15. Материально-энергетическая схема обезвреживания опасных отходов с плазменным дожиганием отходящих газов (ПТ – плазмотрон, ИП – источник питания, датчики контроля:  $I$  – сила тока,  $U$  – напряжение,  $Q$  – расход,  $P$  – давление,  $T$  – температура,  $\%$  – состав)

#### Литература

1. Чердниченко В.С., Аньшаков А.С., Кузьмин М.Г. Плазменные электротехнологические установки. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. 602 с.
2. Chernets I., Nirenberg G., Fridman A., Rabinovich A. Development of high-power plasma reformer and power supply for large scale applications// 20th International Symposium on Plasma Chemistry, July 24–29, 2011.

3. Анахов С.В., Пыкин Ю.А. Экологическое проектирование: стратегии и технологии. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 125 с.

4. Анахов С.В., Пыкин Ю.А., Шакуров С.А. Системные принципы в решении задач экологической безопасности с применением плазменных технологий // Экология и промышленность России. 2014. №1. С.4-9.

5. Fridman A. Plasma Chemistry. Cambridge University Press, 2008. P.978.

6. Анахов С.В. Принципы и методы проектирования в электроплазменных и сварочных технологиях: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2014. 144 с.

7. Пыкин Ю.А., Анахов С.В., Шакуров С.А.. Патент РФ № 67909 на полезную модель «Плазмотрон» от 22.05.2007.

#### References

1. Cherednichenko V.S., An'shakov A.S., Kuz'min M.G. Plazmennye ehlektrotekhnologicheskie ustanovki (Plasma electrotechnological installations). Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2011. 602 p.

2. Chernets I., Nirenberg G., Fridman A., Rabinovich A. Development of high-power plasma reformer and power supply for large scale applications// 20th International Symposium on Plasma Chemistry, July 24–29, 2011.

3. Anakhov S.V., Pykin Yu.A. Ekologicheskoe proektirovanie: strategii i tekhnologii (Ecological designing: strategy and technologies). Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 125 p.

4. Anakhov S.V., Pykin Yu.A., Shakurov S.A. Sistemnye principy v reshenii zadach ehkologicheskoy bezopasnosti s primeneniem plazmennyh tekhnologij (System principles in the decision of ecological safety problems with application of plasma technologies) // Ecology and the industry of Russia. 2014. №1. P.4-9.

5. Fridman A. Plasma Chemistry. Cambridge University Press, 2008. P.978.

6. Anakhov S.V. Printsipy i metody proektirovaniya v ehlektroplazmennyykh i svarochnykh tekhnologiyakh: uchebnoe posobie. Ekaterinburg: Izd-vo Ros. gos. prof.-ped. un-ta, 2014. 144 s.

7. Pykin YU.A., Anakhov S.V., SHakurov S.A. Patent RF №67909 na poleznuyu model' «Plazmotron» 22.05.2007.

УДК 614.8

kafuks@yandex.ru

**ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА,  
ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ВЗРЫВАХ БЫТОВОГО ГАЗА В МНОГОКВАРТИРНЫХ  
ЖИЛЫХ ДОМАХ: ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, СТАТИСТИКА, МЕРЫ  
ПРОФИЛАКТИКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ**

**EMERGENCY SITUATIONS OF THE TECHNOLOGICAL CHARACTER THAT  
ARISING OUT IN THE DOMESTIC GAS EXPLOSIONS IN MULTI-APARTMENT  
HOUSES: CAUSES OF APPEARANCE, STATISTICS, PREVENTION MEASURES  
AND PERSPECTIVES**

*Вишняков А.В., кандидат биологических наук, доцент,  
Мураев Н.П., кандидат педагогических наук, доцент,  
Шишкин П.Л.,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Vishnyakov A., Muraev N., Shishkin P.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В настоящей статье авторский коллектив обратился к такой проблеме, как возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера, обусловленных взрывами природного газа в многоквартирных жилых домах, используемого населением в бытовых целях. В настоящее время в России газифицировано более 60 % всего жилого фонда. Естественно, что, чётко осознавая потенциальную опасность в данной области, специалисты газовых служб и иных сфер выработали определённые правила безопасной эксплуатации рассматриваемого оборудования и систему контрольных мероприятий, определяющих его техническое состояние. Вместе с тем, несмотря на постоянные усилия, предпринимаемые по обеспечению безопасности при эксплуатации в жилых домах газового оборудования, статистика происшествий, связанных с данной техногенной опасностью, указывает на актуальность проведения различных мероприятий, позволяющих снизить вероятность взрывов бытового газа.

Целью написания статьи явилась выработка определённых предложений в техническую политику профильных структур по исключению или снижению рисков взрывов бытового газа в многоквартирных жилых домах. Авторами была проведена систематизация причин чрезвычайных ситуаций обсуждаемого характера и предложены разноплановые меры, позволяющие эффективно повлиять на снижение рисков возникновения рассматриваемого бедствия.

*Ключевые слова:* безопасность населения, бытовой газ, взрыв, внутридомовое газовое оборудование, многоквартирные жилые дома, одорант, чрезвычайная ситуация.

In this article, the team of authors addressed such a problem as the occurrence of emergency situations of a technogenic nature caused by the explosions of natural gas in apartment buildings used by the population for domestic purposes. Currently, Russia has gasified more than 60 percent of the total housing stock. Naturally, clearly aware of the potential danger in this area, the specialists of gas services and other fields have developed certain rules for the safe operation of the equipment in question and a system of control measures determining its technical condition. At the same time, despite the constant efforts made to ensure safety in the operation of gas equip-

ment in residential buildings, the statistics of incidents related to this man-made hazard indicate the relevance of various measures to reduce the likelihood of household gas explosions. The purpose of writing this article was to develop certain proposals in the technical policy of specialized structures to exclude or reduce the risks of domestic gas explosions in residential buildings. The authors systematized the causes of emergencies of a discussed nature and proposed measures of a different nature that would effectively influence the reduction of the risks of occurrence of the disaster in question.

*Keywords:* public safety, household gas, explosion, domestic gas equipment, apartment buildings, odorant, emergency situation.

Прогресс человеческого общества, в частности развитие его техносферной составляющей вместе с повышением благосостояния и комфортных условий жизнедеятельности, предопределяет в том числе одновременное наличие опасностей техногенного характера. Данное обстоятельство неуклонно требовало от специалистов проведения целенаправленных исследований, реализация которых позволила бы исключить либо снизить до приемлемого уровня негативные последствия различных аварий, тем самым повысить уровень техносферной безопасности граждан.

В настоящей работе авторский коллектив обратился к такой проблеме, как возникновение чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС), вызываемых взрывами природного газа в многоквартирных жилых домах, используемого населением в бытовых целях.

Целью написания статьи явилась выработка определённых предложений в техническую политику заинтересованных структур по исключению или снижению рисков взрывов бытового газа в жилых домах. Среди основных целевых задач авторами выделяются систематизация причин ЧС обсуждаемого характера и определение мер как технического, так и организационного, а также правового плана, позволяющих эффективно повлиять в нужную сторону на статистику рассматриваемого техносферного бедствия.

Высокий показатель теплоотдачи природного газа определяет его широкое применение во многих сферах деятельности, включая и бытовую составляющую.

Благодаря природному газу удаётся эффективно вырабатывать электроэнергию, отапливать здания с меньшим вредом для окружающей среды по сравнению, например, с углём. Его доля в мировой структуре производства первичных энергоресурсов превысила 20 %. История использования природного газа как носителя энергии в современном понимании длится уже значительный период времени. Газовые фонари нашли активное, хотя следует отметить, непродолжительное применение в европейских городах с самого начала XIX века, а массовое производство газовых плит было успешно освоено с 1836 года. И всё время, как только газовые плиты стали обычным бытовым прибором, имела место активная угроза для лиц, пользующихся этим изделием либо находящихся в непосредственной близости от жилья, где посредством газовой плиты готовят или подогревают пищу. Данная угроза заключалась и в возможности отравления природным газом при утечке или продуктами его горения при неправильной работе кухонной вентиляции и в возможности получения травм и ожогов, не исключая смертельного характера, при взрыве этого носителя энергии [1-3].

Следует отметить, что источник энергии – бытовой газ (по терминологии, принятой в США и некоторых европейских странах – городской газ) представляет из себя смесь природных углеводородов и иных газообразных веществ с преобладанием метана, что определяет высокую взрывоопасность газовой смеси. Природные газы взрывоопасны при объ-

ёмном содержании в смеси с воздухом от 5-6 до 14-15 % газа. Например, у метана концентрационный предел воспламенения составляет 5-15 % [4]. Хотя метан, как и иной компонент бытового газа этан, не обладает токсичностью [4], при насыщении ими воздуха человек будет испытывать удушье из-за недостатка кислорода. Наибольшая опасность отравления присутствует во время сна человека.

На сегодняшний день в России газифицировано чуть более 60 % всего жилого фонда, что составляет около 42,8 млн квартир [5]. Естественно, что, чётко осознавая потенциальную опасность обсуждаемой сферы деятельности, специалисты газовых служб и иных заинтересованных организаций выработали определённые правила безопасной эксплуатации рассматриваемого оборудования и систему контрольных мероприятий, определяющих его техническое состояние.

Так, к примеру, при отсутствии у бытового газа запаха, исключающем возможность определения утечки газа органами обоняния, в его состав стали включать другие газообразные соединения, так называемые одоранты. Наибольшее распространение из подобных веществ в настоящее время получил бутилмеркаптан, обладающий сильно выраженным запахом гниющей капусты, что служит своеобразным сигналом, указывающим на утечку бытового газа [6]. Правильные действия при таком раннем обнаружении аварийной ситуации позволяют не довести ситуацию до пожара, взрыва или отравления.

Кроме этого, с целью обеспечения безопасности давление бытового газа в жилых домах перед газоиспользующим оборудованием (газовые плиты, колонки и т. д.) не должно превышать 0,003 МПа [7]. Разгерметизацию газопровода с таким давлением можно успешно ликвидировать до прибытия специалистов газовой аварийной службы любыми подручными средствами (тряпка, пластилин, резинабинт и т. п.). Следует указать на конструктивное совершенствование по направ-

лению безопасной эксплуатации газоиспользующих приборов, а также заметное ужесточение мероприятий по контролю за техническим состоянием этого оборудования и внутридомовых газопроводов.

Вместе с тем, несмотря на постоянные усилия, предпринимаемые по обеспечению безопасности при использовании в жилых домах бытового газа, статистика ЧС, связанных с данной техногенной опасностью, указывает на актуальность проведения различных мероприятий, позволяющих снизить вероятность взрывов бытового газа.

Обращаясь к статистическим данным, следует отметить, что в сводках МЧС России за период 2016-2018 гг. упоминается более 600 чрезвычайных происшествий, обусловленных взрывами бытового газа в жилых домах [8], что указывает на определённую масштабность и причинную разносторонность подобных событий. География бедствий охватывает значительную территорию Российской Федерации: взрывы газа звучат как мегаполисах, так и в небольших посёлках, и практически всегда сопровождаются человеческими жертвами, а также значительным ущербом имуществу граждан, муниципальных образований и иных структур [8-11]. Причинно-следственную связь подобных трагедий можно проследить по некоторым типичным примерам.

Так, 15 декабря 2016 года около полуночи в Вологде произошёл взрыв бытового газа в квартире на последнем этаже многоквартирного дома. В результате взрыва пострадала хозяйка квартиры, которая скончалась в машине скорой медицинской помощи. С травмами в больницу также были доставлены двое мужчин и женщина. Все жители дома были эвакуированы. Незадолго до происшествия специалисты перекрыли подачу топлива к старой газовой плите, установленной в квартире, поскольку та представляла опасность для пользования. Вероятно, хозяйка квартиры попыталась самостоятельно вновь подключить кухонную плиту, что привело к ЧС.

В марте 2017 года в Мурманске произошел взрыв газа в одном из подъездов пятиэтажного жилого дома. В результате обрушилась часть кровли, перекрытий и часть внешней стены здания с третьего по пятый этаж включительно, были повреждены шесть квартир. Два человека погибли на месте, еще один скончался в больнице от травм. Также в больнице скончался мужчина, подозреваемый

в организации взрыва газа. Перед этим он признался, что хотел покончить с собой.

При трагедии, потрясшей все страну, причиной которой стал взрыв бытового газа, 31 декабря 2018 года в жилом многоквартирном доме в Магнитогорске погибло 39 человек, среди которых были дети. Полному разрушению подверглась секция жилого здания, состоящая из двух подъездов, имеющая в своём составе 104 квартиры (рис. 1).



*Рисунок 1. Разбор конструкций жилого дома после взрыва бытового газа в Магнитогорске 31.12.2018 года (Фото: BBC News Русская служба)*

Немаловажным обстоятельством, которое также необходимо учитывать, изучая обсуждаемую в работе проблему, является возникновение у граждан чувства отсутствия безопасности в повседневной жизни, ведь даже проживая в негасифицированном доме, человек может находиться в момент взрыва бытового газа в опасной близости от здания, где в квартирах установлено газоиспользующее оборудование. Изучая статистику взрывов бытового газа, можно указать на закон парных случаев. Взрыв в жилом доме в городе Магнитогорске: люди находятся в напряжении, ожидая повтора бедствия в

ближайшее время, и это находит подтверждение взрывом газа в городе Шахты через 16 суток после магнитогорской трагедии, где по официальным данным в результате взрыва были разрушены четыре квартиры на восьмом и девятом этажах, в которых проживали 12 человек, в том числе трое детей. Погибли пять человек [12].

К сожалению, эту печальную статистику можно продолжать и дальше.

Следует отметить, что проблема взрывов бытового газа, сопровождаемых гибелью, травмами и ожогами людей, является не только проблемой Российской



Федерации, но и носит международный характер [13-15]. Это техногенное бедствие присуще и странам с депрессивной

экономикой, и развитым государствам (рис. 2).



Рисунок 2. Последствия взрыва бытового газа в Париже 12 января 2019 года (Фото: REUTERS)

Данное обстоятельство делает небезынтересным изучение зарубежного опыта предотвращения подобных происшествий в системе безопасности граждан. Однако, учитывая, что все страны имеют свои специфические особенности, это требует дополнительных исследований и авторы не ставили целью приводить его в настоящей статье, а планируют рассмотреть его в последующем, обобщив как положительные, так и негативные составляющие по этому вопросу.

Обращаясь к информации по причинам взрывов бытового газа в жилых зданиях, в силу известных обстоятельств авторским коллективом не рассматриваются преднамеренно спланированные случаи, когда этими происшествиями маскируются следы иных преступлений, факты суицида, террористические прояв-

ления и т. п. [10, 16]. Предотвращение взрывов газа, обусловленных указанными условиями, находятся за рамками деятельности организаций, отвечающих за эксплуатацию газовых сетей и внутридомового газового оборудования (далее – ВДГО).

Учитывая и принимая во внимание вышеизложенные факты, а также происшествия, не вошедшие в материал статьи, причины возникновения рассматриваемых ЧС техногенного характера можно показать в виде структурной схемы, представленной на рисунке 3. Среди данных явлений, имеющих чётко выраженную взаимную связь, определяются причины как технического, так и организационного в том числе и нормативного правового свойства.



Рисунок 3. Основные причины возникновения ЧС, вызываемых взрывами природного газа в многоквартирных жилых домах

Первопричиной возникновения ЧС, обусловленных взрывами бытового газа, является его утечка. Составляющими вероятности этого происшествия служит состояние внутридомовых сетей и ВДГО в отдельных квартирах. При этом важно отметить, что всё перечисленное находится в тесной взаимосвязи с человеческим фактором. Нередко жители, не имея ни специальных знаний, ни специального оборудования, самовольно чинят неисправные газовые приборы, меняют трубы газопровода, подсоединяют к сети дополнительные приборы или горелки. Также во время сильных морозов многие жильцы по старинке используют «почти бесплатный газ» для обогрева квартир, при этом они оставляют включёнными конфорки даже на ночь. Но стоит пламени потухнуть, и источник тепла превращается в источник гибели. Всё это присуще старым моделям газовых плит, эксплуатируемых сверх установленного срока, не имеющих в своём комплекте спе-

циальных клапанов, прекращающих подачу газа к конфоркам в случае затухания огня [17].

В своё время руководитель Ростехнадзора К.Б. Пуликовский возлагал основную долю вины за все произошедшие ЧС, связанные с бытовым газом, именно на лиц, пользующихся ВДГО [18]. В пользу этого свидетельствует тот факт, что по статистике эпицентры взрыва в подавляющем большинстве случаев находятся внутри квартир [17]. Так, с 2006 года ответственность за исправное состояние газовых плит и колонок лежит на собственниках и нанимателях жилых помещений. За их же счёт проводится и ремонт газового оборудования. Всё это требует определённых затрат, поэтому на нём привычно решают сэкономить. При этом учитывая то обстоятельство, что в ремонте, главным образом, нуждаются плиты старых конструкций, эксплуатируемые гражданами с невысокими доходами, становится понятно, что риски ис-

пользования таких изделий остаются актуальным явлением. Придание обязательного характера переходу на газовые плиты с современным безопасным конструктивным исполнением, как одной из организационных мер по предотвращению рассматриваемых ЧС, явилось бы одним из слагаемых снижением рисков взрывов бытового газа при эксплуатации ВДГО.

Другим немаловажным фактором технического свойства, также связанным с деятельностью отдельных граждан, определяющим возникновение взрывов бытового газа, является состояние системы вентиляции. Указанная система в обязательном порядке предусмотрена в кухонных помещениях, и в случае возникновения утечки газ через вентиляционный канал должен уходить, не создавая взрывоопасных концентраций. Но это происходит не всегда, а только при условии, что в конструкцию здания самовольно не внесены изменения. Очень часто во время ремонта жильцы закрывают вентиляционные отверстия, демонтируются короба вентиляционной системы, что становится причиной трагедий. При этом специалистам профильных служб зачастую отказывают в доступе в жильё для осмотра как вентиляции, так и ВДГО. В связи с последним обстоятельством представляется целесообразным в качестве меры организационного (правового) характера, направленной на предотвращение взрывов бытового газа, предусмотреть ответственность за подобные действия жильцов. Мера ответственности в этом случае должна иметь содержание, полностью исключаящее воспрепятствование специалистам газовой службы при выполнении ими своих обязанностей.

Зачастую в качестве причины ЧС при использовании ВДГО выступает элементарное незнание правил безопасной эксплуатации этих устройств и внутридомовой вентиляционной системы, самонадеянность граждан и иные субъективные факторы. Противопоставить этому можно активное распространение инфор-

мации по безопасности в данной сфере жизнедеятельности, например, размещая плакатный материал на досках объявлений в подъездах, лифтах и т. д.

Реалии сегодняшнего дня помимо актуализации конструктивного совершенствования по направлению безопасной эксплуатации ВДГО должны предусматривать и такую меру, как поквартирная или подъездная установка газовых анализаторов. Такие приборы при утечке газа в автоматическом режиме практически мгновенно отключают его подачу на оборудование потребления. Стоимость отечественного газоанализатора на сегодняшний день составляет 3500 рублей. Но здесь возникает проблемная составляющая, заключающаяся в покрытии издержек по установке подобных приборов, т. е. за счёт чьих денежных средств – населения или государства – будет реализовано данное мероприятие.

Если упор делать на привлечение государственных средств за счёт фондов капитального ремонта, то, как сказал в одном из интервью руководитель Минстроя России В.В. Якушев: «Те, кто должен сделать в домах капитальные ремонты через 7-8 лет, этих капитальных ремонтов могут просто не дожидаться». Другими словами, денежные средства и, что немаловажно немалые, будут перенацелены. Если кардинально решать проблему прямо сегодня, то в масштабе страны установка подобного оборудования в подъездах многоквартирных жилых домов потребует около 131 млрд рублей, а если говорить о поквартирной установке, то эта цифра уже составит 300 млрд рублей. Суммы очень значительные и в федеральном бюджете на текущий год не предусмотрены. Отметим, что, начиная с июня текущего года, планируется в виде законного требования ввести установку газоанализаторов во вновь сдаваемых жилых многоквартирных домах в соответствии с требованиями Минстроя России [5].

Говоря об ужесточении мер по контролю за техническим состоянием га-

зоиспользуемых приборов и внутридомовых газопроводов, прежде всего, хотелось бы заметить, что государством определенные шаги в этом направлении уже были предприняты ранее. На федеральном уровне постановлениями Правительства России был принят ряд нормативных правовых документов, а именно Правила поставки газа для обеспечения коммунально-бытовых нужд граждан и Правила пользования газом в части обеспечения безопасности при использовании и содержании внутридомового и внутриквартирного газового оборудования при предоставлении коммунальной услуги по газоснабжению. Данными документами был определен правовой статус организаций, имеющих право обслуживать внутридомовое газовое оборудование, и, что важно, газоснабжающим организациям было запрещено заключать договоры поставки газа при отсутствии договора технического обслуживания ВДГО со специализированной организацией.

Но, как показывает практика, действующее в государстве законодательство, осуществляющее регулирование в данной области, на данный момент уже не всегда эффективно осуществляет свои функции. Так, например, возвращаясь к ранее упомянутым одорантам, применение которых в СССР носило обязательный характер, необходимо отметить, что на сегодняшний день вопрос их использования на законодательном уровне окончательно не отрегулирован и имеет лишь рекомендательный характер. Указанное обстоятельство определенным образом повышает вероятность возникновения ЧС, обусловленных взрывами природного газа при его бытовом использовании. Рассмотрение данного вопроса сейчас находится на стадии принятия решения на законодательном уровне [5].

Одним из вариантов решения проблемы безопасности обсуждаемой сферы несомненно явился бы повсеместный переход на электрические плиты, что в настоящее время успешно реализуется в домах новых серий. Однако по целому

ряду причин последнее не представляется возможным. Так, например, в зданиях старой постройки электрическая проводка изначально не рассчитана на нагрузки, которые возникнут при использовании указанных электроприборов, проведение работ по замене электропроводки и приобретению электроплит однозначно потребует значительных затрат денежных средств и примет долгосрочный характер. Также следует принимать во внимание планы правительства по борьбе с перекрестным субсидированием в области энергетики. И если введение социальной нормы на потребление гражданами электроэнергии, проект которой был заморожен в 2014 году, не имеет четкой перспективы, то отмена льготной оплаты электрической энергии для владельцев электроплит имеет актуальный характер [19], планируется, что льготный режим могут сохранить только потребители, не подключенные к сетям теплоснабжения. Причём консолидированную позицию по последнему положению занимают как Минэкономики, так и целый ряд профильных структур. В этом случае предполагаемая отмена льготного тарифа в совокупности с достаточно низкой стоимостью природного газа является ещё одним сдерживающим фактором для перехода на электрические плиты.

Возможно, представленная информация может послужить темой перспективной научно-исследовательской работы, выполняемой в научно-исследовательских учреждениях МЧС России, которая будет опираться на большой объём статистических данных, учитывать экономическую составляющую проблемы и целый ряд сопутствующих вопросов, которые могут возникнуть уже по ходу проведения исследований.

В заключение следует сделать следующие выводы:

1. В настоящее время на территории Российской Федерации сохраняется высокий уровень рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных взрывами бытового газа, при которых

гибнут или получают вред здоровью люди, и имеет место значительный ущерб имуществу граждан и государственной собственности.

2. Причины взрывов бытового газа в жилых домах обусловлены целым рядом взаимосвязанных причин, включая явления технического, нормативного характера и человеческий фактор.

3. Обсуждаемая проблема имеет решение. Устранение или снижение рис-

ков происшествий с бытовым газом при эксплуатации внутридомового газового оборудования возможны при реализации целого комплекса мер, включающих действия нормативного правового содержания, технические мероприятия, решение финансовых вопросов, распространение информации по безопасности в данной сфере жизнедеятельности и иным составляющим.

#### Литература

1. Брюханов О.Н., Жила В.А., Плужников А.И. Газоснабжение: Учеб. пособие для студентов ВУЗов. М.: Академия, 2008. 448 с.

2. Кязимов К.Г. Справочник работника газового хозяйства. М.: Высшая школа, 2006. 278 с.

3. Бурлешин М.И. Газовая плита: возможные опасности // Энергия: экономика, техника, экология. М.: РАН, 2011. № 8. С. 42-43.

4. Химическая энциклопедия под ред. И.Л. Кнунянца, М.: Большая российская энциклопедия, 1992. Т. 3. С. 101.

5. Вести недели: Взрывы в домах: газовое хозяйство страны ждут перемены. URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=3106678> (дата обращения: 28.01.2019).

6. Химическая энциклопедия под ред. И.Л. Кнунянца, М.: Большая российская энциклопедия, 1992. Т. 4. С. 1139.

7. Свод правил СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция. СНиП 42-01-2002. М.: Министерство регионального развития Российской Федерации, 2011. С. 9.

8. МЧС России. Сводки чрезвычайных ситуаций и происшествий. Взрывы бытового газа в жилых домах за период 01.01.2016-31.12.2018. URL: <http://www.mchs.gov.ru/search/?q=взрыв+бытового+газа&group=&from 18-12-31&to 16-01-01> (дата обращения: 20.01.2018).

9. Первый канал. Новости 9 ноября 2017 года. В Ижевске в результате мощного взрыва разрушен подъезд многоэтажного жилого дома, погибли семь человек, в числе которых были два ребёнка. URL: [https://www.1tv.ru/news/2017-11-09/335934-v\\_izhevsk\\_e\\_v\\_rezultate\\_moschnogo\\_vzryva\\_razrushen\\_pod\\_ezd\\_mnogoetazhnogo\\_zhilogo\\_doma](https://www.1tv.ru/news/2017-11-09/335934-v_izhevsk_e_v_rezultate_moschnogo_vzryva_razrushen_pod_ezd_mnogoetazhnogo_zhilogo_doma). (дата обращения: 20.01.2018).

10. РИА Новости: Взрыв дома в Астрахани в 2012 году произошёл при самоубийстве жильца. В результате взрыва обрушился целый подъезд в девятиэтажном жилом доме. Погибли 11 человек. URL: <https://ria.ru/20130205/921392593.html>. (дата обращения: 20.01.2018).

11. Российская газета. Федеральный выпуск № 6901 (33), 16.02.2016. Семь человек погибли при обрушении подъезда в Ярославле. Причина трагедии – взрыв бытового газа. URL: <https://rg.ru/2016/02/16/reg-cfo/iaroslavl-spas.html>. (дата обращения: 20.01.2018).

12. АиФ-Ростов: Взрыв бытового газа в Шахтах Ростовской области, 04.01.2019. URL: [http://www.rostov.aif.ru/incidents/details/vzryv\\_bytovogo\\_gaza\\_v\\_shahtah\\_rostovskoy\\_oblasti\\_glavnoe](http://www.rostov.aif.ru/incidents/details/vzryv_bytovogo_gaza_v_shahtah_rostovskoy_oblasti_glavnoe). (дата обращения: 20.01.2018).

13. Российская газета: При взрыве газа в Германии пострадали четыре человека. URL: <https://rg.ru/2017/11/19/pri-vzryve-gaza-v-germanii-postradali-chetyre-cheloveka.html>. (дата обращения: 12.01.2019).

14. ТАСС: ПАРИЖ, 12 января. В результате взрыва газа в центральной части Парижа, который прогремел в субботу, пострадали более 20 человек. Такие предварительные данные приводит префектура французской столицы. URL: [https://tass.ru/proisshestiya/5991575?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop](https://tass.ru/proisshestiya/5991575?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop). (дата обращения: 12.01.2019).

15. РИА Новости: В Грузии два человека погибли при взрыве газа в жилом доме. URL: <https://ria.ru/20181115/1532892568.html>. (дата обращения: 20.01.2018).

16. ВЕСТИ.RU: Причиной взрыва газа в Екатеринбурге могла стать попытка самоубийства. 15.10.2012. В Екатеринбурге в жилом доме на улице Онежская прогремел взрыв газа. В результате серьезно пострадали шесть человек, один из них погиб. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=933399&cid=17>. (дата обращения: 20.01.2018).

17. Известия: Почему в жилых домах взрывается газ. URL: <https://iz.ru/news/332372>. (дата обращения: 26.01.2018).

18. Лашкина Е.В. Где тонко, там рвется. Премьер выяснил, что причины взрывов газа - плохой госнадзор // Российская газета. № 4574, 29.01.2008.

19. РИА Новости: Владельцам электроплит могут отменить льготы на электричество. <https://ria.ru/20190123/1549769672.html>. (дата обращения: 26.01.2018).

#### References

1. Bryuhanov O.N., Zhila V.A., Pluzhnikov A.I. Gazosnabzhenie: Ucheb. posobie dlya studentov VUZov. M.: Akademiya, 2008. 448 s.

2. Kyazimov K.G. Spravochnik rabotnika gazovogo hozyajstva. M.: Vysshaya shkola, 2006. 278 s.

3. Burleshin M.I. Gazovaya plita: vozmozhnye opasnosti //EHnergiya: ehkonomika, tekhnika, ehkologiya. M.: RAN, 2011. № 8. S. 42-43.

4. Himicheskaya ehnciklopediya pod. red. I.L. Knunyanca, M.: Bol'shaya rossijskaya ehnciklopediya, 1992. T. 3. S. 101.

5. Vesti nedeli: Vzryvy v domah: gazovoe hozyajstvo strany zhdut peremenu. URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=3106678> (data obrashcheniya: 28.01.2019).

6. Himicheskaya ehnciklopediya pod. red. I.L. Knunyanca, M.: Bol'shaya rossijskaya ehnciklopediya, 1992. T. 4. S. 1139.

7. Svod pravil SP 62.13330.2011. Gazoraspredelel'nye sistemy. Aktualizirovannaya redakciya. SNiP 42-01-2002. M.: Ministerstvo regional'nogo razvitiya Rossijskoj Federacii, 2011. S. 9.

8. MCHS Rossii. Svodki chrezvychajnyh situacij i proisshestvij. Vzryvy bytovogo gaza v zhilyh domah za period 01.01.2016-31.12.2018. URL: <http://www.mchs.gov.ru/search/?q=vzryv+bytovogo+gaza&group=&from=18-12-31&to=16-01-01> (data obrashcheniya: 20.01.2018).

9. Pervyj kanal. Novosti 9 noyabrya 2017 goda. V Izhevsk v rezul'tate moshchnogo vzryva razrushen pod"ezd mnogoetazhnogo zhilogo doma, pogibli sem' chelovek, v chisle kotoryh byli dva rebyonka. URL: [https://www.1tv.ru/news/2017-11-09/335934-v\\_izhevsk\\_v\\_rezultate\\_moschnogo\\_vzryva\\_razrushen\\_pod\\_ezd\\_mnogoetazhnogo\\_zhilogo\\_doma](https://www.1tv.ru/news/2017-11-09/335934-v_izhevsk_v_rezultate_moschnogo_vzryva_razrushen_pod_ezd_mnogoetazhnogo_zhilogo_doma). (data obrashcheniya: 20.01.2018).

10. RIA Novosti: Vzryv doma v Astrahani v 2012 godu proizoshol pri samoubijstve zhil'ca. V rezul'tate vzryva obrushilsya celyj pod"ezd v devyatiehtazhnom zhilom dome. Pogibli 11 chelovek. URL: <https://ria.ru/20130205/921392593.html>. (data obrashcheniya: 20.01.2018).

11. Rossijskaya gazeta. Federal'nyj vypusk № 6901 (33), 16.02.2016. Sem' chelovek pogibli pri obrushenii pod"ezda v Yarovslavl'e. prichina tragedii – vzryv bytovogo gaza. URL: <https://rg.ru/2016/02/16/reg-cfo/iaroslavl-spas.html>. (data obrashcheniya: 20.01.2018).

12. AiF-Rostov: Vzryv bytovogo gaza v SHAhtah Rostovskoj oblasti, 04.01.2019. URL: [http://www.rostov.aif.ru/incidents/details/vzryv\\_bytovogo\\_gaza\\_v\\_shahtah\\_rostovskoy\\_oblasti\\_glavnoe](http://www.rostov.aif.ru/incidents/details/vzryv_bytovogo_gaza_v_shahtah_rostovskoy_oblasti_glavnoe). (data obrashcheniya: 20.01.2018).

13. Rossijskaya gazeta: Pri vzryve gaza v Germanii postradali chetyre cheloveka. URL: <https://rg.ru/2017/11/19/pri-vzryve-gaza-v-germanii-postradali-chetyre-cheloveka.html>. (data obrashcheniya: 12.01.2019).

14. TASS: PARIZH, 12 yanvarya. V rezul'tate vzryva gaza v central'noj chasti Parizha, kotoryj progremel v subbotu, postradali bolee 20 chelovek. Takie predvaritel'nye dannye privodit prefektura francuzskoj stolicy. URL: [https://tass.ru/proisshestviya/5991575?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop](https://tass.ru/proisshestviya/5991575?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop). (data obrashcheniya: 12.01.2019).

15. RIA Novosti: V Gruzii dva cheloveka pogibli pri vzryve gaza v zhilom dome. URL: <https://ria.ru/20181115/1532892568.html>. (data obrashcheniya: 20.01.2018).

16. VESTI.RU: Prichinoy vzryva gaza v Ekaterinburge mogla stat' popytka samoubijstva. 15.10.2012. V Ekaterinburge v zhilom dome na ulice Onezhskaya progremel vzryv gaza. V rezul'tate ser'ezno postradali shest' chelovek, odin iz nih pogib. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=933399&cid=17>. (data obrashcheniya: 20.01.2018).

17. Izvestiya: Pochemu v zhilyh domah vzryvaetsya gaz. URL: <https://iz.ru/news/332372>. (data obrashcheniya: 26.01.2018).

18. Lashkina E.V. Gde tonko, tam rvetsya. Prem'er vyyasnil, chto prichiny vzryvov gaza - plohoj gosnadzor // Rossijskaya gazeta. № 4574, 29.01.2008.

19. RIA Novosti: Vladel'cam ehlektroplit mogut otmenit' l'goty na ehlektrichestvo. <https://ria.ru/20190123/1549769672.html>. (data obrashcheniya: 26.01.2018).