

## ОТЗЫВ

официального оппонента, профессора кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», доктора технических наук, Самигуллина Гафура Халафовича на диссертационную работу Копылова Павла Сергеевича «Газовые огнетушащие составы с коротким временем жизни в атмосфере для пожаро – и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки)

### **Направленность работы.**

Диссертационная работа Копылова Павла Сергеевича посвящена разработке новых газовых огнетушащих веществ (ГОТВ) и смесевых композиций с пониженным содержанием парниковой компоненты для обеспечения пожарной безопасности составляющих нефтегазового комплекса, а именно технологического оборудования подготовки и переработки нефти, серверных, объектов электрохозяйства и аппаратуры контроля. Главные составляющие работы это получение данных об огнетушащей эффективности предложенных в работе новых ГОТВ и разработка предложений о внесении изменений в действующую нормативную базу в области обеспечения пожарной безопасности. Цель работы – разработать и определить характеристики огнетушащей эффективности новых газовых огнетушащих составов для пожаро- и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса.

В работе соискатель провел анализ данных по объему потребления галогензамещенных углеводородов (хладонов) на объектах защиты, относящихся к нефтегазовому комплексу, которые убедительно показывают их высокую значимость в общем объеме средств обеспечения пожарной безопасности. Показал, что действующая международная правовая система накладывает существенные ограничения на производство современных хладонов, при этом отечественных аналогов практически не существует. На основании этого выбраны основные направления исследования: разработка принципиально новых ГОТВ и улучшение огнетушащих свойств современных хладонов для сокращения объемов их применения.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, списка литературы из 162 наименований и двух приложений, изложена на 136 страницах текста, включающего 36 таблиц и 43 рисунка. Текст, таблицы и рисунки тщательно отработаны и в ясной форме передают суть и содержание выполненной научной работы.

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

Диссертационная работа Копылова Павла Сергеевича посвящена решению актуальной задачи – разработке новых газовых огнетушащих составов с коротким временем жизни в атмосфере для пожаро- и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса.

Проведенный в работе анализ показывает, что установками автоматического газового пожаротушения (АУГП) защищаются технологическое оборудование подготовки и переработки нефти, серверные, объекты электрохозяйства и аппаратуры контроля, относящиеся к нефтегазовому комплексу. В значительной степени в качестве агента в газовом пожаротушении используются хладоны. При этом, на смену бромхладонам в газовом пожаротушении пришли предельные фторированные углеводороды, которые обладают парниковым эффектом, в силу чего их производство должно быть сокращено на 85 %. Несмотря на широкомасштабный поиск, проведенный в последние годы, было разработано всего лишь четыре газовых огнетушащих вещества (ГОТВ), обладающих коротким временем жизни в атмосфере (не более 181 дня). Они обладают рядом серьёзных недостатков (токсичность, высокая стоимость, в ряде случаев низкая огнетушащая эффективность). Ввиду отсутствия отечественных технологий производства короткоживущих газовых огнетушащих веществ вероятно снижение уровня пожаро- взрывозащиты нефтегазового комплекса.

Таким образом, актуальными являются исследования, направленные на разработку новых газовых огнетушащих веществ для пожаро- и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса.

В работе предлагается два способа сокращения использования парниковых газов в автоматических установках газового пожаротушения: разработка принципиально новых ГОТВ с коротким временем жизни в атмосфере и улучшение огнетушащей эффективности ныне применяемых хладонов, путем создания смесевых композиций на их основе.

Поэтому *целью* диссертационной работы стало разработать и определить характеристики огнетушащей эффективности новых газовых огнетушащих составов для пожаро- и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса.

Для достижения поставленной цели в работе Копыловым П.С. решены

следующие задачи:

- созданы принципиально новые газовые огнетушащие вещества, обладающие коротким временем жизни в атмосфере;
- проведена оценка времени жизни в атмосфере, озоноразрушающего потенциала и потенциала глобального потепления для рассматриваемых в работе перспективных газовых огнетушащих веществ;
- проведены теоретические работы по разработке механизма превращения фторзамещенных алканов в пламени;
- найдены способы увеличения эффективности существующих фторзамещенных газовых огнетушащих веществ.

### **Содержание работы.**

*В первой главе* проведен анализ статистики крупных пожаров на объектах добычи, транспортировки и переработки нефти и газа, который показал значимость защиты автоматическими установками газового пожаротушения. На основании сведений, полученных от компаний, работающих в нефтегазовой отрасли, было выявлено, что газовым огнетушащим веществом, применяемым в АУГП, с долей от 43 до 100 % являются фторированные углеводороды. Показана международная правовая конструкция, предусматривающая сокращение применения этих веществ на 85 % в связи с большим потенциалом глобального потепления. Сформулирована новая концепция обнаружения перспективных газовых огнетушащих веществ с коротким временем жизни в атмосфере среди химических соединений, не содержащих атомов брома или йода, но обладающих слабыми химическими связями, в частности, полностью фторированных олефинов и циклоалканов. Предложены новые вещества, которые потенциально могут быть использованы в газовом пожаротушении. Обосновывается способ сокращения применения парниковых ГОТВ путем создания газовых огнетушащих композиций, один из компонентов которых – вещество с большим значением времени жизни в атмосфере, а другой – короткоживущее химическое соединение.

*Во второй главе* Копылов П.С. провел расчет времени жизни в атмосфере для перспективных газовых огнетушащих веществ. На основании проведенных расчетов было определено, что 4 химических соединений удовлетворяют современным экологическим требованиям.

Проведен расчет механизмов деструкции трифрометана и гептафторпропана в пламени бедной, богатой и стехиометрической смеси метан-кислород. Полученные схемы позволяют полностью качественно описать всю известную экспериментальную картину.

*В третьей главе* осуществляется выбор экспериментального

оборудования и методики проведения эксперимента для определения концентрационных пределов распространения пламени газовых смесей и минимальной огнетушащей эффективности новых веществ и смесевых композиций.

Получены данные по значению огнетушащей эффективности перфтор-1,2-диметилциклобутана и перфторизогексенов – принципиально новых газовых огнетушащих веществ, а также смесей на их основе. Предложенные вещества превосходят по огнетушащей эффективности ближайший аналог – фторированный кетон ФК 5-1-12, на 18,2 – 25 % применительно к горючим веществам, обращающихся на объектах нефтегазового комплекса, аналогичные результаты получаются и при создании смесей.

*В четвертой главе* приведены данные серии экспериментов по определению огнетушащей эффективности смесей хладонов, обладающих большим потенциалом глобального потепления с короткоживущими компонентами, подобранными на основании расчета деструкции, произведенного во второй главе.

Копыловым П.С. экспериментально показывается, что путем создания эффективных смесевых композиций можно достичь сокращения применения парниковых газов на объектах нефтегазового комплекса в 1,5 – 2,5 раза.

Даются рекомендации по внесению изменений в действующие нормативные документы в области обеспечения пожарной безопасности.

*В заключении* сформулированы основные выводы, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций,** представленных в диссертационной работе, достигалась:

- использованием в экспериментальных исследованиях современных поверенных измерительных приборов и измерительной аппаратуры, обеспечивающих достаточную точность измерений;
- применением стандартизованных методов экспериментальных исследований;
- внутренней непротиворечивостью результатов и их согласованностью с данными других исследователей.

**Практическая значимость** работы заключается:

- в предложении принципиально новых классов газовых огнетушащих веществ, на основании нового подхода к подбору ингибиторов газофазного горения;
- в создании новых ГОТВ, превосходящих по огнетушащей

эффективности ближайший аналог – фторированный кетон ФК 5-1-12, на 18,2 – 25 % применительно к горючим веществам, обращающихся на объектах нефтегазового комплекса;

– в определении на основании разработанного механизма деструкции фторированных углеводородов в пламени наиболее эффективных добавок к ныне применяемым хладонам, являющимися парниковыми газами, способных повысить их огнетушащую эффективность;

– в создании наиболее эффективных смесевых композиций, позволяющих снизить объем применяемых на объектах нефтегазового комплекса веществ, негативно влияющих на состояние атмосферы Земли, а также снизить расходы при заправке АУГП огнетушащим веществом.

– в разработке предложений о внесении изменений в действующие нормативные документы по обеспечению пожарной безопасности.

### **Замечания к диссертационной работе.**

1. В работе исследуются смеси ряда веществ, имеющих большое различие точек кипения, но автор никак не обсуждает возможность расслоения смесевых ГОТВ при подаче в защищаемый объем.

2. Для более широкого практического применения предложенных в работе новых ГОТВ и смесевых огнетушащих композиций следовало бы провести исследования их огнетушащей эффективности в камере большого объема.

3. В работе нигде не упоминается количество экспериментов, выполненных по определению огнетушащих концентраций.

4. В работе находится время жизни вещества в атмосфере, однако используемая методика расчета этого показателя как периода уменьшения концентрации ГОТВ, близка к известному определению времени полураспада, а не к вычислению интервала, за который вещество практически полностью исчезает из атмосферы.

Отмеченные недостатки и пожелания не снижают общую положительную оценку работы.

### **Заключение.**

Диссертационная работа Копылова Павла Сергеевича «Газовые огнетушащие составы с коротким временем жизни в атмосфере для пожаро – и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса», представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой осуществляется решение научной задачи по созданию новых газовых огнетушащих веществ.

Текст автореферата и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации. Имеются акты внедрения результатов работы.

Таким образом, на основании актуальности темы, новизне и достоверности результатов, их научной и практической ценности, диссертационная работа отвечает критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (п. 9-11, 13, 14), а ее автор, Копылов Павел Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

Официальный оппонент:

Профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России,  
доктор технических наук, профессор

Самигуллин Гафур Халафович

« 19 » 08 2024 г.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева» (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»)

Почтовый адрес: 196105, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,

Московский проспект, д. 149

Телефон: +7 (812) 645-20-15,

E-mail: [rector@igps.ru](mailto:rector@igps.ru)

Сайт: <https://igps.ru/>