

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии
ГПС МЧС России по научной работе
доктор технических наук, профессор

М.В. Алешков

«14» марта 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»
(Академия ГПС МЧС России)

Диссертация «Газовые огнетушащие составы с коротким временем жизни в атмосфере для пожаро- и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса» выполнена на кафедре процессов горения и экологической безопасности (в составе учебно-научного комплекса процессов горения и экологической безопасности) Академии ГПС МЧС России.

В период подготовки диссертации с 2020 г. по 2023 г. соискатель Копылов Павел Сергеевич являлся адъюнктом очного обучения факультета подготовки научно-педагогических кадров федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», где были положительно сданы кандидатские экзамены, получена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

С 2023 года и по настоящее время работает в должности старшего научного сотрудника отдела 3.2 научно-исследовательского центра нормативно-технических проблем пожарной безопасности федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

В 2018 году Копылов Павел Сергеевич окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный

исследовательский университет «МЭИ» по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» с присвоением квалификации бакалавр.

В 2020 году Копылов Павел Сергеевич окончил Академию ГПС МЧС России по направлению подготовки «Техносферная безопасность», с присвоением квалификации магистр.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки) выдана в 2024 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Научный руководитель – Бегишев Ильдар Рафатович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», кафедра процессов горения и экологической безопасности в составе учебно-научного комплекса процессов горения и экологической безопасности, профессор.

По результатам рассмотрения диссертации «Газовые огнетушащие составы с коротким временем жизни в атмосфере для пожаро- и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса» принято следующее заключение:

Общая оценка работы.

Диссертация Копылова Павла Сергеевича представляет собой самостоятельную законченную диссертационную работу, в которой содержится решение научной задачи по определению характеристик новых газовых огнетушащих веществ для пожаро- и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса. Полученные в работе новые теоретические и практические показатели решают поставленные задачи исследования и обосновывают её практическую реализацию. Выводы, сделанные соискателем, в работе обоснованы и вытекают из проанализированного и обобщенного материала.

Объем диссертации составляет 136 страниц машинописного текста. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 162 наименований и 2 приложений.

Актуальность темы исследования.

Установками автоматического газового пожаротушения защищается 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 галогензамещенные углеводороды (хладоны). Несмотря на успех

Монреальского Протокола по выводу из обращения озоноразрушающих пожаротушащих бромхладонов 1301, 1211 и 2402, сложившаяся международная правовая конструкция привела к тому, что на смену бромхладонам в газовом пожаротушении пришли предельные фторированные углеводороды, которые как выяснилось, обладают парниковым эффектом. Производство этих веществ в соответствии с Кигалийской поправкой к Монреальскому Протоколу к 2036 году должно быть сокращено на 85 %. Несмотря на широкомасштабный поиск, проводимый в последние десятилетия, было разработано всего лишь четыре газовых огнетушащих вещества (далее ГОТВ), обладающих коротким временем жизни в атмосфере (не более 181 дня). Они не попадают под действие Кигалийской поправки, но обладают рядом серьезных недостатков (токсичность, высокая стоимость, в ряде случаев низкая огнетушащая эффективность). Ввиду отсутствия отечественных технологий производства короткоживущих газовых огнетушащих веществ вероятно снижение уровня защиты пожаро- взрывозащиты нефтегазового комплекса. Поэтому актуальным является продолжение работ по созданию новых ГОТВ с коротким временем жизни в атмосфере, не обладающих указанными недостатками.

Степень разработанности темы исследования.

Работа является продолжением исследований в направлении, предложенном американскими учеными Стефани Скаггс, Дагом Мэттером и Робертом Тапскоттом, сформулировавших самую первую концепцию поиска новых газовых огнетушащих веществ, не обладающих парниковым воздействием на атмосферу и создавших методику расчета времени жизни вещества в атмосфере, используемую в настоящем диссертационном исследовании. Поскольку подход Стефани Скаггс и Роберта Тэпскотта, несмотря на большой объем выполненных работ, позволил создать лишь небольшой ряд огнетушащих веществ, применение которых сильно ограничено их недостатками, в данной работе использованы существенно иные принципы подбора ингибиторов газофазного горения, базирующиеся на теории цепного горения Н.Н. Семенова, теории цепно-теплового взрыва В.В. Азатяна и развитие А.Н. Баратовым, И.Р. Бегишевым, С.Н. Копыловым, в том числе для решения прикладных задач обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов нефтегазового комплекса.

Личный вклад автора в получении научных результатов.

Результаты диссертационных исследований получены Копыловым П.С. лично и при его непосредственном участии.

Соискатель сформулировал цель и задачи научного исследования, а так же предложил новый подход к поиску газовых огнетушащих веществ, разработал схему деструкции фторированных углеводородов в пламени, качественно описывающую экспериментально наблюдаемую картину, обосновал методику проведения

эксперимента, позволяющую испытывать газовые огнетушащие вещества в малом объеме, и провёл эксперименты. Автор спланировал эксперимент и участвовал в его проведении, осуществлял обработку экспериментальных данных. На основе обработки экспериментальных данных:

- получил новые классы газовых огнетушащих веществ;
- повысил огнетушащую эффективность фторированных углеводородов;
- подтвердил применимость разработанной схемы деструкции и создал ряд высокоэффективных газовых огнетушащих композиций.

Достоверность представленных в диссертации результатов подтверждается следующим:

Степень достоверности основных результатов, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается использованием математических методов обработки экспериментальных данных и применением апробированных и стандартизованных методов экспериментальных исследований; правильность выполненных расчетов доказывается удовлетворительной сходимостью полученных результатов расчета с известными экспериментальными данными.

Научная новизна диссертационной работы:

– сформулирована новая концепция поиска перспективных ГОТВ с коротким временем жизни в атмосфере среди химических соединений, не содержащих атомов брома или йода, но обладающих слабыми химическими связями;

– проведён расчет времени жизни в атмосфере ряда перспективных ГОТВ для определения соединений, удовлетворяющих современным экологическим требованиям;

– исследована горючесть в воздухе этих веществ: перфторизогексена (два изомера: ФОЛ-62 (соединение с неактивной двойной связью) и изомер с активной двойной связью), а также циклической производной перфторизогексена. Установлено, что все три вещества не имеют концентрационных пределов распространения пламени в воздухе при нормальных условиях, то есть являются не горючими;

– определены значения минимальной огнетушащей концентрации для двух изомеров перфторгексена и его циклической производной;

– разработана схема деструкции в углеводородном пламени фторированных углеводородов – хладона 23 и хладона 227еа, позволяющая полностью описать экспериментально наблюдаемую картину их превращения в пламени.

Теоретическая значимость работы состоит в определении принципиально новых классов газовых огнетушащих веществ, на основании нового подхода к подбору ингибиторов газофазного горения.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в:

– создании принципиально 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;

– предложении на основании разработанного кинетического механизма наиболее эффективных добавок к хладагентам, обладающим парниковым эффектом, которые повышают их огнетушащую эффективность;

– установлении того, что создание смесей ФК 5-1-12 с изомерами перфторизогесена, его циклической производной, $C_4F_5H_5$ и C_3F_7I снижают его минимальную огнетушащую концентрацию для n-гептана с 4,4 % об. до 3,5 – 3,7 % об. Аналогичные эффекты наблюдаются при составлении смесей изомеров перфторизогесена, его циклической производной, $C_4F_5H_5$ и C_3F_7I , друг с другом.

Практическая реализация диссертационной работы заключалась в использовании результатов:

– при разработке рабочего проекта автоматической установки газового пожаротушения на производственном объекте для обеспечения автоматической противопожарной защиты группы из 20 вентилируемых шкафов КиП и А ST-SV 120.80.30 объемом 288 л каждый в компании ООО «ТермоЭлектрика»;

– при создании рабочего проекта автоматической установки газового пожаротушения на производственном объекте для обеспечения противопожарной защиты помещений для размещения АСУ ТП, работающего в системах управления сложными технологическими процессами в компании ООО «ТПК Пожнефтехим»;

– при разработке рабочего проекта автоматической установки газового пожаротушения на объекте: «Строительство ГТРП в г. Стерлитамаке по филиалу ОАО «Газпром газораспределение УФА» в г. Стерлитамаке»;

– при разработке рабочего проекта автоматической установки газового пожаротушения на объекте: «Многофункциональный технологический и научно-образовательный комплекс «Квантум парк», г. Москва»;

– в учебном центре ФГБУ ВНИИПО МЧС России при осуществлении образовательной деятельности в рамках учебных программ повышения квалификации специалистов.

Рекомендации по использованию результатов диссертации.

– при проектировании и модернизации автоматических установок газового пожаротушения для защиты компрессорных установок и технологического оборудования подготовки и переработки нефти;

– в научно-исследовательских работах и учебном процессе образовательных организаций;

– при совершенствовании нормативных документов по автоматическим установкам газового пожаротушения.

Полнота опубликования основных научных результатов, полученных автором.

Все основные научные результаты, полученные автором, достаточно полно опубликованы в научных журналах и материалах научных и научно-практических конференций. По теме диссертационной работы опубликовано 34 научные работы, в том числе: 5 – в изданиях, индексируемых в наукометрической базе Scopus; 4 – в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК России, получен патент на изобретение.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки), а именно:

пункту 3: «Разработка научных основ, моделей и методов исследования процессов горения, пожаро- и взрывоопасных свойств веществ, материалов, производственного оборудования и конструкций».

пункту 10: «Разработка научных основ, моделей и методов, направленных на создание и применение веществ и материалов пониженной горючести, средств огнезащиты и огнетушащих веществ».

Диссертация «Газовые огнетушащие составы с коротким временем жизни в атмосфере для пожаро- и взрывозащиты объектов нефтегазового комплекса» Копылова Павла Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

Заключение принято на заседании профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников учебно-научного комплекса процессов горения и экологической безопасности Академии ГПС МЧС России.

Присутствовало на заседании 11 человек. Результаты голосования: «за» – 11 чел.; «против» – нет; «воздержавшихся» – нет (протокол №4 от 28.02.2024 г.).

Начальник УНК Процессов горения
и экологической безопасности
кандидат технических наук

Мещеряков Алексей Викторович

«11» марта 2024 г.