

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 «Пожаробезопасные смесевые хладагенты как рабочие вещества в энергетике» 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 Елтышев Илья Павлович 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 г. и по настоящее время соискатель 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 г. соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» с присвоением квалификации бакалавр.

В 2020 г. 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 «Пожаробезопасные смеси хладагенты как рабочие вещества в энергетике» принято следующее заключение:

Общая оценка работы.

Диссертация Елтышева Ильи Павловича представляет собой самостоятельную законченную диссертационную работу, в которой содержится решение научной задачи по созданию пожаро- и экологически безопасных хладагентов для использования их на объектах энергетики. 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 125 страниц машинописного текста. Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 142 наименований и 2 приложений.

Актуальность темы исследования.

Хлорфторуглероды (ХФУ) R-11 (фтортрихлорметан, CFCl_3) и R-12 (дифтордихлорметан, CF_2Cl_2) широко применялись в качестве хладагентов в различных установках по производству холода от бытовых холодильников до

систем охлаждения в сферах энергетики. В виду того, что данные вещества являлись озоноразрушающими, их производство было запрещено в соответствии с Монреальским Протоколом о веществах, разрушающих озоновый слой Земли.

На замену данным веществам пришли фторзамещенные алканы (хладоны) (R-23 (трифторметан, CF_3H), R-125 (пентафторэтан, $\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$), R-227ea (гептафторпропан, $\text{C}_3\text{F}_7\text{H}$), R-134a (тетрафторэтан, $\text{C}_2\text{F}_4\text{H}_2$), R-32 (дифторэтан, CH_2F_2) и т.д.), широко применяемые в качестве хладоносителей в теплоэнергетических установках на объектах энергетики, бытовом и промышленном холодильном оборудовании, а также в качестве огнетушащих веществ в газовом пожаротушении и пропеллентов. Они имеют нулевой озоноразрушающий потенциал, но обладают большим временем жизни в атмосфере (десятки и сотни лет), вследствие чего являются парниковыми газами, многократно (в сотни и тысячи раз) превосходящими по тепловому воздействию на атмосферу Земли диоксид углерода (обладают большим значением потенциала глобального потепления). Ввиду того, что эти вещества применяются во многих секторах промышленного производства, их доля в атмосферной эмиссии парниковых газов растет самыми быстрыми темпами, и к 2050 году, если не предпринимать ограничительных действий, достигнет 50% эмиссии всех парниковых газов в атмосферу. Для ограничения сложившейся тенденции в 2016 году была принята Кигалийская поправка к Монреальскому Протоколу о веществах, разрушающих озоновый слой Земли, вводящая поэтапное сокращение на 85% производства всех парниковых газов, в том числе фторсодержащих хладонов.

В настоящее время для замены фторированных алканов в качестве хладоносителей предложены вещества с коротким временем жизни в атмосфере углеводороды (пропан, бутан и изобутан), а также не полностью фторированные углеводороды с двойной связью, основным из которых является фторолефин R-1234yf (тетрафторпропан, $\text{CH}_2=\text{CFCF}_3$). Подавляющее большинство короткоживущих хладагентов является горючими веществами, что затрудняет их применение на объектах энергетики и требует больших затрат на обеспечение пожаровзрывобезопасности. По этой причине актуальной проблемой является применения ряда хладонов в качестве хладагентов, которые имеют хорошие термодинамические и экологические свойства, но не удовлетворяют требованиям пожарной безопасности по горючести. Таким образом, разработка новых пожаробезопасных хладагентов с коротким временем жизни в атмосфере позволит повысить уровень безопасности объектов энергетики.

Степень разработанности темы исследования.

Исследования, направленные на создание экологических и пожаробезопасных хладагентов, были отражены в работах, проведенных в ФГБУ ВНИИПО МЧС

России (Шебеко Ю.Н, Копылов С.Н.), Академии ГПС МЧС России (Бегишев И.Р.), Федеральном исследовательском центре химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (Азатян В.В., Ларин И.К.), АО «Российский научный центр «Прикладная химия (ГИПХ)» (Барабанов В.Г.), а также в зарубежных научных институтах, (Lavelle J., Babushok V., Linteris G.T., Yamamoto O.).

Данные исследования основаны на эмпирических и теоретических выводах и фактах, не раскрывают полностью проблемы применения современных хладагентов. Несмотря на то, что указанные работы показали, какие химические процессы протекают при горении хладагентов в углеводородном пламени и подняли значимость вопроса о пожаробезопасности современных хладагентов, они не дают однозначного и точного ответа на вопрос о создании экологически и пожаробезопасных хладагентов.

Среди всех современных хладагентов, после принятия ряда экологических международных соглашений, перспективным хладагентом в охладительном оборудовании на энергетических предприятиях, а также в климатических установках стал R-1234yf, который благодаря своим экологическим свойствам стали считать лучшим для замены озоноразрушающих хладагентов. Однако в работе Craig D. Needham and Phillip R. Westmoreland поднимается вопрос о том, что поведение данного хладагента в пламени представляет большую неопределённость и поэтому демонстрирует особый интерес к дальнейшему изучению. Что подтверждает необходимость дальнейших исследований данного хладагента.

Вместе с этим необходимо не только проанализировать и дать полный ответ на то, как ведет себя R-1234yf и его аналоги в пламени, но и продолжить работу в поиске короткоживущих и пожаробезопасных моновеществ, а также продолжить работу в целях создания эффективных смесевых пожаробезопасных хладагентов.

Личный вклад автора в получении научных результатов.

Результаты диссертационных исследований получены автором лично и при его непосредственном участии.

Соискатель сформулировал цель и задачи научного исследования, а также предложил новый подход к решению проблемы пожарной и экологической безопасности применяемых хладагентов, разработал схему деструкции фторированных углеводородов в пропановом пламени, качественно описывающую экспериментально наблюдаемую картину при их горении. Автор спланировал эксперимент и участвовал в его проведении, осуществлял обработку экспериментальных данных. На основе обработки экспериментальных данных:

– получил концентрационные пределы ряда смесевых хладагентов;

– подтвердил положения разработанной схемы деструкции фторированных углеводородов для применения их в качестве ингибиторов пропана;

– определил концентрационные пределы горючих хладагентов и класс их пожарной опасности.

Достоверность представленных в диссертации результатов подтверждается следующим:

Степень достоверности основных результатов, выводов и рекомендаций исследования основана на научно выверенных и обоснованных методах анализа и обработки полученных данных. Экспериментальное исследование проводилось на лабораторной установке, в состав которой входит сертифицированное оборудование, выполняющее основное измерение (избыточное давление) с приемлемой точностью. Полученные значения имеют удовлетворительную сходимость с теоретическими данными.

Научная новизна диссертационной работы:

– определены времена жизни перспективных хладагентов;

– установлена схема деструкции, позволяющая описать процесс, протекающий в пламени, для целенаправленного подбора ингибитора горения;

– проведен анализ схемы механизма деструкции, определены ответственные стадии за процесс ингибирования;

– определены концентрационные пределы распространения пламени для ряда хладагентов.

Теоретическая значимость работы состоит в том, что были впервые определены времена жизни перспективных веществ в качестве хладагентов, что благодаря разработанной схеме механизма деструкции фторированных хладонов в углеводородном пламени, получена реальная картина превращения вещества в углеводородном пламени. При проведении анализа данного механизма были выявлены ответственные стадии за процесс ингибирования, что дало возможность подобрать наиболее эффективные ингибиторы горения для создания негорючих смесевых хладагентов.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования состоит в том, что предложены новые смесевые пожаробезопасные хладагенты с коротким временем жизни в атмосфере. Полученные смесевые композиции хладагентов удовлетворяют требованиям пожаро-и экологической безопасности, а также термодинамическим свойствам для применения в охладительном оборудовании на объектах энергетики.

Практическая реализация диссертационной работы заключалась в использовании результатов:

– в рамках выбора хладагента на объекте: Архивного помещения Национального банка по Республике Дагестан, компанией ООО «Холдинг ОСК групп»;

– в практической деятельности ООО «ТПК Понжнетехим» для замены штатного хладагента R-134a с целью обеспечения требований постановления Правительства Российской Федерации;

– в практической деятельности ООО «Сольвекс» для замены штатного хладагента R-410A с целью повышения пожарной безопасности, энергетической эффективности оборудования и снижения эксплуатационных затрат;

– 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 холодильного оборудования по охлаждению воздуха, поступающего в компрессор газотурбинных установок;

– для снижения категории здания по пожарной и взрывоопасной опасности;

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

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 30 научных работ, в том числе: 5 – в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК России и 3 статьи – в изданиях, индексируемых в наукометрической базе Scopus и получен 1 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 «Пожаробезопасные смесевые хладагенты как рабочие вещества в энергетике» Елтышева Ильи Павловича 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.