

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский
университет ГПС МЧС России
генерал-лейтенант внутренней службы

Э.Н. Чижииков



2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе
Шебеко Алексея Юрьевича «Пожарная безопасность газовых
технологических сред производственных процессов нефтегазовой отрасли»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность»
(нефтегазовая отрасль)

Актуальность. Производственные процессы предприятий нефтегазовой отрасли характеризуются высокой пожарной опасностью, что связано со свойствами обращающихся в этих процессах технологических сред, представляющих собой горючие газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости. В связи с этим требуется разработка необходимых мероприятий, снижающих пожарную опасность до уровня, регламентированного Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». В случае газовых технологических сред к числу наиболее эффективных мероприятий следует отнести флегматизацию взрывоопасных смесей, использование искробезопасных конструкционных материалов, применение водяных и газовых облаков при авариях.

На предприятиях нефтегазовой отрасли зачастую используются пожароопасные технологические среды, для обеспечения пожарной безопасности которых применяются флегматизаторы. Оценку их эффективности необходимо проводить с позиций влияния на концентрационные пределы распространения пламени, максимальное давление взрыва, скорость нарастания давления взрыва и нормальную скорость горения. Среди флегматизаторов наиболее перспективными являются фторированные агенты, сведения по которым немногочисленны и зачастую противоречивы.

Одним из способов повышения пожарной безопасности технологических сред является минимизация возможных источников зажигания (в первую очередь фрикционных искр). В то же время до сих пор нет стандартизированной методики определения зажигающей способности фрикционных искр, что во многом вызвано недостаточным знанием

Вх. л. 6/84 от 26.09.2019

закономерностей процессов при воздействии фрикционных искр на парогазовые смеси.

Для ограничения распространения газовых облаков при разгерметизации технологического оборудования находят применение водяные или паровые завесы. В литературе достаточно подробно описано влияние указанных завес на предотвращение распространения горючих газов и паров, в то же время влияние газовых завес из инертных газов изучено недостаточно для практического применения.

В связи с вышеизложенным тема рассматриваемой диссертационной работы, направленной на решение указанных задач, представляется актуальной.

Общая характеристика работы. Работа состоит из введения, девяти глав, заключения и списка литературы. Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, сформулированы положения, характеризующие научную новизну работы и ее практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных результатов, представлены сведения об апробации работы и публикациях.

В первой главе проведен анализ литературных источников по определению характеристик горения газовых смесей сложного состава в различных окислительных средах, на основании чего проведен выбор направлений исследований.

Вторая глава посвящена описанию использованных экспериментальных установок и методик проведения экспериментов. Определение характеристик горения проводили в установке со сферическим реакционным сосудом с внутренним диаметром 20 см (объем 4,2 дм³). Измеряли концентрационные пределы распространения пламени, максимальное давление взрыва, максимальную скорость нарастания давления взрыва и нормальную скорость горения. Опыты по определению характеристик диффузионного горения проводили на установке, позволяющей подавать огнетушащий газ одновременно в горючее и воздух.

В третьей главе изложены результаты экспериментального определения характеристик горения околопредельных смесей газов в атмосферах различного состава, содержащих в качестве окислителя кислорода, горючего-метан и водород, флегматизатора – фторированные углеводороды. Продемонстрировано существенное влияние содержания кислорода в окислительной среде на концентрационную область распространения пламени.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных и теоретических исследований характеристик горения газов в окислительных средах на основе закиси азота. Проведено экспериментальное определение влияния трифторметана, пентафторэтана и перфторбутана на концентрационные пределы распространения пламени смесей CH₄ – N₂O и H₂ – N₂O, а также параметры взрыва околопредельных смесей. Найдено, что добавки фторированных флегматизаторов заметно снижают как верхний, так и нижний концентрационные пределы распространения пламени, повышая

при этом в ряде случаев максимальное давление взрыва, максимальную скорость нарастания давления взрыва и нормальную скорость горения смесей околопредельного состава.

Пятая глава посвящена изложению результатов экспериментальных исследований влияния фторированных углеводородов на характеристики горения околостехнометрических смесей метана и водорода в окислительных средах с различным содержанием кислорода. Обнаружен эффект повышения максимального давления взрыва с введением небольших (до 5 % (об.)) фторированных углеводородов с одновременным резким падением максимальной скорости нарастания давления взрыва и нормальной скорости горения.

В шестой главе изложены результаты экспериментального определения огнетушащих концентраций газовых средств тушения (фторированных углеводородов) по отношению к диффузионным пламенам водорода и метана в воздухе при одновременной подаче огнетушащего газа в горючее и окислитель. Обнаружены существенные отклонения от обобщенного правила Ле-Шателье для диффузионного горения.

Седьмая глава посвящена разработке и апробации методики оценки искробезопасности конструктивных материалов. Предложена новая экспериментальная установка для оценки искробезопасности, отличительной чертой которой является форма диска, с четырех сторон которого были удалены сегменты. В результате этого было достигнуто механическое воздействие в виде быстро чередующихся ударов, сопровождающихся трением образцов, при вращении диска. Проведена апробация предложенного метода, который лег в основу ГОСТ Р 58068-2018 «Конструкционные материалы. Метод испытаний на искробезопасность».

В восьмой главе проведены теоретические исследования особенностей процессов воспламенения и горения газовых сред сложного состава в целях лучшего понимания особенностей этих явлений. Рассмотрены такие вопросы, как проявление эффекта самоингибирования, применение правила Ле-Шателье для нижних концентрационных пределов распространения пламени, минимальных флегматизирующих и огнетушащих концентраций, влияние добавок различной химической природы на нормальную скорость горения, влияние флегматизаторов различной химической природы на самовоспламенение водородовоздушных смесей, влияние бромистого водорода при горении в воздухе и закиси азота, природа концентрационных пределов распространения пламени в газовых смесях, роль водородосодержащих добавок на концентрационные пределы распространения пламени в смесях фторированных и хлорированных углеводородов с высоким содержанием атомов F и Cl в молекуле горючего.

Девятая глава посвящена расчетной оценке параметров рассеяния проливов сжиженного природного газа на твердую поверхность и влияния газовых и водяных завес на ограничение распространения горючих газов и паров. На основании проведенных исследований сделан вывод, что эффективность газовых и водяных завес определяется в основном

следующими факторами (расход газа или воды через форсунки, расстояние между завесой и защищаемым оборудованием, видом проектной аварии).

Степень достоверности полученных результатов. Основные результаты диссертации достоверны и научно обоснованы, что подтверждается их внутренней непротиворечивостью, согласованностью с законами физики и химии и данными других авторов, положительными результатами внедрения.

Научная новизна. Работа обладает несомненной научной новизной, заключающейся в следующем:

- получены новые экспериментальные данные по концентрационным пределам распространения пламени в смесях вида горючий газ (водород, метан) – флегматизатор – окислитель (смесь азота и кислорода с различным содержанием O_2) – флегматизатор, а также параметрам взрыва (максимальное давление взрыва, скорость нарастания давления взрыва, нормальная скорость горения) для указанных смесей;

- получены новые экспериментальные данные по влиянию фторированных углеводородов на показатели пожарной опасности горючих газов в окислительных средах на основе закиси азота;

- обнаружено двоякое влияние фторзамещенных углеводородных ингибиторов (ингибирующее и промотирующее) на показатели пожарной опасности смесей вида горючий газ – окислительная среда – фторзамещенный ингибитор в зависимости от вида горючего, состава и вида окислительной среды, а также вида и концентрации фторированного углеводорода;

- впервые показано, что в присутствии небольших добавок горючих газов (метан или водород) (около 1,0 % (об.)) возможно распространение пламени в смесях вида закись азота – фторированный углеводород;

- предложен новый метод оценки искробезопасности конструкционных материалов, основанный на сочетании ударов и трения указанных материалов;

- выявлено нарушение эмпирического правила приблизительного постоянства адиабатической температуры горения околопредельных смесей, справедливого для химически инертных флегматизаторов;

- выявлено нарушение эмпирического правила постоянства нормальной скорости горения околопредельных смесей водород – флегматизатор – окислительная среда;

- обнаружено, что газовые завесы значительно менее эффективны для ограничения распространения газовых облаков, чем водяные.

Практическая и теоретическая значимость работы. Практическая значимость результатов работы заключается:

- в разработке государственного стандарта ГОСТ Р 58068-2018 «Конструкционные материалы. Метод испытаний на искробезопасность»;

- в разработке межгосударственного стандарта ГОСТ 12.1.044-2018 «Пожароопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»;

- в разработке методического пособия «Расчет концентрационных пределов распространения пламени парогазовых смесей сложного состава» и применении в ЦКБ «Коралл» при определении параметров системы аварийной флегматизации;

- в использовании результатов работы для обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтегазовой отрасли: при разработке технической документации в ООО «Эксперты пожарной безопасности»; при разработке проектных решений по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса производства огнезащитных составов на основе органического растворителя в ООО «НПО «СТРОЙЗАЩИТА», в АО «ОЗ-ИНЖИНИРИНГ» и в проекте производства жесткого пенополиизоцианурата на заводе филиала ООО «Лоджикруф» ПИР в г. Рязань;

- в применении результатов работы в учебном процессе Академии ГПС МЧС России в учебно-научном комплексе процессов горения и экологической безопасности на кафедре процессов горения.

Теоретическая значимость работы заключается в обнаружении новых закономерностей горения горючих газов в различных окислительных средах в присутствии фторированных флегматизаторов, особенностей зажигания парогазовых смесей фрикционными искрами и влияния водяных и газовых завес на распространение газовых облаков.

Значимость полученных результатов для развития рассматриваемой отрасли науки и практики. Совокупность проведенных исследований может быть квалифицирована как решение крупной народнохозяйственной проблемы – повышение пожаровзрывобезопасности предприятий нефтегазовой отрасли путем использования новых средств взрывопредупреждения и взрывозащиты объектов отрасли.

Результаты диссертации являются значимыми для развития нефтегазовой отрасли с точки зрения повышения пожарной безопасности реализуемых на объектах отрасли технологических процессов. Указанные результаты могут быть использованы при проектировании объектов нефтегазовой отрасли, при проведении учений пожарных и спасательных подразделений, при разработке нормативных документов по пожарной безопасности (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), в учебном процессе в Академии ГПС МЧС России по специальности «Пожарная и промышленная безопасность».

Публикации по теме диссертации. Все основные научные результаты, полученные автором, достаточно полно опубликованы в отечественных и международных научных журналах и материалах научных и научно-практических симпозиумах, конференциях и семинарах, в том числе и в одной монографии. 53 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК России. Автореферат в основном соответствует содержанию диссертации.

Соответствие диссертации паспорту специальности. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, нефтегазовая отрасль), а именно:

- пункту 3 «Научное обоснование принципов и способов обеспечения промышленной и пожарной безопасности на предприятиях промышленности, строительства и на транспорте»;

- пункту 5 «Разработка научных основ, моделей и методов исследования процессов горения, пожаро- и взрывоопасных свойств веществ, материалов, производственного оборудования, конструкций, зданий и сооружений»;

- пункту 6 «Исследование и разработка средств и методов, обеспечивающих снижение пожарной и промышленной опасности технологических процессов, предупреждения пожаров и аварий, тушения пожаров».

Замечания по диссертационной работе. В работе имеются следующие недостатки.

1. В главах 3 и 5 изучено влияние фторированных углеводородов на характеристики горения как околопредельных, так и околостехиометрических смесей при различных содержаниях кислорода в окислителе. В то же время в случае, когда окислителем являлась закись азота, изучены только околопредельные смеси. Причина этого неясна.

2. В результатах по изучению ингибирующего и промотирующего действия ингибиторов на показатели пожарной опасности смесей вида горючий газ – окислительная среда – фторзамещенный ингибитор не указаны значения интервалов, в которых проявляется такое двойное влияние фторзамещенных углеводородных ингибиторов.

3. В главе 7 (рисунок 7.1) схема установки по исследованию зажигающей способности искр удара и трения отличается от схемы установки (рисунок 20), приведенной в автореферате на стр. 24. В частности, электродвигатель установки, изображенной в автореферате, размещен внутри реакционного сосуда, а не снаружи.

Выводы по результатам рассмотрения диссертации. Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему и соответствует, на наш взгляд, пункту 7 «Положения о порядке присуждения учёных степеней». Указанные замечания не снижают существенным образом высокий научный уровень диссертации, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема повышения пожаровзрывобезопасности предприятий нефтегазовой отрасли путем использования новых средств взрывопредупреждения и взрывозащиты объектов отрасли, имеющая важное хозяйственное значение. Следует отметить значимость полученных результатов для обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов нефтегазовой отрасли.

Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Шебеко Алексей Юрьевич заслуживает присуждения ему степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (нефтегазовая отрасль).

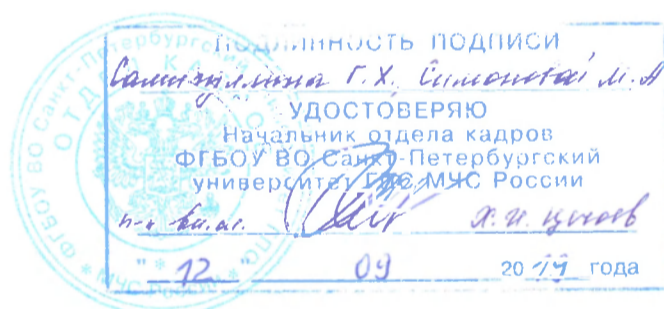
Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств 11 сентября 2019 года, протокол № 9/1.

Профессор кафедры пожарной безопасности
технологических процессов и производств
доктор технических наук, доцент

Г.Х. Самигуллин

Начальник кафедры пожарной безопасности
технологических процессов и производств
кандидат технических наук, доцент

М.А. Симонова



196105 г. Санкт-Петербург, Московский проспект, 149
Тел. (812) 388-10-44
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский университет
государственной противопожарной службы
МЧС России»