

Отзыв

официального оппонента доктора технических наук Тагиева Рамиса Мардановича на диссертацию Шебеко Алексея Юрьевича «Пожарная безопасность газовых технологических сред производственных процессов нефтегазовой отрасли», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, нефтегазовая отрасль)

Нефтегазовая отрасль является одной из ведущих в экономике России. Ее отличительной особенностью является обращение на нефтегазовых предприятиях больших количеств углеводородов (горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей). Данный фактор обуславливает высокую пожарную опасность предприятий отрасли, вызванную, в первую очередь, высокой пожарной опасностью технологических сред производственных процессов. Это подтверждается статистикой аварий с пожарами и взрывами на нефтегазовых предприятиях. Высокая пожарная опасность нефтегазовых предприятий обусловлена особенностями используемых на предприятиях отрасли технологических сред, состоящих преимущественно из горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей. При этом может иметь место наличие окислительных сред с повышенным или пониженным относительно воздуха содержанием кислорода. В некоторых технологических процессах (например, при нитровании) окислителем может быть закись азота. Для пожаротушения и взрывопредупреждения все чаще используются фторированные углеводороды, которые, как показано в литературе, могут не только ингибировать, но и промотировать процессы горения, особенно в случае окислительных сред, более активных, чем воздух. В то же время имеющихся в литературе данных в указанных областях зачастую недостаточно для обеспечения безопасности технологических сред.

В связи с вышесказанным тема рассматриваемой диссертационной работы, направленной на обеспечение пожарной безопасности газовых технологических сред производственных процессов нефтегазовой отрасли, представляется актуальной.

Диссертация состоит из введения, девяти глав, заключения, списка литературы и приложения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы положения, характеризующие научную новизну работы и ее практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных результатов, представлены сведения об апробации работы и публикациях.

Первая глава посвящена анализу опубликованных в литературе исследований по определению характеристик горения газовых смесей сложного состава в различных окислительных средах (смеси азота и кислорода с различным содержанием O_2). На основании выполненного анализа проведен выбор направлений исследований.

Вх. л. 6/85 от 24.09.2019

Во второй главе дано описание использованных в работе экспериментальных установок и методик работы на них. Значительная часть опытов проведена на стенде с реакционным сосудом сферической формы с внутренним диаметром 20 см. На данном стенде определяли концентрационные пределы распространения пламени, максимальное давление взрыва, максимальную скорость горения. Смеси зажигали в центре реакционного сосуда. Процесс распространения пламени регистрировали датчиком давления. Характеристики диффузионного горения определяли на установке «Диффузия», позволяющей измерять предельные условия существования диффузионного факела при одновременной подаче флегматизатора в потоки горючего и воздуха.

В третьей главе представлены результаты экспериментального определения характеристик горения околопредельных смесей вида горючее (водород, метан) – окислительная среда (смесь азота и кислорода с содержанием O_2 15, 20,6 и 25% (об.)) – флегматизатор (трифторметан, пентафтормеган, перфторбутан). Измерены концентрационные пределы распространения пламени, максимальное давление взрыва, нормальная скорость горения. Показано, что содержание кислорода в окислителе существенно влияет на концентрационную область распространения пламени, расширяя ее в основном за счет верхней ветви кривой флегматизации. Одновременно имеет место в ряде случаев снижение концентрации горючего на нижней ветви кривой флегматизации с ростом содержания фторированного углеводорода, т.е. проявляется эффект промотирования.

В четвертой главе описаны результаты исследований характеристик горения околопредельных смесей вида горючее (водород, метан) – закись азота – фторированный углеводород. Измерены концентрационные пределы распространения пламени, максимальное давление взрыва, максимальная скорость нарастания давления взрыва и нормальная скорость горения. Показано, что добавки флегматизатора существенно снижают нижний концентрационный предел распространения пламени для водорода и метана (приблизительно до 1 % (об.)) Это говорит об активном участии фторированных углеводородов в химических превращениях во фронте пламени, причем флегматизатор проявляет свойства дополнительного горючего. Об этом же говорят и результаты экспериментального определения зависимости прочих параметров от концентрации фторированного углеводорода.

В пятой главе изложены результаты экспериментальных исследований влияния фторированных углеводородов на характеристики горения околостехиометрических смесей метана и водорода в окислительных средах с различным содержанием кислорода. Показано, что небольшие добавки фторированных флегматизаторов слабо влияют на максимальное давление взрыва, существенно уменьшая при этом максимальную скорость нарастания давления взрыва и нормальную скорость горения.

В шестой главе приведены результаты экспериментального определения огнетушащих концентраций фторированных углеводородов по отношению к диффузионным пламенам водорода и метана при одновременной подаче флегматизаторов в горючее и воздух. Обнаружено заметное отклонение огнетушащих концентраций от вычисленных по правилу Ле-Шателье.

В седьмой главе изложены результаты разработки и апробации методики оценки искробезопасности конструкционных материалов. Предложенный экспериментальный стенд позволяет сочетать при испытаниях на искробезопасность искры удара и трения. Получены зависимости вероятности зажигания горючих смесей фрикционными искрами от содержания горючего газа.

Восьмая глава посвящена изложению результатов теоретических исследований особенностей процессов воспламенения и горения газовых смесей сложного состава. Рассмотрены такие вопросы, как самоингибирование, применение правила Ле-Шателье для нижних концентрационных пределов распространения пламени, минимальных флегматизирующих и огнетушащих концентраций, влияние добавок различной химической природы на самовоспламенение водородовоздушных смесей, влияние бромистого водорода на нормальную скорость горения смесей водорода и метана с воздухом, закисью азота и азотокислородной смесью с содержанием O_2 33 % (об.). Особо следует отметить анализ природы концентрационных пределов пламени в газовых смесях, в которых горение обусловлено протеканием разветвленных цепных реакций.

В девятой главе представлены результаты расчетной оценки параметров рассеяния проливов сжиженного природного газа на твердую поверхность, а также теоретическому исследованию влияния газовых и водяных завес на ограничение распространения аварийных выбросов горючих газов и паров.

Работа обладает несомненной научной новизной, заключающейся в следующем:

- получены новые экспериментальные данные по концентрационным пределам распространения пламени в смесях вида горючий газ (водород, метан) – фторированный флегматизатор – окислитель (смесь азота и кислорода с различным содержанием O_2), а также параметрам взрыва (максимальное давление взрыва, максимальная 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 двойное 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;

- выявлено, что изученные ингибиторы (бромистый водород, фторированные углеводороды) обладают значительно меньшей флегматизирующей способностью по отношению к горючим смесям с закисью азота в качестве окислителя, чем в случае смесей с воздухом и азотокислородными составами с повышенным содержанием кислорода;

- 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;

- получена новая формула, позволяющая вычислять огнетушащие концентрации газовых агентов при их одновременной подаче в горючее и окислитель;

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

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

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

Работа обладает теоретической и практической значимостью для развития основ пожарной безопасности нефтегазовой отрасли. Теоретическая значимость обусловлена положениями, характеризующими научную новизну работы. Практическая значимость заключается:

- в определении характеристик пожаровзрывоопасности газовых смесей вида горючее – флегматизатор – окислительная среда (концентрационные пределы распространения пламени, максимальное давление взрыва, скорость нарастания давления взрыва, нормальная скорость горения), необходимых для разработки систем предотвращения пожара и взрыва и систем пожаровзрывозащиты технологических процессов нефтегазовой отрасли с обращением горючих газов и паров;

- 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», позволяющее расчетным путем определять концентрационные пределы при разработке безопасных технологических регламентов производственных процессов;

- в использовании результатов работ для обеспечения пожаровзрывобезопасности предприятий нефтегазовой отрасли (при разработке проектных решений комплекса нефтеперерабатывающих и

нефтехимических заводов по переработке тяжелой карбоновой нефти ОАО «Танеко»; в деятельности ООО «Газпром Газобезопасность» при оценке уровня пожарной безопасности технологических процессов предприятий газовой отрасли, организации обучения сотрудников указанных предприятий и проведении учений пожарных и спасательных подразделений; в ЦКБ «Коралл» при разработке системы флегматизации помещений, в которых невозможно устройство легкобрасываемых конструкций);

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

Результаты диссертации являются достоверными и научно-обоснованными, что подтверждается широким их внедрением (в том числе и в нормативные документы по пожарной безопасности), согласованностью с законами физики и химии и данными других авторов.

Основные научные результаты, полученные автором, опубликованы в монографии, научных журналах и материалах научно-практических конференций, в том числе 53 работы в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК, а также доложены на многочисленных научных симпозиумах, конференциях и семинарах (в том числе международных). Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

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, тушение пожаров».

В работе имеются недостатки.

1. В диссертации следовало бы более подробно описать, как осуществляется аварийная флегматизация помещений категорий А и Б, в которых невозможно устройство легкобрасываемых конструкций (например, в случае морских нефтегазодобывающих платформ).

2. В главе 5 недостаточно подробно освещена разница в действиях флегматизаторов на околопредельные и околостехиометрические смеси горючих газов с окислительными средами.

3. В главе 9 следовало бы провести более детальное сравнение с экспериментом результатов расчетов влияния газовых и водяных завес на распространение газовых облаков.

