

Отзыв

официального оппонента Кириллова Игоря Александровича на диссертационную работу **Голова Николая Витальевича**, выполненную на тему **«Особенности воспламенения и горения горючих газов и паров в различных окислительных средах»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, нефтегазовая отрасль)

Пожарная опасность предприятий нефтегазовой отрасли характеризуется большим количеством обращающихся в производстве горючих газов (ГГ), легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей. Одним из эффективных способов снижения пожарной опасности технологических процессов на указанных предприятиях является флегматизация горючих парогазовых смесей, которая может быть использована как средство предварительной флегматизации (взрывопреупреждение), так и средство взрывозащиты. Среди флегматизаторов одними из наиболее эффективных являются фторированные углеводороды. В тоже время имеющиеся в литературе данные по флегматизации относятся, как правило, к горению в воздухе, а данные для окислительных сред с повышенным или пониженным содержанием кислорода весьма немногочисленны и относятся в основном к околопредельным смесям .

Среди возможных источников зажигания аварийных выбросов горючих газов и паров на предприятиях нефтегазовой отрасли наиболее вероятны искры удара и трения (фрикционные искры). Однако, несмотря на достаточно большое число работ в этой области, до сих пор не создано ни отечественного, ни зарубежного стандарта по определению зажигающей способности фрикционных искр. Это говорит о недостаточной изученности процесса зажигания парогазовых смесей искрами удара и трения.

В связи с вышесказанным тема диссертационного исследования Н.В. Голова представляется актуальной.

Представленная на отзыв диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения.

Вик А В/2 07.10.2014

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены объект, предмет, цель и задачи исследования, охарактеризованы научная новизна и практическая ценность работы, представлены сведения о внедрении и апробации результатов работы.

В первой главе автор провел анализ отечественных и зарубежных публикаций, характеризующих современное состояние исследований в области влияния флегматизаторов различной химической природы на параметры воспламенения и горения горючих газов и паров в различных окислительных средах, а также обосновал выбор направлений исследования.

Отмечено, что фторированные углеводороды могут оказывать не только ингибирующее, но и промотирующее действие на пламена. Однако подавляющее большинство описанных в литературе исследований выполнены для случая горения в воздухе. Данные же по флегматизации в окислительных средах с повышенным или пониженным содержанием кислорода немногочисленны и неполны. Охарактеризована роль фрикционных искр в воспламенении горючих парогазовых смесей при авариях на предприятиях нефтегазовой отрасли. Отмечена недостаточная проработанность вопроса оценки искробезопасности конструкционных материалов.

Следует отметить широту и достаточную глубину проведенного анализа, на основе которого сформулированы направления диссертационного исследования.

Во второй главе дано описание экспериментальной установки и методики проведения исследований по определению характеристик горения газов в различных окислительных средах. Опыты проводили в камере сферической формы объемом $4,2 \text{ дм}^3$ (внутренний диаметр $0,2 \text{ м}$). Исследуемые смеси готовили непосредственно в предварительно отвакуумированном реакционном сосуде под парциальным давлением. Зажигали приготовленные смеси пережимаемой нихромовой проволокой в центре реакционного сосуда. Развивающееся в процессе горения смеси давление регистрировали быстродействующим датчиком

с постоянной времени не более 10^{-5} сек. В качестве горючих газов использовали метан и водород, в качестве флегматизаторов - трифторметан (CF_3H), пentaфторэтан ($\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$) и перфторбутан (C_4F_{10}). Окислительная среда представляла собой смесь азота и кислорода с содержанием O_2 15, 20,6 и 25 % (об.). Определяли максимальное давление взрыва, максимальную скорость нарастания давления взрыва и нормальную скорость горения. Особо следует отметить тщательную оценку погрешности измеряемых величин, что, безусловно, является достоинством диссертации.

Третья глава посвящена разработке и апробации методики экспериментальной оценки искробезопасности конструкционных материалов. Отличительной чертой предложенной экспериментальной установки является возможность определения зажигающей способности фрикционных искр как при ударе, так и при трении. Апробация установки проведена с использованием широкого круга конструкционных материалов и горючих парогазовых смесей. Показано, что зажигающая способность искр удара и трения не коррелирует со стандартной температурой самовоспламенения горючих газов, однако прослеживается связь с минимальной энергией зажигания (чем ниже минимальная энергия зажигания горючего газа, тем выше вероятность зажигания фрикционными искрами). Интересный эффект получен при исследовании зажигания ацетиленовоздушных смесей: наибольшая вероятность зажигания реализуется не для бедных (как это было принято до сих пор считать), а для богатых смесей.

В четвертой 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 углеводородов приводят зачастую к росту максимального давления взрыва, хотя максимальная скорость нарастания давления взрыва и нормальная скорость горения при этом резко уменьшаются. Таким образом,

наличие эффектов промотирования или ингибирования зависит не только от вида горючего, флегматизатора или вида окислительной среды, но и от того, по какому параметру оценивается эффект. Так, если оценивать эффект по максимальному давлению взрыва, имеет место промотирование, а если по максимальной скорости нарастания давления взрыва и нормальной скорости горения – ингибирование. Дана качественная интерпретация полученных результатов.

Научная новизна работы не вызывает сомнения и характеризуется следующими положениями:

Впервые показано, что добавки фторированных углеводородов могут одновременно приводить к росту максимального давления взрыва и падению максимальной скорости нарастания давления взрыва и нормальной скорости горения.

Выявлена роль концентрации кислорода в окислительной среде и вида фторированного флегматизатора на максимальное давление взрыва, максимальную скорость нарастания давления взрыва и нормальную скорость горения.

Впервые на примере ацетиленовоздушных смесей показано, что наиболее легковоспламеняемый фрикционными искрами состав горючей смеси может быть не бедным, как это было принято считать, а богатым.

Предложена новая методика оценки искробезопасности конструкционных материалов, сочетающая в себе воздействие на горючую газовую смесь как ударов, так и трения движущихся образцов конструкционных материалов.

Достоверность полученных результатов и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается применением современного экспериментального оборудования, внутренней непротиворечивостью полученных данных и их согласованностью с данными других авторов, а также положительными результатами внедрения.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в повышении пожаровзрывобезопасности предприятий нефтегазовой отрасли путем снижения вероятности воспламенения горючих газовых смесей, образующихся в аварийных ситуациях, за счет использования искробезопасных конструкционных материалов, а также уменьшения последствий аварийных взрывов при флегматизации указанных смесей фторированными углеводородами. Практическая значимость работы подтверждается имеющимися актами внедрения.

Основные результаты работы широко опубликованы в научной печати (в том числе и в международных изданиях), а также неоднократно докладывались на научно-технических симпозиумах, конференциях и семинарах. По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, из них 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Диссертация соответствует специальности и отрасли, по которой она представлена к защите. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

К работе имеются следующие замечания.

Фрикционные искры, образующиеся в разработанной установке, безусловно, моделируют значительную часть аварий, в которых эти искры могут вызвать зажигание парогазовых смесей. Однако на практике могут быть ситуации (хотя они довольно редки), когда энергия ударов и трения превышает соответствующую величину, реализуемую в экспериментальной установке. Об этом следовало бы сказать в работе.

Недостаточно обоснован выбор конкретных фторированных углеводородов, которые исследовались в диссертации.


На рис. 4.1-4.4 приведены зависимости максимального давления взрыва от содержания флегматизатора. При этом ряд зависимостей имеет максимумы, но

некоторые зависимости таких максимумов не имеют. Объяснение этого различия в работе отсутствует.


Приведенные выше замечания не снижают существенным образом общей высокой оценки работы.

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена задача повышения пожаро- и взрывобезопасности предприятий нефтегазовой отрасли путем совершенствования методики оценки искробезопасности конструкционных материалов технологического оборудования и обоснования условий применения способа флегматизации горючих парогазовых смесей фторированными углеводородами в различных окислительных средах.

Работа выполнена на высоком научном уровне и соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор – Голов Николай Витальевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, нефтегазовая отрасль).

Официальный оппонент  Кириллов Игорь Александрович
Кандидат физико-математических наук, доцент,
Ведущий научный сотрудник,
Курчатовский комплекс физико-химических технологий
НИЦ «Курчатовский институт»
тел. (499) 196-73-62, e-mail kirillov_ia@nrcki.ru
НИЦ «Курчатовский институт»
Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

17.01.2018

Подпись Кириллова И.А. заверяю: 
Главный учёный секретарь
НИЦ «Курчатовский институт»

С.Ю. Стремоухов

17.01.2018

