

## ОТЗЫВ

официального оппонента Субачева Сергея Владимировича на диссертационную работу **Крехова Алексея Алексеевича** на тему: «Разработка метода и прибора контроля взрыва газовой смеси по измерению теплового потока» по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

**Актуальность научного исследования.** Освоение северных территорий в первую очередь связано с разработкой нефтегазовых месторождений и требует изучения разноплановых оценок степени риска работы при низких температурах и в суровых климатических условиях. При этом анализ чрезвычайных ситуаций является одним из главных аспектов при понимании обеспечения безопасности таких объектов, в том числе при количественной оценке риска. Автором проведен анализ условий, влияющих на динамику взрыва и анализ известных аварий газопроводов при низких температурах окружающей среды. Реализован достаточно глубокий литературный и технический обзор существующих методов оценки пожаровзрывоопасности. Проанализирована статистика аварийности на объектах трубопроводного транспорта в России (Ростехнадзор с 2004 г.), США (OPS PHMSA с 1971 г.), Канаде (NEB с 1959 г.) и ряде европейских государств. Проведенный анализ известных аварийных ситуаций на территории Российской Федерации показал, что при разгерметизации газопровода при низких температурах окружающего воздуха пожар возникает в 66% случаях. В то же время ликвидация аварийных ситуаций (пожаротушение) в арктических условиях является затруднительной. Автор лично разработал и доказал эффективность нового метода контроля динамики развития аварий на объектах производства, хранения и транспортировки СПГ, разработанного на основе измерений теплового потока, а также разработал прибор, позволяющий на основе предложенного метода обнаруживать возникновение взрыва и (или) горение газовой смеси в условиях отрицательных температур окружающей среды. Также предложена концепция совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности и повышения эффективности функционирования объектов производства, хранения и транспортировки СПГ в специфических условиях Крайнего Севера.

### **Содержание работы.**

Диссертационная работа содержит 158 с. машинописного текста, 4 главы, 72 рисунков, 21 таблицы, библиографический указатель из 106 наименований, 3

акта внедрения результатов диссертационной работы, получен патент на полезную модель RU 195452 U1, 28.01.2020 (датчик контроля теплового потока). Объем и структура диссертации соответствует рекомендациям ВАК.

Во введении обоснована актуальность темы, поставлена цель и сформулированы задачи исследования.

В первой главе диссертации проведен анализ литературных источников, существующих методов оценки пожаровзрывоопасности объектов с обращением горючих газов. Проведен анализ условий, влияющих на динамику взрыва и анализ известных аварий газопроводов при низких температурах окружающей среды. Выполнен анализ существующих приборов и методов контроля динамики взрыва газовоздушной смеси. Выделены основные факторы, влияющие на причины возникновения и процесс протекания аварийной ситуации: усталость металла, коррозия, влияние низких температур, деформация и дефекты трубы, отказы запорной арматуры.

Вторая глава посвящена разработке метода и прибора контроля динамики взрыва газовоздушной смеси. Проведено обоснование выбора объекта исследования, концепции и компоновки испытательного стенда. Выполнены расчеты концентрации и объема газовоздушной смеси, обоснован выбор температурных условий проведения эксперимента. Описан разработанный прибор контроля теплового потока при взрыве газовоздушной смеси. Приведены принцип работы устройства и его характеристики.

Третья глава посвящена результатам исследований по контролю динамики взрыва газовоздушной смеси в условиях низких температур. Выявлены закономерности протекания процессов взрыва при различных начальных концентрациях и температуре окружающей среды, определены концентрации газа в газовоздушной смеси, наиболее опасные в отношении взрыва при отрицательных температурах окружающей среды. Выявлены скачкообразные изменения давления взрыва газовоздушной смеси при достижении критических отрицательных температур окружающей среды. Выполнено расчетное моделирование аварии газопровода с использованием программного комплекса PromRisk.

В четвертой главе изложены практические рекомендации по применению предложенного прибора для снижения риска пожаров и взрывов при функционировании объектов производства, хранения и транспортировки СПГ в условиях низких температур. Проведена апробация применения датчика контроля теплового потока при взрывопроявлении на таких объектах (получены акты внедрения).

В заключении сформулированы основные результаты диссертации, которые представляют научную и практическую ценность.

По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из них четыре – в рецензируемых изданиях по списку ВАК, две – в базе данных SCOPUS, в которых материалы отражены достаточно полно. Получен патент на полезную модель RU 195452 U1, 28.01.2020. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

**Наиболее существенные результаты, полученные лично автором, заключаются в следующем:**

1. Разработан метод контроля динамики развития аварий на объектах производства, хранения и транспортировки СПГ по тепловому потоку, а также прибор для обнаружения взрыва газовой смеси в условиях отрицательных температур окружающей среды.

2. Разработаны практические рекомендации по применению предложенных метода и прибора для повышения пожарной безопасности при освоении нефтегазовых месторождений северной территории Российской Федерации.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов** подтверждается теоретически и экспериментально. Научные положения аргументированы, теоретические результаты работы и выводы подтверждены проведенными экспериментальными исследованиями и их математической обработкой с использованием статистических методов, методов теории и планирования экспериментов. Полученные результаты обсуждены на международных и всероссийских конференциях, опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

**Значимость для науки и производства наиболее существенных результатов, полученных лично автором, и их новизна.** В научном и производственном плане представляет практическое значение разработанный автором метод контроля динамики развития аварий на объектах производства, хранения и транспортировки СПГ по параметрам теплового потока, позволяющий совершенствовать системы обеспечения пожарной безопасности и повысить эффективность функционирования объектов производства, хранения и транспортировки СПГ в специфических условиях Крайнего Севера.

При изложении материалов диссертации автор придерживался поставленной цели и комплекса задач исследования. В конце каждой главы приводятся выводы, которыми выражается научная новизна работы и значимость полученных результатов.

**Практическая значимость работы.** На основе теоретических и экспериментальных исследований в работе усовершенствован и предложен новый метод контроля динамики взрыва ГВС на объектах производства, хранения и транспортировки сжиженного природного газа по величине теплового потока. Главная технико-экономическая эффективность прибора для обнаружения взрыва газозвушной смеси связана со снижением ущерба от возникающих пожаров и взрывов за счет точного и быстрого определения очага и стадии их развития.

**Замечания по работе следующие.**

1. Автор делает особый акцент на возможности раннего обнаружения взрыва (доли секунды), но не предлагает технических решений, способных использовать это преимущество для защиты объекта, а также не указывает как именно в предложенном устройстве происходит фильтрация помех, что особенно важно, учитывая быстрое действие прибора, для исключения ложных срабатываний противопожарных систем.

2. В диссертации недостаточно подробно описан разработанный метод контроля теплового потока при взрыве ГВС, и представлен на рисунке 2.1 очень скудно – в виде набора ключевых слов (взрыв, концентрация, давление и др.).

3. В работе автор приводит различные значения предельной дальности обнаружения взрыва разработанного датчика (стр. 49: «Максимальное расстояние до тестового очага... при котором датчик регистрирует изменение теплового потока до 60 м», стр. 50, 133: «Дальность обнаружения очага взрыва составляет не менее 100 м»), поэтому не ясно, какова минимальная и максимальная дальность обнаружения.

4. В работе сказано, что тарировка датчика в Вт/м<sup>2</sup> выполнена на основе результатов измерения температуры пластины, представленных на рисунке 3.11, но методика и результаты расчета не приведены, из-за чего не ясно, как значения температуры преобразованы в значения теплового потока.

5. В диссертации под мощностью взрыва понимается величина теплового потока (стр. 71, 72, 80, 127 и др.), но, поскольку мощность взрыва характеризуется скоростью выделения энергии, избыточным давлением и импульсом фазы сжатия (которые могут быть не пропорционально связаны с тепловым потоком излучения при взрыве) – автору следовало использовать непосредственно термин «тепловой поток», а не «мощность».

6. В работе автор допускает использование эмоциональных высказываний и личных оценок: «революционные информационные технологии», «невиданные возможности», «взрывная волна с огромной скоростью», а также в

тексте диссертации имеются несогласованные предложения и опечатки.

### **Заключение по работе**

Диссертационная работа Крехова Алексея Алексеевича соответствует паспорту специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, имеет внутреннее единство и является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложен новый метод и прибор контроля динамики развития аварий на объектах производства, хранения и транспортировки СПГ, разработанные на основе измерений теплового потока, внедрение которого позволит повысить техногенную безопасность при освоении нефтегазовых месторождений северной территории Российской Федерации. Диссертация соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Крехов Алексей Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Доцент кафедры пожарной безопасности  
технологических процессов и производств  
Уральского института ГПС МЧС России,  
кандидат технических наук, доцент

«13» февраля 2023 г.

С.В. Субачев

Подпись Субачева Сергея Владимировича заверяю.  
Ученый секретарь ученого совета  
Уральского института ГПС МЧС России  
кандидат педагогических наук, доцент

«13» февраля 2023 г.



М.Г. Контобойцева

620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22,  
тел. 8 (343) 360-81-45, uigps@uigps.ru