



АКЦИОНЕРНОЕ  
ОБЩЕСТВО  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
ЦЕНТР



"АЛТАЙ"

659322, г. Бийск, Алтайского края, ул. Социалистическая, 1,  
факс (3854) 311309, 317283, телетайп-телекс 233413 КЛЕН,  
тел. (3854) 301067, 301807.

e-mail: post@frpc.secna.ru, Internet: http://www.frpc.secna.ru

18 АВГ 2025

№ 20-6622

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю  
диссертационного совета 04.2.002.02  
в Академии ГПС МЧС России  
к.т.н., доценту Соковнину А.И.

129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д.4

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель генерального директора по  
науке, к.т.н.

Никитин Р.Г.

**ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Тетерина Ивана Александровича на тему «Методика определения давления взрыва газоздушного облака при аварийных выбросах сжиженного природного газа с учетом его состава», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. – Пожарная безопасность (технические науки).

Диссертация посвящена исследованиям по оценке риска и последствий аварий, возникающих на производственных объектах с использованием сжиженного природного газа (СПГ). При утечке СПГ из сосудов, работающих под давлением или разрывах трубопроводов формируется газоздушное облако горючих газов, способных при наличии источника воспламенения к объемному горению и взрыву, создавая разрушительную волну избыточного давления. Существующие методы оценки давления взрыва разработаны в основном для чистого метана. Однако, в состав промышленных марок СПГ могут входить и другие горючие газы такие как этан, пропан, бутан в количестве суммарно до 25 %. Как более горючие и тяжелые газы они будут оказывать влияние на кинетику и параметры взрывного процесса, поэтому учет реального состава СПГ при оценке риска и последствий аварий является актуальной темой исследования. Актуальность темы подтверждается тем, что результаты диссертации использованы при разработке и выпуске новой методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, допущенной в практику приказом МЧС России № 533 от 26.06.2024 года.

Целью диссертационной работы является разработка методики определения давления взрыва газоздушного облака при аварийных выбросах СПГ с учетом его состава.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. Проведен анализ существующих методик определения давления взрыва газоздушных смесей. Отмечены недостатки, определены направления и алгоритм

Вх №6173 от 21.08.2025

дальнейших исследований.

2. Проанализированы физико-химические и газодинамические особенности взрывного горения основных горючих компонентов СПГ для различных соотношений метан/этан/пропан/бутан/воздух.

3. Экспериментально исследовано влияние соотношения основных горючих компонентов СПГ на концентрационные пределы распространения пламени и давление взрыва газозвдушного облака.

4. Разработана методика определения давления взрыва газозвдушного облака при аварийных выбросах СПГ с учетом его состава и турбулизации пламени.

Научная новизна не вызывает сомнений и заключается в следующем:

– впервые экспериментально исследованы взрывоопасные свойства СПГ с учетом его состава при различных соотношениях метан/этан/пропан/бутан/воздух;

– экспериментально установлена линейная зависимость изменения концентрационных пределов распространения пламени в смеси основных горючих компонентов СПГ;

– экспериментально подтверждена возможность применения правила Ле Шателье для определения концентрационных пределов распространения пламени паров СПГ с учетом его состава;

– экспериментально установлен аддитивный вклад основных горючих компонент СПГ на давление взрыва в близкой к стехиометрической смеси с воздухом, в том числе и при турбулизации пламени.

Практическая значимость работы заключается в:

– получении зависимостей изменения давления взрыва и концентрационных пределов распространения пламени состава СПГ при различных соотношениях метан/этан/пропан/бутан/воздух;

– разработке и внедрении в практику методики определения давления взрыва газозвдушного облака при аварийных выбросах СПГ с учетом его состава;

– обосновании применения 3 класса по степени чувствительности к возбуждению взрывных процессов для наиболее взрывоопасного по составу СПГ марки «В».

– определении направления дальнейших исследований.

Практическая значимость работы подтверждена актами внедрения от ФГБУ ВНИИПО МЧС России, ГИПРОНИИГАЗ-МП, Академии ГПС МЧС России.

Основные результаты работы изложены в 28 научных работах, из них 7 – в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК России, в том числе 2 – в изданиях, индексируемых в наукометрической базе Scopus.

По диссертационной работе имеется ряд замечаний и вопросов:

1. Автор работы использует для расчетов степень участия паров во взрыве  $Z=0,1$ . Следовало бы привести пояснения, почему не рассматривается наиболее опасный сценарий при  $Z=1$ . Также следовало бы указать в автореферате информацию о влиянии климатических и сезонных факторов на применение методики.

2. Из экспериментальных исследований можно сделать вывод, что разница избыточного давления взрыва для смеси метан/воздух и пропан/бутан/воздух не являются существенными, а расчеты по разработанной методике демонстрируют существенные различия для чистого метана и метана с примесями этан/пропан/бутан 25 %. Для дальнейших исследований было бы интересно проанализировать отмеченные различия.

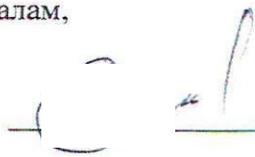
3. Из содержания текста автореферата можно предположить, что к метану, этану, пропану и бутану относятся термины: «низкомолекулярные углеводороды», «легкие алканы»,

«гомологи метана». Однако не хватает пояснений автора для точности восприятия текста.

Сделанные замечания не изменяют в целом положительного заключения по рассматриваемой диссертации в форме автореферата, как о законченной работе, выполненной на современном научно-техническом уровне.

По тематике исследования, методам, научным положениям диссертация на тему «Методика определения давления взрыва газоздушного облака при аварийных выбросах сжиженного природного газа с учетом его состава» соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденному Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а ее автор Тетерин Иван Александрович заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. – Пожарная безопасность (технические науки).

Главный эксперт по энергонасыщенным материалам,  
профессор, доктор технических наук,  
академик Академии горных наук,  
лауреат Государственной премии

  
\_\_\_\_\_ Е.А. Петров

Подпись Петрова Евгения Анатольевича заверяю  
Ученый секретарь, кандидат технических наук



  
\_\_\_\_\_ Л.Г. Егорова