

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 04.2.003.01, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГПС МЧС РОССИИ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 23 сентября 2025 года № 35

О присуждении Тимошенко Артему Леонидовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Снижение взрывопожарной опасности в электролизных цехах ТЭЦ на основе прогнозирования образования водородно-воздушных смесей» по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки) принята к защите 26 июня 2025 года (протокол заседания № 33) диссертационным советом 04.2.003.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 149), приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации о создании диссертационного совета от 24 октября 2022 года № 1347/нк.

Соискатель, Тимошенко Артем Леонидович, 16 июля 1998 года рождения.

В 2021 году соискатель окончил ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России» по направлению подготовки 20.05.01 Пожарная безопасность (специалитет), в 2024 году – факультет подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России» по очной форме обучения по направлению подготовки 20.07.01 Техносферная безопасность (квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь»). В настоящее время занимает должность преподавателя кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», МЧС России.

Диссертация выполнена на кафедре физико-технических основ пожарной безопасности ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», МЧС России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Самигуллин Гафур Халафович, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», кафедра физико-химических основ процессов горения и тушения, профессор.

Официальные оппоненты:

Гордиенко Денис Михайлович – доктор технических наук, АНО «Консорциум ПОПСБ», заместитель генерального директора по техническому регулированию;

Бугаев Петр Николаевич – кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа

(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», кафедра промышленной безопасности и охраны окружающей среды, ассистент, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», город Уфа, в своем положительном отзыве, подписанном Хафизовым Ильдаром Фанилевичем, доктором технических наук, профессором, кафедра «Пожарная и промышленная безопасность», профессор, указала, что диссертационная работа Тимошенко Артема Леонидовича на тему «Снижение взрывопожарной опасности в электролизных цехах ТЭЦ на основе прогнозирования образования водородно-воздушных смесей» является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи, заключающейся в научно-методическом обосновании обеспечения пожаро- и взрывобезопасности объектов энергетики, на которых в процессе электролиза вырабатывается водород, имеющей существенное значение для развития страны. Диссертационная работа в полной мере соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук. Тимошенко Артем Леонидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

Соискатель имеет 25 опубликованных научных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ.

Недостовверные сведения об опубликованных соискателем работах отсутствуют.

Наиболее значимыми работами являются:

1. Тимошенко, А. Л. Сведения по частотам реализации аварийных событий на объектах производства и обращения водорода / А. Л. Тимошенко, Г. Х. Самигуллин, С. А. Ребезов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2024. – № 2. – С. 127-139, 1,44/0,48 п.л.

В работе определены новые частоты реализации аварийных событий на предприятиях водородной энергетики для различных групп промышленного оборудования и технологических процессов, отличающиеся от существующих возможностью дифференциации расчетно-аналитических процедур при оценке пожарной опасности объектов, на которых обращаются горючие газы.

2. Тимошенко, А. Л. Модель аварийной утечки водородсодержащего газа 22 в вентилируемом помещении в программном обеспечении Fire Dynamics Simulator (FDS) / А. Л. Тимошенко, Г. Х. Самигуллин, В. О. Булатов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 1 (65). – С. 176-187, 0,69/0,23 п.л.

В научной статье представлена математическая модель образования водородно-воздушных смесей при аварийных утечках водорода на производственных

объектах ТЭЦ с помощью полевого метода с использованием вычислительного процессора FDS и графического интерфейса PyroSim, реализующей математические модели физико-химических процессов диффузии водорода.

3. Тимошенко, А. Л. Общие принципы оценки взрывопожарной опасности объектов производства и обращения водородсодержащего газа / А.Л. Тимошенко // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 2 (66). – С. 235-249, 1,13 п.л.

В публикации описана методика оценки взрывопожарной опасности производства и обращения водорода на производственных объектах ТЭЦ, основанная на критериальной модели, позволяющая на основе применения прогнозных значений динамики концентрации водорода, уточненных значений коэффициента диффузии водорода, коэффициента участия водорода взрыве повысить точность и достоверность расчетов при оценке пожарных рисков.

4. Тимошенко, А. Л. Расчет пожарного риска технологического участка объекта водородной энергетики / А. Л. Тимошенко, Д. В. Медведев, Г. Х. Самигуллин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2023663736, 27.06.2023. Заявка от 06.06.2023 – 4,91/1,64 Мб.

Представлен вычислительный модуль, позволяющий проводить расчет показателей пожарной опасности водорода и по результатам вычислений относить технологический участок, на котором размещено водородное оборудование, к условной категории уровня взрывопожарной опасности.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы из следующих организаций:

1. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», составленный профессором кафедры машиностроения, доктором технических наук, профессором Болобовым Виктором Ивановичем.

Отзыв положительный, имеются замечания:

в работе представлены результаты экспериментальных исследований по образованию водородно-воздушных смесей при аварийной утечке водорода в ограниченном объеме помещения размерами 10х5х5 м, имитирующего электролизный цех в уменьшенном масштабе. Однако, на рисунке 5 изображено модельное помещение явно меньших размеров. В каком масштабе представлено модельное помещение в экспериментальной установке;

перспективы дальнейших исследований сформулированы обобщенно. Стоит уточнить, какие именно модели или методы планируется развивать.

2. ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России», составленный преподавателем кафедры механики и инженерной графики, кандидатом технических наук Пустоваловым Ильей Андреевичем.

Отзыв положительный, имеется замечание:

автором получены значения коэффициенты диффузии D , лежащие в пределах $(210...3650) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, однако полученные данные требуют сравнения со справочными данными для подтверждения новизны.

3. ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород», составленный ведущим инженером производственного отдела по эксплуатации магистральных газопроводов, кандидатом технических наук Кармановым Евгением Олеговичем.

Отзыв положительный, имеются замечания:

указание на "новые частоты реализации аварийных событий" или "аналитические зависимости коэффициентов диффузии" не сопровождается уточнением, в чем именно заключается отличие от существующих данных. Отсутствует сопоставление с ранее известными методиками, что затрудняет верификацию новизны;

в тексте приведены значения коэффициентов диффузии, времени срабатывания датчиков, коэффициента участия во взрыве, но нет обсуждения допустимого предела отклонений, границ достоверности или сравнительного анализа с нормативными/референтными данными.

4. ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», составленный начальником научно-исследовательского отдела научно-технического центра, кандидатом технических наук Лораном Николаем Михайловичем.

Отзыв положительный, имеются вопросы:

указано, что датчики срабатывали за 7–180 сек. С чем связан такой большой разброс;

автором получены значения коэффициентов участия во взрыве при различных режимах вентиляции 0,1–0,6, что в 10 раз меньше, чем в СП 12.13130.2009. С чем связана такая разница? Может ли это привести к недооценке пожарного риска?

5. Оренбургский филиал ФГБУ «ВНИИПО МЧС России», составленный начальником, кандидатом технических наук Безбородовым Владимиром Игоревичем.

Отзыв положительный, имеются замечания:

в автореферате использовались стандартные методы исследования (анализ данных, моделирование, эксперименты, метод экспертных оценок), но не раскрыто, как именно проводилась экспертная оценка. Например: Количество экспертов и их квалификация? Статистические данные использовались? Какой критерий согласованности использовался и его значение;

в части оценки адекватности модели отмечено использование поправочных коэффициентов, однако отсутствует обоснование полученных значений данных коэффициентов.

6. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», составленный профессором кафедры комплексной безопасности в строительстве, доктором технических наук Цариченко Сергеем Георгиевичем.

Отзыв положительный, имеются замечания:

указаны ключевые исследователи, но отсутствует критический анализ их вклада. Можно добавить сравнение существующих методов с предлагаемыми в диссертации;

в экспериментальной части указаны режимы вентиляции, но не объяснено, почему выбраны именно они. Результаты по времени срабатывания датчиков (таблица 4) требуют более четкой интерпретации (например, какие режимы вентиляции наиболее эффективны).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в вопросах, рассматриваемых в рамках исследования, и наличием публикаций в предметной области диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая методика оценки взрывопожарной опасности производства и обращения водорода на производственных объектах ТЭЦ, основанная на критериальной модели, позволяющая на основе применения прогнозных значений динамики концентрации водорода, уточненных значений коэффициента диффузии водорода, коэффициента участия водорода в взрыве повысить точность и достоверность расчетов при оценке пожарных рисков. Применение методики позволило снизить взрывопожарную опасность на электролизных цехах ТЭЦ более чем в 2 раза, что подтверждается расчетами индивидуального пожарного риска;

предложена оригинальная математическая модель образования водородно-воздушных смесей при аварийных утечках водорода на производственных объектах ТЭЦ с помощью полевого метода с использованием вычислительного процессора FDS, реализующей математические модели процессов диффузии водорода;

доказана перспективность использования разработанной критериальной модели для оценки рисков на объектах водородной энергетики; применимость математической модели для обоснования рационального размещения газоанализаторов и систем аварийной вентиляции; наличие ранее неучтенных закономерностей влияния числа Рейнольдса на коэффициенты диффузии водорода в нестационарных условиях;

введены частоты реализации аварийных событий на предприятиях водородной энергетики для различных групп промышленного оборудования и технологических процессов, позволяющие уточнить результаты расчетов пожарных рисков водородного оборудования; новая формула для нахождения коэффициента турбулентной диффузии при постоянной утечке водорода; виды зон движения водородно-воздушных потоков в вентилируемом помещении при аварийной утечке.

Научная новизна:

определены новые частоты реализации аварийных событий на предприятиях водородной энергетики для различных групп промышленного оборудования и технологических процессов, отличающиеся от существующих возможностью дифференциации расчетно-аналитических процедур при оценке взрывопожарной опасности объектов, на которых обращаются горючие газы;

обоснованы экспериментальные зависимости по динамике образования водородно-воздушных смесей в диапазоне довзрывных концентрации водорода, а

также расчетные значения коэффициентов диффузии водорода в зависимости от числа Рейнольдса для нестационарных режимов воздушного потока;

разработана математическая модель процесса образования газозвушной смеси в помещениях при аварийной утечке водорода, отличающаяся от существующих возможностью прогнозирования момента достижения локальных взрывоопасных концентраций с учетом влияния приточно-вытяжной вентиляции;

предложена методика, основанная на критериальной модели и отличающаяся от известных реализацией оригинального алгоритма оценки потенциальной взрывопожарной опасности технологического оборудования по интегральному показателю, применяемого при производстве водорода на производственных объектах ТЭЦ.

Теоретическая значимость результатов исследования обоснована тем, что:

доказаны новые положения о закономерностях процессов формирования водородно-воздушных смесей в условиях принудительной вентиляции, расширяющие представления о прогнозировании динамики образования водородно-воздушных смесей при нестационарных режимах воздушных потоков;

результативно использован комплекс методов вычислительной газодинамики (CFD-моделирование), статистического анализа и экспериментальных исследований, а также частоты реализации аварийных событий на предприятиях водородной энергетики для различных групп промышленного оборудования и технологических процессов при оценке пожарных рисков;

изложены этапы оценки взрывопожарной опасности электролизных цехов производства водорода и его применения на объектах тепловых электростанций, такие как анализ статистических данных об авариях, установление частоты реализации аварийных событий, моделирование аварии, расчет показателей пожарного риска, сопоставление полученных оценок риска с допустимыми значениями, установление категории взрывопожарной опасности и разработка рекомендаций по снижению пожарного риска;

раскрыты неопределенности в оценке взрывопожарной опасности электролизных цехов ТЭЦ, а именно: неучтенные ранее закономерности влияния турбулентной диффузии на процессы образования водородно-воздушных смесей в условиях принудительной вентиляции; новые проблемы обеспечения безопасности при проектировании систем вентиляции для помещений с обращением водорода;

изучены взаимосвязи между газодинамическими процессами распространения водородно-воздушных смесей и работой вентиляции в электролизном цехе ТЭЦ при аварийной утечке водорода;

проведена модернизация существующих методов оценки взрывопожарной опасности за счет введения интегрального показателя, новых значений коэффициента участия массы водорода во взрыве и частот реализации аварийных событий; научных подходов к размещению газоаналитического оборудования с учетом пространственной неоднородности концентрационных полей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены: методика оценки взрывопожарной опасности электролизных цехов производства водорода и его применения на объектах тепловых электростанций, основанная на критериальной модели и отличающаяся от известных реализацией оригинального алгоритма оценки потенциальной взрывопожарной опасности технологического оборудования по интегральному показателю, в практическую деятельность Башкирской ассоциацией экспертов в части экспертизы промышленной и пожарной безопасности на опасных производственных объектах топливно-энергетического комплекса Республики Башкортостан; общества с ограниченной ответственностью «Грумант» (г. Санкт-Петербург) в части проведения оценки взрывопожарной опасности технологического оборудования в помещениях при выполнении проектных, строительных и монтажных работ участков генерации и хранения водорода;

математическая модель процессов образования и накопления водородно-воздушной смеси при аварийной утечке водорода в вентилируемых помещениях, отличающаяся от существующих возможностью прогнозирования момента достижения локальных взрывоопасных концентраций с учетом влияния приточно-вытяжной вентиляции, в практической деятельности Балаковской ТЭЦ-4 ПАО «Т Плюс» при разработке и обосновании организационно-технических решений по обеспечению взрывопожарной опасности, а также при размещении газоанализаторов и аварийной вентиляции в электролизном цехе;

создана критериальная модель оценки уровня взрывопожарной опасности производства и обращения водорода на производственных объектах ТЭЦ, позволяющая относить технологический участок к определенной категории уровня взрывопожарной опасности;

представлены практические рекомендации по снижению уровня пожарной опасности в электролизных цехах ТЭЦ при возникновении аварийных утечек водорода, которые заключаются в обосновании рационального расположения газоанализаторов и аварийной вентиляции в помещениях, где обращается водород, на основе математического моделирования аварийной утечки водорода.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты получены в процессе всестороннего анализа экспериментальных данных, статистической обработки аварийности и численного моделирования, аналитически обоснованы и аргументированы с применением современных математических методов;

теория построена на известных физико-химических закономерностях поведения водородно-воздушных смесей, согласуется и не противоречит результатам исследований отечественных и зарубежных ученых в области взрывопожарной безопасности и вычислительной газодинамики;

идея базируется на анализе современных научных публикаций, обобщении передового опыта обеспечения безопасности на объектах водородной энергетики, а

также на результатах собственных экспериментальных и теоретических исследований;

использованы сравнения авторских данных со статистическими данными международной базы HAD по аварийности на объектах водородной энергетики; с результатами численного моделирования, представленными в работах зарубежных исследователей; с экспериментальными данными других авторов по коэффициентам диффузии водорода;

установлено качественное совпадение авторских результатов с данными CFD-моделирования процессов стратификации водородно-воздушных смесей; с экспериментальными зависимостями коэффициентов турбулентной диффузии; с практическими рекомендациями по размещению газоаналитического оборудования в помещениях, где производится и обращается водород;

использованы современные научные методы исследования, сбора и обработки информации, в том числе CFD-моделирование в программном комплексе FDS; статистическая обработка данных с применением регрессионного анализа; экспериментальные исследования на масштабных моделях; анализ нормативно-технической документации РФ и зарубежных стран.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии на всех этапах проведения диссертационного исследования: проведен анализ нормативно-технической и методической базы в области взрывопожарной безопасности, выполнен сбор и обработка статистических данных по аварийности на объектах производства и обращения водорода; проведены экспериментальные исследования и анализ результатов по формированию водородно-воздушных смесей; выполнено моделирование образования взрывоопасных смесей при утечках водорода; разработана критериальная модель и методика оценки взрывопожарной опасности технологических участков получения и применения водорода.

Тема работы и содержание исследований соответствуют области исследований, определяемой паспортом специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки), а именно пункту 6 «Исследование и разработка средств, методов и алгоритмов обеспечения пожаровзрывобезопасности технологических процессов и регламентных работ на стадии эксплуатации объектов защиты» и пункту 12 «Разработка научных основ создания систем, методов и технических средств обнаружения, предупреждения и ликвидации аварий, пожаров и взрывов».

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие **критические замечания**:

1. В работе не представлен обзор исторического развития вопросов водородной безопасности.
2. В диссертации не приведен расчет социального пожарного риска при аварии в электролизном цехе на ТЭЦ.
3. Математическая модель образования водородно-воздушных смесей при аварийных утечках водорода на производственных объектах ТЭЦ представлена в виде

компьютерной реализации, без достаточной детализации ее аналитического обоснования.

Соискатель, Тимошенко А.Л., ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 23 сентября 2025 года диссертационный совет принял **решение:** за решение актуальной научной задачи, заключающейся в научно-методическом обосновании обеспечения пожаро- и взрывобезопасности объектов энергетики, на которых в процессе электролиза вырабатывается водород, имеющей существенное значение для развития страны, присудить Тимошенко А.Л. ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ложкина Ольга Владимировна

Ученый секретарь
диссертационного совета



Сытдыков Максим Равильевич

24 сентября 2025 года