



НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВОДОРОДА

Закиров Р.Н., Чичирова Н.Д., Филимонова А.А., Чичиров А.А.

Казанский государственный энергетический университет
г. Казань, Россия

zakirov.kgeu@mail.ru

Резюме: *АКТУАЛЬНОСТЬ.* На сегодняшний день имеются стратегические цели развития водородной энергетики в РФ. Достижение поставленных целей во многом зависит от норм и положений действующих законодательных, правовых и нормативно-технических документов (НТД). В области водородной энергетики остро стоят вопросы обеспечения промышленной безопасности. Рассмотрение НТД по промышленной безопасности при производстве водорода является актуальным. Для решения комплекса задач по инфраструктуре водородного транспорта необходимо преодолеть большое количество препятствий, связанных не только с совершенствованием технологий, повышением их экономической эффективности, но и с обеспечением достаточного уровня безопасности. **ЦЕЛЬ.** Рассмотреть законодательную и нормативно-правовую базу в области промышленной безопасности водородных технологий в Российской Федерации с целью выявления положений норм промышленной безопасности, и анализа степени обеспеченности деятельности по проектированию, строительству и эксплуатации водородных заправочных станций стандартами и нормативно-правовыми актами в области водородных технологий при производстве, хранении и транспортировании водородного топлива. **МЕТОДЫ.** Проведен анализ НТД по статусу в формате действует либо отменен, анализ положений, регламентирующих нормы промышленной безопасности водородных технологий, а также изучены национальные стандарты и технические регламенты Таможенного союза. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** Определены основные положения законодательства и нормативно-правовых документов в части идентификации объектов водородных технологий и водородной инфраструктуры в качестве опасных производственных объектов (ОПО) и их регистрации в государственном реестре ОПО. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Сделаны выводы о необходимости разработки и утверждения требований норм промышленной безопасности в области водородных технологий, о необходимости решения вопросов по стандартизации технологий водородной инфраструктуры и по сертификации водородных заправочных станций.

Ключевые слова: водородные технологии; нормативно-техническая документация; водородная заправочная станция; нормы промышленной безопасности.

Для цитирования: Закиров Р.Н., Чичирова Н.Д., Филимонова А.А., Чичиров А.А. Нормативно-техническая документация по промышленной безопасности при производстве водорода // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2023. Т.25. № 5. С. 91 – 100. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-5-91 – 100.

NORMATIVE AND TECHNICAL DOCUMENTATION ON INDUSTRIAL SAFETY IN THE PRODUCTION OF HYDROGEN

Zakirov R.N., Chichirova N.D., Filimonova A.A., Chichirov A.A.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

zakirov.kgeu@mail.ru

Abstract: *RELEVANCE.* To date, there are strategic goals for the development of hydrogen energy in the Russian Federation. The achievement of the set goals largely depends on the norms and provisions of the current legislative, legal and regulatory technical documents (NTDs). In the field

of hydrogen energy, the issues of ensuring industrial safety are acute. Consideration of the NTD on industrial safety in the production of hydrogen is relevant. In order to solve the complex of tasks on the infrastructure of hydrogen transport, it is necessary to overcome a large number of obstacles associated not only with the improvement of technologies, increasing their economic efficiency, but also with ensuring a sufficient level of safety. **PURPOSE.** The legislative and regulatory framework in the field of industrial safety of hydrogen technologies in the Russian Federation is considered in order to identify the provisions of industrial safety standards, and analyze the degree of security of activities for the design, construction and operation of hydrogen filling stations with standards and regulations in the field of hydrogen technologies in production, storage and transportation of hydrogen fuel. **METHODS.** The analysis of normative and technical documents (NTD) according to the status in the format valid or canceled, the analysis of the provisions governing the industrial safety standards of hydrogen technologies, and also the national standards and technical regulations of the Customs Union were studied. **RESULTS.** The main provisions of the federal law N 116-FZ of 07/21/1997 and the order of Russian technical supervision (Rostekhnadzor) N 471 of 11/30/2020 are determined. in terms of identifying hydrogen technology facilities and hydrogen infrastructure as hazardous production facilities (HPF) and their registration in the state register of HIFs. **CONCLUSION.** Conclusions are drawn about the need to develop and approve the requirements of industrial safety standards in the field of hydrogen technologies, about the need to address issues of standardization of hydrogen infrastructure technologies and certification of hydrogen filling stations.

Key words: hydrogen technologies⁴ regulatory and technical documentation; hydrogen filling station; industrial safety standards.

For citation: Zakirov R.N., Chichirova N.D., Filimonova A.A., Chichirov A.A. Normative and technical documentation on industrial safety in the production of hydrogen. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2023; 25 (5): 91-100. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-5-91-100.

Введение (Introduction)

На текущем этапе развития водородной энергетики препятствиями и ограничениями, которые сдерживают развитие водородной энергетики в Российской Федерации (РФ) являются недостаточность нормативно-правовых документов в области водородной энергетики касательно норм обеспечения безопасности и несовершенство национальной системы стандартизации и сертификации водородной энергетики.

Актуальными задачами для достижения стратегической цели развития водородной энергетики в РФ являются разработка и принятие в установленном порядке новых и пересмотр существующих нормативно-правовых актов в области безопасности водородной энергетики, которые бы позволили нам ускорить процессы по усилению работ по производству и применению водорода [1].

Целью работы является анализ степени обеспеченности деятельности по проектированию, строительству и эксплуатации водородных заправочных станций стандартами и нормативно-правовыми актами в области водородных технологий при производстве, хранении и транспортировании водородного топлива.

Литературный обзор (Literature Review)

В обзоре рассмотрены научные статьи в отечественных и зарубежных периодических изданиях, а также нормативных документов РФ и таможенного союза.

В научно-технических журналах за последние 5 лет отсутствуют публикации по вопросам обеспеченности и достаточности нормативно-правовых документов в области промышленной безопасности систем обеспечения водородом транспортных средств, несмотря на приоритетность и значимость рассматриваемого вопроса, и если даже есть, то они касаются общих вопросов безопасности атомно-водородной энергетики, пожарной безопасности и перспективы и направлений развития водородных энергетических технологий и электрохимические технологии для автомобилей на водородном топливе.

В [2] уделено внимание атомно-водородной энергетике, как приоритетному направлению научно-технологического развития Госкорпорации «Росатом» атомных энерготехнологических станций (АЭС) и предусмотрено проведение работ по обоснованию безопасности атомно-водородных комплексов для производства водорода, в которых сочетаются ядерно-опасные объекты с водородными агрегатами, таких как разработка для задач безопасности водородной энергетики физико-математических

моделей; экспериментальное исследование и численное моделирование поведения водородно-воздушных газообразных смесей в системах ядерного производства водорода и его потребления; разработка инженерных методик для риск-информированного управления безопасностью; анализ и совершенствование действующей нормативной документации для безопасности. Развитие атомно-водородной энергетики внесет свой вклад в энергетическую безопасность [3].

Кроме достижения технологической зрелости, конкурентоспособности и экономической эффективности будущее развитие водородной энергетики (ВЭ) требует преодоления препятствий, связанных с обеспечением приемлемого для общества уровня безопасности ВЭ и решения задач, связанных с уровнем аналитического, расчетно-теоретического, экспериментального научно-технического обеспечения безопасности систем, объектов и сетей ВЭ от стадии проектирования до вывода из эксплуатации, полнотой и достаточностью нормативно-правовой базы для новых реакторных комплексов, сопутствующих им новых технологий, и для систем безопасности инфраструктуры ВЭ [4], а также качеством и уровнем норм и стандартов как для самих водородных технологий и технических систем, так и для систем безопасности [5].

В статье [6] авторы исследовали водород с точки зрения интегральной оценки его характеристик для оценки потенциала широкомасштабного внедрения водорода в энергетику и отмечают, что существующие пилотные водородные проекты являются позитивными, но из-за отсутствия проработанной международной системы регулирования отрасли считают, что для энергетического сектора водородные проекты являются решениями пока не масштабируемыми.

Рассмотрены возможности избежать взрыва и выброса радиоактивных продуктов и взрывоопасных газов в атмосферу путем раннего выпуска из реактора в буферные емкости гораздо большего размера, в которых водород мог бы быть полностью или частично отделен, а затем сжигаться в факеле показана [7].

Пиковое воздействие избыточного давления, возникающее при взрыве водорода оценено исследованиями авторов [8] методами, обеспечивающими эффективный метод оценки риска безопасности ядерной системы производства водорода.

В статье [9] авторы рассматривают предотвращение риска распыления водорода из контейнера при производстве водорода на АЭС и предлагают полученный диапазон воспламеняемости дисперсии установки по производству водорода при различных давлениях, положениях и температурах заложить в основу для установления стандарта безопасного расстояния, необходимого для предотвращения взрыва водорода.

Усовершенствованная система водяного реактора для массового производства водорода с использованием метода электролиза воды [10] рассмотрена с целью оценки способности прогнозирования кодов анализа теплогидравлической безопасности (*MARS-KS* и *TRACE*), используемых для оценки безопасности системы ядерного реактора, по экспериментальным данным, где авторами сделан вывод, что оба кода *MARS-KS* и *TRACE* консервативно предсказывают отклонение от режима закипания ядер с почти одинаковой предсказуемостью.

Особые пожароопасные свойства водорода заставляют экспертов [11] задуматься о необходимости разработки новых способов и средств защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

В статье [12, 13] рассмотрены вопросы нормативного регулирования и документы, регламентирующие вопросы пожарной безопасности объектов инфраструктуры водородной энергетики, в котором отмечена целесообразной следующая иерархия: Федеральный закон или постановление Правительства), серия нормативных документов добровольного применения (стандарты и своды правил), содержащие требования к технологическому оборудованию, зданиям и сооружениям объектов ВЭ, а также требования к эксплуатации. В продолжение тематики авторы рассмотрели системы мер безопасности на АЭС с хранением, использованием и непосредственным получением водорода на АЭС [13].

В статье [14] представлены результаты, касающиеся пожаро- и взрывоопасности различных транспортных средств, работающих на альтернативном топливе, в туннелях. Показано, что в резервуарах под давлением пожары, как правило, намного больше по размерам, но короче по продолжительности. Для автомобилей, работающих на водороде, размеры очага возгорания значительно выше по сравнению с баками, работающими на сжиженном газе, в то время как длина пламени лишь немного больше. Эти опасности необходимо тщательно учитывать как при проектировании систем безопасности транспортных средств, так и при проектировании систем пожарной безопасности туннелей.

Перспективы и направления развития водородных энергетических технологий и электрохимических технологий для автомобилей на водородном топливе рассмотрены в следующих работах. Авторы рассматривают Татарстан конкурентоспособным регионом по производству водорода на ТЭС с ПГУ в Татарстане в настоящее время с затратами значительно меньшими рыночной стоимости, и выделяют основные направления деятельности: производство электролизеров и топливных элементов мощностью 1 МВт, получение водорода с регламентированной чистотой, промышленное производство транспорта на топливных элементах, развитие комбинированных циклов с газовыми турбинами и топливными элементами на ТЭС [15].

Направления развития водородных энергетических технологий рассмотрены в [16], выделен ряд затруднений по эксплуатации водородных систем в энергоустановках, в том числе и требования обеспечения безопасности.

В работе [17] представлены в основном экологические преимущества электрохимических технологий для транспорта на водородном топливе.

Анализ последствий выделения водорода из металлгидридного контейнера проведен, в статье [18], исследованы рабочие параметры контейнера (температурное поле, давление, расход, тепловая нагрузка) во время быстрого выделения водорода и воздействия давления на препятствия, расположенные в окружающей среде, во время нежелательного взрыва водорода. В заключительной части статьи объясняется математическая зависимость между давлением ударной волны и расстоянием между препятствием и центром взрыва [18].

Когда мы говорим о нормативно правовых документах, то подразумеваем действующие технические регламенты (ТР), введение которых предусмотрено положениями федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ «О техническом регулировании» и правила безопасности (ПБ), которые утверждаются Ростехнадзором. Если они отсутствуют, то до периода вступления их в юридическую силу в соответствии со ст.46 федерального закона N 184-ФЗ остается руководствоваться требованиями к продукции, которые установлены законами и ГОСТами и подлежат обязательному исполнению только по общим критериям, связанным с защитой жизни, здоровья и имущества людей, имущества организаций и государства; охраны растений, животных и окружающей среды; защиты прав потребителей и обеспечения экономии энергии и ресурсов.

В 2005 году Шелищем П.Б., Язевым В.А. и Шаккумом М.Л., в период когда они исполняли полномочия депутатов Госдумы России, разрабатывался проект федерального закона N 496165-4 «Технический регламент по безопасности устройств и систем, предназначенных для производства, хранения, транспортировки и использования водорода», в 2007 году публично обсуждался и рассматривался Госдумой, но был отклонен (Постановление 21.11.2012 N 1235-6 ГД).

Действующим до вступления в юридическую силу соответствующих ТР к таким НТД относились Правила безопасности при производстве водорода методом электролиза воды ПБ 03-598-03, которые введены Постановлением Госгортехнадзора России N 75 от 06.06.2003 Правила ПБ 03-598-03 разрабатывались в обеспечение федерального закона от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», который регламентирует требования к осуществлению деятельности в области промышленной безопасности, безопасности технологических процессов на опасных производственных объектах (ОПО). С 01.01.2021 года ПБ 03-598-03 не действуют, отменены постановлением Правительства РФ от 06.08.2020 N 1192.

В то же время Некоммерческое партнерство «Национальная ассоциация водородной энергетики» РФ (НП «НАВЭ») в своем годовом аналитическом обзоре за 2021 год «ДАЙДЖЕСТ–2021 Водородные технологии: предмет и цели технического регулирования. Часть 1. Водородные заправочные станции» показывает недействующие ПБ 03-598-03 так, как если бы они были действующими.

Действующие требования безопасности при производстве, хранении, транспортировании и использовании жидкого водорода СП 162.1330610.2014, которые утверждены приказом № 299 Федерального космического агентства (Роскосмос) от 24.12.2014 устанавливает требования по обеспечению пожарной безопасности и охраны окружающей среды и по безопасности к эксплуатации, устройству и разработке криогенных систем использования, транспортирования, хранения и ожижения жидкого водорода в наземной инфраструктуре аэродромных и космических заправочных комплексов, испытательных комплексов и других систем потребителей.

Действующие нормы технологического проектирования систем производства водорода электролизом воды НТП 24-94, которые утверждены комитетом по перерабатывающей и пищевой промышленности РФ, определяют требования к

проектированию процессов и технологии, обязательные для всех проектных бюро, которые разрабатывают проектную и рабочую документацию на реконструкцию, расширение и техническое перевооружение действующих и на строительство новых цехов производства водорода из воды методом электролиза на масложировых промышленных предприятиях.

Действующая типовая инструкция по эксплуатации установок электролиза для получения водорода и кислорода РД 34.50.501-96 устанавливает порядок технического обслуживания, эксплуатации и пуска установки электролиза воды для производства водорода и кислорода на электростанциях и на предприятиях электрических сетей.

Действующие правила обеспечения взрывозащиты водородных систем на атомных станциях НП-040-02, которые введены Госатомнадзором России от 31.12.2002 Постановлением N 14, являющиеся федеральными нормами и правилами (ФНиП) в атомной отрасли устанавливают с целью предупреждения и ослабления проектных и запроектных аварий, сопровождающихся взрывом водородсодержащих смесей основные принципы и требования по обеспечению взрывозащиты в процессе реализации проектирования и эксплуатации.

Действующими ФН и П правилами промышленной безопасности ОПО где эксплуатируется оборудование под избыточным давлением, которые утверждены Ростехнадзором от 15.12.2020 приказом N 536, установлены требования к сосудам и оборудованию под избыточным давлением более 0,07 МПа водяного пара, газа в газообразном и сжиженном состоянии; воды с температурой более 115 °С.

Положения норм безопасности при работе с водородом, применяемые в космической отрасли, пищевой, химической промышленности, в тепловой и атомной энергетике применимо отчасти и не удовлетворяют необходимым нормам безопасности, как для стационарных, так и для мобильных автономных водородных энергоустановок, а также электротранспортных средств на водородном топливе. И ФН и П «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» закрывают положения норм промышленной безопасности только частично. В настоящее время, при создании инфраструктуры водородного транспорта, есть возможность использовать выдержки из действующих НТД, международных стандартов или из области атомно-водородной энергетике.

В период отсутствия принятого ФЗ, действующего специального ТР в области водородных технологий, приходится обращаться к сводному перечню стандартов, использование положений которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение ТР, включающих в себя положения из регламентов РФ о требованиях пожарной безопасности (N 123-ФЗ от 22.07.2008) и о требованиях безопасности зданий и сооружений (N 384-ФЗ от 30.12.2009), а также регламентов по безопасности таможенного союза (ТР ТС), действующие на таможенной территории серии 010/2011 (машины и оборудование, 016/2011 (аппараты, работающие на газообразном топливе, 018/2011 (колесные транспортные средства) и 032/2013 (оборудование под избыточным давлением). Такого рода практика использования положений промышленной безопасности из национальных и международных стандартов дает возможность существенно усовершенствовать требования безопасности в области водородных технологий в близком будущем.

Стратегию развития компетенций и требований безопасности водородных технологий при разработке государственных стандартов определяет технический комитет по стандартизации «Водородные технологии», который работает на базе института проблем химической физики ИПХФ РАН г. Черноголовка (приказ Росстандарта №2235 от 08.10.2021). Технический комитет призван гармонизировать западные стандарты с российскими с учетом национальных интересов, актуализировать существующие стандарты и задавать упреждающие направления специфики их актуализации, а также урегулировать вопросы безопасности и стандартизации комплекса устройств водородных технологий: получения и производства водорода; хранения и транспортировки. Ранее соответствующие функции выполнял технический комитет (ТК29) по стандартизации "Водородные технологии", созданный при Ростехрегулировании (приказ Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии №542 от 05.03.2008).

В настоящее время в области Российской системы стандартизации водородной энергетике и водородных технологий – преимущественно в области транспорта, заправочных систем и хранения существует 33 стандарта (ГОСТ и ГОСТ Р). Они разработаны на основе международных стандартов, утверждались в 2011-2017гг., представляют собой обычный перевод на русский текста стандарта без учета технических и климатических особенностей. Поэтому они требуют существенной доработки. И кроме того международными организациями по стандартизации ISO принято 9 международных

стандартов, ИЕС – 12 стандартов, аналогов которых пока еще нет в российской системе. Следовательно, уже сейчас необходима актуализация порядка двух десятков национальных стандартов в соответствии с последними международными редакциями. Первостепенно пересмотр существующего национального стандарта ГОСТ Р 55226-2012 Водород газообразный. Заправочные станции», определяющего технические требования к водородным заправочным станциям, в соответствии со стандартом ISO 19880-1:2020 *Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 1: General requirements* с учетом всех 8-ми частей ISO 19880.

В федеральном законе N 116-ФЗ от 21.07.1997 установлены: требования к ОПО; классы опасности I, II, III и IV (статья 2); категории ОПО (пункт 1 приложение 1); классы опасности (I – IV) по категориям ОПО (приложение 2). В таблице представлена выдержка из таблицы 2 приложения 2 по количеству воспламеняющихся и горючих газов, в том числе и водород, в соответствии I – IV классу опасности.

Исходя из только этих положений некоторые авторы статей за 2009-2015 гг. ошибочно считали что, в отношении технологических объектов, в которых одновременно используется одна и более тонны водорода, применяется Федеральный закон «О промышленной безопасности ОПО» от 21.07.1997 N 116-ФЗ, а производственные объекты, в которых одновременно используется менее одной тонны водорода, не подпадают под его требования, и в отношении этих объектов применяется федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Таблица
Table

I – IV класс опасности газообразного и сжиженного водорода
I – IV hazard class of gaseous and liquefied hydrogen

Количество газообразного и сжиженного водорода (воспламеняющиеся и горючие газы), т	2000 и более	200 и более, но менее 2000	20 и более, но менее 200	1 и более, но менее 20
Класс опасности	I	II	III	IV

*Источник: Федеральный закон N 116-ФЗ от 21.07.1997. *Federal Law No. 116-FZ dated 07/21/1997.*

С учетом положения N 116-ФЗ (п. 2 приложения 1) производственные объекты, в которых используется оборудование (компрессор и баллоны хранения), работающие под избыточным давлением водорода 40 МПа в газообразном состоянии (более 0,07 МПа) относятся к ОПО независимо от того, если даже одновременно используется менее одной тонны водорода. Идентификация объекта проектирования в качестве ОПО осуществляется в соответствии с требованиями к регистрации объектов в госреестре ОПО (приказ N 471 Ростехнадзора от 30.11.2020). Для идентификации объекта в качестве ОПО достаточно соотнесения одного из указанных в приложении 1 N 116-ФЗ положений, и недостаточно идентифицировать производственные объекты как ОПО только по критерию «количество получаемого, используемого, образуемого, хранимого, транспортируемого газообразного водорода». В соответствии с пунктом 5 приложения 2 федерального закона N 116-ФЗ к таким объектам устанавливается IV класс опасности.

В тоже время, следует заметить, что в таблице «Типовые наименования ОПО» в требованиях к регистрации и ведению государственного реестра ОПО (приложение №1 к приказу Ростехнадзора N 471 от 30.11.2020) отсутствует объект с наименованием «Водородная заправочная станция».

Материалы и методы (Materials and methods)

Материалами для исследования являются нормативно-технические документы (НТД), национальные стандарты и технические регламенты Таможенного союза, регламентирующие нормы промышленной безопасности водородных технологий.

Метод исследования. В качестве метода исследования принято: составление перечня НТД по нормам промышленной безопасности водородных технологий; определение статуса действия либо прекращения действия документов; нахождение в действующих документах положений по промышленной безопасности водородных технологий и анализ соответствия этих положений условиям при производстве, хранении и транспортировании водорода, актуальности и достаточности для обеспечения деятельности по проектированию, строительству и эксплуатации установок в области водородных технологий.

Результаты (Results)

В результате проделанной работы:

- рассмотрены законодательная и нормативно-правовая база в области промышленной безопасности водородных технологий в Российской Федерации, национальные стандарты и технические регламенты Таможенного союза;
- изучены действующие, отмененные и непринятые нормативно-правовые акты;
- выполнен анализ степени обеспеченности деятельности по проектированию, строительству и эксплуатации водородных заправочных станций стандартами и нормативно-правовыми актами в области водородных технологий при производстве, хранении и транспортировании водородного топлива;
- выявлено отсутствие нормативно-правовых актов с положениями норм промышленной безопасности для обеспечения деятельности по проектированию, строительству и эксплуатации водородных заправочных станций и водородных технологий при производстве, хранении и транспортировании водородного топлива;
- определены основные положения законодательства в части идентификации объектов водородных технологий и водородной инфраструктуры в качестве опасных производственных объектов (ОПО) и их обязательной регистрации в государственном реестре ОПО в Ростехнадзоре;
- выявлено отсутствие объекта с наименованием «Водородная заправочная станция» в таблице «Типовые наименования ОПО» приказа Ростехнадзора N 471 от 30.11.2020 Требованиям к регистрации объектов в государственном реестре ОПО и ведению государственного реестра ОПО»;
- выявлено отсутствие требований к сертификации водородных заправочных станций и исполнительного органа по их сертификации.

Заключение (Conclusions)

Нерешенность актуальных на сегодняшний и ближайший период времени вопросов технического регулирования касательно требований к безопасности устройств и систем, предназначенных для использования, хранения, производства и транспортировки водорода является одним из основных ограничений, сдерживающих развития технологий на водороде. Отсутствие стандартов современных нормативных требований по размещению водородных заправок, предназначенных для пассажирского и коммунального транспорта, норм безопасности при проектировании технологической части всего комплекса водородной заправочной станции, хранению водорода на них, заправке техники может затян timer введение в эксплуатацию в мегаполисах электробусов и грузовых транспортных средств на водородных топливных элементах для пассажиро-грузоперевозок, разрабатываемых «КАМАЗ» и «ГАЗ».

Наряду с разработкой и утверждением соответствующих НТД, необходимо также решать вопросы кем и как будут стандартизированы сборно-комплексные системы водородных технологий. Решение этих важных задач на опережение позволит ускорить развитие производств электрического автомобильного транспорта в РФ (распоряжение №2290-р Правительства РФ от 23.08.2021) и по сертификации конечной продукции, которые являются насущными перед проектировщиками и изготовителями водородных заправочных станций и транспорта на водородном топливе.

Выводы: В целях правовой поддержки формирования и ускорения развития инфраструктуры водородного транспорта, внедрения типовых водородных заправочных станций для обеспечения водородным топливом автотранспортных средств, с учетом базы знаний, компетенций и ограничений по разработке типовых водородных заправочных станций, необходимо:

- разработать и утвердить в установленном порядке технический регламент по безопасности устройств и систем, предназначенных для производства, хранения, транспортировки и использования водорода;
- разработать и утвердить в установленном порядке федеральные нормы и правила - Нормы технологического проектирования и правила безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации водородных заправочных станций;
- определить требования к сертификации водородных заправочных станций и исполнительного органа по их сертификации.

Результаты получены при финансовой поддержке Минобрнауки и Минцифры России в рамках исполнения условий соглашений № 075-15-2021-1087 и № 075-15-2021-1178 от 30.09.2021 в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030».

Литература

1. Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 г. N 2162-р.
2. Пономарёв-Степной Н.Н. Атомно-водородная энергетика. // Вестник Российской академии наук. 2021. Т. 91. №5. С. 484-498.
3. Нургалиева А.М., Герасимова В.М. Концепция атомно-водородной энергетики. Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности. // Материалы IV Международной научно-практической конференции. Издательство: ФГБОУ ДПО «Институт развития дополнительного профессионального образования». Москва. 2021. С. 131-133.
4. Кириллов И.А., Симоненко В.А., Харитонова Н.Л. Проблемы нормативного, экспериментального и расчетно-теоретического обеспечения безопасности водородной энергетики // Российские нанотехнологии. 2020. Т. 15. № 3. С. 402-414.
5. Фатеев В.Н., Порембский В.И., Григорьев С.А., Баранов И.Е., Островский С.В., Коробцев С.В., Денисенко В.П., Николаев И.И., Кириллов И.А., Демкин С.А., Смирнов Р.В. Разработки и исследования водородных энергетических систем в национальном исследовательском центре "Курчатовский институт" // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 128-148.
6. Литвиненко В.С., Цветков П.С., Двойников М.В., Буслаев Г.В. Барьеры реализации водородных инициатив в контексте устойчивого развития глобальной энергетики // Записки Горного института. 2020. Т. 244. С. 428-438.
7. Adriana Palacios, Derek Bradley Hydrogen generation, and its venting from nuclear reactors // Fire Safety Journal. 2020. V. 113. 102968. p. 17.
8. Qunxiang Gao, Laijun Wang, Wei Peng, Ping Zhang, Songzhe Chen Safety analysis of leakage in a nuclear hydrogen production system // International Journal of Hydrogen Energy. 2022. V. 47. pp. 4916-4931.
9. Kai Wang, Xiaojun Zhang, Yang Miao, Baofeng He, Cheng Wang Dispersion and behavior of hydrogen for the safety design of hydrogen production plant attached with nuclear power plant // International Journal of Hydrogen Energy. 2020. V. 45. pp. 20250 – 20255.
10. Yeongjae Lee, Yun Seok Lee, Taewan Kim Predictability of safety analysis codes for departure from nucleate boiling in bundle for safety evaluation of massive hydrogen production systems // International Journal of Hydrogen Energy. 2019. V. 44. pp. 5650 – 5659.
11. Королев Д.С., Калач А.В. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в условиях развития водородной энергетики и декарбонизации // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и охраны труда. Сборник трудов секции №9 XXXII Международной научно-практической конференции. Химки. 2022. С. 115-119.
12. Шебеко Ю.Н. Нормативные документы, регламентирующие вопросы пожарной безопасности объектов инфраструктуры водородной энергетики // Пожарная безопасность. 2020. № 4.(101). С. 36-42.
13. Шебеко Ю.Н. Нормативное регулирование пожарной безопасности объектов инфраструктуры водородной энергетики // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29. № 5. С. 5-12.
14. Ying Zhen Li Study of fire and explosion hazards of alternative fuel vehicles in tunnels // Fire Safety Journal. 2019. V. 110. 102871. p. 20.
15. Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д., Филимонов А.Г., Печенкин А.В. Перспективы развития водородной энергетики в Татарстане // Надежность и безопасность энергетики. 2020. Т. 22. № 6. С. 79-91.
16. Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д., Филимонов А.Г., Куличихин В.В. Современные направления развития водородных энергетических технологий // Надежность и безопасность энергетики. 2019. Т. 12. № 2. С. 89-96.
17. Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д., Разакова Р.И. Электрохимические технологии для автомобилей на водородном топливе // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 104-115.
18. Tomáš Brestovič, Michal Puškár, Natália Jasminská, Marián Lázár, Romana Dobáková, Lukáš Tóth Analysis of the fast hydrogen release from the metal hydride container applied in automotive industry // Fire Safety Journal 2020. V. 111. 102841. p. 9.

Авторы публикации

Закиров Ринат Нургалиевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Атомные и тепловые электрические станции», Казанского государственного энергетического университета, zakirov.kgeu@mail.ru.

Чичирова Наталья Дмитриевна – д-р хим. наук, профессор, заведующая кафедрой «Атомные и тепловые электрические станции», Казанского государственного энергетического университета, ndchirova@mail.ru.

Филимонова Антонина Андреевна – канд. мед. наук, доцент кафедры «Химия и водородная энергетика», Казанского государственного энергетического университета, khimiya_kgeu@mail.ru.

Чичиров Андрей Александрович – д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой «Химия и водородная энергетика», Казанского государственного энергетического университета, khimiya_kgeu@mail.ru.

References

1. The concept of the development of hydrogen energy in the Russian Federation, approved by the decree of the Government of the Russian Federation dated August 5, 2021 N 2162-R.
2. Ponomarev-Stepnoy N.N. Atomic-hydrogen power engineering // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2021; 91(3):297-310.
3. Nurgaleeva A.M., Gerasimova V.M. The concept of atomic-hydrogen energy. Theoretical and applied issues of complex security // Materials of the IV International Scientific and Practical Conference. Publishing house: FGBOU DPO "Institute for the Development of Additional Professional Education", Moscow, 2021; 131-133.
4. And Kirillov.A., V. Simonenko.A., Kharitonova N.L. Problems of normative, experimental and computational-theoretical support of hydrogen energy., *Russian nanotechnologies* 2020;12-13. 15(3):402-414.
5. Fateev V.N., Poremsky V.I., Grigoriev S.A., Baranov I.E., Ostrovsky S.V., Korobtsev S.V., Denisenko V.P., Nikolaev I.I., Kirillov I.A., Demkin S.A., Smirnov R.V. Development and research of hydrogen energy systems at the National Research Center "Kurchatov Institute" // News of higher educational institutions. Problems of Energy. 2021; 23(2):128-148.
6. Litvinenko V.S., Tsvetkov P.S., Dvoynikov M.V., Buslaev G.V. Barriers to the implementation of hydrogen initiatives in the context of sustainable development of global energy // Notes of the Mining Institute. 2020; 244:428-438.
7. Adriana Palacios, Derek Bradley Hydrogen generation, and its venting from nuclear reactors // Fire Safety Journal. 2020; 113:102968:17.
8. Qunxiang Gao, Lajun Wang, Wei Peng, Ping Zhang, Songzhe Chen Safety analysis of leakage in a nuclear hydrogen production system // International Journal of Hydrogen Energy. 2022; 47:4916-4931.
9. Kai Wang, Xiaojun Zhang, Yang Miao, Baofeng He, Cheng Wang Dispersion and behavior of hydrogen for the safety design of hydrogen production plant attached with nuclear power plant // International Journal of Hydrogen Energy. 2020; 45:20250-20255.
10. Yeongjae Lee, Yun Seok Lee, Taewan Kim Predictability of safety analysis codes for departure from nucleate boiling in bundle for safety evaluation of massive hydrogen production systems // International Journal of Hydrogen Energy. 2019; 44:5650-5659.
11. Korolev D.S., Kalach A.V. Modern problems of fire safety in the conditions of development of hydrogen energy and decarbonization, Actual problems of fire safety and labor protection // Materials of section No. 9 of the XXXII International Scientific and Practical Conference. Khimki. 2022; 115-119.
12. Shebeko Yu.N. Regulatory documents regulating the issues of fire safety of hydrogen energy infrastructure facilities // Fire Safety. 2020; 4(101):36-42.
13. Shebeko Yu.N. Regulatory regulation of fire safety of hydrogen energy infrastructure facilities // Fire and Explosion Safety. 2020; 29(5):5-12.
14. Ying Zhen Li Investigation of fire and explosion hazard of alternative fuel vehicles in tunnels // Journal of Fire Safety. 2019; 110:102871:20.
15. Filimonova A.A., Chichirov A.A., Chichirova N.D., Filimonov A.G., Pechenkin A.V. Prospects for the development of hydrogen energy in Tatarstan // Reliability and Safety of Energy. 2020; 22(6):79-91.
16. Filimonova A.A., Chichirov A.A., Chichirova N.D., Filimonov A.G., Kulichikhin V.V. Modern trends in the development of hydrogen energy technologies // Reliability and Safety of Energy. 2019; 12(2):89-96.
17. Filimonova A.A., Chichirov A.A., Chichirova N.D., Razakova R.I. Electrochemical technologies for hydrogen-fueled cars // Izvestia of higher educational institutions. Problems of energy. 2021; 23(2):104-115.

18. Tomash Brestovich, Michal Pushkar, Natalia Yasminka, Marian Lazar, Roman Dobakova, Lukash Toth Analysis of rapid release of hydrogen from a metal hydride container used in the automotive industry. // Fire Safety Journal. 2020; 111:102841:9.

Authors of the publication

Rinat N. Zakirov – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Natalia D. Chichirova – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Antonina A. Filimonova – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Andrey A. Chichirov – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Шифр научной специальности: 2.4.5. «Энергетические системы и комплексы»

Получено *13.06.2023 г.*

Отредактировано *09.08.2023 г.*

Принято *11.09.2023 г.*