

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОРОДНЫХ ЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Фомин А.В., Егоров А.А., Борисова В.А.

Цель. Провести анализ развития водородных заправочных станций в Российской Федерации, а также в зарубежных странах.

Методы. Политико-правовой метод, системно-структурный метод.

Результаты. Рассмотрено развитие водородных заправочных станций в Российской Федерации, Китае, Японии, Республике Беларусь, странах Европейского союза, а также Соединенных Штатах Америки.

Рассмотрена водородная энергетика как элемент развития транспортной отрасли. Приоритеты и цели местных планов развития в указанных странах диктуют необходимость создания водородных заправочных станций. Проведен обзор аналитических исследований пожарной опасности объектов инфраструктуры транспорта на водородном топливе, мировых тенденций в отношении применения водородного топлива в транспортной отрасли, а также материалов, доказывающих необходимость разработки глобальной инфраструктуры по применению водородного топлива и непосредственно водородных заправочных станций. Одним из направлений повышения пожарной безопасности является совершенствование процессов получения водородного топлива, его преобразования в энергию, а также хранения на автозаправочных станциях. Развитие водородных заправочных станций непосредственно влияет на создание и совершенствование водородной промышленности в мире. Состояние нормативной и технической базы в сфере обслуживания и обеспечения пожарной безопасности водородных заправочных станций нередко отстает от общего уровня экономики ряда стран.

Область применения исследований. Проведенный анализ развития водородных заправочных станций может быть использован для разработки и внедрения нормативных и технических актов в области обеспечения пожарной безопасности водородных заправочных станций.

Ключевые слова: водород, заправочная станция, пожарная безопасность, энергетика, водородная стратегия.

(Поступила в редакцию 18 июля 2022 г.)

Введение

В настоящее время на мировом рынке развитие возобновляемых источников энергии представляет собой перспективное направление. Одним из таких источников является водород, который считается отличным чистым топливом для дальнейшего широкого использования как источника энергии¹.

Однако существуют проблемы, связанные с обеспечением безопасности водородной промышленности. Водород является чрезвычайно взрывоопасным и легко воспламеняющимся в широком диапазоне концентраций газом, поэтому предотвращение его утечки и взрыва имеет первостепенное значение. Так, при создании объектов водородной промышленности, в частности водородных заправочных станций (далее – ВЗС), государства и крупные организации столкнулись с тем, что пожарная безопасность ВЗС не развита и не соответствует уровню экономики ряда стран.

Несмотря на то что подобного рода объекты энергетики имеют все шансы стать центральным элементом энергетической отрасли в ближайшие десятилетия, в наши дни

¹ Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации [Электронный ресурс] // Правительство России (официальный сайт). – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/5JFns1CDAKqYKzZ0mnRADAw2NqcVsexl.pdf#:~:text=1.%20Концепция%20развития%20водородной%20энергетики,на%20перспективу%20до%202050%20года> – Дата доступа: 18.01.2022.

развитие альтернативных источников энергии во многом зависит от неопределенности долгосрочного спроса на альтернативную энергию в структуре энергопотребления. Однако в странах Восточной Азии добились успехов в разработке и эксплуатации объектов водородной энергетики.

Основная часть

Водородная энергетика как элемент развития транспортной отрасли. В Японии экономика базируется на импортных энергоносителях, а уровень ее самообеспечения энергией составляет менее 10%. С учетом географических особенностей данного государства поиск и использование альтернативных источников энергии находятся в числе приоритетных задач. В апреле 2014 г. правительством Японии принят Стратегический энергетический план на 2030 г., в котором сформулирована политика сокращения зависимости от ядерной энергетики и ископаемых ресурсов и расширения использования возобновляемых источников энергии [1]. На основе данного документа Совет по стратегии в области водорода при министерстве экономики, торговли и промышленности составил стратегическую дорожную карту по использованию водорода и топливных элементов.

В это же время компании Honda и Toyota приняли решение о выпуске на рынок автомобилей на водородных топливных элементах, а Iwatani Corporation и JX Nippon Oil & Energy Corporation проанализировали и опубликовали розничные цены на водород на ВЗС. Вследствие этого были проведены активные мероприятия, направленные на развитие использования водорода в качестве источника энергии.

Одним из этапов проведения Японией энергетической политики в сфере водорода стало принятие 26 декабря 2017 г. Базой водородной стратегии является план по развитию водородных технологий, включающий целый ряд программ, осуществляемых различными министерствами, в том числе в области пожарной безопасности ВЗС. Вследствие этого Япония стала первой страной, имеющей план развития водородных технологий на государственном уровне [1].

Подобная система развития водородной энергетики существует в Китайской Народной Республике. По итогам 14-й пятилетки Всекитайским собранием народных представителей (ВСНП) в марте 2021 г. принято решение о полномасштабном развитии водородной энергетики. Учитывая это, Китайский альянс водородной энергетики презентовал Белую книгу Китая по водородной энергетике и топливным элементам. В документе отмечается, что КНР стал крупнейшим производителем водорода в мире, сумев увеличить ежегодный объем производства до 33 млн тонн. Этот показатель планируется утроить к 2060 г., когда КНР планирует достичь углеродной нейтральности². Однако разработка требований пожарной безопасности осуществляется на уровне международных стандартов.

Водородная энергетика стала одним из важнейших направлений энергетического развития в Китае. В настоящее время 23 провинции, муниципалитета и автономных района Китая выпустили планы и рекомендации по развитию водородной энергетики³. Муниципальные образования разрабатывают мероприятия, ориентируясь на международные стандарты ГОСТ Р 55226-2012⁴ и ISO 19880-1:2020⁵, в общих чертах описывающие строение

² Китай выпустил Белую книгу о водородной энергетике и топливных элементах [Электронный ресурс] // Китайская глобальная телевизионная сеть (CGTN). – Режим доступа: <https://russian.cgtn.com/n/BfJEA-BAAFIA/DcAbEA/index.html>. – Дата доступа: 28.03.2022.

³ Водородная энергетика в Китае [Электронный ресурс] // Новостной портал о Китае PRC.today – Китай сегодня. – Режим доступа: <https://prc.today/vodorodnaya-energetika-v-kitae>. – Дата доступа: 02.04.2022.

⁴ Водород газообразный. Заправочные станции: ГОСТ Р 5526-2012 = Gaseous hydrogen – Fuelling stations: ISO/TS 20100:2008. – Введ. 27.11.12 – М.: Стандартинформ, 2014. – 51 с.

⁵ Gaseous hydrogen – Fuelling stations: ISO 19880-1:2020. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19880:-1:ed-1:v1:en>. – Date of access: 21.01.2022.

данных объектов. Учитывая это, Китай небольшими темпами старается достичь развития водородной промышленности путем наращивания производства и строительства объектов в указанной области.

Благодаря демонстрации транспортных средств на топливных элементах за последние десять лет в Китае был построен ряд объектов для заправки водородом, включая как стационарные, так и мобильные объекты. Чтобы способствовать развитию водородной инфраструктуры, Национальный технический комитет по водородной энергетике Управления стандартизации Китая (SAC/TC309) приложил немало усилий для разработки правил, кодексов и стандартов, связанных с водородными технологиями. Одним из достижений, связанных с водородной инфраструктурой, является Технический кодекс GB50516-2010 для водородных заправочных станций, который нацелен на стационарные ВЗС, в то время как мобильные ВЗС в данном документе не рассматриваются. В качестве дополнения к Техническому кодексу водородной заправочной станции в настоящее время разрабатывается новый стандарт «Технический регламент безопасности передвижной водородной заправочной станции» [2].

Что касается мировых тенденций в отношении применения водородного топлива в транспортной отрасли, стоит отметить, что 9 сентября 2009 г. ведущие мировые автопроизводители подписали соглашение, направленное на попытку показать правительствам стран и энергетическим компаниям необходимость разработать глобальную инфраструктуру по применению водородного топлива и непосредственно ВЗС. Анализ, проведенный в сентябре 2014 г. в отчете INERIS DRA-14-141532-06227C BENCHMARK STATIONS-SERVICE HYDROGENE, основан на документах, собранных путем библиографического обзора, и информации, полученной с помощью анкеты, разосланной властям США (штат Калифорния), Великобритании, Италии, Германии, Канады, Швеции, Норвегии, Дании и Испании, представляет собой обобщение правил и процесса выдачи разрешений в вышеуказанных странах (а также стран, участвовавших в разработке Европейской директивы о развертывании инфраструктуры альтернативных видов топлива в Европе), рассмотрение необходимых элементов безопасности в различных частях заправочной станции, и особенно для зоны выдачи топлива потребителям, а также обзор различных подходов к безопасным расстояниям и процессам получения лицензий на работу [3].

По сравнению с вышеуказанными странами, в Российской Федерации ВЗС в массовом количестве отсутствуют, что дает основания для развития данной отрасли. Однако разработанные Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации и Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 г. предполагают достижение данных целей путем разработки и совершенствования нормативно-правовой базы, постепенное внедрение объектов водородной промышленности, в частности ВЗС⁶.

Так, Национальная ассоциация водородной энергетики (НАВЭ), занимающаяся вопросами технического регулирования в области водородных технологий и топливных элементов на территории как Российской Федерации, так и близлежащих стран, утверждает, что для коммерциализации водородных технологий в России на современном этапе ключевым является создание экономически эффективных транспортно-энергетических комплексов, а также международное сотрудничество в рамках технических комитетов ISO/TC 197 и IEC/TC 105 [4].

Пожарная опасность автозаправочных станций, в том числе на альтернативном топливе, обусловлена, во-первых, наличием на них топлива – веществ с высокой горючестью, во-вторых, особенностями технологических процессов – приема, хранения и выдачи

⁶ План мероприятий «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года», утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р [Электронный ресурс] // Законодательство Российской Федерации. – Режим доступа: <https://rulaws.ru/government/rasporyazhenie-pravitelstvaf-ot-12.10.2020-n-2634-r/>. – Дата доступа: 21.01.2022.

топлива потребителям. Проведенные исследования, посвященные вопросам пожарной опасности объектов инфраструктуры транспорта на водородном топливе [5], говорят, что наибольшую опасность на данных объектах представляет компрессорное оборудование, имеющее значение потенциального риска, которое превышает 10^{-4} /год. Отмечено, что минимальное расстояние от указанного оборудования до окружающих объектов, не относящихся к станции, должно составлять 50 м.

Одним из направлений повышения пожарной безопасности является совершенствование процессов получения водородного топлива, его преобразования в энергию, а также хранения на автозаправочных станциях.

Например, к числу перспективных проектов в области водородной энергетики на объектах транспорта можно отнести проект передвижного энергетического комплекса для утилизации биомассы горельников (ПЭКУБГ), оставшейся после воздействия пожара на лесной массив [6], разработанный коллективом сотрудников и обучающихся Тихоокеанского государственного университета.

Несмотря на интерес к вопросам водородной энергетики и проблематике использования водородного топлива в транспортной отрасли, нормативные правовые акты и нормативные документы, регулирующие требования пожарной безопасности при проектировании, капитальном строительстве и эксплуатации вышеуказанных объектов защиты отсутствуют.

Схожая ситуация наблюдается и на территории Республики Беларусь. Результаты исследования [7] доказали, что применение водородного топлива является актуальным решением для развития декарбонизированной экономики государства, диверсификации видов топливно-энергетических ресурсов и повышения уровня энергетической самостоятельности в соответствии с Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь.

Заключение

Таким образом, уровни развития ВЗС в развитых странах заметно отличаются. Однако меры по обеспечению безопасности ВЗС в настоящее время не разработаны. Дальнейшие работы по обеспечению пожарной безопасности объектов водородной энергетики, а именно создание и внедрение нормативных и технических актов, должно усовершенствовать и ускорить строительство ВЗС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мастепанов, А.М. Водородная стратегия Японии – энергетическая политика / А.М. Мастепанов, А. Хирофуми // Энергетическая политика. – 2020. – Т. 153, № 11. – С. 62–73. – DOI: 10.46920/2409-5516_2020_11153_62. – EDN: QEJHIO.
2. Li, Z. Development of safety standard for mobile hydrogen refueling facilities in China / Z. Li [et al.] // International Journal of Hydrogen Energy. – 2014. – Vol. 39, No. 25. – P. 13935–13939. – DOI: 10.1016/j.ijhydene.2014.02.017.
3. Pique, S. Comparative study of regulations, codes and standards and practices on hydrogen fuelling stations / S. Pique [et al.] // International Journal of Hydrogen Energy. – 2017. – Vol. 42, No. 11. – P. 7429–7439. – DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.02.158.
4. Раменский, А.Ю. Вопросы технического регулирования: ключевой элемент формирования рынка водородных технологий и топливных элементов / А.Ю. Раменский // Водородные энергетические технологии. – 2017. – С. 22–30. – EDN: YEANGD.
5. Гордиенко, Д.М. Пожарная безопасность объектов инфраструктуры транспорта на водородном топливе / Д.М. Гордиенко, Ю.Н. Шебеко // Пожаровзрывобезопасность. – 2022. – Т. 31, № 2. – С. 41–51. – DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.02.41-51. – EDN: FYZNQV.
6. Басаргин, В.Д. Применение передвижного энергетического комплекса на базе газогенератора и дизеля для утилизации биомассы горельников с получением водорода и кислорода из воды /

- В.Д. Басаргин // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2011. – Т. 22, №. 3. – С. 103–111. – EDN: OITUGH.
7. Лесюкова, В.В. Применение водородного топлива как фактор повышения экологической безопасности / В.В. Лесюкова, Д.А. Лапченко // Новые горизонты – 2021: сб. материалов VIII Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума, 11–12 ноября 2021 г. – Минск: БНТУ, 2021. – Т. 2. – С. 54–56.

Обеспечение пожарной безопасности водородных заправочных станций
Ensuring fire safety of hydrogen filling stations

Фомин Александр Викторович

кандидат технических наук, профессор
Санкт-Петербургский университет
ГПС МЧС России, кафедра надзорной
деятельности, профессор
Адрес: пр-т Московский, 149,
196105, г. Санкт-Петербург, Россия
Email: fomin.a@igps.ru
ORCID: 0000-0001-6093-1446

Alexander V. Fomin

PhD in Technical Sciences, Professor
Saint-Petersburg University
of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Chair of Supervisory Activities, Professor
Address: Moskovskiy ave., 149,
196105, St. Petersburg, Russia
Email: fomin.a@igps.ru
ORCID: 0000-0001-6093-1446

Егоров Андрей Александрович

Санкт-Петербургский университет
ГПС МЧС России, факультет подготовки
кадров высшей квалификации, адъюнкт
Адрес: пр-т Московский, 149,
196105, г. Санкт-Петербург, Россия
Email: andreey-e@mail.ru
ORCID: 0000-0003-2495-3829

Andrey A. Egorov

Saint-Petersburg University
of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Faculty of Higher Qualification Personnel
Training, adjunct
Address: Moskovskiy ave., 149,
196105, St. Petersburg, Russia
Email: andreey-e@mail.ru
ORCID: 0000-0003-2495-3829

Борисова Валерия Анатольевна

Санкт-Петербургский университет
ГПС МЧС России, факультет подготовки
кадров высшей квалификации, адъюнкт
Адрес: пр-т Московский, 149,
196105, г. Санкт-Петербург, Россия
Email: valery.borisova.01@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-9240-2274

Valeria A. Borisova

Saint-Petersburg University
of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Faculty of Higher Qualification Personnel
Training, adjunct
Address: Moskovskiy ave., 149,
196105, St. Petersburg, Russia
Email: valery.borisova.01@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-9240-2274

ENSURING FIRE SAFETY OF HYDROGEN FILLING STATIONS**Fomin A.V., Egorov A.A., Borisova V.A.**

Purpose. To analyze the development of hydrogen filling stations in the Russian Federation, as well as in foreign countries.

Methods. Political and legal method, system-structural method.

Findings. The development of hydrogen filling stations in the Russian Federation, China, Japan, the Republic of Belarus, as well as the countries of the European Union, as well as the United States of America, is considered.

Hydrogen energy is considered as an element of the development of the transport industry. The priorities and goals of local development plans in above mentioned countries dictate the need to create hydrogen filling stations. A review of analytical studies of the fire hazard of hydrogen fuel transport infrastructure facilities, global trends in the use of hydrogen fuel in the transport industry, as well as materials proving the need to develop a global infrastructure for the use of hydrogen fuel, namely, hydrogen filling stations was reviewed. One of the ways to improve fire safety is to improve the processes for obtaining hydrogen fuel, its conversion into energy, as well as storage at gas stations. The development of hydrogen filling stations directly affects the creation and improvement of the hydrogen industry in the world. The state of the regulatory and technical base in the field of maintenance and fire safety of hydrogen filling stations often lags behind the general level of the economy in a number of countries.

Application field of research. The carried out analysis of the development of hydrogen filling stations can be used to develop and implement regulatory and technical acts in the field of ensuring the fire safety of hydrogen filling stations.

Keywords: hydrogen, filling station, fire safety, energy, hydrogen strategy.

(The date of submitting: July 18, 2022)

REFERENCES

1. Mastepanov A.M., Khirufumi A. Vodorodnaya strategiya Yaponii-energeticheskaya politika [Japan's hydrogen strategy]. *Energy policy*, 2020. Vol. 153, No. 11. Pp. 62–73. (rus). DOI: 10.46920/2409-5516_2020_11153_62. EDN: QEJHIO.
2. Li Zhiyong, Pan Xiangmin, Sun Ke, Zhou Wei. Development of safety standard for mobile hydrogen refueling facilities in China. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2014. Vol. 39, No. 25. Pp. 13935–13939. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2014.02.017.
3. Sylvaine Pique, Weinberger B., De-Dianous V., Debray Bruno Comparative study of regulations, codes and standards and practices on hydrogen fuelling stations. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017. Vol. 42, No. 11. Pp. 7429–7439. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.02.158.
4. Ramenskiy A.Yu. Voprosy tekhnicheskogo regulirovaniya: klyuchevoe element formirovaniya rynka vodorodnykh tekhnologiy i toplivnykh elementov [Issues of technical regulation: a key element of the formation of the market for hydrogen technologies and fuel cells]. *Vodorodnye energeticheskie tekhnologii*, 2017. Pp. 22–30. (rus). EDN: YEANGD.
5. Gordienko D.M., Shebeko Yu.N. Pozharnaya bezopasnost' ob"ektov infrastruktury transporta na vodorodnom toplive [The fire safety of infrastructure facilities for hydrogen-powered vehicles]. *Pozharovzryvobezopasnost*, 2022. Vol. 31, No. 2. Pp. 41–51. (rus). DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.02. 41-51. EDN: FYZNQV.
6. Basargin V.D. Primenenie peredvizhnogo energeticheskogo kompleksa na baze gazogeneratortora i dizelya dlya utilizatsii biomassy gorelnikov s polucheniem vodoroda i kisloroda iz vody [The use of a mobile energy complex for utilization of biomass of burnt woods with production of hydrogen and oxygen]. *Bulletin of PNU*, 2011. Vol. 22, No. 3. Pp. 103–111. (rus). EDN: OITUGH.
7. Lesyukova V.V., Lapchenko D.A. Primenenie vodorodnogo topliva kak faktor povysheniya ekologicheskoy bezopasnosti [The use of hydrogen fuel as a factor in improving environmental safety]. *Proc. VIII Belarusian-Chinese Youth Innovation Forum «New Horizons – 2021»*, Minsk, November 11–12, 2021. Minsk: Belarusian National Technical University, 2021. Vol. 2. Pp 54–56. (rus)