ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА HYDROGEN ECONOMY

ВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА

HYDROGEN ECONOMY

Статья поступила в редакцию 22.01.15. Ред. рег. № 2171 The article has entered in publishing office 22.01.15. Ed. reg. No. 2171

УДК 661.961

ВОДОРОД В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА: ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ СТАНДАРТИЗАЦИИ

А.Ю. Раменский

Некоммерческое партнерство «Национальная ассоциация водородной энергетики» (НАВЭ)
Россия 117292, Москва, ул. Кедрова, д. 3–55
тел: +7(903) 766 3709; e-mail ramenskiy@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.01.03

Заключение совета рецензентов: 26.01.15 Заключение совета экспертов: 29.01.15 Принято к публикации: 01.02.15

В статье рассматриваются вопросы внедрения национальных стандартов по применению водорода в качестве топлива. Сообщается о разработке Национальной ассоциацией водородной энергетики (НАВЭ) новых стандартов, которая осуществляется при поддержке Технического комитета по стандартизации ТК 029 «Водородные технологии» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (ГОСТ Р). В статье приведена международная классификация водородного топлива, дается краткая информация о действующих российских национальных стандартах, а также о разрабатываемых в настоящее время проектах стандартов, связанных с применением водорода в качестве топлива. В настоящее время в России действуют 22-а национальных стандарта в области водородных технологий и топливных элементов. Десять проектов стандартов находятся в стадии разработки. Четыре действующих стандарта определяют требования для физических и химических свойств водорода в качестве коммерческого продукта. Два из них устанавливают требования к водороду как топливу для различных типов электростанций. Кроме того, в настоящее время разрабатывается один проект стандарта для водородного топлива, используемого для стационарных электростанций на топливных элементах с протоннообменной мембраной. В соответствии с национальной программой стандартизации этот проект будет введен в 2017 г.

Ключевые слова: водород, водородные технологии, водородное топливо, техническое регулирование, стандартизация, топливные элементы, протоннообменная мембрана, водородные автомобили, водородная заправочная станция.

HYDROGEN AS A FUEL: THE OBJECT AND THE PURPOSE OF STANDARDIZATION

A.Yu. Ramenskiy

Nonprofit Partnership National Hydrogen Energy Association (NHEA)
3–55 Kedrov St., Moscow, 117292 Russian Federation
ph.:+7(903) 766 3709, e-mail: ramenskiy@mail.ru

Referred 26 January 2015 Received in revised form 29 January 2015 Accepted 1 February 2015

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

This article discusses the implementation of national standards on the application of hydrogen as a fuel. There are several entities involved in this activity in the Russian Federation, namely, National Association of Hydrogen Energy (NAHE) supported by the Technical Committee for Standardization TC 029 "Hydrogen Technologies" of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (GOST R). The article presents the international classification of hydrogen fuel and gives a summary of the Russian national standards and draft standards dedicated to hydrogen application as a fuel. By now, 22 national standards on hydrogen and fuel cell technologies have been implemented and the other 10 draft standards are under development. Four active standards determine the requirements for physical and chemical properties of hydrogen as a commercial product, two of them provide the requirements for physical and chemical properties of hydrogen used as a fuel for various types of power plants. Besides that, we have one draft standard on the requirements for hydrogen used as a fuel for stationary fuel cell power plants with proton exchange membranes. In accordance with the national standardization program this draft standard is to be introduced by 2016-2017.

Key words: hydrogen, hydrogen technology, hydrogen fuel, technical regulation, standardization, fuel cells, proton exchange membrane, hydrogen cars, hydrogen fuel station.



Раменский Александр Юрьевич
Alexander Yu. Ramenskiy

Сведения об авторе: к.т.н., президент Национальной ассоциации водородной энергетики (НАВЭ); вице-президент Международной ассоциации водородной энергетики (IAHE) и ответственный секретарь ТК 029 «Водородные технологии»; член Общественного совета при Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Образование: инженер–механик, Московский автомеханический институт (МАМИ).

Область научных интересов: водородные технологии.

Публикации: более 50.

Information about the author: Ph.D., President of the National Hydrogen Energy Association (NHEA); Vice-president of the International Association for Hydrogen Energy (IAHE), Executive Secretary of the TC 029 "Hydrogen technology"; Member of the Public Council under the GOST R.

Education: engineer-mechanic.

Area of researches: hydrogen technologies.

Publications: more than 50.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

В России водородные технологии широко и успешно используются в различных секторах национальной экономики. В первую очередь это касается таких отраслей народного хозяйства как:

- химическая промышленность (производство метанола, аммиака и др.) – 70,7%;
- нефтеперерабатывающая промышленность (гидроочистка, гидрокрекинг на НПЗ) – 22, 1 %;
- металлургическая промышленность – 7 %;
- энергетика, электроника, стекольная, пищевая промышленность – 0,3 %.

Суммарное производство водорода по оценке экспертов составляет 8–10 % от мировых объемов производства.

Наряду с традиционными крупнотоннажными технологиями в стране развиваются инновационные технологии в области водородной энергетики и топливных элементов, связанные с применением водорода в качестве топлива для автомобильного транспорта, автономной энергетики и ЖКХ. Действующие национальные стандарты и правила безопасности должны быть применимы к этому инновационному типу продукции и услуг уже в самом ближайшем будущем. В этой связи имплементация международных стандартов в области водородных технологий в национальную систему является важным этапом включения российского бизнеса в глобальный рынок водородной энергетики.

В настоящее время практическое использование водорода в качестве топлива в нашей стране имеет ограниченное применение. В разное время проводились экспериментальные работы по использованию водорода в качестве топлива для автомобилей, железнодорожного транспорта и самолетов. Однако практическое применение водорода в качестве топлива в современных условиях связано с разработкой космической программы «Энергия–Буран» (1976–1992 гг.). В данный момент накопленный опыт используется в освоении космического ракетного комплекса (КРК) «Ангара», начало которому положил Указ Президента России от 06.01.1995. Ракета-носитель тяжелого класса "Ангара-А5" имеет кислородно-водородный разгонный блок тяжелого класса КВТК. Комплекс включает технологическое оборудование для заправки баков топливом и окислителем и проверочной аппаратуры. Первый запуск ракеты-носителя “Ангара–А5” был осуществлен 23 декабря 2014 года с космодрома “Плесецк”. В этой отрасли Россия занимает одну из лидирующих позиций в мире.

В стране ведутся разработки промышленных технологий производства топливных элементов для бытовых нужд. В этой связи интеграция национальных технологий в глобальный рынок и вопросы гармони-

зации технического регулирования в области водородных технологий являются приоритетным направлением в деятельности Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) и созданного им в 2008 году Технического комитета по стандартизации ТК 029 «Водородные технологии», а также Национальной ассоциации водородной энергетики (НАВЭ).

Особенности технического регулирования применения водородного топлива

Условное разделение технологий производства и использования водорода на крупнотоннажные и мелко-масштабные в целях технического регулирования можно принять, опираясь на требования федеральных законов от 21.07.1997 № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и от 27.12.2002 №182-ФЗ «О техническом регулировании». В федеральном законе от 21.07.1997 № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов» установлены требования к опасным производственным объектам, определены критерии классификации таких объектов исходя из количества опасных газов, которые одновременно могут находиться в технологическом цикле. В частности, объекты, в которых используются воспламеняющиеся и горючие газы, в том числе водород, в зависимости от их количества могут классифицироваться по типу опасности на четыре класса.

I класс опасности присваивается объектам, в технологическом цикле которых используется 2 000 т (и более) воспламеняющихся и горючих газов;

II класс опасности присваивается объектам, в технологическом цикле которых используется 200 т (и более), но менее 2 000 т воспламеняющихся и горючих газов;

III класс опасности присваивается объектам, в технологическом цикле которых используется 20 т (и более), но менее 200 т воспламеняющихся и горючих газов;

IV класс опасности присваивается объектам, в технологическом цикле которых используется 1 т (и более), но менее 20 т воспламеняющихся и горючих газов.

Таким образом, технологические объекты, в которых используется одна и более тонн водорода, целесообразно относить к крупнотоннажным производственным объектам, которые регламентируются с точки зрения безопасности производства, хранения, транспортирования и использования правилами безопасности ПБ 03-598-03 «Правила безопасности при производстве водорода методом электролиза воды». ПБ 03-598-03 утверждены постановлением Госгортехнадзора РФ от 6 июня 2003 г. №75. Они были разработаны в обеспечение федерального закона от 21.07.1997 №116-ФЗ.

Производственные объекты, в которых одновременно используется менее одной тонны водорода, не должны подпадать под требования указанного федерального закона. В отношении таких объектов применяется федеральный закон от 27.12.2002 №182-ФЗ «О техническом регулировании», определяющий отношения, возникающие при:

– разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований к продукции, в том числе к зданиям и сооружениям, или к связанным с требованиями к продукции процессам проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;

– разработке, принятии, применении и исполнении на добровольной основе требований к продукции, процессам проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг;

– оценке соответствия.

Основным инструментом регулирования федерального закона от 27.12.2002 № 182-ФЗ являются технические регламенты, которые принимаются в целях:

– защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;

– охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;

– предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей, в том числе потребителей;

– обеспечения энергетической эффективности и ресурсосбережения.

В частности, требования безопасности водородных технологий регулируются следующими техническими регламентами:

- ТР ТС 010/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования»;

- ТР ТС 016/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности аппаратов, работающих на газообразном топливе»;

- ТР ТС 018/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств»;

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

- ТР ТС 032/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением".

В указанных технических регламентах предусмотрено формирование перечня стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается их соблюдение. С этой точки зрения для водородных технологий важное значение имеет Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011), принятый решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 года, который вступил в силу 15.02.2013. В частности, п. 2.2 указанного регламента предусматривает формирование перечня стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР ТС 010/2011. Кроме того, в ТР ТС 010/2011 (приложение 3) представлен перечень объектов технического регулирования, подлежащих подтверждению соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» в форме декларирования соответствия, в том числе:

- оборудование химическое, нефтегазоперерабатывающее (п. 9);

- оборудование криогенное, компрессорное, холодильное, автогенное, газоочистное (п. 12).

Водородные технологии, связанные с использованием водорода в качестве топлива, относятся, как правило, к этому виду объектов, требования безопасности к которым регулируются с учетом упомянутого перечня стандартов, в результате применения которых обеспечивается соблюдение ТР ТС 010/2011.

Предмет и цели стандартизации

Описанная выше система технического регулирования разработана с учетом того, что водород является опасным горючим газом. Его использование требует неукоснительного соблюдения регламентов, стандартов и других нормативных актов, определяющих требования безопасности.

Описывая физико-химические свойства водорода, следует обратить внимание на то, что в газообразном состоянии он не обладает ни характерным цветом, ни запахом. Имея минимальную молекулярную массу и, как следствие, повышенную текучесть, газообразный водород легко проходит сквозь материалы, просачивается через очень мелкие отверстия, быстро рассеивается в окружающей среде. Водород в нормальных условиях быстро поднимается вверх и может собираться в верхней части замкнутых пространств.

Резервуары и трубопроводы для водорода требуют тщательной герметизации. Утечку водорода трудно обнаружить без помощи специальных приспособлений, поскольку она происходит практически бесшумно. Известно, что водород может медленно просачиваться сквозь материалы резервуаров, в которых он содержится. Скорость просачивания зависит от вида материала. Для таких материалов, как сталь, при температуре окружающей среды скорость чрезвычайно мала. С полимерными материалами следует соблюдать большую осторожность, поскольку скорость просачивания водорода сквозь них выше. Газообразный водород, растворенный в воде, может проникать через материалы сосуда, с которым контактирует. Как правило, из-за малой плотности водорода в обычных условиях хранение и транспортировка водорода производится при повышенном давлении или в сжиженном состоянии.

Жидкий водород прозрачен и имеет легкий голубоватый оттенок. При испарении сжиженного водорода имеет место существенное объемное расширение, вызванное его переходом в газообразное состояние. Жидкий водород, имея низкую температуру кипения (20,3 °K), быстро закипает или испаряется до газообразного состояния при попадании или проливании в среду с обычной температурой (300 °K). Нагревание жидкого водорода до газообразного состояния при температуре окружающей среды может привести к созданию очень высоких давлений в замкнутом пространстве.

Другой опасностью, связанной с наличием низкой температуры жидкого водорода, является то, что все газы, за исключением гелия, при взаимодействии с ним конденсируются и затвердевают. Проникновение воздуха, азота или других газов через негерметичные клапаны может стать источником различных опасностей. Затвердевшие газы могут закупоривать трубы, отверстия и клапаны. Сокращение объема конденсирующихся газов может стать причиной образования вакуума, наличие которого в свою очередь может создать предпосылки для проникновения в плохо герметизированный сосуд еще большего количества побочных газов. Если потеря герметичности будет иметь место продолжительное время, может накопиться значительный объем веществ. Через некоторое время при разогреве системы с целью технического обслуживания эти замороженные вещества опять перейдут в газообразное состояние, что может привести к созданию внутри таких систем высоких давлений.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

На наружных поверхностях системы с жидким водородом на внешней поверхности неизолированных труб и резервуаров могут конденсироваться такие газы, как воздух. При этом он может переходить в твердое и жидкое состояния. Этот жидкий конденсат течет и выглядит, как вода. При контакте кислородного компонента жидкого воздуха с горючими веществами может возникнуть опасность пожара и взрыва.

Таким образом, применение водорода требует повышенных мер безопасности и четкого соблюдения всех требований, изложенных в серии стандартов, которые предназначены для его применения. Действующая в России система стандартизации в области водородных технологий направлена на создание безопасных условий производства, хранения, транспортирования и использования водорода в различных областях народного хозяйства

Первый российский стандарт ГОСТ 3022–80 «Водород технический. Технические условия» (Hydrogen for industrial use. Specifications) был введен в 1981 году (взамен ГОСТ 3022–70) и действует в настоящее время. Он был разработан Минудобрений СССР (Межгосударственный ТК–84). ГОСТ 3022–80 распространяется на технический водород, который применяется в химической, нефтехимической, металлургической, фармацевтической, электронной и других отраслях промышленности.

Стандарт ГОСТ 3022-80 входит в рубрики Классификатора государственных стандартов (КГС) и Общероссийского классификатора стандартов (ОКС):

КГС–Л11. Газы и элементарные вещества;

ОКС–71.060.10. Химические элементы.

В зависимости от назначения, технический водород выпускается в виде двух марок:

Марка А – используется в электронной, фармацевтической, химической промышленностях, в порошковой металлургии для осаждения тугоплавких соединений из оксидов металлов, при спекании изделий из порошковых металлов, содержащих хром и нержавеющие стали;

Марка Б – используется в электронной, химической, цветной металлургии, фармацевтической промышленностях, промышленности средств связи и в энергетике.

Технический водород должен соответствовать нормам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Перечень предельных характеристик для технического водорода (ГОСТ 3022–80)

Table 1

List of limiting characteristics for technical hydrogen (GOST 3022-80)

№№	Наименование показателя	Норма для марки	
		А	Б
1	Объемная доля водорода в перерасчете на сухой газ, %, не менее	99,99	99,95
2	Суммарная объемная доля кислорода и азота, %, не более	0,01	0,05
3	Массовая концентрация водяного пара при температуре 20 ^{0}С и давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), г/м^3, не более:		
	а) в трубопроводах	0,5	0,5
	б) в баллонах под давлением	0,2	0,2
Примечание – Показатель 3а определяется у изготовителя на момент закачки технического водорода в трубопровод			

В соответствии с ГОСТ 3022–80 техническим водородом наполняют стальные баллоны вместимостью 40 и 50 дм^3 по ГОСТ 949-73 [1] под давлением 14,7 МПа (150 кгс/см^2) или баллоны стальные бесшовные большого объема по ГОСТ 9731-79 [2] под давлением 24,5 МПа (250 кгс/см^2) при 20 °С.

ГОСТ Р 51673–2000 «Водород газообразный чистый. Технические условия» (“Gaseous pure hydrogen. Specifications”) введен в 2002 году. Он разработан ФГУП НИИХИММАШ, ЗАО НТА «Наука», АО «ГИАП». Стандарт внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 294 «Водород», который в настоящее время ликвидирован Росстандартом. Настоящий стандарт относится к ТК 029 «Водородные технологии». ГОСТ Р 51673–2000 распространяется на газообразный чистый водород, применяемый в ракетно-космической отрасли, химической технике, в хроматографии, в процессах термообработки металлопродукции, при получении ультрадисперсных металлических порошков и особо чистых металлов, спекании изделий из порошковых материалов, изготовлении изделий электронной техники, нейтрализаторов выхлопных газов автомобилей и в других отраслях промышленности и научных исследованиях. ГОСТ Р 51673–2000 входит в рубрики Классификатора государственных стандартов (КГС) и Общероссийского классификатора стандартов (ОКС):

КГС–Л11. Газы и элементарные вещества;

ОКС–71.100.20. Газы промышленного применения, включая сжатый воздух и водород, сжиженные нефтяные газы (см. 75.160.30), Водородные технологии (см. 27.075).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

В зависимости от назначения чистый водород в газообразном состоянии выпускается высшего, первого и второго сортов. Чистый водород должен соответствовать нормам, приведенным в таблице 2.

Таблица 2

Перечень предельных характеристик для чистого водорода (ГОСТ Р 51673–2000)

Table 2

List of limiting characteristics (GOST R 51673–2000)

№№	Наименование показателя	Значение		
		Высший сорт	Первый сорт	Второй сорт
1	Объемная доля водорода в перерасчете на сухой газ, %, не менее	99,9999	99,999	99,994
2	Суммарная объемная доля кислорода и аргона, %, не более	0,00002	0,0002	0,002
3	Объемная доля азота, %, не более	0,00005	0,0005	0,002
4	Объемная доля метана, %, не более	0,00003	0,0003	0,002
5	Объемная доля паров воды, %, не более	0,00020	0,0020	0,004

Сырьем для получения газообразного чистого водорода является технический водород по ГОСТ 3022–80, получаемый электролитическим разложением воды с последующим его сжатием и очисткой.

В соответствии с ГОСТ Р 51673–2002 чистым водородом наполняют стальные баллоны вместимостью 40 и 50 дм^3 по ГОСТ 949-73 [1] под давлением 14,7 МПа (150 кгс/см^2), а также баллоны стальные бесшовные большого объема по ГОСТ 12247–80 [3] под давлением 31,4 и 39,2 МПа (320 и 400 кгс/см^2).

За последние десять лет водородные технологии получили широкое распространение в энергетике и транспорте, в том числе в качестве топлива для энергоустановок на топливных элементах, конструктивные особенности которых требуют разработки специальных требований. Для реализации указанной задачи в Международной организации по стандартизации (ИСО) в 1990 году был создан специализированный технический комитет ISO/TC197 “Hydrogen technologies” (ИСО/ТК 197 «Водородные технологии»), который объединил усилия специалистов из 33-х стран. В 1999 году ИСО/ТК 197 разработал первый международный стандарт для водородного топлива. В настоящее время в ИСО действует три международных стандарта, регламентирующие требования к водороду как топливу для различного вида энергоустановок:

ISO 14687–1:1999 “Hydrogen fuel. Product specification. Part 1. All applications except proton exchange membrane fuel cells for road vehicles” (Топливо водородное. Технические условия на продукт. Часть 1. Все случаи применения, кроме использования в топливных элементах с протоннообменной мембраной, применяемых в дорожных транспортных средствах);

ISO/TS 14687–2:2008 “Hydrogen fuel. Product specification. Part 2. Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for road vehicles” (Топливо водородное. Технические условия на продукт. Часть 2. Применение водорода для топливных элементов с протоннообменной мембраной дорожных транспортных средств);

ISO 14687-3:2014 “Hydrogen fuel – Product specification – Part 3: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for stationary appliances” (Топливо водородное. Технические условия на продукт. Часть 3. Применение для топливных элементов с протоннообменной мембраной стационарных энергоустановок).

Водородные технологии в нашей стране в области топливных элементов находятся на стадии развития, и имплементация международных стандартов в национальную систему стандартизации имеет важное значение, так как позволяет на начальной стадии гармонизировать национальную и международную системы стандартизации, включая терминологию, нормативную базу, методы испытания, приемки и сертификации.

В соответствии с международными стандартами водород в качестве топлива для различных видов энергоустановок классифицируется следующим образом:

Тип I, сорт A – топливо для двигателей внутреннего сгорания, использующихся в транспортных средствах и жилищно-коммунальном хозяйстве;

Тип I, сорт B – топливо для промышленного применения при производстве электроэнергии или в качестве источника тепла;

Тип I, сорт C – топливо, используемое в наземных вспомогательных комплексах для воздушного и космического транспорта;

International Publishing House for scientific periodicals “Space”
Международный издательский дом научной периодики “Спейс”

Тип I (сорт D) – газообразное водородное топливо для транспортных средств на топливных элементах (ТСТЭ) с протоннообменной мембраной (Proton exchange membrane, PEM);

Тип I (сорт E) – газообразное водородное топливо для стационарных энергоустановок на топливных элементах в зависимости от требований, установленных изготовителем;

Тип II, сорт C – топливо для бортовых двигательных установок воздушного и космического транспорта, нужд электроэнергетики, наземного транспорта;

Тип II (сорт D) – жидкое водородное топливо для ТСТЭ с протоннообменной мембраной;

Тип III – топливо для бортовых двигательных установок воздушного и космического транспорта.

Примечания:

1. Для жидкого водорода типа II топливо с параметрами, эквивалентными сортам A и B, в классификации отсутствует.

2. Водородное топливо для стационарных энергоустановок на основе топливных элементов с протоннообменной мембраной Типа I, сорта E подразделяется в зависимости от требований, определённых изготовителем, на три категории (Тип I, сорт E, Категория 1; Тип I, сорт E, Категория 2; Тип I, сорт E, Категория 3).

Технический комитет по стандартизации Росстандарта ТК 029 «Водородные технологии» при участии НАВЭ на базе указанных международных стандартов внедрил два национальных стандарта, а также работает над проектом третьего межгосударственного стандарта:

1. ГОСТ Р ИСО 14687-1-2012 «Топливо водородное. Технические условия на продукт. Часть 1. Все случаи применения, кроме использования в топливных элементах с протоннообменной мембраной, применяемых в дорожных транспортных средствах» – идентичен (IDT) международному стандарту ISO 14687–1:1999 “Hydrogen fuel. Product specification. Part 1. All applications except proton exchange membrane fuel cells for road vehicles”. Он введен в действие 1 июля 2013 года. Разработчиком ГОСТ Р ИСО 14687-1-2012 является Национальная ассоциация водородной энергетики. В ГОСТ Р ИСО 14687-1-2012 установлены параметры водородного топлива, определяющие его характеристики и особенности применения, связанные с производством, хранением, транспортированием и заправкой транспортных средств, эксплуатацией бытовых электроприборов и других устройств и систем, предназначенных для работы на этом виде топлива. Стандарт может применяться для всех видов транспорта за исключением транспортных средств с электрохимическими генераторами на основе топливных элементов с протоннообменной мембраной. ГОСТ Р ИСО 14687-1-2012 входит в рубрики Классификатора государственных стандартов (КГС) и Общероссийского классификатора стандартов (ОКС):

КГС–Л11. Газы и элементарные вещества;

ОКС–71.100.20. Газы промышленного применения, включая сжатый воздух и водород, сжиженные нефтяные газы (см. 75.160.30), Водородные технологии (см. 27.075).

2. ГОСТ Р 55466-2013/ISO/TS 14687-2:2008 (ГОСТ Р 55466-2013) «Топливо водородное. Технические условия на продукт. Часть 2. Применение водорода для топливных элементов с протоннообменной мембраной дорожных транспортных средств» идентичен (IDT) ISO/TS 14687–2:2008 “Hydrogen fuel. Product specification. Part 2. Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for road vehicles”. Он введен в действие 1 января 2014 года. Разработчиком ГОСТ Р 55466-2013 является Национальная ассоциация водородной энергетики. В ГОСТ Р 55466-2013 установлены требования к качеству водородного топлива, предназначенного для использования в дорожных транспортных средствах с топливными элементами на основе протоннообменных мембран (ТСТЭ). ГОСТ Р 55466-2013 входит в рубрики Классификатора государственных стандартов (КГС) и Общероссийского классификатора стандартов (ОКС):

КГС – Л11. Газы и элементарные вещества;

ОКС–71.100.20. Газы промышленного применения, включая сжатый воздух и водород, сжиженные нефтяные газы (см. 75.160.30), Водородные технологии (см. 27.075).

1. Проект межгосударственного стандарта с условным обозначением ГОСТ ISO 14687–3–2016 «Топливо водородное. Технические условия на продукт. Часть 3. Применение для топливных элементов с протоннообменной мембраной стационарных энергоустановок» разрабатывается как идентичный международному стандарту ISO 14687–3:2014 “Hydrogen fuel – Product specification – Part 3: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for stationary appliances”. Проект стандарта разрабатывается Национальной ассоциацией водородной энергетики. В нем предполагается установить требования к качеству водородного топлива для стационарных энергоустановок на основе топливных элементов с протоннообменной мембраной Типа I, сорта E.

ГОСТ ISO 14687–3–2016 (проект) предполагается включить в рубрики Классификатора государственных стандартов (КГС) и Общероссийского классификатора стандартов (ОКС):

КГС – Л11. Газы и элементарные вещества;

ОКС –71.100.20. Газы промышленного применения, включая сжатый воздух и водород, сжиженные нефтяные газы (см. 75.160.30), Водородные технологии (см. 27.075).

Сравнительные характеристики двух национальных стандартов и одного проекта межгосударственного стандарта, разработанных на базе международных стандартов ИСО, представлены в таблице 3.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Таблица 3

Перечень предельных характеристик водорода (ГОСТ Р ИСО 14687-1-2012, ГОСТ Р 55466-2013 и проект ГОСТ ISO 14687–3–2016)

Table 3

List of limiting characteristics (GOST R ISO 14687-1-2012, GOST R 55466-2013 and draft standard GOST ISO 14687–3–2016)

Наименование, характеристики	Тип I							Тип II		Тип III
	Сорт A	Сорт B	Сорт C	Сорт D	Сорт E			Сорт C	Сорт D	
					Кат 1	Кат 2	Кат 3			
Индекс водородного топлива (минимальная объемная концентрация, %)[2б]	98,00	99,90	99,995	99,99	50,00	50,00	99,90	99,995	99,99	99,995
Параводород (минимальная объемная концентрация, %)	–	–	–	–	–	–	–	95,0	95,0	95,0
Примеси максимальное содержание										
Общее содержание примесных газов	–	–	50,00	100,00[2в]	50%	50%	0,1%	50,00	100,00[2в]	–
Вода	Н/К [1а]	Н/К	(1б)	5,00	Н/К	Н/К	Н/К	(1б)	5,00	–
Общее содержание углеводородов	100	Н/К	(1б)	2,00[2г]	10,00	2,00	2,00	(1б)	2,00[2г]	–
Кислород	[1а]	100	(1в)	5	200	200	50	(1в)	5	–
Аргон	[1а]	–	(1в)	100,00	50% (мольная доля)	50% (мольная доля)	0,1% (мольная доля)	(1в)	100,00	–
Азот	[1а]	400	(1в)					(1в)		–
Гелий	–	–	39					39		–
CO_2	–	–	(1г)	2,00	–	–	2,00	(1г)	2,00	–
CO	1	–	(1г)	0,20	10,00	10,00	0,20	(1г)	0,20	–
Ртуть	–	0,004	–	–	–	–	–	–	–	–
Сера[2д]	2,00	10,00	–	0,004[2ж]	0,004	0,004	0,004	–	0,004 [2ж]	–
Формальдегид (HCHO)	–	–	–	0,01	3,00	0,01	0,01	–	0,01	–
Муравьиная кислота (HCOOH)	–	–	–	0,2[2ж]	10,00	0,20	0,20	–	0,2[2ж]	–
Аммиак (NH_3)	–	–	–	0,1[2ж]	0,1	0,1	0,1	–	0,1[2ж]	–
Всего *галогенированных соединений*	–	–	–	0,05	0,05	0,05	0,05	–	0,05	–
Максимальный размер частиц мкм [2е]	–	–	–	10	75	75	75	–	10	–
Максимальная концентрация частиц[2е]	(е)	(д)	(д)	1,00 мг/л	1,00мг/кг	1,00мг/кг	1,00мг/кг	(д)	1,00 мг/л	–

Примечания:

1. На данном этапе признано, что может иметь место несогласованность между пределом обнаружения некоторых неводородных ингредиентов и уровнем приемлемости их концентраций, связанных с работоспособностью ТСТЭ с РЕМ, обусловленная отсутствием опыта внедрения технологий топливных элементов РЕМ на момент разработки применяемых стандартов.

1а – Смесь воды, кислорода, азота и аргона: максимальная объемная концентрация 1,9%.

1б – Смесь азота, воды и углеводорода: макс. 9 мкмоль/моль (μmol/mol).

1в – Смесь кислорода и аргона: макс. 1 мкмоль/моль (μmol/mol).

1г– Общее содержание CO_2 и CO: макс. 1 мкмоль/моль (μmol/mol).

1д – По договоренности между поставщиком и покупателем.

1е – Водород не должен содержать пыль, песок, грязь, смолы, масла или другие вещества в количестве, приводящем к нанесению повреждении оборудованию топливо-заправочной станции или транспортному средству (двигателю).

2. Для ингредиентов, являющихся добавками, например, для соединений углеводородов и для соединений серы, сумма составляющих должна быть меньше предела, установленного в таблице, либо равна ему. Допуски, имеющие место при измерении концентрации ингредиентов, не должны выходить за пределы концентраций установленных. настоящим стандартом

2а – Методы испытаний (напр., ASTM, EPA, SCAQMD, JIS) выбирались таким образом, чтобы они давали возможность обнаружения неводородных ингредиентов на уровнях указанных пределов концентраций либо ниже них. Возможно также применение других методов измерения, принятых в национальных или международных стандартах, при условии, что они согласованы между потребителем и поставщиком и что выбранные альтернативные методы пригодны для обнаружения и измерения указанных ингредиентов на том же уровне предельных концентраций.

2б – Индекс водородного топлива определяется путем вычитания общего процентного содержания неводородных газообразных ингредиентов, указанных в Таблице (общее содержание газов) из 100 процентов. Его значение должно быть меньше суммы максимальных допустимых пределов всех неводородных составляющих, приведенных в Таблице.

2в – Общее значение концентрации неводородных ингредиентов представляет собой сумму значений величин неводородных составляющих, указанных в Таблице, без учета частиц.

2г – В общее содержание углеводородов включаются кислородсодержащие органические соединения. Общее содержание углеводородов измеряется на углеродной основе (μmol C/mol). Общее содержание углеводородов может превышать 2 μмоль/моль только в результате наличия метана,при этом общее содержание неводородных газов не должно превышать 100 μмоль/моль.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

2д – Как минимум, проверка качества топлива должна охватывать измерение наличия таких соединений как: H_2S, COS, CS_2, а также меркаптанов, которые обычно содержатся в природном газе.
2е – Рекомендуемое значение содержания частиц должны определяться путем отбора проб в условиях, соответствующих реальным условиям эксплуатации, а также с использованием усовершенствованных стандартизованных процедур.
2ж – Указанные значения установлены из условий возможности существующих приборов и методов измерения концентраций и служат базой для последующего усовершенствования методов испытаний. Рекомендуемые величины для этих ингредиентов должны определяться в ходе дополнительных процедур в реальных рабочих условиях.
2и – В настоящее время в стадии разработки находится новый стандарт ASTM (WK4548), позволяющий объединить соответствующие части двух указанных методов испытаний, который предусматривает применение газовой хроматографии/масс-спектрометрии (GC/MS) и позволяет определить следовые количества ингредиентов в водороде.
Н/К – Отсутствие конденсата

Сравнивая требования к качеству технического водорода марок А и Б по ГОСТ 3022–80 и трех сортов чистого водорода (высший сорт, сорт 1 и сорт 2) по ГОСТ Р 51673–2000 с требованиями стандартов для водородного топлива Типа I, Типа II и Типа III по ГОСТ Р ИСО 14687-1-2012, ГОСТ Р 55466-2013 и проекту ГОСТ ISO 14687–3–2016, следует отметить, что в двух первых национальных стандартах (ГОСТ 3022–80 и ГОСТ Р 51673–2000) нормируются требования только по концентрации таких примесей как: кислород, азот, аргон и пары воды. В стандартах для водородного топлива (за исключением Типа III), гармонизированных со стандартами ИСО, сформированы требования по концентрации углеводородных соединений и других примесей, таких как: He, Ar, CO_2, CO, H_2S, COS, CS_2, CH_2SH, HCHO HCOOH, – которые могут оказывать существенное влияние на работоспособность генераторов на основе топливных элементов с протоннообменной мембраной. Например, ароматические углеводороды могут существенно ухудшить работу катализаторов. Несмотря на то, что метан (CH_4) по отношению к топливным элементам считается инертным газом, его наличие также может повлиять на эффективность работы системы в целом. Аналогичное воздействие на топливные элементы оказывает наличие в топливе гелия (He) и аргона (Ar). Двуокись углерода (CO_2) может негативно отразиться на работоспособности бортовых систем хранения водорода на основе гидридов металлов. Соединения, содержащие серу, такие как сероводород (H_2S), карбонилсульфид (COS), дисульфид углерода (CS_2), метил-меркаптан (CH_2SH), являются сильными загрязнителями, вызывающими необратимое ухудшение параметров топливных элементов. Формальдегид (HCHO) и муравьиная кислота (HCOOH), также как окись углерода, являются обратимыми загрязнителями катализаторов топливных элементов. Вместе с тем, в результате медленной кинетики восстановления катализаторов, наличие HCHO и HCOOH в топливе оказывает на работу топливного элемента более жесткое воздействие, чем окись углерода. Аммиак (NH_3) из-за загрязнения протоннообменной мембраны и взаимодействия с протонами в мембране вызывает необратимое ухудшение рабочих характеристик топливного элемента.

Наличие галогенированных соединений обуславливается рядом технологических особенностей производства водорода, связанных с применением щелочного хлора и хладагентов, которые могут участвовать в производственном цикле водородного топлива. Их наличие может вызывать необратимое ухудшение рабочих характеристик компонентов систем топливных элементов. Максимальный размер частиц и их концентрация нормируются с целью повышения надежности и долговечности уплотнительных соединений в резервуарах, работоспособности фильтров, клапанов и др.

Соли калия и натрия могут вызывать необратимое ухудшение характеристик протоннообменной мембраны.

Принятые в настоящее время национальные стандарты в области водородных технологий и топливных элементов представляют собой единый комплекс, позволяющий осуществлять скоординированную техническую политику в области применения водорода, в том числе в качестве топлива для энергоустановок различного типа. В таблице 4 приведен полный перечень национальных стандартов, связанных с производством и применением водорода в качестве топлива для различных типов энергоустановок, по состоянию на 2014 год.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Таблица 4

Перечень национальных стандартов

Table 4

List of national standards GOST R

№№	Обозначение	Заглавие
1	ГОСТ Р 54110-2010 NEQ ISO 16110-1:2007	Водородные генераторы на основе технологий переработки топлива. Часть 1. Безопасность
		Hydrogen generators using fuel processing technologies Part 1. Safety
2	ГОСТ Р 54111.1-2010 NEQ ISO 23273-1:2006	Дорожные транспортные средства на топливных элементах. Требования безопасности. Часть 1: Функциональная безопасность транспортного средства
		Fuel cell road vehicles — Safety specifications —Part 1: Vehicle functional safety
3	ГОСТ Р 54111.2-2010 NEQ ISO 23273-2:2006	Дорожные транспортные средства на топливных элементах. Требования безопасности. Часть 2: Защита от опасностей, связанных с использованием водорода, в транспортных средствах, работающих на сжатом водороде
		Fuel cell road vehicles — Safety specifications — Part 2: Protection against hydrogen hazards for vehicles fuelled with compressed hydrogen
4	ГОСТ Р 54111.3-2011 NEQ ISO 23273-3:2006	Дорожные транспортные средства на топливных элементах. Требования безопасности. Часть 3. Защита людей от поражения электрическим током
		Fuel cell road vehicles — Safety specifications — Part 3:Protection of persons against electric shock
5	ГОСТ Р 54113-2010 NEQ ISO 17268:2006	Соединительные устройства для многократной заправки сжатым водородом наземных транспортных средств
		Compressed hydrogen surface vehicle refuelling connecting devices
6	ГОСТ Р 54114-2010 NEQ ISO 16111:2008	Передвижные устройства и системы для хранения водорода на основе гидридов металлов
		Transportable gas storage devices — Hydrogen absorbed in reversible metal hydride
7	ГОСТ Р 55226-2012 IDT SO/TS 20100:2008	Водород газообразный. Заправочные станции
		Gaseous hydrogen — Fuelling stations
8	ГОСТ Р ИСО 22734-1-2013 IDT ISO 22734-1:2008	Генераторы водородные на основе процесса электролиза воды. Часть 1: Генераторы промышленного и коммерческого назначения
		Hydrogen generators using water electrolysis process — Part 1: Industrial and commercial applications
9	ГОСТ Р ИСО 13985-2013 IDT ISO 13985:2006	Жидкий водород. Топливные баки для наземного транспорта
		Liquid hydrogen — Land vehicle fuel tanks
10	ГОСТ Р ИСО 23828-2013 IDT ISO 23828:2008	Дорожные транспортные средства на топливных элементах. Измерение потребления энергии. Транспорт на сжатом водороде
		Fuel cell road vehicles — Energy consumption measurement — Vehicles fuelled with compressed hydrogen
11	ГОСТ Р 55891-2013 IDT ISO/TS 15869:2009	Водород газообразный и водородные смеси. Бортовые системы хранения топлива для транспортных средств
		Gaseous hydrogen and hydrogen blends — Land vehicle fuel tanks
12	ГОСТ Р ИСО 26142-2013 IDT ISO 26142:2010	Приборы стационарные для обнаружения водорода
		Hydrogen detection apparatus — Stationary applications
13	ГОСТ Р ИСО 22734-2-2014 IDT ISO 22734-2-2011	Генераторы водородные на основе процесса электролиза воды. Часть 2. Применение в жилых помещениях
		Hydrogen generators using water electrolysis process — Part 2: Residential applications
14	ГОСТ Р ИСО 23828–2013 IDT ISO 23828-2013	Дорожные транспортные средства на топливных элементах. Измерение потребления энергии. Транспорт на сжатом водороде.
		Fuel cell road vehicles — Energy consumption measurement — Vehicles fuelled with compressed hydrogen
15	ГОСТ Р МЭК 62282-2-2014 IDT IEC 62282-2 (2012)	Технологии топливных элементов. Часть 2. Модули топливных элементов
		Fuel cell technologies - Part 2: Fuel cell modules
16	ГОСТ Р МЭК 62282-3-100-2014 IDT IEC 62282-3-100 (2012)	Технологии топливных элементов. Часть 3-100. Стационарные энергоустановки на топливных элементах. Безопасность
		Fuel cell technologies - Part 3-100: Stationary fuel cell power systems - Safety
17	ГОСТ Р МЭК 62282-3-200-2014 IDT IEC 62282-3-200(2011)	Технологии топливных элементов. Часть 3-200. Стационарные энергоустановки на топливных элементах. Методы испытаний для определения рабочих характеристик
		Fuel cell technologies - Part 3-200: Stationary fuel cell power systems - Performance test methods
18	ГОСТ Р 56188.1-2014 IDT IEC/TS 62282-1	Технологии топливных элементов. Часть 1. Терминология
		Fuel cell technologies – Part 1: Terminology

Примечания: 1.NEQ – национальный стандарт не эквивалентный международному стандарту, 2. IDT – национальный стандарт идентичный международному стандарту.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), являясь членом Международной организации по стандартизации (ИСО) и Международной электротехнической комиссии (МЭК), принимает непосредственное участие в разработке новых международных стандартов ИСО и МЭК. Это обстоятельство позволяет ТК 029 «Водородные технологии» своевременно осуществлять работы по их имплементации в национальную систему стандартизации.

В настоящее время в нашей стране в целом создаются благоприятные условия для продвижения инновационных технологий, в том числе в области водородной энергетики. Создаются особые экономические зоны, представляющие собой ограниченные территории в регионах с особым юридическим статусом и льготными экономическими условиями для национальных или иностранных предпринимателей. Главная цель создания таких зон – решение стратегических задач развития государства.

Применение водородной энергетики в нашей стране является одним из таких приоритетных направлений, включенных в перечень критических технологий (Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику), утверждённый Указом Президента РФ от 7 июля 2011 года № 899.

Создание передовой нормативно-технической базы, гармонизированной с международной системой стандартизации, стимулирующей ускоренное развитие инноваций в области водородных технологий, является другим важным направлением, которое государство в лице Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии совместно с Национальной ассоциацией водородной энергетики продвигает в настоящее время. В частности, по их инициативе в 2015 году в «Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований Технического регламента Таможенного Союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 10/2011) и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции», включены:

ГОСТ Р 54113–2010 «Соединительные устройства для многократной заправки сжатым водородом наземных транспортных средств» (п 703);

ГОСТ Р 54110–2010 «Водородные генераторы на основе технологий переработки топлива. Часть 1. Безопасность» (пп. 724, 747, 850);

ГОСТ Р 54114–2010 «Передвижные устройства и системы для хранения водорода на основе гидридов металлов» (п. 725, 748);

ГОСТ Р 55226–2012 «Водород газообразный. Заправочные станции» (пп. 726, 749);

ГОСТ Р ИСО 22734–1–2013 «Генераторы водородные на основе электролиза воды. Часть 1. Промышленное и коммерческое применение» (пп. 727, 750).

В «Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Технического регламента Таможенного Союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 10/2011)», включены:

ГОСТ Р 54113–2010 «Соединительные устройства для многократной заправки сжатым водородом наземных транспортных средств» (п. 838);

ГОСТ Р 54110–2010 «Водородные генераторы на основе технологий переработки топлива. Часть 1. Безопасность» (п. 846).

В соответствии со ст. 6. Технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011), регламентирующей условия соответствия машин и оборудования требованиям безопасности, определена необходимость соответствия их приведенным выше стандартам. Указанные требования распространяются на разработку, проектирование, изготовление, монтаж, наладку, эксплуатацию, хранение, транспортирование, реализацию и утилизацию, выпускаемых в обращение машин и оборудования, использующих водород в качестве топлива, на единой территории Таможенного союза.

Выводы и заключение

Россия, несмотря на существенный вклад в мировое производство водорода в целом, в сегменте рынка, не связанном с его крупнотоннажным производством, существенно отстает от мировых лидеров, осуществляющих коммерциализацию водородных технологий. Российский автопром среди стран производителей автомобилей находится во втором десятке и не претендует на место лидера в области производства таких транспортных средств. В этой связи можно говорить об использовании накопленного отечественного опыта для внедрения передовых разработок, включая производство компонентов водородных автомобилей, а также оборудования для развития инфраструктуры, связанной с их эксплуатацией и заправкой.

Наряду с традиционными крупнотоннажными технологиями в стране развиваются инновационные технологии в области водородной энергетики и топливных элементов, связанные с применением водорода в качестве топлива для различного типа энергоустановок, в том числе для автомобильного транспорта, автономной энергетики и ЖКХ. Темпы развития этих технологий в России во многом будут зависеть от создания современной нормативно-технической базы, гармонизированной с международными стандартами.

Разработка современных стандартов, регламентирующих использование водорода в качестве топлива, является важным фактором реализации технической

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

политики России в области водородных технологий. Технический комитет ТК 029 совместно с НАВЭ осуществил имплементацию 14-ти стандартов ИСО, связанных с использованием водородных технологий и приступил к имплементации стандартов МЭК в области технологий топливных элементов. Это лучший результат среди стран участников ИСО/ТК 197. Формирование современной нормативно-технической базы позволит в ближайшее время создать условия для международного сотрудничества и тесной кооперации отечественных предприятий с компаниями, занимающими лидирующее место в мире на рынке водородных технологий и топливных элементов.

Список литературы

1. ГОСТ 949–73 Баллоны стальные. Малого и среднего объема для газов на Рр<=19,6 МПа (200 кгс/см^2). Технические условия.

2. ГОСТ 9731-79 Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов Рр<= 24,5 МПа (250 кгс/см кв.). Технические условия.

3. ГОСТ 12247-80 Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов на Рр 31,4 и 39,2 МПа (320 и 400 кгс/см кв.). Технические условия.

References

1. GOST 949–73 Ballony stal'nye. Malogo i srednego ob"ema dlâ gazov na Rr<=19,6 MPa (200 kgs/sm^2). Tehničeskie usloviâ.

2. GOST 9731-79 Ballony stal'nye bessovnye bol'šogo ob"ema dlâ gazov Rr<= 24,5 MPa (250 kgs/sm kv.). Tehničeskie usloviâ.

3. GOST 12247-80 Ballony stal'nye bessovnye bol'šogo ob"ema dlâ gazov na Rr 31,4 i 39,2 MPa (320 i 400 kgs/sm kv.). Tehničeskie usloviâ.

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"



14-я международная специализированная выставка криогенных технологий, оборудования для производства, транспортировки, распределения и потребления промышленных, редких газов и СПГ

Тематические разделы:

Криогенные технологии и оборудование - Криогенное оборудование - Воздухоразделительные установки - Вакуумное оборудование - Насосное, компрессорное и теплообменное оборудование - Криогенная арматура - Оборудование для хранения, транспортировки, распределения и потребления криогенных жидкостей - Микрокриогенная техника - Метрология и средства измерения при низких температурах - Криогенные технологии в медицине - Криогенные технологии для сверхпроводимости в электроэнергетике	**Промышленные газы** - Производство промышленных (азот, кислород, аргон, водород, ацетилен, гелий, элегаз, сварочный газ) и редких газов, СУГ, попутного нефтяного газа - Реализация промышленных газов - Оборудование для хранения, транспортировки, распределения и потребления промышленных газов - Производство CO_2 - Водородные технологии - Гелиевые технологии - Технологии генерации и использования озона - Газовые смеси - Адсорбционные и мембранные методы получения промышленных газов	**Сжиженный природный газ (СПГ)** - Технологии и оборудование для сжижения природного газа - Оборудование для хранения, транспортировки и распределения СПГ - Малотоннажные и крупнотоннажные СПГ терминалы - Газомоторное топливо **IT-технологии в сфере криогеники, промышленных газов и СПГ** **On-site технологии** **Выполнение проектов «под ключ»** **Сертификация и технические регламенты**

www.cryogen-expo.ru
www.expocentr.ru