



ИНФОРМАЦИЯ

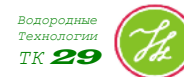
INFORMATION

НАУЧНЫЕ ФОНДЫ, НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ

SCIENTIFIC FUNDS AND SCIENTIFIC PROJECTS



Национальная ассоциация водородной энергетики (НАВЭ)
Технический комитет по стандартизации
«Водородные технологии» ТК 29
(Росстандарт)

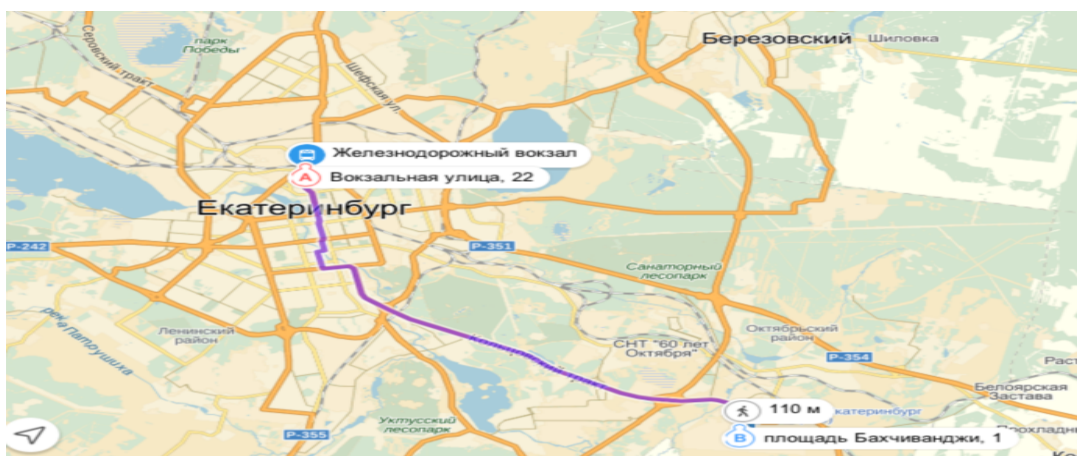


Проект ВТЭК Екатеринбург-2015

Проект создания на основе национальных стандартов водородного транспортно-энергетического комплекса (ВТЭК) и организации его опытной эксплуатации в городе Екатеринбурге на автобусном маршруте ж/д вокзал – аэропорт «Кольцово».



Проект включает в себя разработку, строительство и организацию эксплуатации ВТЭК, состоящего из водородной заправочной станции и 3 автобусов на топливных элементах. Срок окупаемости проекта 4,8 месяца.





В проекте рассматриваются предложения по созданию водородного транспортно-энергетического комплекса (ВТЭК), включающего водородную заправочную станцию и парк водородных автомобилей, а также организации его опытной эксплуатации в городе Екатеринбурге на автобусном маршруте ж/д вокзал – аэропорт «Кольцово».

В состав водородного транспортно-энергетического комплекса входят:

- автономная водородная заправочная станция (ВЗС), включающая оборудование для производства и компримирования газообразного водорода, а также заправки топливом водородных транспортных средств;

- водородные автобусы с энергоустановкой на топливных элементах в количестве 3 ед.

Выбор Екатеринбурга обусловлен тем, что в Свердловской области исторически сложилась наиболее высокая концентрация предприятий (ОАО «Уральский электрохимический комбинат», ОАО «Первоуральский новотрубный завод», ООО «Хим-энерго» и др.), специализирующихся на производстве оборудования для водородных технологий (электрохимические генераторы на основе топливных элементов, электролизеры, баллоны высокого давления), и их участие в этом проекте создало бы предпосылки для взаимовыгодного сотрудничества с ведущими мировыми компаниями в области разработки, производства и коммерциализации водородных транспортных средств.

Технический комитет ТК 29 «Водородные технологии» при поддержке Росстандарта в течение восьми лет создал 19 национальных стандартов в области инновационных водородных технологий, гармонизированных с современными международными стандартами ИСО и МЭК. Реализация данного проекта могла бы стать убедительной демонстрацией роли национальной стандартизации в инновационном развитии страны.

Проект состоит из следующих разделов.

I Обоснование разработки и резюме проекта.

II Общая характеристика проекта и основные требования для его разработки.

III Расчет необходимых затрат и окупаемости ВТЭК.

Выводы и рекомендации:

Срок окупаемости проекта 4,8 года. Все экономические расчеты производились в рублях РФ, в некоторых случаях справочно приводятся данные в Евро. Курс руб/евро в расчете условно принят равным 60 руб/евро.

I Обоснование разработки и резюме проекта

Побудительные мотивы для разработки проекта: Основной целью инновационного развития водородных технологий и топливных элементов во всем мире является формирование рынка водородной экономики, создание рабочих мест, поиск экономических ниш и выгодных направлений инвестиционных вложений на перспективу в самые разнообразные области мирового рынка, включая: химическую промышленность, нефтехимию и газохимию, металлургию, энергетику, пищевую и легкую промышленность, автономное и аварийное энергоснабжение, космический, воздушный и наземный транспорт. О достигнутом прогрессе в области использования водорода в качестве автомобильного топлива наглядно свидетельствует тот факт, что в сентябре 2009 года десять мировых ведущих автопроизводителей обратились к энергетическим компаниям, а также к правительствам стран мира с предложением о создании широкой сети водородных заправочных станций к 2015 году. Такая сеть ВЗС является необходимым элементом международной транспортной инфраструктуры для начала серийного производства водородных автомобилей. Действительно, в 2014 году японская автомобильная компания Toyota Motor начала продажи серийного водородного автомобиля на топливных элементах. Ориентировочная стоимость седана Mirai, что в переводе с японского означает "будущее", составляет 6,7 миллиона иен (\$ 56 500). В 2015–2016 гг серийное производство автомобилей планируют начать Hyundai Motor Company (Корея), Honda Motor Co., Ltd. (Япония). Ведущие автомобильные компании Европы и США также объявили о возможности организации серийного производства водородных автомобилей и автобусов в самое ближайшее время.

Начало производства водородных автомобилей и их эксплуатация в разных странах стали возможны в результате формирования международной системы



технического регулирования, охватывающей широкий диапазон требований, касающийся вопросов безопасности в области производства, хранения, транспортирования и использования водорода и топливных элементов, а также оценки работоспособности, долговечности, эффективности и экологической безопасности водородных транспортных средств. При этом разработка международных требований безопасности в области водородных технологий, включая автомобильный транспорт и инфраструктуру его эксплуатации, является сама по себе сложным инновационным проектом, позволяющим всем желающим включиться в работу на разных стадиях его развития. Это свидетельствует о том, что ни один участник такого глобального проекта не в состоянии от начала до конца реализовать его в одиночку. Мировое сообщество оказывает предприятиям, вкладывающим средства в развитие водородных технологий, всестороннюю поддержку. Многие страны активно продвигают водородную инфраструктуру, позволяющую эксплуатировать водородные автомобили, включая строительство заправочных станций.

Наша страна тоже имеет давние традиции в развитии водородных технологий и богатый опыт в крупнотоннажном производстве и применении водорода.

Суммарное производство водорода в мире оценивается в объеме 55–58 млн. тонн в год. Доля Российской Федерации, по оценке некоторых экспертов, составляет 8–10 % от мировых объемов производства.

Надо сказать, что технологии водородной энергетики, в том числе топливные элементы, во всем мире переступили рубеж НИОКР и в настоящее время находятся на стадии коммерциализации. В этой связи задача внедрения водородных технологий относится в большей степени к экономическо-административной сфере деятельности, чем к разработке научно-технической продукции. Говоря о применении водорода в качестве топлива для автомобильного транспорта, следует обратить внимание на обстоятельства, вызванные тем, что вопросы глобализации рыночных отношений, несмотря на активно формирующийся тренд, связанный с импортозамещением, остаются доминирующим фактором развития национальной экономики.



Рис. 1. Общий вид водородных автомобилей на топливных элементах, выпускаемых серийно, и водородной заправочной станции

Российская Федерация не является лидером мирового автопрома и располагается в середине второго десятка стран автопроизводителей. По оценке экспертов, объем производства автомобилей в мире достиг 90 млн. ед. Доля России в нем не превышает 2–3 %. Россия находится в одном ряду с такими странами, как Канада, Франция, Великобритания, Италия и др. В силу этих объективных обстоятельств ни государство, ни российские предприятия не в состоянии самостоятельно сконцентрировать свои ресурсы на создании инновационных водородных автомобилей и должны учитывать этот глобальный

тренд мировой экономики при формировании своей технической политики.

Необходимо понимать, что половина российских автомобилей производится лидерами мирового автопрома на дочерних предприятиях, являющихся резидентами Российской Федерации. Они владеют водородными технологиями во всем объеме, необходимом для внедрения водородного транспорта в России и странах СНГ. Задача государства, региональных, муниципальных властей и российского бизнеса – создать условия для того, чтобы эти инновационные разработки коммерциализировались в самое бли-

жайшее время в нашей стране. Важными элементами такой политики являются активное внедрение передовой нормативно-технической базы, гармонизированной с международной системой стандартизации, и формирование экономических условий коммерциализации инновационных разработок посредством создания свободных экономических зон и лояльной финансовой политики. Такая работа в рамках Таможенного союза уже проводится. В частности, Совет Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) принял решение об обнулении таможенных пошлин на автомобили сроком на два года. В соответствии с документом нулевая таможенная пошлина на автомобили вводится на территории России, Казахстана и Белоруссии с 1 февраля 2014 года по 31 декабря 2015 года. Такое решение имеет большое значение для экспорта водородных автомобилей на топливных элементах, которые в соответствии с международным стандартом IEC TS 62282-1:2010 являются разновидностью электромобиля.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ) утвердило 22 национальных стандарта, большая часть которых гармонизирована с международными стандартами ИСО и МЭК. Это обстоятельство создает благоприятные условия для организации международного

сотрудничества с целью развития в Российской Федерации нового инновационного направления, связанного с использованием экологически чистого водородного топлива.

Создание типового водородного транспортно-энергетического комплекса, включающего в себя заправочные станции и парк водородных автомобилей в количестве, необходимом для обеспечения их эффективной эксплуатации, сложная инновационная задача.

Важным элементом в успешной реализации настоящего инновационного проекта является наличие у отечественных предприятий практического опыта в реализации водородных технологий и топливных элементов в нашей стране. В этом плане Екатеринбург можно заслуженно считать столицей технологий топливных элементов. Это обуславливается тем, что Уральский электрохимический комбинат (АО УЭХК) – первое в России предприятие, которое более сорока лет специализируется в области создания электролизеров и электрохимических генераторов (ЭХГ) на основе водородных топливных элементов.

В 1969-1975 гг разработаны ЭХГ «Волна-20» с батареями щелочных топливных элементов с циркулирующим электролитом и организовано их опытное производство.

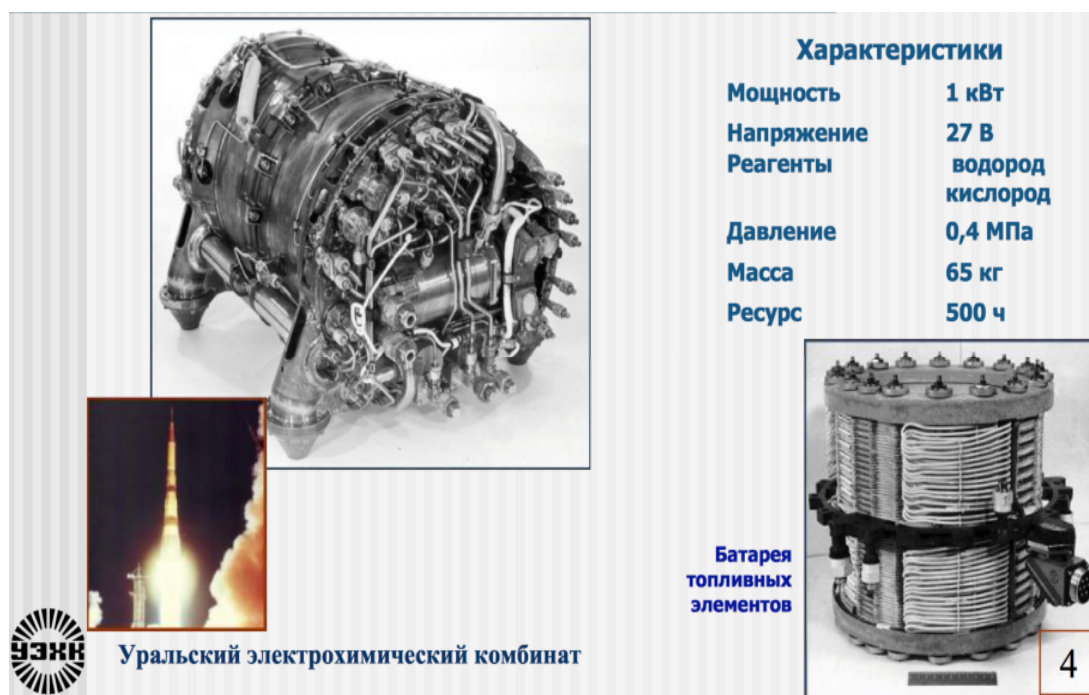


Рис. 2. Водородно-кислородный электрохимический генератор на топливных элементах «ВОЛНА-20»

В 1976–1982 гг разработаны ЭХГ «Фотон» с батареями щелочных топливных элементов с матричным электролитом и организовано их опытное производство.

В 1997–1999 гг проведена модернизация ЭХГ «Фотон» с целью увеличения номинальной мощно-

сти с 10 до 25 кВт («Фотон-М») для ОАО «АВТО-ВАЗ» (г. Тольятти).

В 1993–2001 гг разработан высоковольтный ЭХГ (320 В) мощностью 10 кВт (для СКБК, г. Санкт-Петербург).

В 2000–2002 гг проведена модернизация ЭХГ «Фотон» с целью увеличения номинальной мощности с 25 до 40 кВт («Фотон-МВК»).

В 2002–2004 гг проведена модернизация электрохимического генератора «Фотон» с целью обеспечения работы ЭХГ на воздухе («Фотон-МВВ»).

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР «ФОТОН-МВК»



Характеристики	
Мощность	45 кВт
Напряжение	240 В
Реагенты	водород кислород
Давление	0,4 МПа
Масса	145 кг





Уральский электрохимический комбинат

7

Рис. 3. Водородно-кислородный электрохимический генератор на топливных элементах «ФОТОН-МВК» для автомобиля АНТЕЛ-1

ООО «Химэнерго» в настоящее время завершило изготовление опытной электролизной установки СЭУ-40М, соответствующей по своим параметрам лучшим зарубежным аналогам.

С учетом накопленного опыта Свердловская область является уникальной площадкой для реализации предложенного проекта в области топливных элементов, электролизеров и других водородных технологий.



Рис. 4. Электролизер СЭУ-40М производства ООО «Химэнерго» (Свердловская область)

Обращает на себя внимание тот факт, что в рамках международной кооперации интерес к вопросам водородных технологий проявляют не только страны-лидеры автопрома, но и государства из второго десятка автопроизводителей, а также не имеющие собственного производства автомобилей. К таким заинтересованным странам относятся: Канада, Великобритания, Швеция, Норвегия, Дания и другие государства, имеющие опыт в использовании водородных технологий в различных отраслях своей хозяйственной деятельности. Этот интерес обусловлен тем, что мировой рынок, связанный с организацией эксплуатации водородных транспортных средств, формируется в рамках широкого международного сотрудничества и определяется не только производством автомобильной техники, но и развитием инфраструктуры для ее заправки и технического обслуживания. При этом вопросам безопасности уделяется первостепенное значение. Для этих целей ведется разработка сложных инновационных автоматизированных систем безопасности, систем хранения водорода как в сжиженном, так и в сжатом состоянии с давлением до 70 МПа. Накопленный мировой опыт при создании указанной инновационной техники активно внедряется при разработке требований безопасности в области водородных технологий и топливных элементов. Необходимо принять самые действенные меры для того, чтобы имеющийся в нашей стране инновационный задел в области водородных технологий мог быть коммерциализирован во вновь формирующемся сегменте рынка водородной экономики в ближайшей перспективе.

Активизация работы в направлении создания системы стандартизации в области водородных технологий и топливных элементов обусловлена ростом понимания того, что указанные технологии являются предметом глобального инновационного развития.

В 1990 году Международная организация по стандартизации (ИСО) создала Технический комитет «Водородные технологии» (ISO/TC 197). В состав ISO/TC197 вошли 19 стран-участников и 14 стран-наблюдателей. В 1999 году технический комитет ISO/TC 197 разработал первый стандарт, связанный с развитием водородных технологий (ISO 14687-1:1999). В настоящее время ISO/TC 197 разработал 18 международных стандартов, в которых установлены требования к технологическому оборудованию, транспортным средствам и их компонентам на основе водородных технологий, включая требования безопасности к установкам для производства, хранения и транспортирования водорода, а также к транспортным средствам, работающим на водородном топливе, запорной и запорной арматуре, приборам для определения концентрации водорода и др. Технический комитет ISO/TC197 сотрудничает с другими техническими комитетами ИСО, такими как: ISO/TC 58 «Газовые баллоны», ISO/TC 22 «Дорожный транспорт», а также с техническими комитетами Международной электротехнической комиссии МЭК.

В 2004 году МЭК сама приняла первый международный стандарт из серии МЭК 62282 (Технологии топливных элементов). Разработка этой серии стандартов возложена на Технический комитет 105 «Технологии топливных элементов» (IEC/TC 105), в состав которого вошли 17 стран-участниц и 14 стран-наблюдателей. В настоящее время IEC/TC 197 разработал 16 международных стандартов в области технологий топливных элементов.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) в соответствии с Федеральным законом от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ 2 «О техническом регулировании», по инициативе Национальной ассоциации водородной энергетики (НАВЭ) создало национальный Технический комитет «Водородные технологии» (ТК 029), деятельность которого сосредоточена главным образом на имплементации международных стандартов в области водородных технологий и топливных элементов в национальную систему стандартизации. Сведения о национальных стандартах в области водородных технологий и топливных элементов, относящиеся к Техническому комитету ТК 29 «Водородные технологии», представлены в таблице 1.

Значительная часть упомянутых в таблице 1 стандартов разрабатывалась в обеспечение Технического регламента Таможенного Союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011), принятого решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 года, который вступил в силу 15.02.2013.

Технический регламент устанавливает минимально необходимые требования безопасности машин и/или оборудования при разработке (проектировании), изготовлении, монтаже, наладке, эксплуатации, хранении, транспортировании, реализации и утилизации в целях защиты жизни или здоровья человека, имущества, охраны окружающей среды, жизни и здоровья животных, предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей.

Действие технического регламента распространяется на машины и/или оборудование, применяемые на опасных производственных объектах. Обеспечение требований безопасности устанавливается непосредственно ТР ТС 010/2011, либо выполнением нормативных требований:

- стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований данного технического регламента Таможенного союза;

- стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимых для применения и исполнения требований технического регламента ТР ТС 010/2011 и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции на соответствующие виды машин и/или оборудования.

Таблица 1

Перечень национальных стандартов

№ №	Наименование	Название
1	ГОСТ 3022–80	Водород технический. Технические условия
2	ГОСТ Р 51673–2000	Водород газообразный чистый. Технические условия
3	ГОСТ Р 54110–2010	Водородные генераторы на основе технологий переработки топлива. Часть 1. Безопасность
4	ГОСТ Р 54111.1–2010	Дорожные транспортные средства на топливных элементах. Требования безопасности. Часть 1. Функциональная безопасность транспортного средства
5	ГОСТ Р 54111.2–2010	Дорожные транспортные средства на топливных элементах. Требования безопасности. Часть 2. Защита от опасностей, связанных с использованием водорода, в транспортных средствах, работающих на сжатом водороде
6	ГОСТ Р 54111.3–2011	Дорожные транспортные средства на топливных элементах. Требования безопасности. Часть 3. Защита людей от поражения электрическим током
7	ГОСТ Р 54113–2010	Соединительные устройства для многократной заправки сжатым водородом наземных транспортных средств
8	ГОСТ Р 54114–2010	Передвижные устройства и системы для хранения водорода на основе гидридов металлов
9	ГОСТ Р 55226–2012	Водород газообразный. Заправочные станции
10	ГОСТ Р ИСО 14687–1–2012	Топливо водородное. Технические условия на продукт. Часть 1. Все случаи применения, кроме использования в топливных элементах с протонно-обменной мембраной, применяемых в дорожных транспортных средствах
11	ГОСТ Р ИСО 14687–2–2013	Топливо водородное. Технические условия на продукт. Часть 2. Применение водорода для топливных элементов с протонно-обменной мембраной дорожных транспортных средств
12	ГОСТ Р ИСО 227342–2–2013	Генераторы водородные на основе процесса электролиза воды. Часть 1. Генераторы промышленного и коммерческого назначения
13	ГОСТ Р ИСО 13985–2013	Жидкий водород. Топливные баки для наземного транспорта
14	ГОСТ Р ИСО 23828–2013	Дорожные транспортные средства на топливных элементах. Измерение потребления энергии. Транспорт на сжатом водороде
15	ГОСТ Р 55891–2013	Водород газообразный и водородные смеси. Бортовые системы хранения топлива для транспортных средств
16	ГОСТ Р ИСО 26142–2013	Приборы стационарные для обнаружения водорода
17	ГОСТ Р ИСО 227342–2–2014	Генераторы водородные на основе процесса электролиза воды. Часть 2. Применение в жилых помещениях
18	ГОСТ Р 56248–2014	Водород жидкий. Технические условия
19	ГОСТ Р МЭК 62282–1–2015	Технологии топливных элементов. Часть 1. Терминология
20	ГОСТ Р МЭК 62282–2–2015	Технологии топливных элементов. Часть 2. Модули топливных элементов
21	ГОСТ Р МЭК 62282–3–100–2015	Технологии топливных элементов. Часть 3-100. Стационарные энергоустановки на топливных элементах. Безопасность
22	ГОСТ Р МЭК 62282–3–200–2015	Технологии топливных элементов. Часть 3-200. Стационарные энергоустановки на топливных элементах. Методы испытаний для определения рабочих характеристик



Ниже приведен перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования». В Приложение 1 перечня включен ГОСТ 54113-2010 «Соединительные устройства для многократной заправки сжатым водородом наземных транспортных средств» (п. 937), а в Приложение 2 включены стандарты:

– ГОСТ Р ИСО 22734-1-2013 «Генераторы водородные на основе электролиза воды. Часть 1. Промышленное и коммерческое применение» (п.789);

– ГОСТ 54110-2010 «Водородные генераторы на основе технологий переработки топлива. Часть 1. Безопасность» (п. 804);

– ГОСТ Р 54110-2010 «Передвижные устройства и системы для хранения водорода на основе гидридов металлов» (п. 805);

– ГОСТ Р 55226-2012 «Водород газообразный. Заправочные станции» (п.808).

Большое значение имеет то обстоятельство, что требования указанных стандартов могут быть распространены на территорию стран Таможенного союза (Белоруссия, Казахстан и Россия), что существенно расширяет межгосударственную географию их использования.

Инициаторы проекта: Национальная ассоциация водородной энергетики (НАВЭ). Технический комитет по стандартизации «Водородные технологии» ТК029 (РОССТАНДАРТ), ООО «КВТ»

Цель проекта: Создать на основе международного сотрудничества водородный транспортно-энергетический комплекс (ВТЭК), включающий в себя водородные заправочные станции (ВЗС), парк водородных автобусов и автомобилей, на базе разработанных национальных и межгосударственных стандартов, идентичных международным стандартам ИСО и МЭК. Организация эксплуатации ВТЭК в г. Екатеринбурге на автобусном маршруте экспресса ж/д вокзал – аэропорт «Кольцово». Организация взаимовыгодной кооперации предприятий Свердловской области с международными компаниями в сфере разработки, освоения производства и коммерциализации водородных технологий и топливных элементов.

Основные ожидаемые результаты: Подтверждение и публичная демонстрация экологических и эко-

номических преимуществ водородных транспортных средств. Формирование рабочих проектов «линейки» ВТЭК разной мощности под потребности заказчиков.

Создание основных необходимых предпосылок для коммерциализации производства и обслуживания ВТЭК.

Оценка эффективности перестройки национальной системы технического регулирования, связанной с использованием опережающего фактора имплементации международных стандартов в области инновационных технологий.

В ходе реализации проекта также ожидается подготовка к коммерциализации новых инновационных продуктов, связанных с разработкой и организацией производства облегченных баллонов для хранения водорода под давлением 70 МПа, водородных заправочных колонок, передвижных водородных заправщиков, а также технологий применения водорода для нужд ЖКХ.

Участие в международном сотрудничестве в области инновационных технологий позволит учесть накопленный мировой опыт в реализации отечественных проектов.

II Общая характеристика проекта и основные требования для его разработки

Предлагаемый проект носит модельный и демонстрационный характер. Он состоит в создании такой модели реализации ключевых водородных технологий, которая позволит системно преодолевать основные препятствия для выхода транспортных и коммунальных водородных энергетических технологий на национальный и международный рынок.

Проект ВТЭК технологически, экономически и организационно объединяет производство, распределение и потребление водорода. При этом водород может производиться не только методом электролиза, но и с использованием технологий переработки углеводородного сырья, а также в результате утилизации дешевых отходов или побочных продуктов массовых химических производств.

А. Требования к водородному топливу: Принятая в настоящее время система стандартов позволяет строго классифицировать различные виды водородного топлива в зависимости от функциональных особенностей. В соответствии с международными и действующими национальными стандартами (пп.10, 11 таблица 1) водород в качестве топлива для раз-



личных видов энергоустановок классифицируется следующим образом:

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

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

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

Тип I, сорт D – газообразное водородное топливо для транспортных средств на топливных элементах (ТСТЭ) с протонно-обменной мембраной;

Тип I, сорт Е – газообразное водородное топливо для стационарных энергоустановок на топливных элементах;

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

Тип II, сорт D – жидкое водородное топливо для ТСТЭ с протонно-обменной мембраной;

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

П р и м е ч а н и я:

1. Для жидкого водорода типа II топливо с параметрами, эквивалентными сортам А и В, в классификации отсутствуют.

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

Технический комитет по стандартизации Росстандарта ТК 29 «Водородные технологии» на базе указанных международных стандартов внедрил два национальных стандарта, а также работает над проектом третьего межгосударственного стандарта.

Б. Требования к водородным заправочным станциям (ВЗС): Проект предусматривает создание и организацию эксплуатации одной водородной заправочной станции производительностью 60 м³ в час.

Производство водорода на ВЗС предполагается

осуществлять методом электролиза воды, к преимуществам которого относятся:

- высокий КПД преобразования (80–90 %);
- высокая чистота получаемого водорода и кислорода (до 99,99 % и выше);
- простота технологического процесса, его непрерывность, возможность полной автоматизации;
- физическое разделение водорода и кислорода в самом процессе электролиза;
- длительный срок эксплуатации оборудования (минимум 10 лет);
- дешевое сырьё (вода);
- экологически чистое производство.

В настоящее время на отечественном рынке имеются в наличии электролизные установки серии СЭУ. Установки СЭУ изготавливаются и эксплуатируются с начала 1950-х годов. Их конструкция отработана. Они достаточно надежны и долговечны. Современные образцы соответствуют международным аналогам. Производящиеся в соответствии с техническими условиями ТУ 3614-008-00217320-2004 отечественные установки имеют разрешение Ростехнадзора на применение № РРС-00-14568, полностью соответствуют требованиям Правил безопасности при производстве водорода методом электролиза воды, утвержденным Постановлением Госгортехнадзора России от 6 июня 2003 г. № 75.

Кроме того, на рынках России и СНГ активно используются установки из Норвегии, Бельгии, Германии, Канады и других стран. Западные электролизные установки контейнерно-модульного типа имеют меньшие габариты, поставляются в собранном виде, при этом они достаточно адаптированы к условиям обслуживания и ремонта в нашей стране.

С 2013 года в Российской Федерации действует национальный стандарт ГОСТ Р 55226–2012 «Водород газообразный. Заправочные станции».

ГОСТ Р 55226–2012 определяет технические требования к водородным заправочным станциям общего назначения, а также к ведомственным заправочным станциям, установленным на территории предприятий или организаций, предназначенным для заправки наземных транспортных средств газообразным водородным топливом. Технологическая схема водородной заправочной станции представлена на рисунке 5.



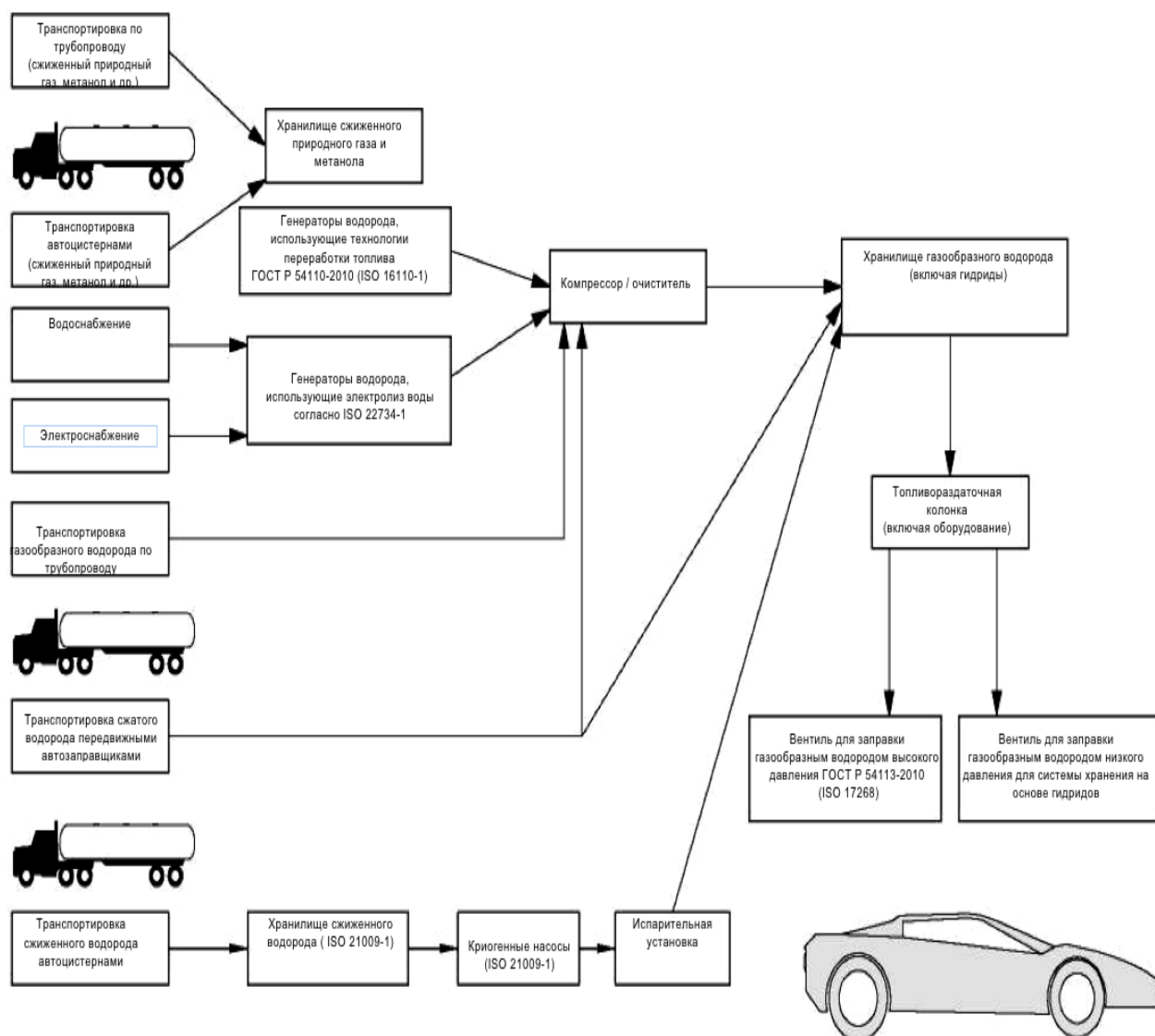


Рис. 5. Газообразный водород. Заправочная станция

Национальный стандарт ГОСТ Р 55226–2012 включен с 2015 года 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» и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции, актуализированный решением коллегии Евразийской экономической комиссии (решение от 19 мая 2015 года № 55) «О внесении изменений в решение комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 года № 823 и содержит следующие разделы:

- область применения;
- нормативные ссылки;
- термины и определения;
- основные требования к конструкции;
- сведения о системах подачи водорода;
- требования к генераторам водорода;
- требования к водородным компрессорам;

- требования к фильтрам и сепараторам;
- требования к устройствам для очистки водорода;
- требования к буферным резервуарам для хранения газообразного водорода;
- требования к топливораздаточным колонкам и контролю за процессом заправки;
- информация о характеристиках водородного топлива;
- требования к расположению ВЗС, включая безопасные расстояния и технологические разрывы;
- требования по обеспечению взрывозащиты и пожарной безопасности;
- требования к размещению резервуаров для хранения водорода;
- общие требования к оборудованию;
- требования к системе вентиляции;
- требования к контрольно-измерительным приборам и системе безопасности;
- требования к электрооборудованию и электропроводке;

– требования к системе безопасности и защите от внешних воздействий;

– методы испытаний и требования к разрешительной документации.

В. Требования к транспортным средствам на топливных элементах: Транспортное средство на топливных элементах (ТСТЭ) в соответствии с международным стандартом ИЕС TS 62282-1:2010 «Технологии топливных элементов. Часть 1. Терминология» представляет собой электрическое транспортное средство (электромобиль), в котором энергетическая система на топливных элементах подает питание на электродвигатель для приведения транспортного средства в движение. В соответствии с действующей системой технического регулирования основные требования к колесным транспортным средствам, в том числе к электромобилям, устанавливаются Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». ТР ТС 018/2011 гармонизирован с требованиями Правил Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (Правила ЕЭК ООН), принятых на основании «Соглашения о принятии единообразных технических предписаний для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных утверждений, выдаваемых на основе этих предписаний», заключенного в Женеве 20 марта 1958 года, и Глобальных технических правил, принимаемых на основании «Соглашения о введении Глобальных технических правил для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах», заключенного в Женеве 25 июня 1998 года.

В соответствии с терминологией, принятой в ТР ТС 018/2011, транспортные средства на топливных элементах (электрические ТСТЭ) следует относить в зависимости от конструктивных особенностей к электромобилям или гибридным транспортным средствам, имеющим не менее двух различных преобразователей энергии (двигателей) и двух различных (бортовых) систем аккумулирования энергии для приведения средства в движение. Электробезопасность ТСТЭ определяется Правилами ЕЭК ООН № 100-00, а особенности безопасности транспортных средств, работающих на водородном топливе, определены международным стандартом ИСО 23273:2013 «Дорожные транспортные средства на топливных элементах – Требования безопасности – Защита от опасностей, связанных с использованием водорода, в транспортных средствах, работающих на сжатом водороде» (ISO 23273:2013 Fuel cell road vehicles – Safety specifications – Protection against hydrogen hazards for vehicles fuelled with compressed hydrogen). Международный стандарт ИСО 23273:2013 соответствует национальным стандартам

ГОСТ Р 54111.1–2010, ГОСТ Р 54111.2–2010, ГОСТ Р 54111.3–2011 и содержит следующие разделы:

- область применения;
- нормативные ссылки;
- термины и определения;
- внешние условия и режимы работы;
- требования к конструкции и характеристикам топливной системы;
- методы испытаний для определения воспламеняемости выделений топлива вблизи транспортного средства;
- дополнительный или альтернативный подход для проверки безопасности при использовании водорода;
- требования к заправке топливом.

Важным элементом водородного транспортно-энергетического комплекса является заправочное звено, включающее в себя заправочный вентиль (составная часть ВЗС) и заправочный приемник (составная часть ТСТЭ). Требования безопасности к такому соединительному звену определены международным стандартом ISO 17268:2012 «Устройства соединительные для заправки наземных транспортных средств газообразным водородным топливом» (Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices), который идентичен одноименному национальному стандарту ГОСТ Р ИСО 17268-2014.

Указанные стандарты содержат требования безопасности к соединительным устройствам на рабочее давление 11 МПа, 25 МПа, 35 МПа и 70 МПа.

Таким образом, для реализации проекта могут быть привлечены транспортные средства, работающие на водородном топливе, серийно выпускаемые мировым автопромом, или планируемые к выпуску в самое ближайшее время.

Г. Организация международного сотрудничества для реализации проекта: В мировой практике известны удачные примеры реализации международных проектов в области создания «водородных шоссе» (Япония, США, Канада, ФРГ).

На мировом рынке имеется ряд предложений по поставке водородных транспортных средств, включая легковые автомобили, автобусы и железнодорожный транспорт.

В сложившихся условиях перспективными направлениями международного сотрудничества могут быть страны, готовые к серийному производству водородных автомобилей (Япония, Корея, ФРГ, США). С учетом экономической составляющей наиболее целесообразным является организация эксплуатации пассажирских автобусов с энергоустановками на топливных элементах. Осуществление подобного проекта может быть основано на его самоокупаемости в течение 4–5 лет. В качестве объектов для реализации проекта можно рассмотреть автобусы BC Transit Fuel Cell Bus, Mercedes-Benz Citaro Fuel Cell Hybrid, Fuel Cell Hybrid Midi Bus Benefits фирмы Hydrogenics и др., ранее используемых в различных международных проектах.

BC
Transit
Fuel Cell
BusMercedes-
Benz Citaro
Fuel Cell
Hybrid

Рис. 6. Образцы водородных электрических автобусов с энергоустановкой на топливных элементах

Кроме того, водородные заправочные станции, построенные в рамках реализации настоящего проекта, могут быть использованы для заправки других серийно выпускаемых водородных автомобилей, производство которых предназначено для открытой продажи неограниченному кругу потребителей в рамках сформированной национальной системы технического регулирования.

Д. Организация работы ВТЭК: Эксплуатация водородных автобусов на топливных элементах предполагается в г. Екатеринбурге на маршруте Железнодорожный вокзал – Аэропорт «Кольцово». Протяженность маршрута 50 км. Экологически чистые автобусы целесообразно использовать в качестве экспрессов, позволяющих пассажирам быстро и в комфортных условиях добираться до Аэропорта «Кольцово» и Железнодорожного вокзала.

В настоящее время между Аэропортом «Кольцово» и ж/д вокзалом действует городской маршрут № 1. Время в пути 60 мин. Подвижной состав: НефА-5299, ЛиАЗ-5256, Икарус-283.10, ГолАЗ-АКА-5225. Стоимость проезда 23 рубля. Стоимость проезда по этому же маршруту на экспрессе составит 100 рублей.

В целях оценки экономической эффективности проекта произведен примерный расчет затрат на его строительство и организацию работы, а также дана оценка доходности ВТЭК из условия использования одной ВЗС и 3 водородных автобусов вместимостью 70 человек на маршруте протяженностью до 50 км.

Предложенные в проекте транспортные технологические цепочки могли бы быть применены в дополнение к существующим маршрутам или введены вместо действующих маршрутов исходя из реальной хозяйственной целесообразности.

В расчете эффективности применения ВТЭК приняты некоторые допущения, которые, не загромождая расчеты излишней детализацией, позволяют получить принципиальное понимание основных преимуществ и недостатков предлагаемых транспортных средств.

Дополнительные возможности по экономии, которые создаются за счет использования местных ресурсов при производстве водорода или применения передвижных водородных заправщиков водорода, не учитывались.

III Расчет необходимых затрат и окупаемости ВТЭК

Расчет эффективности эксплуатации ВТЭК осуществлялся из условия рационального использования мощностей по производству водорода, а также парка эксплуатируемых водородных электробусов (с учетом протяженности маршрута и особенностей местности). При этом исследовалась эффективность деятельности ВТЭК в целом, и оценивался срок его окупаемости.

Для расчета были использованы данные открытой печати и экспертной оценки специалистов.

Таблица 2

Расчет себестоимости эксплуатации ВЗС

Наименование	ед.	
Стоимость водородной заправочной станции (ВЗС)	руб	120 000 000
	евро	2 000 000
Стоимость ВЗС без НДС	руб	101 694 915
Производительность станции по H ₂ в час	м ³	60
Производительность станции по H ₂ в сутки	кг	135
Количество рабочих дней в году	дн.	365
Количество заправляемых автобусов	кг/ч	3
Стоимость 1 квт.ч электрической энергии	руб	2,80
Энергозатраты на производство и компримирование H ₂	квт.ч/м ³	4,80
Прямые расходы на обслуживание станции (годовые)	руб	10 564 064
Стоимость электроэнергии для производства H ₂ (годовая)	руб	7 064 064
Фонд оплаты труда персонала с ЕСН (годовой)	руб	3 000 000
Эксплуатационные расходы ВЗС	руб	500 000
Себестоимость 1 кг водорода	руб	214
Справочно:	евро	3,56

Производительность ВЗС принята 60 м³/час. Общая стоимость одной станции «под ключ» составляет 2 миллиона евро.

Основными затратами, влияющими на себестоимость водорода, получаемого методом электролиза, являются затраты на его производство и компримирование. Стоимость электроэнергии составляет 70–80 % от себестоимости продукта. Готовность администрации города влиять на формирование тарифного плана может позволить в определенной мере снизить себестоимость производства водородного топлива, а следовательно, повысить рентабельность комплекса в целом.

Для расчета эффективности ВТЭК стоимость 1 кВт·ч электроэнергии выбрана на уровне среднетарифного тарифа в размере 2,8 руб. за 1 кВт·ч. Для сравнения стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, применяемой для производства водорода на ВЗС в г. Ванкувере, составляет 0,1\$, т.е. приблизительно 5 руб.. При этом отпускная цена водорода на ВЗС составляет 4,7\$ за 1 кг.

Для ВТЭК энергетические затраты на электролиз воды составляют 4,3 кВт·ч на один куб. метр водорода. Энергетические затраты на компримирование водорода до давления 35–40 мПа – 0,5 кВт·ч на один куб. метр.

Организация работы электролизеров в непрерывном режиме позволяет наиболее эффективно использовать это дорогостоящее оборудование и уменьшить срок окупаемости. Это связано с тем, что при пуске и

остановке электролизеров требуется проводить дополнительные технологические процедуры, которые ухудшают эффективность использования установок и вызывают дополнительные затраты. К тому же издержки могут снижаться за счет применения ночных тарифов на потребляемую электроэнергию.

В таблице использованы указанные выше значения расходов электроэнергии на производство и компримирование 1 м³ водорода, приведенного к нормальным условиям, которые в сумме составляют 4,8 кВт·ч на 1 м³ водорода.

Налоговые отчисления приводятся по текущим ставкам, установленным законодательством Российской Федерации.

С учетом того что ВТЭК рассматривается как единый комплекс, в расчете стоимость водорода приравнивалась к себестоимости. Такая особенность позволяет все налоговые отчисления и прибыль для расчета эффективности эксплуатации ВТЭК формировать по конечному финансовому результату.

В соответствии с расчетами себестоимость 1 килограмма водорода при производстве электролизным методом должна быть 3,56 евро.

Таблица 3

Расчет себестоимости эксплуатации электробусов

Наименование	ед.	
Стоимость электробуса	руб	45 000 000
Справочно:	евро	750 000
Стоимость электробуса без НДС	руб	38 135 593
Протяженность маршрута (в одну сторону)	км	50
Суточный пробег электробуса	час	500
Годовая выручка без НДС	руб	76 650 000
Стоимость билета в один конец	руб	100
Количество пассажиромест в автобусе	руб	70
Количество перевозимых пассажиров в сутки	чел.	2100
Количество поездок одного автобуса в сутки	дн.	10,0
Расход водорода на 100 км	кг	6,0
Суточный расход водорода на один автобус	кг	30,0
Прямые расходы на обслуживание маршрута (годовые)	руб	12 600 000
Фонд оплаты труда персонала с ЕСН (годовой)	руб	9 600 000
Эксплуатационные расходы на обслуживание парка	руб	3 000 000
Стоимость парка транспортных средств (без учета НДС)	руб	114 406 780

Наряду со стоимостью электроэнергии, используемой для производства водорода, на себестоимость водорода существенное влияние оказывает стоимость самой ВЗС, которая через амортизационные затраты равными долями ежемесячно относится на себестоимость водорода. В расчете срок амортиза-

ции ВЗС принят 10 лет, как и всего комплекса в целом. Состав первоначальных капитальных затрат на приобретение (строительство) ВЗС, а также водородных электробусов и их значения приведены в таблице 2.

Данные приведены исходя из экспертной оценки разработчиков проекта, основанной на анализе международных проектов в области водородных технологий. При расчете себестоимости комплекса в целом был принят ряд допущений, целесообразность

которых обусловлена либо отсутствием прямых сведений, либо наличием противоречивых данных, опубликованных в технической литературе или рекламных проспектах компаний, работающих на рынке водородных технологий.

Таблица 4

Расчет срока окупаемости ВТЭК

Наименование	ед.	
Выручка от работы комплекса годовая, без НДС	руб	76 650 000
Прямые расходы на обслуживание комплекса (годовые)	руб	23 164 064
Накладные расходы на обслуживание комплекса (10%)	руб	2 316 406
Стоимость комплекса без НДС	руб	216 101 695
Амортизация комплекса (10%)	руб	21 610 169
Затраты на обслуживание комплекса (годовые)	руб	47 090 640
Прибыль предприятия до налогообложения	руб	29 559 360
Налог на прибыль предприятия	руб	5 911 872
Прибыль предприятия после налогообложения	руб	23 647 488
Срок окупаемости комплекса	год	4,8

Данные для расчета срока окупаемости строительства и эксплуатации ВТЭК представлены в таблице 4. С учетом изложенных допущений, срок окупаемости комплекса в целом составляет 4,8 года, что свидетельствует об экономической эффективности проекта.

Выводы и рекомендации

1. Строительство и эксплуатация водородного транспортно-энергетического комплекса (ВТЭК), включающего водородную заправочную станцию суммарной производительностью 60 м³ в час и парк водородных электробусов в количестве 3 единиц, обслуживающих маршрут протяженностью до 50 км, является инвестиционно привлекательным проектом со сроком окупаемости 4,8 года.

2. Создание и коммерческое использование первого в Российской Федерации ВТЭК, наряду с экологическим, экономическим и политическим эффектами, позволит разработать типоразмерный ряд ВТЭК, организовать строительство и их эксплуатацию в различных регионах страны, что привлечет внимание общественности и инвесторов к формированию нового сегмента автотранспортного рынка.

3. Разработка, строительство и эксплуатация ВТЭК позволит участникам проекта - предприятиям Свердловской области - определить свободные экономические ниши на развивающемся глобальном рынке водородных технологий, создаст предпосылки для укрепления позиций России в области международного сотрудничества.

Президент НАВЭ,
член Общественного совета Росстандарта,
канд. техн. наук

А.Ю. Раменский

Сайт: НП НАВЭ: H2org.ru

э-почта: ramenskiy@mail.ru

