

АННОТАЦИЯ
итоговая по научно-исследовательской работе

Государственный контракт с Роснаукой:	от «5» июня 2009 г. № 02.516.12.6017
Шифр контракта:	«2009-06-1.6-10-03-003»
Тема работы:	Разработка многофункциональной системы твердофазного обратимого хранения водорода с участием научных организаций Швейцарии
Цель работы:	Создание научно-технического задела по технологиям твердофазного обратимого хранения водорода в обеспечение разработки компактной многофункциональной системы для хранения, очистки и компрессии водорода.
Приоритетное направление развития науки и техники	Энергетика и энергосбережение
Критическая технология	Технологии водородной энергетики
Период выполнения контракта за счет бюджетных средств	С «5» июня 2009 г. по «30» сентября 2010 г.
Всего этапов	4
Номер и наименование завершеного этапа	4
Срок завершения работ за счет внебюджетных средств	«30» сентября 2010 г.
Период поставок, установленный контрактом	-
Исполнитель:	Учреждение Российской академии наук Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН), г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2
Ключевые слова:	

1 Актуальность проекта

Актуальность проекта определяется постоянным ростом потребления чистого и высокочистого водорода в различных отраслях промышленности – химической, пищевой, энергетической (от 7% до 18% в год), а также стремительным ростом разницы цен на технический и высокочистый водород (вдо 10 раз). Проект предполагает развитие научно-технических основ создания многофункциональных систем твердофазного хранения водорода, предназначенных для обеспечения нужд потребителей в чистом и высокочистом водороде. Проект направлен на обеспечение российского вклада в совместный исследовательский проект Объединенного института высоких температур РАН и Женевского университета в рамках программы Российско-Швейцарского научно-технического сотрудничества

2. Разрабатываемая продукция

2.1 Номенклатура продукции, разрабатываемой в рамках проекта

- Эскизная конструкторская документация на металлогидридный реактор, предназначенный для использования в качестве модуля хранения, очистки и компрессии водорода в многофункциональной системе твердофазного обратимого хранения водорода модульного типа.

2.2 Характеристика разрабатываемой продукции

Сравнение реактора РХО-3 с аналогами, представленными на рынке

Характеристики (параметры), определяющие конкурентоспособность	Ед. изм.	РХО-3, ОИВТ РАН	НВ-SC-0660-N, H Bank Technology Inc. (Тайвань)	Ovonix, 5G250B-NPT Energy Conversion Devices, Inc. (США)	BL-740, Hydrogen Components, Inc. (США)
Емкость	нл	800	660	900	740
Скорость зарядки	нл/мин	150	-	2	~2 дня
Скорость разрядки	нл/мин	50	2	6	несколько часов
Чистота водорода на входе	%	любая	99,99	99,99	99,99
Чистота водорода на выходе	%	99,9999	99,9999	99,9999	99,9999
Метод охлаждения	-	Жидкостный	Воздушное/водяная баня	Воздушное	Воздушное
Масса	кг	15	6,1	6,5	5,5

Преимущества разрабатываемых в ОИВТ РАН систем хранения и очистки водорода перед аналогами:

- Существенно более высокие скорости зарядки/разрядки устройств по сравнению с аналогами, представленными на рынке;
- Возможность использования загрязненного водорода для зарядки системы;

Недостатки:

- Более высокие массо-габаритные характеристики, связанные с использованием жидкостного охлаждения
- Продукция ОИВТ РАН будет иметь преимущество перед аналогами в сегментах рынка, требующих высоких скоростей зарядки/разрядки (работа с энергоустановками мощностью от 1 кВт) и очистки водорода (энергоустановки на базе ВИЭ).

2.3 Форма коммерциализации результатов проекта

Эскизная конструкторская документация, демонстрационный опытно-промышленный образец.

3 Области и масштабы использования полученных результатов

Основные области использования результатов: системы автономного и бесперебойного энергообеспечения, потребители высокочистого водорода в электронной, пищевой и энергетической отраслях промышленности.

Наиболее перспективным рынком является развивающийся рынок возобновляемых источников энергии. На период до 2020 года целевым ориентиром увеличение относительного объема производства и потребления электрической энергии с использованием ВИЭ (кроме гидроэлектростанций установленной мощностью более 25 МВт) примерно с 0,5 до 4,5 процента. Для чего необходим ввод генерирующих объектов (малых гидроэлектростанций, ветроэлектрических станций, приливных электростанций, геотермальных электростанций, тепловых электростанций, использующих биомассу в качестве одного из топлив, прочих видов электроустановок) с суммарной установленной мощностью до 25 ГВт.

Развитие отраслей топливно-энергетического комплекса, возобновляемых источников энергии, централизованного теплоснабжения, автономной энергетики и энергосбережения потребует крупных инвестиций в размере 2,4 - 2,8 трлн. долларов США в ценах 2007 года. Это соответствует максимальному возможному объему рынка ВИЭ в России на период до 2030 г.

Можно выделить следующие перспективные сегменты рынка для твердофазных системам хранения и очистки водорода, которые будут актуальны в ближайшее время:

Энергетика:

- Бесперебойное энергоснабжение – обеспечение электроэнергией потребителей, для которых критично иметь постоянное надежное энергоснабжение. Для этого сегмента характерны малые времена работы, и к

подобным устройствам предъявляются особые требования по надежности и низким эксплуатационным затратам;

- Автономное энергообеспечение (в том числе на основе ВИЭ) – обеспечение электроэнергией и теплом потребителей, не имеющих надежного доступа к электросети общего пользования. Для этого сегмента характерны сниженные требования к стоимости энергоустановки и повышенные к надежности, поскольку предполагаемое время работы превышает в среднем 6000 часов в год;
- Специальные транспортные средства – энергообеспечение транспортных средств, таких как погрузчики, уборщики и т.д. в замену обычных электроаккумуляторов или двигателей внутреннего сгорания, где критично отсутствие вредных выбросов, для таких применений характерна мощность энергоустановок менее 100 кВт и время работы до 2000-5000 часов в год.
- Портативное энергообеспечение – обеспечение электроэнергией электронных и т.п. устройств мощностью менее 1 кВт. Для этого сегмента критичны компактность и эффективность работы.
- Резервное энергоснабжение – обеспечение альтернативным источником энергии различных устройств в случае недоступности основного;

Прочие:

- Источники высокочистого водорода для высокотехнологичных производств и лабораторных нужд – очистка, длительное безопасное хранение и снабжение по запросу потребителя водородом высокой степени чистоты;
- Бытовое кондиционирование и теплоснабжение – использование тепловых насосов на основе металлгидридов для охлаждения и нагрева воздуха с использованием ВИЭ и источников низкопотенциального тепла;
- Термохимические компрессоры – использование свойств гидридов для сжатия газов.

Ранние рынки для энергоустановок на базе ТЭ

Бесперебойное энергообеспечение				Специальный транспорт	Автономное энергообеспечение
Частный сектор	Учреждения	Промышленность	Государственные нужды		
<p>Телекоммуникации</p> <p>Финансы</p> <p>Дата-центры</p> <p>Магазины</p> <p>Развлекательные центры</p> <p>Отели</p> <p>Туристические зоны</p>	<p>Здравоохранение</p> <p>Водоподготовка</p> <p>Аэропорты</p> <p>Коммунальное хозяйство</p>	<p>Химическая</p> <p>Нефтеперегонка</p> <p>Фармацевтическая</p> <p>Электронная</p> <p>Металлообработывающая</p> <p>Пищевая</p>	<p>МЧС</p> <p>Оборонные применения</p> <p>Географические, геологические и пр. службы</p>	<p>Погрузчики</p> <p>Уборщики</p> <p>Шахтный транспорт</p> <p>Спецтранспорт в аэропортах</p> <p>Спецтранспорт в спортивных и туристических заведениях</p>	<p>Природоохранные зоны</p>

4 Ход выполнения проекта (не более 2 стр.)

Выполнены следующие работы:

Подготовительные работы: Проведен анализ научно-технической литературы, нормативно-технической документации, статистических данных и других материалов, относящихся к созданию систем твердофазного обратимого хранения водорода, разработана методика экспериментальных исследований процессов тепломассопереноса в засыпках водородопоглощающих материалов и металлгидридных реакторах, проведены патентные исследования по теме работы.

Основные работы: Выполнены экспериментальные исследования процессов тепломассопереноса в засыпках водородопоглощающих материалов и экспериментальных металлгидридных реакторах. Разработаны основные требования к новым водородопоглощающим материалам для использования в многофункциональных системах твердофазного обратимого хранения водорода, изготовлены и испытаны экспериментальные образцы новых водородопоглощающих материалов. Выполнено математическое моделирование процессов тепломассопереноса в засыпках водородопоглощающих материалов и металлгидридных реакторах.

Завершающие работы: создана эскизная конструкторская документация на модернизированный металлгидридный реактор РХО-6, предназначенный для использования в многофункциональной системе твердофазного обратимого хранения водорода. Проведена технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов. Разработан проект ТЗ на ОКР по созданию опытно-промышленного образца многофункциональной системы твердофазного обратимого хранения водорода.

Международное сотрудничество: Иностранным партнером (Лаборатория кристаллографии Женевского университета) представлены данные: о методиках исследования свойств водородопоглощающих материалов, включая структурные свойства; результаты по созданию экспериментальных образцов новых водородопоглощающих материалов типа LaNi_5 и влиянию на их свойства циклического поглощения и выделения водорода; данные о структурных

свойствах новой тройной композиции LaMg_2Ni ; результаты исследования эксплуатационных свойств новых водородопоглощающих материалов в составе солнечной установки мощностью до 5 кВт, установленной в жилом доме в Зольбруке (Швейцария).

Основные результаты:

Продемонстрировано определяющее влияние процессов тепломассопереноса в мелкодисперсных засыпках водородопоглощающих материалов на эффективность работы металлгидридных устройств, экспериментально обнаружено явление кризиса тепломассопереноса, связанного с недостаточным теплообменом в металлгидридных устройствах, получено соотношение для расчета критического потока массы, показана необходимость использования жидкостного охлаждения реакционной камеры для организации бескризисной работы устройств.

Созданы экспериментальные образцы новых водородопоглощающих материалов $\text{La}_{0,4}\text{Ce}_{0,6}\text{Fe}_{0,2}\text{Mn}_{0,2}\text{Ni}_{4,6}$, $\text{La}_{0,7}\text{Nd}_{0,3}\text{Co}_{0,1}\text{Al}_{0,2}\text{Ni}_{4,7}$, $\text{La}_{0,2}\text{Ce}_{0,3}\text{Nd}_{0,3}\text{Mn}_{0,5}\text{Ni}_{4,5}$, определены их сорбционные свойства водородная емкость и давление десорбции при температуре 60 °С составили: 1,22% и 0,45 МПа, 1,24% и 0,95 МПа, 1,23% и 1,24 МПа соответственно. Значения соответствуют требованиям ТЗ.

Определены эксплуатационные параметры реактора хранения и очистки водорода РХО-3 при загрузке 5 кг водородопоглощающего сплава $\text{LaFe}_{0,1}\text{Mn}_{0,3}\text{Ni}_{4,8}$. Максимальная емкость по водороду составила 815 нл; время зарядки до 95% емкости составило 5,2 мин; средняя скорость зарядки составила 149 норм. л/мин; скорость зарядки металлгидридного реактора загрязненным водородом (смесью водорода и 5% об. азота) составила 63,2 норм. л/мин; средняя скорость разрядки составила 49 норм.л./мин, чистота водорода на выходе в металлгидридного реактора при разрядке составила 99,9999 % об. Значения соответствуют требованиям ТЗ.

В качестве основного конструктивного элемента систем твердофазного обратимого хранения и очистки водорода предложено использовать разрабо-

таные в ходе выполнения проекта металлгидридные реакторы РХО-6. По сравнению с ранее разработанным реактором РХО-3 новый реактор РХО-6 имеет усовершенствованную конструкцию жидкостного теплообменника, позволяющую повысить эффективность отвода/подвода тепла от/к реакционной камере на 10% и более. Модульная конструкция РХО-6 позволяет гибко регулировать емкость и производительность системы силами потребителя. заменить в системах автономного энергообеспечения и различных технологических процессах высокочистый водород по ГОСТ Р 51673-2000 и ТУ 2114-016-78538315-2008 техническим водородом по ГОСТ3022-80. Разработан эскизный комплект конструкторской документации.

Использование разработанных металлгидридных устройств позволит снизить стоимость высокочистого водорода более чем на 10% при сроке окупаемости системы 1 год и эксплуатационной нагрузке от 100 часов в год. Создан проект технического задания на проведение ОКР «Создание опытно-промышленного образца многофункциональной системы твердофазного обратимого хранения и очистки водорода емкостью 10 нормальных м³ водорода».

Новизна: Полученные результаты являются новыми и соответствуют мировому уровню. На российском рынке в настоящее время отсутствуют металлгидридные устройства хранения и очистки водорода, существуют лишь демонстрационные образцы. Сравнение с зарубежными аналогами, представленными на рынке, показывает существенное превосходство разработанных металлгидридных реакторов по скорости зарядки/разрядки чистым водородом (до 10-100 раз) и возможности очистки водорода. В то же время разработанные системы проигрывают по массогабаритным характеристикам, что связано с использованием жидкостного охлаждения.

Внедрение: Для успешной коммерциализации полученных результатов необходимо выполнение ОКР по разработке опытно-промышленного образца многофункциональной системы твердофазного обратимого хранения и очистки водорода.

Возможные потребители: РНЦ «Курчатовский институт» - использование в составе энергоустановок на базе топливных элементов, ОАО КБХА – использование в составе экспериментальных систем водородного аккумулирования энергии, Ленинградская АЭС – использование в составе металлургических блоков дополнительной очистки водорода для водородоохлаждаемых турбогенераторов.

5 Показатели выполнения контракта

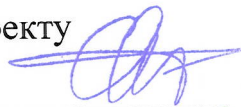
Приводятся значения показателей контракта:

Показатель	2009 г.		2010 г.		20__ г.*		Всего	
	план	факт	план	факт	план	факт	план	факт
Объем финансирования, млн. руб.	3,7	3,73	3,7	2,66	-	-	7,4	7,55
в том числе:								
бюджетные средства, млн. руб.	1,85	1,85	1,85	1,85	-	-	3,7	3,7
внебюджетные средства, млн. руб.	1,85	1,88	1,85	1,97	-	-	3,7	3,85
Объем продаж (выручки от реализации) новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции, произведенной в результате реализации проекта, млн. руб.	0	0	0	-	-	-	0	0
в том числе НДС, млн. руб.								
в том числе объем экспорта новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции, произведенной в результате реализации проектов, млн. руб.	0	0	0	-	-	-	0	0

* Временной период, включаемый в таблицу, определяется периодом реализации контракта и сроками представления данных, указанными в контракте.

Руководитель работ по проекту

Зав. лаб. ОИВТ РАН



С.П. Малышенко

«10» сентября 2010 г.