

**АННОТАЦИЯ РАБОТ,  
ВЫПОЛНЕННЫХ НА ОТЧЕТНОМ ЭТАПЕ № 4**

Создание демонстрационного образца системы хранения и очистки водорода, отработка основных режимов работы. Технико-экономический анализ, исследования и анализ перспективного рынка разрабатываемого оборудования, подготовка перевода разработок в стадию ОКР с целью последующей коммерциализации государственного контракта с Федеральным агентством по науке и инновациям от 13 июня 2007 г. № 02.516.11.6032.

Шифр:	«2007-6-1.6-10-02-006»
Период выполнения этапа	1 июля 2008 г. – 31 октября 2008 г.
Исполнитель:	Учреждение Российской академии наук Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН) 125412, г. Москва ул. Ижорская, д.13, стр.2
Цель работы	Создание научно-технического задела, исследования процессов, разработка и создание экспериментальных высокоэффективных низкотемпературных металлогидридных реакторов и демонстрационной интегрированной системы хранения и очистки водорода на базе обратимых твердофазных низкотемпературных водородопоглощающих материалов для топливообеспечения энергоустановки с низкотемпературным твердополимерным топливным элементом мощностью 5 кВт с использованием в качестве исходного топлива технического водорода, содержащего примеси.

## **1. Наименование разрабатываемой научной (научно-технической, инновационной) продукции**

Демонстрационная интегрированная система хранения и очистки водорода на базе обратимых твердофазных низкотемпературных водородопоглощающих материалов для топливообеспечения энергоустановки с низкотемпературным твердополимерным топливным элементом мощностью 5 кВт с использованием в качестве исходного топлива технического водорода, содержащего примеси

## **2. Характеристика выполненных на этапе работ по созданию продукции**

2.1. На отчетном этапе обобщены результаты проведенных исследований по теме: выполнены экспериментальные исследования процессов тепло-массопереноса в засыпках водородопоглощающих материалов при зарядке и разрядке устройств водородом, в том числе содержащем примеси, установлены основные факторы, ограничивающие производительность. Разработана и верифицирована по результатам экспериментов трехмерная двухуровневая математическая модель, позволяющая проводить расчет работы металлгидридных реакторов сложной конфигурации, выработаны рекомендации по конструкции усовершенствованных металлгидридных реакторов. Выполнены работы по созданию, изготовлению экспериментальных образцов и исследованию эксплуатационных свойств новых водородопоглощающих материалов, определены композиции интерметаллических сплавов и изготовлены партии материалов, оптимизированных для использования в разрабатываемой системе хранения и очистки водорода. Разработана конструкторская документация на основные узлы и блоки интегрированной системы хранения и очистки водорода. Изготовлены и испытаны экспериментальные реакторы РХО-3 предназначенные для использования в подсистеме очистки водорода. Отработана методика очистки водорода методом циклического выброса примесей из свободного объема реактора, изучена совместная работа системы хранения и очистки водорода с энергоустановкой на базе низкотемператур-

ного топливного элемента мощностью 5 кВт, продемонстрирована высокая энергоэффективность работы системы (КПД 48% при работе на максимальной мощности) и возможность регенерации бросового тепла топливного элемента для обеспечения разрядки системы хранения водорода при работе в автономном режиме.

На отчетном этапе выполнены экспериментальные исследования процессов тепломассопереноса в реакторах РХО-3 и по их результатам доработана конструкторская документация. Изготовлен и испытан реактор РХ-1, создана и испытана демонстрационная интегрированная система хранения и очистки водорода для топливообеспечения энергоустановки на базе топливного элемента в составе: подсистемы тонкой металлогидридной очистки водорода (три реактора РХО-3 по 5 кг водородопоглощающего сплава); подсистемы хранения водорода (реактор РХ-1 на 81 кг водородопоглощающего сплава); низкотемпературного твердополимерного топливного элемента GenCore мощностью 5 кВт; экспериментальной нагрузки; системы газоподачи и предварительной очистки от кислорода и паров воды; системы водоснабжения; системы измерений и контроля. Согласно результатам испытаний по работе с водородом, содержащим примеси, емкость системы хранения по водороду составляет: реактор РХ-1 – 13,1 нм<sup>3</sup>; реактор РХО-3 – 814 нл; максимальная емкость системы : 15,5 нм<sup>3</sup>; время автономной работы системы 2,7 ч; производительность подсистемы очистки: 4,64 нм<sup>3</sup>/ч, что соответствует требованиям Технического задания.

2.2. Полученные результаты являются новыми и соответствуют мировому уровню. Развитие металлогидридных технологий в мире в настоящее время сконцентрировано на создании новых водородопоглощающих материалов с повышенной сорбционной емкостью. Результаты работы закрывают пробел в разработке инженерных основ создания оптимизированных металлогидридных устройств хранения и очистки водорода и их интеграции с энергоустановками на базе топливных элементов. Работы по теме стали

вкладом в проект Международного партнерства по водородной экономике, выполняемого под руководством Российской Федерации.

2.3. Проведенные на отчетном этапе работы были в основном направлены на совершенствовании методики очистки водорода с использованием металлгидридов: снижению потерь водорода и повышению скорости очистки, а также отработке основных режимов работы интегрированной системы хранения и очистки водорода с целью достижения соответствия требованиям Технического задания.

2.4. По результатам работ поданы заявления о выдаче патентов Российской Федерации на полезную модель, описывающие суть разработанных в ходе выполнения проекта металлгидридных реакторов: №2008131754 от 01.08.2008 «Металлогидридный патрон для хранения водорода» и №2008140120 от 10.10.2008 г. «Металлогидридный патрон с гофрированной внешней поверхностью для хранения водорода», заявитель ОИВТ РАН (как исполнитель работ по государственному контракту для нужд РФ)

### **3. Области и масштабы использования полученных результатов**

3.1. Проведенный анализ показал, что энергоустановки на базе низкотемпературных топливных элементов, интегрированных с системами твердофазного хранения и очистки водорода в ближайшей перспективе могут быть коммерциализированы в областях бесперебойного энергообеспечения (предпочтительно в телекоммуникационной отрасли), аварийного энергообеспечения и специального транспорта (погрузчики, службы аэропортов), а также для автономного энергообеспечения объектов с повышенными природоохранными требованиями (заповедники, исторические места), где могут быть применены для использования возобновляемых энергоресурсов. К 2015-2020 гг. перспективный рынок энергоустановок на базе топливных элементов может составить до 7-8 ГВт.

Основными препятствиями на пути внедрения результатов работ являются недостаточная надежность топливных элементов, высокие капитальные

вложения и отсутствие стандартизации и сертификации продукции, в том числе в области водородной безопасности.

Применение металлгидридных систем хранения и очистки водорода вне состава энергоустановок на базе топливных элементов имеет перспективный рынок в системах водородного охлаждения турбогенераторов электростанций. В настоящее время такие турбогенераторы составляют по мощности более 60% всего парка, и повышение чистоты водорода в тракте охлаждения приведет к росту их КПД на 0,1-0,2%, что в масштабах страны может составить прирост в 300 МВт без установки дополнительных мощностей.

3.2. На основе результатов работ начаты научно-исследовательские работы по теме «Разработка научно-технических основ технологии создания металлгидридных блоков очистки водорода для систем водородного охлаждения турбогенераторов» поддержанные Роснаукой (государственный контракт от 14 августа №02.516.11.6150 шифр «2008-6-1.6-10-04-009»).

3.3. Созданный научно-технический задел будет способствовать укреплению лидерства Российской Федерации в области разработки систем твердофазного хранения и очистки водорода, дальнейшее развитие результатов работ позволит повысить эффективность использования энергоресурсов, обеспечить народное хозяйство надежными, компактными и безопасными источниками чистого водорода для различных нужд, будет способствовать развитию экологически чистой энергетики и принятию обществом идей водородной экономики.

#### **4. Выводы**

Работы по теме государственного контракта от 13 июня 2007 г. № 02.516.11.6032 шифр «2007-6-1.6-10-02-006» выполнены в полном объеме и в соответствии с требованиями Технического задания и Календарного плана.

Руководитель работ по проекту

Зав. Лаб. ОИВТ РАН \_\_\_\_\_ С.П. Малышенко

\_\_\_ октября 2008 г.