

Государственный контракт от 8 августа 2007 г. № 02.526.11.6005

на выполнение ОКР по теме «Разработка технологий конверсии углеводородного сырья в водородосодержащий газ и создание мелкосерийного производства компактных генераторов получения водорода»

в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы»

(Приоритетное направление развития науки и техники «Энергетика и энергосбережение», мероприятие 2.6 Программы)

Шифр:	«2007-6-2.6-10-02-001»
Период выполнения	8 августа 2007 г. – 31 октября 2008 года
Исполнитель:	Головной исполнитель - Институт катализа им. Г.К.Борескова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск Соисполнители: ГОУ ВПО «Новосибирский государственный университет» (НГУ). ФГУП Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский Научно-исследовательский институт экспериментальной физики (ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ), г. Саров Нижегородской обл. Производственный кооператив «Научно-Производственная Фирма «Экип» (ПК «НПФ «ЭКИП»), г. Москва
Цель работы	Разработка технологий конверсии углеводородного сырья в водородосодержащий газ и создание мелкосерийного производства компактных генераторов получения водорода.

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

Разработка технологии и организация опытного производства термостабильных и теплопроводных структурированных катализаторов для воздушной конверсии углеводородного сырья в водородосодержащий газ;

Разработка и изготовление опытных образцов компактных генераторов получения водородсодержащего газа производительностью 25 – 50 м³/час, ориентированных на широкие области промышленного применения;

Разработка и мелкосерийное производство бортовых генераторов водородсодержащего газа производительностью 5 – 25 м³/час интегрированных с двигателями внутреннего сгорания на транспортных средствах.

2. Характеристика выполненных работ по созданию продукции

2.1 Основные результаты

Основой для выполнения данного проекта явились разработанные ранее нашим исследовательским коллективом термостабильные и теплопроводные структурированные катализаторы, позволяющие при малых временах контакта проводить воздушную конверсию углеводородного сырья в водородосодержащий газ, а также новые подходы, предложенные по конструкции реакторов - генераторов водородосодержащего газа (ГВГ). Научный задел, полученный авторами к началу выполнения проекта, позволил в самые сжатые сроки успешно достичь конечного результата и заданных в техническом задании требований.

В результате выполнения работы по предыдущим этапам:

Проведены исследования структурированных катализаторов с использованием современных физических методов и испытания каталитической активности опытных образцов в реакции воздушной конверсии углеводородного сырья в водородосодержащий газ. Это позволило впервые разработать Технологический процесс (ТП) приготовления структурированных катализаторов и создать на базе Института катализа СО РАН опытное производство структурированных катализаторов. ТП приготовления структурированных катализаторов на опытном производстве успешно прошел государственные приемочные испытания. Опытное производство оснащено всем необходимым оборудованием и в состоянии производить в год 1000 кг катализаторов регулярной блочной структуры, что полностью обеспечит работу мелкосерийного производства ГВГ до 1500 шт. в год. Нарботанные опытные партии катализаторов для выполнения проекта прошли все необходимые испытания и показали полное соответствие требованиям технического задания. Катализаторы, выполнены в виде плоских и гофрированных лент, имеющих размеры: ширина лент 25-50 мм, длина – до 1.5 - 2 метров, толщина лент не более 1 мм, толщина нанесенного катализатора с каждой стороны лента 0.25 мм, размер гофр находится в интервале от 1.5 до 5 мм и определяется гофрирующим устройством. Удельная поверхность катализатора находится на уровне 1.5-2.5 м²/г, объем пор 0.15-0.25 см³/г;

Разработана конструкторская документация (КД) и по ней изготовлены опытные образцы ГВГ, проведены их стендовые испытания в качестве комплектующих узлов для устройств генерации электроэнергии, для водородных заправок и восстановительных сред в металлургии (производительность ГВГ 25-50 м³/час), проведены стендовые испытания режимов работы опытного образца ГВГ, интегрированного с газовым ДВС производительностью 5-25 м³/час; создано мелкосерийное производство ГВГ производительностью 5-25 и 25-50 м³/час по водородосодержащему газу, оснащенное всем необходимым оборудованием для изготовления до 1500 штук ГВГ в год.

Проведены предварительные испытания ГВГ, полученных в условиях мелкосерийного производства; разработана программа и методики (ПМ) государственных приемочных ис-

пытаний ГВГ, полученных в условиях мелкосерийного производства и проведены государственные приемочные испытания ГВГ, полученных в условиях мелкосерийного производства. Изготовлены опытные образцы ГВГ производительностью 5-25 м³/час для их установки на транспортное средство (ТС), разработана КД на установку опытного образца ГВГ производительностью 5-25 м³/час на ТС для проведения согласно разработанной ПМ стендовых испытаний.

Проведенные работы позволили впервые в мире установить опытные образцы ГВГ производительностью 5-25 м³/час на ТС и провести стендовые испытания автомобиля, оснащенного ГВГ. В результате были оптимизированы режимы, определены эффективность и токсичность работы транспортного средства в условиях, приближенных к городскому циклу. Проведенные испытания ГВГ подтвердили соответствие требованиям технического задания по достижению норм экологичности по СО и NO_x на уровне норм, близких к Евро-4, возможность устойчивой работы двигателя на разбавленных смесях в 1.7 раза выше стехиометрических, а также снижение расхода природного газа до 16%. Полученные характеристики существенно превосходят результаты существующих разработок на основе использования гайтана (баллонной смеси водорода с метаном) в особенности за счет варьирования подаваемого в двигатель состава газа и оптимизации динамических характеристик системы в целом.

Проведены дорожные испытания ТС (автомобиль «Соболь» с газовым двигателем ЗМЗ-49522.10), оборудованного ГВГ, в условиях реальной эксплуатации. Дорожные испытания были проведены в автопробеге «Голубой коридор», организованном и профинансированном ОАО «Газпром» по маршруту Великий Новгород - Санкт-Петербург - В. Новгород - Тверь-Москва – Московская область. Общая протяженность маршрута из г. Рыбинска Ярославской области до места старта пробега и обратно составила 2235 км. Хотя во время пробега были обнаружены и частично устранены некоторые технические проблемы, автомобиль «Соболь» с газовым двигателем ЗМЗ-49522.10 и встроенным ГВГ, успешно прошел пробег «Голубой коридор» и показал не только снижение эксплуатационного расхода топлива на 16%, но также и значительное снижение токсичных выбросов в выхлопных газах двигателя (СО в 16 раз, NO_x в 14 раз, и СО₂, создающего парниковый эффект).

Таким образом, полученные по дорожным испытаниям результаты подтвердили возможность достижения опытными образцами ГВГ заданных в техническом задании технических параметров и значений по производительности, составу водородсодержащего газа, времени запуска и массогабаритных характеристик, а также значений эффективности и токсичности работы транспортного средства, оснащенного ГВГ. Полученные результаты существенно превосходят существующие в мире технологии совместного использования метана и синтез-газа в двигателях внутреннего сгорания и являются прорывными в области энергети-

ки и энергосбережения. Применение бортовых ГВГ на транспортных средствах в условиях городского цикла обеспечит экономию топлива до 20%.

2.2 Получены охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД):

1. Патент № 2381064 «Способ приготовления катализатора и способ очистки газовых смесей от оксида углерода», опубликовано 10.02.2010 г., РФ.

2. Патент № 2356628 «Катализатор, способ его приготовления и способ получения синтез-газа из биодизельного топлива», опубликовано 27.05.2009 г., РФ.

2.3 По результатам работы опубликовано 13 статей в ведущих отечественных и зарубежных изданиях, защищена 1 диссертация на соискание кандидата химических наук, разработаны 3 технологии, соответствующие мировому уровню.

2.4 Полученные по государственному контракту результаты были представлены на следующих российских и международных конференциях и выставках:

- Семинаре и выставке «Сотрудничество в области энергетических технологий: глобальные вызовы и согласованные действия» 30 сентября - 1 октября 2008 Москва, Всероссийский выставочный центр, павильон 55 («Электрификация») Организаторы: Федеральное агентство по науке и инновациям (Роснаука) Международное энергетическое агентство (МЭА).

- Заседании секции №5 НТС ОАО «Газпром» «Распределение и использование газа», проведенной в г. Сочи 21-23 мая 2008г., по теме «Газификация транспорта Сочинского узла». Доклад «Получение водородосодержащего газа на борту и использование его в ДВС».

- 2-ой международной научно-практической конференции «Газ в моторах – 2008», проведенной в ОАО «ВНИИГАЗ», и 6-ой ежегодной выставке GasSuf-2008 Москва, 21-22 сентября 2008 . Доклад «Разработка высокоэффективной технологии повышения экономических и экологических характеристик ДВС и устройства для ее реализации».

- Hannover Fare, Exhibition “Hydrogen and Fuel Cells” April 19-26, 2008.

- Презентации автомобиля «Соболь» с встроенным ГВГ перед участниками Межправительственной Комиссии стран учредителей Международного Научно-технического Центра. г. Москва, 26 сентября 2008.

- XVIII International Conference on Chemical Reactors CHEMREACTOR – 18. September 29-October 3, 2008, Malta. На конференции было представлено 5 докладов.

- 18 – ом совместном заседании Комиссий Правительства Российской Федерации и НП «Российское газовое общество» по использованию природного и сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива г. Кисловодск, 20-22 октября 2008 г. ОАО «Газпром», Администрация Ставропольского края, ООО «Газпромтрансгаз Ставрополь».

3. Области и масштабы использования полученных результатов

Разработанные в рамках контракта ГВГ производительностью 5÷25 и 25-50 м³/час являются компактными, благодаря чему они имеют возможность размещения в различных транспортных средствах, в том числе и легковых автомобилях. Для ГВГ производительностью 5-25 м³/час объем катализатора составляет 2 литра при общем объеме генератора 8 литров, для ГВГ производительности 25-50 м³/час загрузка катализатора составляет 4 литра, а объем ГВГ - 16 литров. Опытные образцы ГВГ производительностью 5÷25 и 25-50 м³/час успешно прошли предварительные и государственные испытания, а ГВГ производительностью 5÷25 м³/час - дорожные испытания в составе транспортного средства (ТС).

ГВГ в качестве коммерческих продуктов смогут найти широкое применение в составе ДВС для повышения топливной экономичности и снижения токсических выбросов, устройств генерации электроэнергии в автономной энергетике, для водородных заправок и восстановительных сред в металлургии.

Таким образом, выполнена основная цель проекта - разработана технология конверсии углеводородного сырья в водородосодержащий газ и создано мелкосерийное производство компактных генераторов получения водорода. Следующий логичный шаг связан с созданием промышленного производства разработанных устройств и практическим применением их в различных отраслях экономики.

Оценка масштабов применения полученных результатов, приведенная в бизнес плане, являющегося Приложением к настоящему отчету, указывает на следующие перспективы применения полученных результатов:

- Бортовые генераторы водородсодержащего газа для транспортных средств – 100 000 штук в год. Наиболее перспективными областями применения ГВГ на транспортных средствах могут быть: низкопольный автобус на 30 пассажиров (ПАЗ или КУРГАН), такси на базе новой Волги (Сайбр), коммунальный городской грузовичок типа СОБОЛЬ или МУКСУС. В настоящее время авторы проекта подготовили ряд предложений для ОАО «Газпром», как организации, ответственной за транспорт на олимпийских играх «Сочи 2014», о широкомасштабном применении разработанной технологии для создания экологически чистого транспорта для олимпиады. Предложения находятся в стадии обсуждений.
- Генераторы получения водородсодержащего газа для металлургических предприятий -100 штук в год.
- Мобильные установки для водородных заправок – 50 штук в год.

В процессе выполнения проекта были найдены и новые области применения полученных результатов:

- Использование синтез газа, как восстановителя оксидов азота в выхлопных газах транспортных средств.
- Использование синтез газа, как источника углерода при цианировании металлических поверхностей в машиностроении. Основной потребитель данной разработки - машиностроительные предприятия России.
- Использование разработанной технологии для переработки попутных и факельных газов с целью дальнейшего их использования в качестве нормализованного топлива в виде синтез газа в автономных электрогенераторах

Проведенные испытания ГВГ в этих новых областях их применения показали положительные результаты.

4. Выводы

В результате выполнения работ по государственному контракту решены все поставленные задачи, в частности:

– Выполнен весь цикл работ по созданию мелкосерийное производство генераторов водородсодержащего газа, проведены предварительные и государственные приемочные испытания мелкосерийного производства.

– Опытные образцы ГВГ, изготовленные на этом производстве, полностью соответствуют требованиям, заданным в техническом задании, и, будучи установлены на транспортное средство, обеспечивают снижение эксплуатационного расхода топлива и значительное снижение токсичных выбросов в выхлопных газах двигателя.

– Проведены стендовые и дорожные испытания ТС (автомобиль «Соболь» с газовым двигателем ЗМЗ-49522.10), оборудованного ГВГ, в условиях реальной эксплуатации, которые показали не только снижение эксплуатационного расхода топлива на 16%, но также и значительное снижение токсичных выбросов в выхлопных газах двигателя (СО в 16 раз, NO_x в 14 раз, и СО₂, создающего парниковый эффект).

– Подготовлен бизнес - план и оценены перспективы применения полученных результатов.

Руководитель работ по проекту
Зав. лаб., д-р. техн. наук, проф.
В.А. Кириллов
2008 г.