

**Резюме проекта (ОКР), выполняемого в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 – 2013 годы»**

ИТОВОЕ

Номер контракта: 16.526.12.6002

Тема: Разработка экологически чистой транспортной комбинированной энергоустановки с высокой удельной энергоемкостью на основе воздушно-алюминиевого электрохимического генератора

Приоритетное направление: Энергетика и энергосбережение

Критическая технология: Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем

Период выполнения: 10 мая 2011 – 20 апреля 2013 гг.

Плановое финансирование проекта: 261 млн. руб.

Бюджетные средства - 135 млн. руб.

Внебюджетные средства - 126 млн. руб.

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук

Ключевые слова: воздушно-алюминиевый электрохимический генератор, топливный элемент, электрическое транспортное средство, энергетическая установка, суперконденсатор, рекуперация, аккумуляторная батарея, электропривод.

1. Цель исследования, разработки

Целью выполнения работы является создание типоряда комбинированных транспортных энергоустановок (КТЭУ) для городских электромобилей с удельной энергоемкостью 140 и 250 Вт·ч/кг на основе воздушно-алюминиевого электрохимического генератора (ВА ЭХГ).

2. Основные результаты этапа проекта

При выполнении контракта были выполнены следующие работы:

1) Разработан эскизный проект комбинированных транспортных энергоустановок КТЭУ-20 энергоемкостью 20 кВт*ч и КТЭУ-40 энергоемкостью 46 кВт*ч.

2) Проведены патентные исследования основного элемента установки – воздушно-алюминиевому электрохимическому генератору (ВА ЭХГ).

3) По разработанным КД изготовили и провели пуско-наладку шести испытательных стендов: - стенд отработки ПО микроконтроллеров; - стенд-имитатор транспортного средства СИТС; - стенд (блок) перезарядки ВА ЭХГ; - стенд контроля качества анодов; - стенд контроля качества катодов; - стенд совместных электрохимических испытаний анодов и катодов.

4) Разработана документация (эскизный проект, исходные и выполняющие модули программ, программа и методики (ПМ) испытаний), и испытано программное обеспечение (ПО) системы управления КТЭУ.

5) По выбранным структурным схемам КТЭУ-20, КТЭУ-40 разработан технический проект энергоустановок, соответствующий требованиям ТЗ. Определен вариант конструктивного исполнения ВА ЭХГ – сплит-система, в которой воздушно-алюминиевые батареи выполнены в виде автономных конструктивных узлов.

6) Разработана рабочая конструкторская документация (РКД) на КТЭУ. При разработке РКД было учтено, что применение литий-ионных аккумуляторных батарей и суперконденсатора с органическим электролитом позволило увеличить практически в 2 раза удельные характеристики КТЭУ-40 по сравнению с КТЭУ-20 (удельная энергоемкость возросла со 144 до 254 Вт*ч/кг, а удельная мощность увеличилась с 294 до 566 Вт/кг, что подтверждено результатами приемочных испытаний) без существенного увеличения массогабаритных параметров КТЭУ-40.

7) По разработанным технологическим процессам создана технологическая документация (ТД) на изготовление опытных образцов КТЭУ-20 и КТЭУ-40, включающая

маршрутные карты сборки энергоустановок и их отдельных компонентов, технологические регламенты изготовления элементов ВА ЭХГ и КТЭУ.

8) Разработаны проекты технических условий (ТУ) и эксплуатационной документации (ЭД) в составе: - техническое описание (ТО); - руководство по эксплуатации (РЭ); - паспорт (ПС).

При подготовке проектов ТО и РЭ были разработаны схемы и рисунки систем и элементов КТЭУ, поясняющих принципы функционирования энергоустановок, технологию перезарядки ВА ЭХГ сменными анодами, места и способы обслуживания КТЭУ. Разработанная эксплуатационная документация выполнена в соответствии с ТЗ, и позволяет подготовить обслуживающий персонал для работы с энергоустановками КТЭУ-20 и КТЭУ-40.

9) Изготовлены опытные образцы КТЭУ-20 и КТЭУ-40 (по 2 экземпляра каждого) из приобретенных комплектующих и расходных материалов на базе опытного производства ОИВТ РАН. Элементы КТЭУ смонтированы на мобильных технологических рамах, что позволяет оперативно перемещать испытываемые опытные образцы КТЭУ между испытательными стендами.

10) По разработанной программе и методикам (ПМ) испытаний проведены предварительные испытания опытных образцов КТЭУ-20 и КТЭУ-40, в процессе которых измерялись основные показатели назначения: энергоёмкость, мощность, удельная энергоёмкость, пробег ТС эквивалентный уровень шума, масса, объем.

11) По результатам предварительных испытаний опытных образцов КТЭУ-20 и КТЭУ-40 была проведена корректировка РКД и ЭД, и доработаны опытные образцы КТЭУ: топливные элементы, блоки, радиаторы и баки ВА ЭХГ.

12) Разработана и согласована с Заказчиком ПМ приемочных испытаний опытных образцов КТЭУ-20 и КТЭУ-40. В состав ПМ вошли шесть методик, две из которых разработаны в ОИВТ РАН, а четыре являются стандартизированными.

13) Проведены маркетинговые исследования рынка комбинированных транспортных энергоустановок, показывающие, что востребованный годовой объем выпуска разработанной продукции составляет примерно 2500 шт/год.

Разработанный бизнес-план показал высокую эффективность инвестиционного проекта: срок окупаемости инвестиций – 4 года, внутренняя норма доходности – 16 %.

Разработаны алгоритмы подготовки опытного производства для изготовления КТЭУ, для чего разработана функциональная модель подготовки опытно-промышленного производства для изготовления КТЭУ. В модели рассмотрены вопросы конструкторской, технологической и организационной подготовки опытно-промышленного производства.

14) Проведена подготовка экспериментальной базы и испытательных стендов к проведению приемочных испытаний опытных образцов КТЭУ-20 и КТЭУ-40, включающая выполнение следующих работ:

- подготовка к проведению испытаний на стойкость к механическим воздействиям;
- подготовка площадки для проверки массы опытных образцов КТЭУ, проверки наличия выбросов вредных веществ, и эквивалентного уровня шума;
- подготовка помещения для организации диспетчерского пункта приема телеметрических сигналов от опытных образцов КТЭУ;
- изготовление и монтаж защитных экранов на опытные образцы КТЭУ и стенд СИТС;

- проверка готовности измерительного оборудования к проведению приемочных испытаний для проверки показателей назначения;
- разработка и монтаж стенда для проведения гидравлических испытаний системы подачи электролита ВА ЭХГ опытных образцов КТЭУ-20 и КТЭУ-40.

15) В соответствии с планами-графиками, разработанными на шестом этапе, с 11 по 20 марта 2013 в ОИВТ РАН проведены приемочные испытания опытных образцов КТЭУ-20 и КТЭУ-40. Параметры КТЭУ, достигнутые при проведении приемочных испытаний, полностью соответствуют показателям, заданным по ТЗ: при заданных значениях энергоёмкости для КТЭУ-20/КТЭУ-40 20000/46000 Вт*ч, измеренные значения составили 21193,4/47769,4 Вт*ч соответственно, а при заданном пробеге ТС, оснащенного КТЭУ-

20/КТЭУ-40 200 км, измеренное значение пробега для КТЭУ-20 составило 225,5 км, а для КТЭУ-40 283,3 км.

В целом, работы по контракту выполнены на высоком научно-техническом уровне, в полном объеме, в установленные сроки, в строгом соответствии с Техническим заданием. Содержание работ соответствует Календарному плану выполнения работ. Отчет готов для представления в Министерство образования и науки Российской Федерации.

Достигнутые при выполнении работ по контракту положительные научно-технические результаты работы позволяют заключить, что контракт успешно выполнен и должен быть переведен в стадию коммерциализации.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования, разработки

При выполнении шестого этапа контракта поданы заявки на 2 патента:

1) полезная модель, заявка № 2013109008 от 28.02.2013 «Устройство для быстрой установки метало-воздушных источников тока», РФ.

2) полезная модель, заявка № 2013109009 от 28.02.2013 «Устройство для быстрой коммутации топливных элементов в батарее топливных элементов», РФ.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Проект направлен на создание энергетических установок для городских автомобилей малого и среднего класса на основе воздушно-алюминиевых электрохимических генераторов – экологически чистых источников энергии, обеспечивающих нулевые выбросы вредных веществ. Использование транспортных средств, оснащенных подобными источниками энергии, в больших городах, заповедниках и курортных зонах, позволит уже в самом ближайшем будущем снизить общую экологическую нагрузку на вышеозначенные объекты. Использование ВА ЭХГ в качестве источника энергии транспортных энергоустановок позволяет решить одну из основных проблем электротранспорта – увеличение запаса хода (не менее 200 км при городском цикле ЕСЕ-15). В сфере малотоннажных городских перевозок электротранспорт на основе ВА ЭХГ уже сейчас может быть с экономической точки зрения не менее эффективен, чем автомобили с ДВС и гибридные автомобили.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

В результате выполнения проекта созданы опытные образцы экологически чистых транспортных комбинированных энергетических установок КТЭУ-20 и КТЭУ-40 для городских транспортных средств различного назначения, не уступающие по основным технико-экономическим характеристикам ДВС, но радикально отличающиеся от последних по экологическим характеристикам, используемому энергоносителю, отсутствием выбросов, загрязняющих окружающую среду. При этом стоимость километра пробега электромобиля с КТЭУ на основе ВА ЭХГ при замкнутом цикле использования алюминия в качестве энергоносителя будет соизмеримой со стоимостью пробега на углеводородном топливе. Полные затраты на 100 км пробега для электромобиля с ВА ЭХГ составляют 9,5 \$, для Ford Focus с дизельным двигателем – 10,1 \$.

Энергоустановки на основе ВА ЭХГ отличаются высокой, относительно разработанных к настоящему времени химических источников тока, удельной энергоемкостью. Так, энергоемкость ВА ЭХГ составляет 17 кВт·ч, и при весе 60 кг его удельная энергоемкость составляет 283 Вт·ч/кг. Для сравнения – лучшие образцы литий-ионных аккумуляторов имеют 90-150 Вт·ч/кг, свинцово-кислотных 30-35 Вт·ч/кг. Высокие удельные параметры определяют потребительские свойства ВА ЭХГ и обеспечивают конкурентоспособность.

Безопасные, дешевые и удобные в эксплуатации ВА ЭХГ смогут составить реальную конкуренцию как электромобилям с литий-ионными аккумуляторами, так и транспортным средствам, оснащенным воздушно-водородными ЭХГ.

Новизной данного проекта является применение ВА ЭХГ для городского электротранспорта малого и среднего класса. Разрабатываемые комбинированные транспортные энергоустановки не имеют мировых аналогов.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

В ближайшей перспективе представляется возможным коммерциализация результатов ОКР путем выпуска опытных серий транспортных средств с КТЭУ на основе ВА ЭХГ. В случае успешного развития программы возможна передача производства на крупные автомобилестроительные заводы.

В перспективе транспортные средства с ВА ЭХГ смогут занять значительную нишу в классе городских транспортных средств. Учитывая, что только в России зарегистрировано около 38 млн. транспортных средств, и оценивая возможную долю рынка новой технологии величиной 2 %, предлагаемыми КТЭУ могут быть оборудованы около 1 млн. электромобилей.

Ведутся переговоры с группой компаний RENAULT-NISSAN на предмет коммерциализации разработок, полученных в рамках выполнения работ по Госконтракту (в частности – об оснащении ВА ЭХГ некоторых серийно выпускаемых электромобилей).

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук

Заместитель директора ОИВТ РАН



В.А. Зейгарник

Заместитель директора ОИВТ РАН

М.П.



А.З. Жук