

**Резюме проекта (НИР), выполняемого
в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-
технологического комплекса России на 2007 – 2013 годы»
по этапу №3**

Номер контракта: 16.516.11.6135

Тема: Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований в области создания энергоэффективных компактных источников тока мощностью не менее 50 Вт на основе твердополимерных топливных элементов

Приоритетное направление: Энергоэффективность

Критическая технология: Технологии водородной энергетики

Период выполнения: 22.09.11-16.08.12

Плановое финансирование проекта: 17,5 млн. руб.

Бюджетные средства - 14 млн. руб.,

Внебюджетные средства - 3.5 млн. руб.

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

Ключевые слова: компактные источники тока, 50 Вт, высокая удельная энергоемкость, высокоэффективные катализаторы, топливные элементы, мембранно-электродные блоки, методы формирования каталитических слоев, электрические характеристики МЭБ и КИТ, каталитические слои, углеродные нанотрубки, функционализация, каталитические чернила, эффективность катализа, водородная энергетика

1. Цель исследования, разработки

1.1. Формулировка задачи/проблемы, на решение которой направлен реализуемый проект.

Развитие научно-технологического потенциала Российской Федерации в целях реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

1.2. Формулировка цели реализуемого проекта.

Разработка экспериментальных образцов компактных источников тока мощностью не менее 50 Вт с высокой удельной энергоемкостью на основе твердополимерных топливных элементов с новыми высокоэффективными композитными катализаторами.

Проект направлен на развитие энергоэффективных технологий за счет разработки компактных источников тока на основе твердополимерных топливных элементов, с целью создания предпосылок перевода энергетики страны на технологии водородной энергетики, увеличение экспортного потенциала и улучшения экологической обстановки, развитие научно-технологического потенциала Российской Федерации в целях реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

2. Основные результаты проекта

1) Краткое описание основных полученных результатов (основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности).

1. Проведено обобщение и оценка полученных результатов, в том числе:

— Выполнено обобщение результатов исследований.

В результате выполнения НИР был создан ряд инновационных технических решений в области создания катализатора с повышенной эффективностью катализа и разработки эффективной конструкции МЭБ и КИТ. Эти технические решения, позволили разработать экспериментальные образцы компактных источников тока мощностью не менее 50 Вт с высокой удельной энергоемкостью на основе твердополимерных топливных элементов с новыми высокоэффективными композитными катализаторами.

— Проведено сопоставление анализа научно-информационных источников и результатов теоретических и экспериментальных исследований.

В течение НИР было проведено экспериментальное исследование и анализ основных физико-химических процессов, существенных для построения моделей, описывающих работу мембранно-электродных блоков воздушно-водородных топливных элементов и компактных источников тока. Предложена модель МЭБ, самосогласованно учитывающая как взаимосвязь процессов переноса протонов и молекул воды в полимерных электrolитных мембранах, так и влияние микроструктуры каталитических слоев на перенос тепла и влаги. Расчеты, проведенные с помощью этой модели, позволили проанализировать влияние микроструктуры и свойств используемых материалов на характеристики МЭБ и КИТ.

— Оценена эффективность полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем.

Разработанный и изготовленный в ФТИ композитный катализатор соответствует современному научно-техническому уровню. Разработанный и изготовленный в ФТИ компактный источник тока с характеристиками согласно техническому заданию, соответствует современному научно-техническому уровню.

— Проанализировано выполнение требований технического задания на НИР.

Проведен сопоставительный анализ результатов, полученных в процессе НИР и требований технического задания на НИР. Показано полное соответствие работ и полученных результатов требованиям технического задания.

— Оценена полнота решения задач и достижения поставленных целей НИР.

Оценка полноты решения задач и достижения поставленных целей НИР показала, что выполненные работы и полученные результаты имеют полное соответствие с требованиями технического задания.

Все задачи НИР полностью решены. Поставленная цель: разработка экспериментальных образцов компактных источников тока мощностью не менее 50 Вт с высокой удельной энергоемкостью на основе твердополимерных топливных элементов с новыми высокоэффективными композитными катализаторами достигнута.

2. Разработаны рекомендации по использованию результатов проведенных НИР в реальном секторе экономики, а также в дальнейших исследованиях и разработках, в том числе:

— Проведена технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов.

Достигнутые значения основных параметров соответствуют, а зачастую превышают значения технического задания.

Оценка ожидаемого экономического эффекта от внедрения полученных результатов в экономику путем замещения литий-ионных аккумуляторов показала экономическую эффективность такого замещения.

— Разработаны рекомендации и предложения по использованию результатов проведенных НИР в реальном секторе экономики.

Включают два основных направления использования: в научно-образовательных центрах и в промышленности при разработке и создании производства компактных источников тока на основе твердополимерных топливных элементов.

Наиболее эффективный путь внедрения источников тока на основе твердополимерных топливных элементов заключается в частичном замещении существующего рынка литий-ионных аккумуляторов.

— Разработан проект технического задания на ОКР.

— Разработан бизнес-план.

3. Проведены дополнительные патентные исследования.

4. Разработан заключительный отчет о НИР.

5. Проведены маркетинговые исследования.

В процессе выполнения НИР по Госконтракту были разработаны и скорректированы конструкции МЭБ и КИТ номинальной мощностью не менее 50 Вт, были проведены исследовательские испытания составляющих частей МЭБ и КИТ.

К выполнению НИР на третьем этапе привлечено 2 новых молодых специалиста в возрасте до 35 лет. В результате научно-исследовательской работы опубликована 1 статья, принято в печать 2 статьи. Подана заявка на патент «Топливный элемент и батарея топливных элементов». Защищены две диссертации.

Всего при проведении НИР по Госконтракту (1-3 этапы): привлечено 12 молодых специалистов в возрасте до 35 лет. В результате научно-исследовательской работы опубликовано и принято к печати 7 научных работ. Поданы две заявки на патент, защищены 4 диссертации. Создано два новых рабочих места.

2) Основные характеристики созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции.

Разработанный при выполнении НИР катализатор системы Pt/C–ФМСУНТ, среди исследованных образцов, обладает наивысшей каталитической активностью, оцененной по плотности кинетического тока электродного восстановления молекулярного кислорода. Для выбранного катализатора плотность кинетического тока составила 0.40 mA/cm^2 (Pt), что в два раза больше, чем у коммерческого катализатора типа E-ТЕК.

Разработаны и изготовлены 2 экспериментальных образца компактных источников тока на основе твердополимерных топливных элементов с новыми высокоэффективными композитными катализаторами: КИТ №01, КИТ №02. Для интервала температур 10-40 С их мощность находилась в диапазонах: КИТ № 01 – 52.3-53.3 Вт и КИТ № 02 – 52.4 – 53.5 Вт. Удельная массовая энергоёмкость составила: 152.8 и 152.8 Вт*ч/кг. Удельная объемная энергоёмкость составила: 356 и 357 Вт*ч/л.

Объекты испытания КИТ №01, КИТ №02 выдержали испытание по пунктам № 4.4.1 - № 4.4.11 программы- методики испытаний и объекты испытания КИТ №01, КИТ №02 соответствуют техническим требованиям пункта № 6.1.1 технического задания.

3) Оценка элементов новизны научных (конструкторских, технологических) решений.

В качестве эффективного катализатора выбран разработанный Исполнителем композитный катализатор Pt/C + ФМСУНТ с использованием предварительно функционализированных углеродных нанотрубок. Используются оригинальные подходы при разработке конструкции МЭБ и КИТ, направленные на минимизацию массогабаритных параметров, увеличение удельной энергоёмкости, и увеличение долговременности работы.

Для обеспечения стабильности работы КИТ использована специальная поджигающая прокладка.

4) Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень.

Разработанный при выполнении НИР катализатор системы Pt/C–ФМСУНТ, среди исследованных образцов, обладает наивысшей каталитической активностью, оцененной по плотности кинетического тока электродного восстановления молекулярного кислорода. Для выбранного катализатора плотность кинетического тока составила 0.40 mA/cm^2 (Pt), что в два раза больше, чем у коммерческого катализатора типа E-ТЕК.

Разработана лабораторная технология формирования каталитических слоев мембранно-электродного блока для источника тока. Технология основана на методе пульверизации спиртовых дисперсий катализатора на поверхность протонпроводящей мембраны типа Nafion. Метод был адаптирован для получения каталитических слоев равномерной толщины и требуемой площади слоя равной $10-12 \text{ cm}^2$. Проведена оптимизация катодного каталитического слоя на основе нанокompозита системы Pt/C–ФМСУНТ. Оптимизированный катодный каталитический слой показал большую чем в 4 раза эффективность использования платины.

Удельная электрическая мощность мембранно-электродных блоков при напряжении 0.65 В в стационарном режиме, после 1 часа работы в случае естественной конвекции воздуха составила $98-105 \text{ мВт/см}^2$. В случае принудительной конвекции воздуха составила $171-186 \text{ мВт/см}^2$. Эти показатели удельной мощности (при загрузке платины на катоде не превышающей 0.3 мг/см^2) находятся на уровне мировых достижений таких компаний как Udomi (150 мВт/см^2), Fuel Cell Store, Ink (200 мВт/см^2), Ion Power System, Ink (около 400

мВт/см², но при 80 °С) и др. Достигнутая же эффективность катализа (использования платины) существенно, в 3-5 раз, превышает значения для коммерческого катализатора типа Е-ТЕК. По объемной удельной энергоёмкости (356-357 Вт*ч/л) разрабатываемый КИТ находится на уровне, а по массовой удельной энергоёмкости (152.8 Вт*ч/кг) превышает достижения мировых лидеров в предметной области.

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

Андроников Д.А., Зеленина Н.К., Терукова Е.Е., Томасов А.А.. Способ активации мембранно-электродного блока. Заявка № 2012107563 от 28.02.2012.

Нечитайлов А.А., Глебова Н.В., Кошкина Д.В. Топливный элемент и батарея топливных элементов. Заявка № 2012115647 от 19.04.2012

4. Назначение и область применения результатов проекта

1) Описание областей применения полученных результатов (области науки и техники; отрасли промышленности и социальной сферы, в которых могут или уже используются полученные результаты или созданная на их основе инновационная продукция).

Результаты проведенных НИР могут быть использованы для проведения опытно-конструкторских работ, направленных на создание воздушно-водородных КИТ средней мощности.

2) Описание практического внедрения полученных результатов или перспектив их использования.

Результаты НИР могут быть востребованы разработчиками и производителями КИТ на основе ТПТЭ, такими как Уральский электрохимический комбинат (г. Новоуральск, Свердловская область), ФГУП «ЦНИИ СЭТ» (г. Санкт-Петербург), РКК «Энергия», ОИВТ РАН.

3) Оценку или прогноз влияния полученных результатов на развитие научно-технических и технологических направлений; разработку новых технических решений; на изменение структуры производства и потребления товаров и услуг в соответствующих секторах рынка и социальной сферы.

В дальнейшем на базе полученных результатов НИР планируется выполнение ОКР по изготовлению промышленных образцов КИТ. Это позволит создать производство компактных источников тока на основе энергоэффективных топливных элементов. В результате такого производства КИТ на основе ТПТЭ произойдет реструктуризация рынка источников питания для электроники бытового и специального назначения в пользу энергоэффективных устройств. Ожидается, что технические решения, полученные в процессе выполнения НИР, будут востребованы фирмами-разработчиками аналогичных устройств.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

1) Описание ожидаемых социально-экономических и др. эффектов от использования товаров и услуг, созданных на основе полученных результатов (повышение производительности труда, снижение материало- и энергоёмкости производства, уменьшение отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду, снижение риска смертности, повышение качества жизни и т.п.)

Результаты работы должны обеспечить развитие отечественных энергоэффективных технологий, снижение экологического риска, а также повышение экспортного потенциала нашей страны в области водородной энергетики, создание экспериментальной базы для последующей подготовки молодых специалистов в области водородной энергетики.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

1) Существующие или возможные формы коммерциализации полученных результатов: организация производства продукции и/или оказание услуг, в том числе с образованием нового юридического лица или без него; заключение лицензионных договоров, заключение договоров уступки прав на РИД, либо указать: «Коммерциализация проектом не предусмотрена».

Результаты проведенных НИР могут быть использованы для проведения опытно-конструкторских работ, направленных на создание воздушно-водородных КИТ средней мощности и организации их производства.

2) Описание видов новой и усовершенствованной продукции (услуги), которые могут быть созданы или уже созданы на основе полученных результатов интеллектуальной деятельности (РИД); предполагаемые или фактические рынки сбыта (с указанием сегмента, емкости и доли рынка и прогноза развития рынков сбыта на 5 лет), прогнозируемые или фактические объемы продаж на внутреннем и внешнем рынках, предполагаемые сроки окупаемости.

Результаты работы ориентированы на создание высокоэффективных источников тока для питания широкой номенклатуры портативной электронной техники бытового и специального назначения. Предполагаем рынком сбыта может стать часть рынка источников тока, принадлежащая в данное время литиевым аккумуляторам. Предполагается, что по мере совершенствования технологии КИТ на основе ТПТЭ и снижения их себестоимости будет происходить расширение рынка сбыта по механизму замещения части других источников тока на основе никель-кадмиевых, литиевых, никель-металлогидридных аккумуляторов и части источников тока на основе щелочных электрохимических элементов.



Директор ФТИ им. А.Ф. Иоффе
чл.-корр. РАН

Руководитель работ
по контракту, ис

М.П.

А.Г. Забродский

А.А. Нечитайлов