

## ОТЗЫВ

официального оппонента Смирнова С.Е.

на диссертационную работу Пушкина Константина Валерьевича на тему: «Автономные электрохимические энергоустановки летательных аппаратов с алюминием в качестве энергоносителя», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

К энергетическим установкам различных летательных аппаратов предъявляются специальные требования по надежности, массе, объему, стабильности характеристик, устойчивости в невесомости, к вибрационным нагрузкам и работе в переходных режимах. Кроме этого, для них должно быть характерно отсутствие шума, вредных выбросов и загрязнений. В качестве автономных источников тока для летательных аппаратов, импульсных установок и роботизированных комплексов используются различные типы ХИТ. Выпускаемые в настоящее время аккумуляторы с водными электролитами имеют низкую удельную энергию и содержат высокотоксичные материалы (свинец, кадмий), поэтому ведутся разработки новых аккумуляторов, таких как литиевый с апротонными диполярными растворителями. По сравнению с традиционными ХИТ он обладает более высоким напряжением (3 В вместо 1,5 В), широким температурным интервалом эксплуатации (-50 С...+100 С), длительным сроком хранения (до ~15 лет). Его удельная энергия существенно превосходит удельную энергию лучших традиционных систем. Однако существующие литиевые аккумуляторы достаточно дороги и взрывопожароопасны. ХИТ с алюминием в качестве анода занимают особое место, так как обладают высокой теоретической удельной энергией, доступностью, низкой стоимостью, безопасностью и экологичностью. Для летательных аппаратов перспективно использование таких ХИТ в составе комбинированной

энерго- установки в паре кислородно-водородными топливными элементами. Проблемы ХИТ с алюминиевым анодом в настоящее время решаются путем совершенствования технологии и разработки новых материалов, применение которых позволяет существенно повысить энергетические и ресурсные параметры. Поставленные в работе задачи разработки высокоэффективных электродных материалов и электролитов, оптимизации их структурных и электрохимических параметров, безусловно, являются актуальными.

Представленная диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 190 наименований. Работа изложена на 188 страницах, содержит 73 рисунка и 10 таблиц.

Во введении автором обоснована актуальность темы, охарактеризовано направление исследования, определены его цели и задачи. Первая глава представляет собой обзор литературы и состоит из четырех разделов. Во второй главе описаны методы экспериментального исследования, использованное оборудование и методика обработки экспериментальных результатов. Третья глава диссертации посвящена исследованию электрохимических характеристик анодных материалов. В четвертой главе представлены результаты исследования электрохимических характеристик катодов. Пятая глава диссертационной работы посвящена расчётным оценкам энергомассовых характеристик энергоустановок с алюминием в качестве энергоносителя. В заключении сформулированы основные результаты выполненных исследований.

Научная новизна работы несомненна и определяется тремя основными положениями:

- разработан способ плазменного нанесения на подложку катода каталитического покрытия на основе MoS<sub>2</sub>;

– показано, что для гидронного химического источника тока оптимальной электрохимической системой является: анод- алюминий А995, катод- никель (Н-0), электролит - 4М КОН + 0,08М тартрат-ион + ".

– установлена нецелесообразность введения в щелочной электролит гидронного ХИТ в качестве ингибитора коррозии неорганического станнат-иона, а также металлов-активаторов (In, Zn) в используемый анодный сплав алюминия.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработаны и прошли апробацию электроды и электролиты ХИТ на основе алюминия, использование которых позволяет улучшить энергетические параметры существующих аналогов.

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, определяется тем, что автор при ее выполнении применил современные методы экспериментальных исследований с использованием сертифицированного оборудования, а также сопоставлением полученных данных с результатами практической апробации и реализации предложенных электродов и электролитов.

Несмотря на очевидные достоинства рецензируемой диссертации, считаю необходимым сделать следующие замечания:

1. Одним из основных требований к работе источника тока является его стабильность в широком температурном интервале. Следовало бы расширить температурный интервал исследования характеристик электродов: в работе приведены данные только при одной температуре.
2. В диссертации приведены поляризационные характеристики электродов, которые автор почему-то называет ВАХ, но полностью отсутствуют разрядные. Хотя все расчеты ХИТ и энергоустановок на их основе проводят с учетом именно разрядных характеристик.

3. При проведении коррозионных исследований диссертант выбрал добавки органических веществ: 0,06М ацетат-иона; 0,06М оксалат-иона; 0,01М и 0,015М бензоат-иона; 0,07М тартрат-иона, 0,01М цитрат-иона. Однако обоснование почему выбраны конкретные концентрации, а не их диапазон в работе отсутствует.

Диссертация полностью соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Пушкин Константин Валерьевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Доктор технических наук, профессор  
профессор каф. химии и электрохими-  
ческой энергетики НИУ «МЭИ»  
111250, Москва, Красноказарменная, 14  
495-362-75-19, SmirnovSY@mpei.ru

Смирнов Сергей Евгеньевич

*Смирнов*  
20.10.2015

Подпись Смирнова Сергея Евгеньевича заверяю:

Начальник управления кадров

НИУ «МЭИ»

*20.10.2015*



Баранова Елена Юрьевна