

Военная академия ракетных войск
стратегического назначения им.
Петра Великого (министерства
обороны РФ)
143900 Россия, Московская область, г.
Балашиха, ул. Карбышева, д.8

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Старостина Игоря Евгеньевича**
«Научные основы оценивания работоспособности перспективных авиационных химических
источников электрической энергии для поддержания летной годности воздушных судов»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
05.22.14. – «Эксплуатация воздушного транспорта»

Актуальность темы исследования.

Использование перспективных авиационных литий-ионных батарей (ЛИАБ) в качестве химического источника тока (ХИТ) обуславливается их высокой энергоемкостью и удельными массо-габаритными характеристиками. Надежная и безотказная работа оборудования летательных аппаратов (ЛА) в значительной степени обуславливается устойчивой работой ХИТов. Однако неустойчивость к переразряду и перезаряду ЛИАБ требуют конструктивных решений, обеспечивающих их надежное функционирование. Анализ работы систем управления ЛИАБ показал, что такие системы управления должны содержать алгоритмы прогнозирования технического состояния каждого аккумулятора в батарее. Создание таких алгоритмов возможно только на основе системного подхода к моделированию протекающих физико-химических процессов (ФХП) в батарее с учетом различных особенностей протекания этих процессов. Существующие научно-методические подходы анализа работоспособности ЛИАБ с применением известных электрохимических и статистических моделей

аккумуляторов не всегда отвечают современным требованиям. Наиболее эффективным подходом анализа ФХП при эксплуатации ЛИА является использование экспериментальных характеристик аккумулятора: токов заряда/разряда, напряжения, температуры и числа циклов заряда/разряда аккумуляторов с последующей оценкой диапазонов изменения параметров модели ФХП в ЛИА с последующим представлением модели, на вход которого подаются упомянутые измеряемые характеристики, а на выходе получаются величины, характеризующие техническое состояние, каждого аккумулятора в ЛИАБ. Таким образом, разработка теоретических методов исследования перспективных ХИТ, направленных на повышение эффективности оценивания состояния элементов в ЛИАБ с последующим внедрением в виде программного обеспечения их систем управления определили цель и задачи, поставленные в работе, ее **актуальность**, теоретическую новизну и практическую значимость.

Общая методология исследования.

Проведен анализ известных работ и рассмотрены недостатки существующих подходов к моделированию ФХП, протекающих в ХИТах, а также сформулированы и обоснованы проблемы, требующие решения в рассматриваемой предметной области. С использованием теории современной неравновесной термодинамики разработана методология построения математических моделей ФХП применительно к ЛИА с учетом диагностики и прогнозирования их технического состояния. Естественным продолжением работы явилась реализация полученных теоретических результатов при создании моделей авиационных ХИТов в виде этих алгоритмов. Приведен тестовый пример практического использования созданной методологии анализа и моделирования динамики ФХП в ХИТах для оценки степени износа (старения) электродов ЛИА. Все это придает диссертации законченный характер, как с научной, так и с практической точки зрения. Результаты этих исследований составляют научную новизну и выдвигаются автором на защиту.

Оценка структуры и содержания работы.

Диссертационная работа имеет четкую логическую взаимосвязанную структуру. Она демонстрирует глубокие знания автором вопросов, относящихся как к теоретической, так и к практической реализации выполненных исследований. Диссертационная работа содержит 328 страниц, 6 разделов, 215 рисунков, 21 таблицу, библиографический список из 355 наименований, а также ее автореферат. Объем и структура диссертации и автореферата соответствуют рекомендациям ВАК РФ и ГОСТ.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

Научные положения и выводы, представленные в работе, подтверждаются аналитическими доказательствами, данными моделирования, полученными в программной среде Scilab, а также экспериментальными исследованиями ЛИА конкретной модели. Все приведенные в работе положения аргументированы, результаты исследований соответствуют базовым положениям теории современной неравновесной термодинамики.

Научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Научная новизна включает формализм построения математических моделей ФХП различной природы, численно-аналитического преобразования этих моделей ФХП в модели рассматриваемой системы, применимые для решения практических задач. Научная новизна работы состоит в следующем:

- впервые предложена и доказана кинетическая теорема современной неравновесной термодинамики, которая положена в основу методологии построения математических моделей исследуемых электрохимических систем;
- разработан потенциально-поточный метод моделирования ФХП в том числе и в авиационных ХИТах, основывающийся на кинетической теореме современной неравновесной термодинамики;

- получены методы и алгоритмы определения характеристик технического состояния ХИТов ЛА, в том числе и перспективных ЛИА.

Практическую ценность имеют разработанные и зарегистрированные программные модули для моделирования ФХП, в том числе следующие:

- вычислительные модули, реализующие методологию построения математической модели заданной системы путем моделирования процессов в ней;
- методика определения текущей работоспособности литий-ионного аккумулятора в батарее.

Таким образом, автором разработан научно обоснованный подход, на основе которого созданы методы диагностики и прогнозирования состояния ХИТов различных электрохимических систем, как существующих, так и перспективных.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации.

Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертационной работы, как полученные в ней научные результаты, так и основные выводы и приведенные рекомендации.

Соответствие содержания диссертации содержанию опубликованных работ.

Основные результаты исследования опубликованы в 95 печатных работах, которые включают: 3 монографии, 23 статьи в журналах из перечня ВАК, 7 свидетельств на программу для ЭВМ. Защищаемые положения, выводы и рекомендации достаточно полно отражены в публикациях автора.

Соответствие темы диссертации заявленной научной специальности.

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта, а именно пунктам 9, 11 и 12 областей исследования.

Замечания.

По диссертации и автореферату можно сделать следующие замечания, часть из них может быть рассмотрена при проведении защиты диссертации:

1. Уточнить, как оценивалась точность и достоверность экспериментальных данных исследования ЛИАБ?

2. При моделировании литий-ионных аккумуляторов необходимо учитывать характер разряда как постоянным током, так и импульсным (ступенчатым) током, что важно при работе ХИТов летательных аппаратов.

3. Отсутствуют экспериментальные исследования ЛИА при разных температурах

4. Не моделируются процессы старения ЛИА.

5. Автору предлагается расширить область применения методики повышения энергоэффективности ЛИАБ летательных аппаратов и на другие гражданские объекты, что позволит за счет массового применения повысить экономический эффект внедрения.

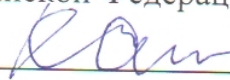
Заключение.

Диссертационная работа Старостина Игоря Евгеньевича является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в ней решена важная для авиационной отрасли научная проблема разработки научных основ оценивания работоспособности перспективных авиационных бортовых ХИТов. Она соответствует требованиям ВАК РФ по п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор СТАРОСТИН Игорь Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта.

Официальный оппонент:

Заслуженный деятель науки РФ, действительный член Академии военных наук, Почетный энергетик РФ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электроснабжения ракетных комплексов Федерального государственного

го казенного военного образовательного учреждения высшего образования
«Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра
Великого» Министерства обороны Российской Федерации



К. В. Капелько

20.01.2022

Адрес места основной работы: Московская обл., г. Балашиха, ул. Карбы-
шева, д.8.

Телефон: +7 (916) 797-25-46.

Адрес электронной почты: kkapelko.1935@gmail.com

Подпись Капелько К.В. подтверждаю

Начальник отдела кадров

ВА РВСН им. Петра Великого



Е. В. Иванов

