

## ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Старостина Игоря Евгеньевича на тему: «Научные основы оценивания работоспособности перспективных авиационных химических источников электрической энергии для поддержания летной годности воздушных судов», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта

Химические источники электрической энергии (ХИЭЭ) являются определяющими с точки зрения безопасности полетов воздушных судов (ВС), так они обеспечивают электрической энергией наиболее ответственные системы, отвечающие за безопасную посадку в случае, когда все основные источники (синхронные генераторы) вышли из строя. Перспективные ХИЭЭ (литий-ионные аккумуляторные батареи и водородо-воздушные топливные элементы) планируются к использованию на борту ВС, однако, несмотря на их высокие удельные энергетические показатели, они требуют постоянного контроля на всех режимах работы с целью предотвращения их возгорания и снижения ресурса. В диссертационной работе Старостина И.Е. решается научная проблема, посвященная созданию методологии синтеза диагностических и прогностических моделей литий-ионных аккумуляторов для их применения в интеллектуальных бортовых системах распределения электроэнергии с целью предотвращения аварийных режимов, которая видится весьма **актуальной**.

В работе предлагается единый подход формирования диагностических и прогностических моделей перспективных авиационных химических источников электрической энергии различной физической и химической природы на основе применения методов неравновесной термодинамики, в том числе кинетической теоремы, которая предложена соискателем.

Замечания по автореферату.

1. Формулируя и доказывая «Кинетическую теорему термодинамики» автор очевидно предполагает линейность термодинамической системы, в смысле независимости кинетических коэффициентов от термодинамических сил. Однако такой подход справедлив только для систем, которые можно линеаризовать, хотя бы приближённо, т.е. для неравновесных систем, находящихся вблизи равновесия, или в квазистационарном состоянии. Из автореферата неясно, анализировал ли автор применимость своей теоремы к разряжаемому аккумулятору, т.е. системе по определению далёкой от равновесия или стационарного состояния и активно отдающей энергию.
2. Анализируя причины сильного роста относительной погрешности разрядной модели напряжения литий-ионного аккумулятора при разряде более 70%, автор утверждает, что «эти погрешности возрастают по мере приближения ЛИА к концу разряда, т.к. в экспериментальной установке ток поддерживался постоянным вручную, соответственно по мере приближения к концу его труднее контролировать». При этом не учитывается, что при таком глубоком разряде (как раз примерно с 70%) меняется условие протекания одного из ключевых ФХП – диффузионного рассасывания слоя лития, инжектированного в оксид кобальта, так как диффузия идёт в материал, заполненный ионами лития более, чем на 70%, с ограничением перколяционных путей. Таким образом, возможно автор обнаружил принципиальное ограничение своей мат. модели, а не просто недостаток экспериментальной техники. С другой стороны то, что ошибки велики для разрядных токов 2С и падают при токе 3С, говорит в пользу объяснения автора. Таким образом, крайне желательно было бы повторить апробацию модели с каким-нибудь простейшим стабилизатором разрядного тока.
3. В тексте автореферата встречается не очень корректное использование специфической электрохимической терминологии, как например «ЭДС двойного слоя». Поскольку согласно теории Фрумкина ЭДС складывается как

из скачка потенциалов на двойных слоях, так и из контактной разности потенциалов, то «скачок потенциала» более корректный термин.

4. Стоит ли, как это делает автор, считать сформулированную им «кинетическую теорему современной термодинамики» чуть ли не 4-м началом термодинамики? Ведь то, что линейную  $n$ -мерную систему можно описать  $n^2$  линейными функциями связи, кажется вполне естественным.

Эти замечания не снижают значимость диссертации Старостина И.Е. для развития авиационной техники, тем более, что второе носит скорее характер пожелания. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, где решена актуальная научная проблема, посвященная обеспечению летной годности воздушных судов. Работа отвечает требованиям ВАК при Министерстве образования и науки РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Старостин И.Е. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта.

Старший научный сотрудник Отдела функциональных материалов для химических источников энергии ИПФ РАН Укше Александр Евгеньевич, тел. +7(49652)21657, E-mail [ukshe@icp.ac.ru](mailto:ukshe@icp.ac.ru), Московская обл., г. Черноголовка, пр-кт Академика Семенова, 1.

д.ф.-м.н.



А.Е. Укше

Собственноручную подпись

Сотрудника

Удостоверяю

Сотрудник  
Канцелярии