

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Пунт Елены Александровны по теме **«Метод диагностирования предаварийного теплового состояния электротехнических устройств воздушного судна на основе цифрового портрета»** по специальности 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники на соискание ученой степени кандидата технических наук.

На отзыв представлена диссертационная работа, содержащая 166 страниц, 4 главы, 58 рисунков, 10 таблиц, библиографический список из 92 наименований, а также ее автореферат на 24 страницах. Объем и структура диссертации и автореферата соответствуют рекомендациям ВАК РФ и ГОСТ Р 7.011-2011.

Актуальность темы исследования.

Безопасность полетов воздушных судов в значительной степени определяется работоспособностью электрооборудования, где важную роль играют химические источники тока. В частности, использование литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) и батарей (ЛИАБ) на их основе характеризуется высокой энергоемкостью и удовлетворительными массогабаритными характеристиками.

Известные особенности эксплуатации ЛИАБ требуют конкретных технических решений для создания условий качественного обслуживания аккумуляторов в реальном времени режимов их заряда и разряда. Такие решения возможны только при системном подходе к анализу протекающих электрохимических процессов в аккумуляторах и предсказанию нежелательных аварийных ситуаций. При этом, особенно важно своевременно оценивать и анализировать тепловое состояние каждого аккумулятора батареи. Следует отметить, что существующие методы диагностики теплового состояния электрооборудования многих промышленных объектов, в том числе авиационной техники, требует установку соответствующих датчиков и информационно-измерительных систем, что для летательных аппаратов не всегда возможно. Одним из вариантов достаточно адекватного оценивания теплового состояния литий-ионного аккумулятора с возможностью диагностирования его предаварийных режимов работы является цифровая модель (цифровой портрет) протекающих энергетических процессов.

Разработка математических и цифровых моделей, позволяющих повысить эффективность диагностики предаварийного теплового состояния электрохимической среды литий-ионных аккумуляторов авиационной техники, и их внедрение в виде алгоритмическо-

го и программного обеспечения определили цель и задачи, поставленные в работе, ее актуальность, теоретическую новизну и практическую значимость.

Оценка структуры и содержания работы.

Диссертационная работа имеет логическую взаимосвязанную структуру. Она хорошо проиллюстрирована и демонстрирует глубокие знания автором вопросов, относящихся к теоретической стороне выполненных исследований и практической реализации вычислительных алгоритмов.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель, поставлены задачи исследования, показана научная новизна и практическая ценность выполненных исследований, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обширный обзор литературных источников и выполнен анализ тепловых состояний электротехнических устройств воздушных судов при нормальных и аварийных режимах их работы. Рассмотрены методы диагностики и прогнозирования тепловых состояний электрооборудования летательных аппаратов, определены положительные стороны и недостатки некоторых методов. Установлена необходимость непрерывной диагностики текущего состояния литий-ионных аккумуляторов эксплуатируемой батареи. Для своевременной оценки теплового состояния электрооборудования предлагается использовать технологию «цифровой портрет» на основе математических моделей, реализуемых средствами интеллектуальных систем распределения электроэнергии воздушного судна.

Вторая глава посвящена разработке математической модели теплового поля в ЛИА с учетом определенных допущений, представлению модифицированного метода конечных объемов и описанию методики расчета распределения тепла в аккумуляторе. Для моделирования теплопередачи в ЛИА используется метод математического прототипирования энергетических процессов. Формируется дифференциальное векторно-матричное уравнение, описывающее динамику значений температуры элементарного объема электрохимической среды аккумулятора. Для цифровой реализации предложенного модифицированного метода конечных объемов используются принципы объектно-ориентированного программирования.

В третьей главе рассматривается критерий диагностики предаварийного теплового состояния ЛИА, описывается методика диагностики теплового состояния аккумулятора по его цифровым моделям (цифровым портретам). В качестве критерия диагностирования

предлагается использовать интервал времени, в течении которого температура элементарного объема электрохимической среды аккумулятора принимает критическое значение.

Методика диагностики теплового состояния ЛИА предполагает получение измерительной информации в реальном времени с датчиков температуры, расположенных на поверхности конструкции аккумулятора.

В четвертой главе анализируются итоги экспериментальных исследований, подтверждающие работоспособность методики диагностики предаварийного теплового состояния литий-ионного аккумулятора. Для проведения тестовых испытаний методики использовался ЛИА зарубежного производства с двумя термисторами, установленными на корпусе аккумулятора.

В заключительном разделе диссертации приведены основные результаты работы.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

Основные научные выводы и положения подтверждаются аналитическими доказательствами, данными моделирования, полученными в программной среде для математических расчетов, а также экспериментальными исследованиями. Все теоретические достижения аргументированы, результаты исследований статистически обоснованы.

Научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Научная новизна включает математическую модель тепловых режимов ЛИА, модифицированный метод конечных объемов, для построения динамической модели теплового поля, методики диагностики теплового состояния аккумулятора по созданным цифровым портретам. Основную научную новизну составляют:

- 1) модифицированный метод конечных объемов на основе математического прототипирования энергетических процессов, протекающих в литий-ионном аккумуляторе;
- 2) математическая модель теплового состояния литий-ионного аккумулятора с применением модифицированного метода конечных объемов;
- 3) методика и алгоритм диагностирования предаварийного теплового состояния литий-ионного аккумулятора на основе цифрового портрета.

Практическую значимость имеют вычислительные программы, реализующие решение системы дифференциальных уравнений в модифицированном методе конечных объемов, расчет динамики распределения температур литий-ионного аккумулятора с использованием модифицированного метода конечных объемов.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации.

Содержание автореферата полностью отражает текстовый материал диссертационной работы, полученные в ней научные результаты, основные выводы и приведенные рекомендации.

Соответствие содержания диссертации содержанию опубликованных работ.

Основные результаты исследования опубликованы в 8-ми печатных работах, которые включают: 1 статья в журналах из перечня ВАК, 2 свидетельства на программу для ЭВМ, 3 статьи в журналах Scopus, 2 статьи в сборниках научных трудов. Защищаемые положения, выводы и рекомендации достаточно полно отражены в публикациях автора.

Соответствие темы диссертации заявленной научной специальности.

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники: разработка и совершенствование методов контроля, проведения летных и наземных испытаний, диагностирования и прогнозирования технического состояния авиационной техники на всех этапах ее жизненного цикла, поскольку в результате теоретических и экспериментальных исследований созданы: модификация метода конечных объемов, математическая модель, комплекс алгоритмов и программ для диагностирования теплового состояния перспективных авиационных химических источников электрической энергии.

По диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Учитывают ли модели и алгоритмы диагностирования теплового состояния аккумулятора изменчивость параметров электрохимической среды в реальном времени?
2. Позволяют ли созданные модифицированный метод конечных объемов, модели и алгоритмы предугадать возникновение теплового разгона на поверхности электрода литий-ионного аккумулятора в режимах его заряда или разряда?

Заключение.

Диссертационная работа Пунт Елены Александровны «Метод диагностирования предаварийного теплового состояния электротехнических устройств воздушного судна на основе цифрового портрета» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. В этой работе решена важная научная задача разработки метода диагностирования предаварийного теплового состояния электротехнических устройств на основе цифрового портрета.

По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, представленная работа соответствует

всем 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 ученых степеней доктора, кандидата наук, а ее автор Пунт Елена Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники.

Официальный оппонент:

д.т.н., профессор

Букреев Виктор Григорьевич,
профессор отделения электроэнергетики и
электротехники Инженерной школы
энергетики ФГАУ ВО «Национальный
исследовательский Томский
политехнический университет»

Докторская диссертация защищена
по специальности 05.13.06 – Автоматизация
и управление технологическими процессами
и производствами (по отраслям)

Адрес места основной работы:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ФГАУ ВО
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
рабочий тел.: +7 (3822) 606106, вн. т. 1991
сот. тел.: 9138542196

web-сайт: www.tpu.ru

адрес эл. почты: bukreev@tpu.ru

Подпись В.Г. Букреева заверяю:

Исполняющая обязанности ученого секретаря Ученого совета

Национального исследовательского

Томского политехнического университета

В.Д. Новикова

17 декабря 2024 года

