

Утверждаю
Врио заместителя начальника
ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)
по учебной и научной работе
кандидат технических наук, доцент

«10» января 2022 года

И.Шуклин

ОТЗЫВ

ведущей организации – Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж) на диссертацию СТАРОСТИНА Игоря Евгеньевича на тему: «Научные основы оценивания работоспособности перспективных авиационных химических источников электрической энергии для поддержания летной годности воздушных судов» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта»

Актуальность темы диссертационного исследования. Современный этап развития гражданской авиации характеризуется потребностями реализации высоких показателей безопасности полетов, обуславливающих минимизацию рисков возникновения авиационных событий и происшествий, а также совершенствования энергетических характеристик и экологических параметров электрооборудования воздушных судов.

Комплексное решение указанных вопросов включает в себя обоснование направлений развития перспективных авиационных химических источников электрической энергии для поддержания летной годности летательных аппаратов.

Вместе с тем, применение на борту воздушного судна химических источников электрической энергии (ХИЭЭ) определяет практическую важность исследований по обеспечению их безопасной эксплуатации.

В настоящее время в практике построение авиационного электрооборудования широкое применение находят литий-ионные аккумуляторные батареи, обладающие высокими удельными свойствами энергоемкости.

Однако при несомненных положительных качествах указанных источников энергии в процессе эксплуатации с достаточно короткой периодичностью возникают аварийные ситуации на бортах воздушных судов. В частности, ана-

лиз авиационных событий и происшествий за последнее десятилетие показывает, что литий-ионные аккумуляторные батареи становились причинами возгораний и задымлений на бортах воздушных судов типа «Боинг-787», характеризующихся высокой эксплуатационной надежностью. В этой связи экспертами в области эксплуатации воздушного транспорта высказано мнение о необходимости более детального изучения физико-химических процессов, протекающих в аккумуляторных батареях, в интересах выявления причин и предотвращения аварий.

При организации и проведении указанных мероприятий главенствующая роль отводится оцениванию работоспособности перспективных ХИЭЭ для поддержания летной годности воздушных судов.

В этой связи тема диссертационного исследования Старостина И.Е. «Научные основы оценивания работоспособности перспективных авиационных ХИЭЭ для поддержания летной годности воздушных судов», посвященной развитию научных основ анализа состояния авиационных литий-ионных аккумуляторных батарей, является актуальной. На основе потенциально-потокowego метода, базирующегося на модельном представлении физико-химических процессов аккумуляторов, соискателем получены научные результаты, ориентированные на решение практических задач по эксплуатации авиационной техники. Реализация результатов в практике построения авиационного оборудования перспективных воздушных судов позволит достичь требуемого уровня летной годности за счет применения энергетически эффективных ХИЭЭ.

Тема исследования непосредственно связана с перспективами развития науки и техники по следующим основным направлениям, принадлежащим области исследований по специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта» (отрасль – технические науки):

- по пункту 5.9 (в части разработки методов и средств диагностирования и прогнозирования технического состояния авиационной техники);
- по пункту 5.11 (в части разработки научных основ и методов обеспечения и сохранения летной годности воздушных судов в процессе эксплуатации);
- по пункту 5.13 (в части разработки методов повышения надежности, контроля пригодности авиационной техники).

Новизна и достоверность полученных в диссертации результатов.

Основные результаты диссертации изложены в шести главах, содержание которых в полной мере охватывает положения, выдвигаемые для защиты, вы-

воды и рекомендации, сформулированные в работе.

По результатам исследований решена научная проблема разработки научных основ оценивания работоспособности перспективных авиационных бортовых ХИЭЭ с управлением на основе непрерывного определения параметров динамических физико-химических процессов в интересах недопущения отказов, аварийных режимов и достижения максимальной энергетической эффективности.

К числу значимых новых научных результатов, полученных автором, по нашему мнению, относятся следующие.

1. Унифицированные методологические основы построения диагностических и прогностических моделей для оценивания работоспособности авиационных ХИЭЭ различной физической и химической природы.

2. Кинетическая теорема неравновесной термодинамики и потенциально-поточный метод моделирования физико-химических процессов в авиационных ХИЭЭ.

3. Математическая модель литий-ионных аккумуляторов для построения диагностических и прогностических моделей с учетом динамических физико-химических процессов.

Новизна полученных в диссертации результатов, а также сформулированных на их основе выводов и рекомендаций связана с развитием научных основ оценивания работоспособности перспективных авиационных ХИЭЭ с высокими уровнями электрификации и безопасности функционирования бортового оборудования для поддержания летной годности воздушных судов.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается:

- применением теоретически обоснованных и прошедших апробацию методов исследования сложных радиофизических устройств и протекающих в них процессов;

- корректным выбором ограничений, допущений и исходных данных из практики разработки многоканальных адаптивных систем и методов обработки сигналов в динамичной сигнально-помеховой обстановке.

Она подтверждается:

- соответствием результатов теоретических значений характеристик многоканальных адаптивных систем, полученных с применением разработанных автором методов, их экспериментальным оценкам, полученным по результатам статистических испытаний имитационных моделей, а также общим физическим за-

кономерностям;

- наглядной трактовкой выявленных закономерностей и эффектов, наличием ключевых переходов к известным задачам анализа адаптивных систем, качественным совпадением частных показателей эффективности предлагаемых и известных алгоритмов и решений по созданию средств обработки сигналов в условиях аддитивных шумов и помех;

- совпадением частных результатов исследования, используемых для верификации разработанных соискателем методов исследования и моделей процессов и устройств, с данными, содержащимися в работах других авторов.

По теме исследования опубликовано 95 работ, отражающих основные положения исследования, среди которых 3 монографии, 30 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Теоретическая значимость полученных в диссертации результатов заключается в развитии технологии моделирования авиационных ХИЭЭ и методических основ оценки их работоспособности в интересах поддержания летной годности воздушных судов, а также выявлении закономерностей физико-химических процессов, открывающих новые технические пути построения перспективных бортовых источников энергии с высокими показателями энергетической эффективности и безопасности функционирования.

Практическая значимость результатов состоит в получении количественных значений характеристик ХИЭЭ, обеспечивающих выполнение требований по энергетической эффективности и безопасности при эксплуатации, а также обосновании практических рекомендаций по повышению работоспособности литий-ионные аккумуляторные батареи для поддержания летной годности воздушных судов.

Автором разработана методика диагностики и прогнозирования технического состояния авиационных литий-ионных аккумуляторов, позволяющая выявлять их предотказные состояния в процессе эксплуатации в составе авиационной аккумуляторной батареи. Выполнена программная реализация методов современной неравновесной термодинамики с использованием модельно-ориентированного подхода. На примере экспериментальных исследований типовых литий-ионных аккумуляторов серии Sony US18650VTC6 продемонстрирована технология получения математических моделей для диагностирования и прогнозирования фактической емкости, напряжения и температуры каждого

элемента авиационных литий-ионных аккумуляторных батарей в процессе их эксплуатации с учетом старения

Научные положения, выводы и рекомендации в полной мере обоснованы и критически оценены по сравнению с известными аналогами. Автореферат правильно отражает содержание и научные результаты работы. В нем в ясной лаконичной форме изложены общая характеристика и основное содержание работы с подробным освещением научных результатов и методических аспектов их получения и интерпретации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты работы могут быть использованы:

- авиастроительными предприятиями (Авиастроительная компания «Иркут», Центральное конструкторское бюро автоматики, Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем) при разработке систем контроля авиационного оборудования; диагностические и прогностические модели аккумуляторов могут применяться в бортовых интеллектуальных системах распределения электроэнергии для прогнозирования и предотвращения возникновения аварийных режимов, а также вопросов их резервирования;

- высшими учебными заведениями (Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Московский государственный технический университет гражданской авиации, Национальный исследовательский университет «Московский авиационный институт») при подготовке специалистов в области эксплуатации авиационного оборудования.

Критические замечания.

Вместе с тем, к сожалению, работа не лишена некоторых недостатков. Наиболее существенными критическими замечаниями, на наш взгляд, являются следующие.

1. Не вполне корректно определен предмет исследования; его формулировка практически дословно совпадает с названием диссертационной работы. Для доказательств достижения цели исследования целесообразно в более явном виде определить показатели летной годности воздушных судов и представить их численные значения с указанием степени соответствия предъявляемым требованиям.

2. Результаты исследования желательно дополнить конкретными рекомендациями по реализации разработанных автором моделей литий-ионных аккумуляторов и методик оценивания их работоспособности в бортовых информаци-

онно-управляющих системах. При этом в процедуры диагностирования и прогнозирования состояния литий-ионных аккумуляторов необходимо включить операции по расчету технических показателей энергетической эффективности и безопасности эксплуатации ХИЭЭ, используемые при определении летной годности воздушных судов.

3. При анализе результатов требуется рассмотреть литий-ионные аккумуляторы различных электрохимических систем. При этом следует отметить, что в работе напряжения литий-ионного аккумулятора в разрядных динамиках начинаются со значения 4,5 В, что не соответствует реальным устройствам.

4. В диссертации не приведены математические формулировки критериев установления летной годности воздушных судов. При изложении материала в тексте работы используется специфическая терминология, отличная от принятой в электрохимии.

Вместе с тем, указанные недостатки не снижают качества выполненной работы и не ставят под сомнение ее положительную оценку.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней. На основе анализа диссертации СТАРОСТИНА И.Е. «Научные основы оценивания работоспособности перспективных авиационных ХИЭЭ для поддержания летной годности воздушных судов» можно сделать выводы.

1. Диссертация «Научные основы оценивания работоспособности перспективных авиационных ХИЭЭ для поддержания летной годности воздушных судов» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая значение для разработки методов и средств диагностирования и прогнозирования технического состояния авиационной техники, сохранения летной годности воздушных судов в процессе эксплуатации.

2. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты в области исследования, определенной пунктами 5.9, 5.11, 5.13 паспорта специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта», нашедшие практическое использование при создании современных ХИЭЭ и свидетельствующие о вкладе автора в науку. Предложенные соискателем решения строго аргументированы и оценены в сравнении с известными аналогами.

3. Работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, СТАРОСТИН И.Е.,

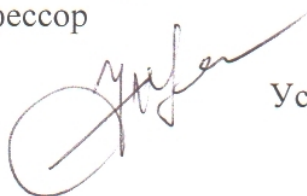
достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта».

Отзыв обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры «Автоматизации управления летательными аппаратами (и вычислительных систем)» ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) 16 января 2022 года, протокол № 15.

Лица, подписавшие отзыв ведущей организации, выражают согласие на обработку и включение в аттестационное дело соискателя ученой степени своих персональных данных.

Профессор кафедры «Автоматизации управления летательными аппаратами (и вычислительных систем)»
доктор технических наук, профессор

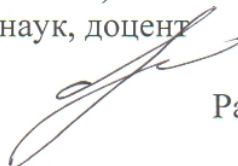
«16» января 2022 года



Ус Николай Александрович

Доцент кафедры «Автоматизации управления летательными аппаратами (и вычислительных систем)»
доктор физико-математических наук, доцент

«16» января 2022 года



Разиньков Сергей Николаевич

Федеральное государственное казенное военное образовательное
учреждение высшего образования
«ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ
«ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА
Н.Е.ЖУКОВСКОГО И Ю.А.ГАГАРИНА» (Г. ВОРОНЕЖ)»
Министерства обороны Российской Федерации
394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а,
тлф/факс +7(473) 226-60-13, E-mail: vaiu@mil.ru