

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Рябова Павла Александровича на диссертацию Боровикова Дмитрия Александровича «Методика определения оптимального облика гибридных силовых установок с воздушным винтом в системе летательного аппарата», представленную в диссертационный совет 24.2.327.06 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Актуальность темы исследования

Основными целями создания гибридных силовых установок (ГСУ) являются снижение расхода топлива и выбросов вредных веществ, что должно позволить достигнуть целевые показатели, которые записаны в Планах развития США, Европы и РФ. К преимуществам ГСУ, помимо снижения расхода топлива и выбросов вредных веществ, относят уменьшение уровня шума и более высокую надежность по сравнению с ГТД.

В соответствии с представленным автором анализом работ, в настоящее время наиболее активно ведутся разработки по применению гибридных и электрических силовых установок (СУ) для самолетов небольшой пассажироместимости с воздушным винтом. К достоинствам силовых установок малой мощности с электрическим приводом также стоит отнести возможность широкого применения аддитивных технологий и существенное сокращение сроков разработки ее элементов. Основные проблемы применения электрических и гибридных СУ в авиации связаны с низкими удельными характеристиками электрических машин и источников электрической энергии, а также с необходимостью разработки сложной системы управления. Решение задачи определения оптимальных параметров компонентов ГСУ и оптимального способа управления ГСУ в течение полетного цикла в дальнейшем позволит определить направление опытно-конструкторских работ. В связи с этим теоретическая работа автора по разработке методики определения оптимального облика гибридных силовых установок с воздушным винтом в системе летательного аппарата крайне актуальна.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций автор подтверждает:

- использованием разработанных ранее в Московском авиационном институте теоретических подходов и программ моделирования характеристик ГТД, достоверность которых подтверждена сравнением с характеристиками ряда серийных двигателей;
- использованием при разработке математической модели ГСУ в системе ЛА в качестве основы положений теории электротехники и электрофизики, аэродинамики и динамики полёта летательных аппаратов;
- использованием опубликованных и обоснованных специалистами-экспертами прогнозных данных по развитию технологий создания элементов гибридной силовой установки – электродвигателей, электрогенераторов, аккумуляторных батарей и др.;
- сравнением полученных результатов с результатами расчетных исследований, выполненных другими авторами;
- неоднократным обсуждением результатов на отечественных и международных научно-технических конференциях.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«12» 12 2022

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 печатных работах, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, в ходе подготовки диссертации составлено 4 отчета о НИР.

Научная новизна

Представленные в диссертации Боровикова Д.А. методические разработки и полученные результаты исследований, несомненно, обладают признаками научной новизны и практической ценности. Личный вклад автора и научная новизна работы определяются:

- математическим определением рационального множества вариантов ГСУ на основе ТВД для самолета с воздушным винтом;
- постановкой задачи оптимизации проектных параметров ГСУ на основе ТВД для заданного самолета с воздушным винтом;
- разработкой математической модели ГСУ на базе ТВД в системе самолета;
- результатами проведенного оптимизационного исследования по формированию облика ГСУ на базе ТВД для самолета местных авиалиний.

Практическая значимость

Практическая значимость работы определяется тем, что разработанные методика и математическая модель ГСУ на базе ТВД для самолетов с воздушным винтом позволяют выбирать рациональный тип силовой установки на начальных этапах проектирования самолета; осуществлять поиск оптимальных параметров и законов управления ГСУ в системе самолета; оценивать с учетом уровней готовности технологий эффективность технического совершенства элементов ГСУ в системе силовой установки и в системе самолета. Подтверждением этому является широкое использование разработанных методов и результатов диссертационной работы в ходе выполнения ряда научно-исследовательских работ в Московском авиационном институте.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа Боровикова Д.А. состоит из введения, трех глав содержательной части, заключения, списка использованных источников из 103 наименований, изложена на 113 страницах машинописного текста, включает 62 иллюстрации и 6 таблиц.

Во введении автор показывает актуальность работы, раскрывает научную новизну и практическую значимость. В качестве цели работы диссертант формулирует разработку методики определения оптимального облика гибридной силовой установки с воздушным винтом в системе летательного аппарата.

В первой главе диссертации приводится краткий аналитический обзор наиболее значимых отечественных и зарубежных публикаций по гибридным силовым установкам. Показано, что большинство работ направлено на исследование эффективности ГСУ на основе авиационных поршневых двигателей и ТВД в классе малоразмерных пассажирских самолетов.

По результатам аналитического обзора автором сформулированы цели и задачи диссертационного исследования по разработке методики определения оптимального облика ГСУ параллельной схемы на основе ТВД в системе самолета с воздушным винтом. В качестве критерия оптимальности принимается минимальный расход топлива за полетный цикл с целью снижения эмиссии вредных веществ.

Во второй главе диссертации представлена методика определения оптимальных технических параметров гибридной силовой установки с воздушным винтом в системе самолета с подробным описанием этапов этой методики и кратким описанием математических моделей.

В первом разделе второй главы определяется область рационального применения ГСУ для самолетов с воздушным винтом путем вывода соответствующих математических соотношений. Границы области эффективного применения ГСУ зависят от удельных параметров элементов ГСУ, аэродинамического качества летательного аппарата и условий полета. Работоспособность полученных математических соотношений продемонстрирована рядом представленных предельных зависимостей влияния указанных параметров.

Во втором разделе второй главы в соответствии с целями работы ставится задача оптимизации параметров ГСУ, состоящая из двух направлений. Первое направление определяет поиск оптимальных технических параметров ГСУ. Второе направление определяет поиск оптимального управления ГСУ. Здесь автором оговаривается возможность как отдельного, так и комбинированного применения указанных направлений для решения практических задач.

В третьем разделе второй главы представлено описание разработанной математической модели ГСУ в системе самолета с воздушным винтом и отдельных ее элементов: ТВД, воздушного винта, механических характеристик узлов, электрических машин и аккумулятора. Также описываются математическая модель системы управления ГСУ и математическая модель самолета. Здесь основное внимание уделено представлению узлов ТВД. Для соединения разнородных модулей в единый расчетный комплекс программ автор применил метод связанных графов (bond graph). Этот подход обеспечил простоту и гибкость связей между отдельными модулями, а также наглядное представление структуры комплекса программ для его использования.

В заключительном разделе главы проведена валидация математической модели ТВД по проспектным данным отечественного двигателя. Сделан вывод об удовлетворительной точности разработанного модуля, что позволяет использовать его в составе математической модели ГСУ.

В третьей главе решена задача оптимизации гибридной силовой установки для самолета типа Cessna 208B для полетных циклов различной продолжительности. Представлены результаты оптимизационных расчетов и сравнительный анализ характеристик силовой установки на основе ТВД и ГСУ параллельной схемы. В виде графических зависимостей сопоставлены результаты, полученные с использованием разработанной математической модели и предсказанные с помощью инженерной методики.

В заключении автор отмечает, что в диссертационном исследовании получены научные результаты, которые главным образом определяются текущим уровнем параметров электрических элементов ГСУ. Здесь приводятся основные выводы по результатам диссертационной работы и даны рекомендации в отношении реализации дополнительных возможностей по применению разработанной математической модели.

Замечания по работе

1. Результаты тестирования ММ ТВД представлены только с двигателем ВК-800.
2. Не приведено описание влияния изменения параметров полета и параметров самолета на режимы работы воздушного винта.
3. Результаты проведенного исследования не учитывают необходимость переразмеривания ГСУ для выполнения предъявляемых к самолету дополнительных требований, например, по безопасности полета, шуму на местности, динамике взлета и набора высоты.

4. Оптимизация с целью минимизации расхода топлива ГСУ с аккумуляторной батареей не дает полного представления о затратах на перелет.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, не снижают научной и практической ценности полученных автором результатов.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней

Диссертация Боровикова Дмитрия Александровича является законченной и выполненной самостоятельно научно-квалификационной работой. Автором разработаны новые методика и математическая модель для определения оптимального облика ГСУ с воздушным винтом в системе самолета. Тематика и содержание диссертации соответствуют специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов». Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации и полученные автором основные научные результаты.

Диссертация соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор, Боровиков Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник
отделения «Авиационные двигатели»
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

« 9 » 12 2022 г.

Рябов Павел Александрович

Подпись Рябова П.А. удостоверяю:

Ученый секретарь
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

« 9 » 12 2022 г.

Джамай Екатерина Викторовна



Государственный научный центр, федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» (ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»)

Почтовый адрес: 111116, Россия, Москва, ул. Авиамоторная, д. 2

Контактный телефон: +7 (499) 763-61-69

Адрес электронной почты: pyabyov@ciam.ru

12.12.2022 с отзовом ознакомлен