

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Рыбинский государственный авиационный
технический университет
имени П.А. Соловьева»
(РГАТУ имени П.А. Соловьева)

Пушкина ул., д. 53, Рыбинск,
Ярославская обл., 152934
Тел. (4855) 28-04-70. Факс (4855) 21-39-64.
E-mail: root@rsatu.ru

07.09.2021 144/2724

Ученому секретарю диссертационного совета
Д 212.125.08

доктору техн. наук, профессору
Ю.В. Зуеву

125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское
шоссе, 4.
ФГБОУ ВО

«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)» (МАИ)

Отзыв

на автореферат диссертации
Рябова Павла Александровича

«Методика многодисциплинарной оценки эффективности применения маршевых гибридных газотурбинных двигателей магистрального самолета», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Актуальность исследований. Транспортная и экономическая эффективность магистральных самолетов (МС) в большой степени зависит от типа силовой установки (СУ), согласованного выбора проектных параметров самолета и двигателя. В настоящее время выполняются поисковые исследования для определения типа, схем силовых установок самолетов дальней перспективы. Успешное решение этой задачи на поисковом этапе исследований требует наличия адекватных математических модели силовой установки, которые должны обеспечить верный выбор её типа для будущих магистральных самолетов (МС). Одним из рассматриваемых вариантов является перспективная силовая установка с гибридными газотурбинными двигателями (ГГТД) в качестве маршевых. Технология ГГТД, в принципе, может обеспечить меньший расход топлива.

Для оценки эффективности применения такой силовой установки необходимы как расчетные методики, так и математические модели, позволяющие применить системный подход - определять показатели эффективности не только ГГТД, но и магистрального самолета, а так же ограничения, связанные с требованиями уменьшения воздействия на

отдел документационного
обеспечения МАИ

16.09.2021 г.

окружающую среду.

Диссертация П.А. Рябова посвящена важной и актуальной теме оценки эффективности применения на магистральных самолетах (МС) гибридных газотурбинных двигателей в качестве маршевых. Объект исследования – маршевый ГТТД с источником электрической энергии на базе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) в составе силовых установок (СУ) перспективных магистральных самолетов (2030 – 2040 гг.).

Основные научные и практические результаты представлены автором в соответствии с целью и задачами исследования.

Научная новизна проведенного исследования заключается в том, что автором диссертации впервые разработаны методика и комплекс математических моделей, которые позволяют выполнять многодисциплинарную оценку эффективности маршевых ГТТД в составе силовой установки магистральных самолетов. Многодисциплинарность заключается в исследовании: характеристик силовой установки, в том числе гибридного газотурбинного двигателя одной из возможных схем; показателей эффективности магистрального самолета; эмиссии силовой установки и её акустических свойств на местности, а также одного из экономических показателей эффективности. Наличие в составе силовой установки электрической энергоустановки (ЭУ) с твердооксидными топливными элементами (ТОТЭ) и электромотора (ЭМ), который отдает свою мощность турбине ГТТД, делают задачу разработки корректной модели еще более сложной.

Созданное автором программное обеспечение, которое реализует разработанный комплекс математических моделей, позволило выполнить комплексную оценку эффективности силовой установки магистрального самолета при варьировании тремя альтернативными схемами ГТТД и использовании в бортовой ЭУ четырех комбинаций топлива.

Также впервые выполнена комплексная сравнительная оценка эффективности применения одно- и двухтопливной гибридной маршевой силовой установки магистральных самолетов, в которой для работы ГТТД используется керосин, а энергоустановка с твердооксидными топливными элементами работает на одном из газовых топлив: пропан-бутане, метане или водороде. Причем показателями эффективности являются лётно-технические, акустические и эмиссионные характеристики самолета.

Разработанная автором методика и математические модели **практически значимы**, так как позволяют проводить параметрические исследования по оценке эффективности маршевых ГТТД с использованием критериев сложных технических систем более высокого уровня – магистральных самолетов и с учетом экологических ограничений. Практическая значимость выполненного П.А.

Рябовым исследования подтверждается тем, что его методика и математические модели были широко использованы при выполнении ряда тематических НИР ЦИАМ и ЦАГИ.

Текст автореферата отличается научным стилем, логичностью изложения материала, структурированностью и последовательностью. Общая характеристика исследования, основное содержание работы, теоретические и практические части автореферата диссертации в целом сбалансированы и подкреплены публикациями в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

Следует отметить достаточный уровень **апробации результатов**. По результатам диссертационного исследования автором сделаны доклады на различных международных и всероссийских конференциях, опубликованы 17 печатных научных работ, 6 из которых входят в перечень ВАК.

При общей, безусловно, положительной оценке диссертационного исследования необходимо отметить следующие замечания по тексту автореферата:

1. Зафиксированные уровни совершенства магистрального самолета и базового ТРДД не позволяют определить степень их влияния на эффективность применения ГТТД. Расчет показателей эффективности для нескольких уровней совершенства как самолета, так и ТРДД начиная с современного уровня (МС-21-300 и ПД-14) и заканчивая принятым автором, дает возможность найти границу области целесообразного применения ГТТД в качестве маршевого на магистральных самолетах.

2. Предложенные для сравнения между собой схемы размещения топливных баков для хранения газового топлива (Рисунок 7) не являются альтернативными. В схеме для хранения метана и пропан-бутана под баки отведен объем, обычно занимаемый передним багажным отсеком. Следовательно, в этом случае будет меньшая провозная способность для попутных грузов в контейнерах и багажа пассажиров, чем в варианте с надфюзеляжным баком жидкого водорода и в однопаливном варианте с керосином. Корректность сравнения схем нарушается.

3. Использование в качестве критерия оценки эффективности длины ВПП представляется не совсем удачным. Обычно длина ВПП в подобных исследованиях является ограничением, которое следует выполнить. Она обеспечивается при заданной схеме самолета нагрузкой на крыло и тяговооруженностью в момент отрыва от ВПП при принятых уровнях совершенства двигателей и планера самолета. Такой подход позволяет только несколько иначе использовать созданную автором математическую модель расчета потребной длины ВПП. Отсутствие длины ВПП при сравнении

показателей эффективности БСМС с различными вариантами СУ и видами топлива на рисунке 8 наглядно подтверждает данный тезис.

В целом следует отметить, что указанные замечания ни в коей мере не умаляют ценность разработанных методики и комплекса математических моделей, полученных соискателем результатов и их научную новизну, и скорее свидетельствуют о сложности и объеме решаемых задач. Возможности по совершенствованию методики и проведению дальнейших исследований по целесообразности создания и потенциальной эффективности ГТТД весьма велики и являются основой для следующей научной работы.

Вывод:

Содержание автореферата свидетельствует, что диссертация П.А. Рябова является самостоятельно выполненной, законченной научно - квалификационной работой, имеющей методическое значение для решения весьма важной задачи: обеспечения верного выбора типа силовой установки для перспективных магистральных самолетов, которую придется решать в будущем. Диссертация отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 28 августа 2017 года), а ее автор П.А. Рябов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Доцент кафедры

«Авиационные двигатели»

РГАТУ имени П.А. Соловьёва,

канд. техн. наук, доцент



Владимир Алексеевич Пономарев

Подпись Владимира Алексеевича Пономарева подтверждаю.

Проректор по науке и цифровой трансформации

РГАТУ имени П.А. Соловьёва,

канд. техн. наук, доцент



Александр Николаевич Сутягин