

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Рябов Павел Александрович

Тема диссертации: Методика многодисциплинарной оценки эффективности применения маршевых гибридных газотурбинных двигателей магистрального самолета

Специальность: 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 20 сентября 2021 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи оценки эффективности гибридного газотурбинного двигателя по комплексу многодисциплинарных критериев, имеющей значение для авиационного двигателестроения, присудить Рябову П.А. ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета д. техн.наук, профессор Равикович Ю.А., заместитель председателя диссертационного совета д. техн.наук, ст. научный сотрудник Агульник А.Б., ученый секретарь д. техн.наук, профессор Зуев Ю.В., члены диссертационного совета: д. техн.наук, профессор Абашев Виктор Михайлович, д. техн.наук, профессор Демидов Анатолий Семенович, д. техн.наук, ст. научный сотрудник Кочетков Юрий Михайлович, д. техн.наук, доцент Краев Вячеслав Михайлович, д. техн.наук, профессор Кулешов Николай Васильевич, д. техн.наук, профессор Лесневский Леонид Николаевич, д. техн.наук, доцент Молчанов Александр Михайлович, д. техн.наук, профессор Мякочин Александр Сергеевич, д. техн.наук Надирадзе Андрей Борисович, д. техн.наук, профессор Назаренко Игорь Петрович, д. техн.наук, профессор Ненарокомов Алексей Владимирович, д. техн.наук, профессор Никитин Петр Васильевич, д. техн.наук, академик РАН Попов Гарри Алексеевич, д. техн.наук, доцент Силуянова Марина Владимировна, д. техн.наук, профессор Чванов Владимир Константинович.

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 212.125.08, д.т.н., профессор

 Ю.В. Зуев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.09.2021 г. № 12

О присуждении Рябову Павлу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика многодисциплинарной оценки эффективности применения маршевых гибридных газотурбинных двигателей магистрального самолета» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 09.04.2021 г. (протокол заседания № 7) диссертационным советом Д 212.125.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ Минобрнауки РФ о создании диссертационного совета – № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Рябов Павел Александрович, 16.12.1980 года рождения, работает заместителем начальника отдела «Оценка эффективности применения силовых установок на летательных аппаратах различного назначения» в федеральном автономном учреждении «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» Министерства промышленности и торговли РФ.

В 2004 году соискатель окончил с отличием Московский авиационный институт (государственный технический университет). В 2009 г. окончил аспирантуру федерального государственного унитарного предприятия «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова».

Диссертация выполнена в отделе «Оценка эффективности применения силовых установок на летательных аппаратах различного назначения» федерального государственного унитарного предприятия «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» Министерства промышленности и торговли РФ.

Научный руководитель – кандидат технических наук, Селиванов Олег Дмитриевич, федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», отдел «Оценка эффективности применения силовых установок на летательных аппаратах различного назначения», главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Лещенко Игорь Алексеевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, публичное акционерное общество «ОДК-Сатурн», «Отдел перспективных разработок и экспериментальных исследований», начальник бригады термодинамики;

Зиненков Юрий Владимирович, кандидат технических наук, 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", кафедра авиационных двигателей, старший преподаватель дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Аэросила», г. Ступино, в своем положительном отзыве, подписанном Ивановым А.В., кандидатом

технических наук, начальником расчетно-конструкторского отдела, Барановым А.А., кандидатом технических наук, ведущим конструктором расчетно-конструкторского отдела и утвержденном Астаховым А.А., заместителем генерального директора – Главным конструктором по ВСУ, указала, что предложенная методика оценки эффективности применения гибридных ГТД в составе СУ ЛА позволяет решать следующие практические задачи: - оценка интегральных тактико-технических характеристик ЛА с учетом применения СУ на базе гибридных ГТД различных схем; - оценка параметров гибридных ГТД при использовании различных видов топлив, в том числе альтернативных. Методологическое обобщение процесса оценки целесообразности и эффективности применения гибридного ГТД в составе СУ ЛА проведено впервые в России. Результаты диссертационной работы могут иметь практическую ценность для предприятий-разработчиков авиационных маршевых и вспомогательных ГТД: АО «ОДК», АО «ОДК-Авиадвигатель», ОКБ им. А. Люльки – филиал ПАО «ОДК-УМПО», ПАО «ОДК-Сатурн», АО «ОДК-Климов», ПАО «Кузнецов», АО «НПП «Аэросила». Диссертация Рябова П.А. является законченной и самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача создания методики проведения комплексной оценки эффективности применения гибридных газотурбинных двигателей на магистральных самолетах, имеющая значение для развития авиационного двигателестроения. Диссертация соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.2013 №842, а ее автор, Рябов Павел Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 38 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ общим объемом 5,63 п.л., из них в

рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ, получен 1 патент на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин. Из 17 публикаций: 8 – статьи в научных журналах, 7 – тезисы докладов по материалам конференций, 1 – патент на изобретение, 1 – свидетельство о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин. Рябов П.А. является автором 2 статей в рецензируемом зарубежном издании и 1 свидетельства о государственной регистрации программы для электронных вычислительных машин; остальные работы написаны в соавторстве.

Данные публикации посвящены разработке элементов многодисциплинарной методики оценки эффективности ГТД в составе СУ пассажирских самолетов; обобщению имеющегося зарубежного и отечественного опыта исследований и представлению результатов формирования рациональных концепций маршевых ГТД перспективных магистральных самолетов (МС), использующих различные виды топлива, в том числе газовые и криогенные; описанию технических и компоновочных проработок концепций маршевых интегральных и гибридных СУ с различными способами генерации и передачи мощности для создания тяги; представлению результатов многодисциплинарной оценки эффективности ГТД в составе СУ перспективных одно- и двухтопливных магистральных самолетов.

Авторский вклад соискателя состоит в разработке методики и новой комплексной ММ для исследования эффективности применения различных схем ГТД и ЭУ при использовании различных видов топлив в составе маршевой СУ самолета; проведении параметрических исследований по влиянию на экономичность проектных параметров трёх альтернативных схем ГТД; проведении многодисциплинарных исследований эффективности одно- и двухтопливного самолетов с маршевым ГТД на керосине и газовых топливах по комплексу критериев.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые работы соискателя.

1. Сравнительный анализ параметров и характеристик различных схем силовой установки с дополнительным выносным винтовентилятором / Ю.А. Эзрохи, С.М. Каленский, А.С. Полев, А.С. Дрыгин, П.А. Рябов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана : электронное издание. 2012. № 12. С. 38. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/511469.html> (дата обращения: 21.11.2020).

2. Efficiency assessment of HPS for advanced airliners using different fuels / P. Ryabov, S. Kalenskiy, Y. Khaletskiy, A. Mirzoyan // Aircraft Engineering and Aerospace Technology. 2014. Vol. 86. № 6. P. 494–500.

3. The hybrid propulsion systems for the advanced aircraft [Электронный ресурс] / A.V. Lukovnikov, O.D. Selivanov, P.A. Ryabov, Yu.A. Ezrokhi, S.M. Kalenskiy // 29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS 2014 (St. Petersburg, Russia, 07–12 September 2014). ICAS 2014 CD-ROM Proceedings. 2014. URL: https://icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2014/data/papers/2014_0820_paper.pdf (дата обращения: 21.11.2020).

4. Ryabov P. Research of efficiency of the mid-flight power plant based on the hybrid engines for advanced airliners [Электронный ресурс] // 29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS 2014 (St. Petersburg, Russia, 07–12 September 2014). ICAS 2014 CD-ROM Proceedings. 2014. URL: https://icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2014/data/papers/2014_0391_paper.pdf (дата обращения: 21.11.2020).

5. Ryabov P.A. Study of influence of engine control laws on takeoff performances and noise at conceptual design of SSBJ propulsion system [Электронный ресурс] // 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS 2010 (Nice, France, 19–24 September 2010).

ICAS 2010 CD-ROM Proceedings. 2010. URL: https://icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2010/PAPERS/384.PDF (дата обращения: 21.11.2020).

6. Рябов П.А., Кленский С.М. Концепции перспективных гибридных маршевых двигателей летательных аппаратов на газовых и криогенных топливах // Вестник Московского авиационного института. 2015. Т. 22. № 1. С. 87–99.

7. Пат. 2511829 Российская Федерация, МПК F02K 3/00. Гибридный турбореактивный авиационный двигатель / Эзрохи Ю.А., Каленский С.М., Рябов П.А.; заявитель и патентообладатель ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» (RU). – № 2012128704/06; заявл. 10.07.2012; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 10: – 5 с.: ил.

8. Свид. 2018619542 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа определения параметров двигателя самолета на взлете («VZLET») / П.А. Рябов; заявитель и правообладатель ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» (RU). – № 2018617061; заявл. 06.07.2018; опубл. 08.08.2018, Реестр программ для ЭВМ: – 9 с.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию официального оппонента Лещенко И.А., доктора технических наук, старшего научного сотрудника содержит следующие замечания.

1. Непонятно, почему автор не представил в работе ни одного результата оптимизационного поиска с использованием разработанной комплексной математической модели и доступных численных методов оптимизации.

2. В главе 2, посвященной описанию математической модели, не приводятся сравнения результатов расчета по математической модели ТРДД и ГТТД с результатами расчета других авторов.

3. В главе 2 при описании модели ВПХ не представлен шаг и метод численного интегрирования системы дифференциальных уравнений.

4. В главе 2 при описании модели эмиссии не представлено никакой информации о возможной погрешности используемых эмпирических формул.

5. На некоторых рисунках (2.1.12, 3.2.1 и др.) применен слишком мелкий шрифт для обозначений.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Зиненкова Ю.В., кандидата технических наук, содержит замечания:

1. Отсутствует конструктивная проработка элементов гибридного ГТД и энергоустановки, что может снизить достоверность прогнозирования массогабаритных характеристик силовой установки и создать дополнительные технические проблемы при интеграции на летательном аппарате.

2. Автором недостаточно подробно описана работа силовой установки с гибридным ГТД при переходе с крейсерского на взлетный расчетный режим, режимах запуска и останова при эксплуатации, которые будут определять требования к системе автоматического управления силовой установки.

3. При варьировании параметров цикла в широком диапазоне необходимо учитывать изменения коэффициентов полезного действия и конструктивное исполнение узлов газотурбинной части ГТД.

4. Недостаточно обоснован принимаемый для схемы ГТД-1 уровень подведенной мощности 50 % от электромотора.

Отзыв на диссертацию ведущей организации – акционерного общества «Научно-производственное объединение «Аerosпла» содержит замечания:

1. Представленная автором методика многодисциплинарной оценки эффективности применения маршевых гибридных ГТД позволяет провести комплексную оценку особенностей применения в составе летательного

аппарата гибридного ГТД заданной схемы. При этом вопрос о поиске (выборе) оптимального варианта схемы гибридного ГТД остается неосвещенным, что, на наш взгляд, является одной из фундаментальных проблем в тематике гибридных ГТД.

2. В диссертационной работе отсутствует конкретный перечень применяемых математических моделей. Данное обстоятельство вызывает сомнение в том, что разработанный комплекс математических моделей (см. Цель работы и п.2 Заключения) позволит провести оценку эффективности всех рассматриваемых сегодня схем гибридных ГТД (например, с учетом особенностей расчета аэродинамических характеристик воздушных винтов; различных схем применения теплообменников), а также учесть прочностные ограничения по узлам ГТД.

3. Представленные в работе математические модели описаны в достаточно общем виде, из которого неочевидны заложенные в них физические законы и уравнения. Кроме того, ко всем математическим моделям отсутствует перечень входных параметров, что делает затруднительным понимание физического смысла конкретной математической модели и объема необходимой информации для расчета.

4. Из текста диссертации можно сделать вывод, что применяемые математические модели реализованы в различных средах. Данное обстоятельство существенно увеличивает время расчета. Автору целесообразно было бы рассмотреть вопрос о реализации всех используемых математических моделей в единой расчетной среде, что позволило бы автоматизировать процесс оптимизации параметров и поиска рациональной расчетной схемы гибридного ГТД.

5. Во введении к диссертации рационально было бы выделить авторский вклад в работу, поскольку большинство применяемых математических моделей и методов являются многолетним трудом различных ученых и специалистов.

Отзыв на автореферат диссертации Шмотина Ю.Н., доктора технических наук, профессора, заместителя генерального директора – генерального конструктора акционерного общества «Объединенная двигателестроительная корпорация» содержит замечание:

Среди недостатков стоит отметить не решенные вопросы обеспечения запаса газодинамической устойчивости вентилятора и подпорных ступеней, необходимости использования перепуска воздуха, применения регулирования площади проходных сечений ГТД.

Отзыв на автореферат диссертации публичного акционерного общества «ОДК-Кузнецов», составленный Кочеровым Е.П., кандидатом технических наук, экспертом ПАО «ОДК-Кузнецов» и утвержденный Чупиным П.В., генеральным конструктором содержит замечание:

Следует отметить, что при использовании методики принятые допущения могут повлиять на общую оценку эффективности СУ при выборе места расположения ТОТЭ в области близкой к силовой установке, отсутствием массы на коммуникационную проводку и необходимость охлаждать ТОТЭ при его расположении в отсеке крыла.

Отзыв на автореферат диссертации Бурова М.Н., кандидата технических наук, главного конструктора по перспективным разработкам публичного акционерного общества «ОДК-Сатурн» содержит замечания:

1. Из автореферата не понятно насколько обосновано допущение о равенстве удельных масс ЭУ при использовании различных видов топлива;

2. Пренебрежение весом электрических кабелей представляется так же не вполне обоснованным. Целесообразно бы сделать предварительную оценку их массы в зависимости от компоновки силовой установки.

3. Из автореферата не вполне понятно за счет чего уменьшен уровень шума гибридной СУ по сравнению с традиционным ГТД.

4. Для оценки эффективности принимаемых решений по архитектуре и составу гибридной СУ кроме оценки топливной эффективности разработанную методику целесообразно дополнить возможностью анализа стоимости жизненного цикла (летного часа) гибридной установки.

Отзыв на автореферат диссертации Пономарева В.А., кандидата технических наук, доцента кафедры «Авиационные двигатели» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» содержит замечания:

1. Зафиксированные уровни совершенства магистрального самолета и базового ТРДД не позволяют определить степень их влияния на эффективность применения ГТД. 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 ГТД 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 однотопливном 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.

Отзыв на автореферат диссертации Боровикова А.Д., кандидата технических наук, главного специалиста отделения «Самолеты» проектного комплекса «Гражданская авиационная техника» федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» содержит замечания:

1. По существу методология работы фактически базируется на принципах многофакторной (многопараметрической) оптимизации. Однако, в автореферате не содержится чёткой формулировки, к каким каноническим математическим методам (или методу) многопараметрической оптимизации относится разработанная автором методика.

2. Принятые для расчётов, проведённых в рамках диссертационной работы, соотношения цен между разными компонентами газообразного топлива и керосином привязаны к текущей ситуации ценообразования на мировом рынке энергоресурсов и отсутствует оценка (пусть приближённая) изменения этих соотношений к 30-м и 40-м годам текущего столетия и не учитывают тенденции по увеличению доли безуглеродного топлива в общем объеме потребляемых энергоресурсов.

Отзыв на автореферат диссертации сотрудников акционерного общества «ОДК-Климов» Елисеева В.А., главного конструктора и Чернявских А.С., ведущего инженер-конструктора содержит замечания:

1. В данной работе рассмотрены гибридные СУ на базе ТРДД магистральных самолётов (БМС, БСМС, СМС, ДМС), эквивалентной мощностью от 15000 кВт и более. Создание таких СУ, по ряду технических причин, является вопросом относительно далёкой перспективы. Более актуальным было бы рассмотрение гибридных СУ на базе ТВД региональных самолётов и самолётов МВЛ мощностью двигателей на взлётном режиме в диапазоне 500–2000 кВт и гибридных СУ вертолётов лёгкого, среднего и тяжёлого классов мощностью двигателей на взлётном режиме в диапазоне 300–2000 кВт.

2. Автором предложена оригинальная концепция гибридной СУ с постоянно действующей линией электрической мощности параллельно традиционной механической линии привода вентилятора ТРДД. Рациональность предлагаемой концепции гибридной СУ, отличной от принятых: параллельной (периодическая работа электрической линии) и последовательной, с турбоэлектрическим генератором и электрической трансмиссией, требует более основательного доказательства.

3. В состав гибридной СУ входит предложенная автором электрическая энергоустановка, физические принципы работы и особенности конструкции которой, в работе практически не представлены.

4. Все результаты расчётно-аналитических исследований имеют довольно низкий уровень достоверности и требуют верификации на моделирующих стендовых установках, экспериментальных гибридных СУ и на ГСУ-демонстраторах.

5. Не достаточно доказательна оценка массы, габаритных размеров и КПД электрической энергоустановки.

6. Не достаточно убедительно принята оптимальность 50 % соотношения мощности электрического двигателя к мощности турбины низкого давления.

7. При оценке уровня эмиссии выхлопных газов вместо H_2O нужно дополнительно рассмотреть содержание CO и сажу, а не H_2O (не является вредным выбросом).

8. Не ясна методика оценки и результаты уровня шума и эмиссии, создаваемая электрической энергоустановкой.

9. Удельная мощность батареи топливных элементов 2 МВт/м³ представляется чрезвычайно малой. Большой объём не позволит разместить электрическую энергоустановку, как рассчитывает автор, внутри крыла вблизи ГТД. На магистральных самолётах практически весь свободный внутренний объём центроплана и консолей занят топливными баками кессонного или моноблочного типа.

10. Массовые оценки отдельных компонентов СУ, принятые в расчётах представляются не вполне корректными. Удельная масса ГТД зависит от размерности (мощности, тяги), а удельная масса электрических компонентов практически не зависит от размерности.

11. Ряд параметров перспективного базового ТРДД (тягой на взлётном режиме примерно 9000 кгс) в крейсерском режиме представляются не реальными:

- суммарная степень повышения давления 56,6 завышена (реальное значение примерно 35-40);

- приведенный расход воздуха (возможно всё же газа?) на выходе из газогенератора 1 кг/с ???

- удельный расход топлива в крейсерском полёте при $H=11$ км, $M_{п}=0,8$, МСА равный 0,49 кг/кгс·ч явно занижен (более реальное значение примерно 0,52 кг/кгс·ч).

12. КПД электрического двигателя с регулятором 98 %, принятый в расчётах, представляется завышенным. Более реальное значение 95–96 %.

13. Применение жидкого водорода в качестве топлива электрической энергоустановки потребует значительных объёмов топливных баков с теплоизоляцией, что потребует существенной перекомпоновки планера и ухудшит аэродинамические характеристики и увеличит массу самолёта. Чем больше дальность полёта, тем будет значительнее и ухудшение аэродинамических и массогабаритных характеристик самолёта.

14. Применение на борту ЛА различных видов топлива создаст значительные дополнительные неудобства, в том числе повысит аэродромные расходы.

15. Наиболее комплексным критерием оценки эффективности СУ и ЛА в целом являются стоимость жизненного цикла.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного унитарного предприятия «Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С.А. Чаплыгина», составленный Чемезовым В.Л., кандидатом технических наук, доцентом, заместителем директора по научной работе,

Смирновым Д.Н., кандидатом технических наук, начальником отдела прогнозирования перспективных исследований авиационно-космической техники и утвержденный Барсуком В.Е., кандидатом технических наук, директором «СибНИА им. С.А. Чаплыгина» содержит замечание:

В качестве замечания по содержанию автореферата следует отметить, что в работе недостаточно полно отражены условия и результаты отработки и апробации создаваемой методики и ММ в рамках проведенных расчетно-параметрических исследований.

Отзыв на автореферат диссертации Григорьева В.А., доктора технических наук, профессора кафедры теории двигателей летательных аппаратов «Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева» содержит замечания:

- из текста автореферата не ясно за счет чего происходит улучшение эффективности магистрального самолета при использовании гибридных ГТД;

- формулировка цели исследования во многом совпадает с текстом 1 задачи исследования, что не совсем корректно;

- в диссертации, которая является квалификационной работой, нецелесообразно применение несистемных единиц – кг/кгс, кг/(кгс·ч), несистемных обозначений тяги R вместо P и удельного расхода C_R вместо $C_{уд}$;

- без обоснований принята постоянная удельная масса энергетической установки;

- описание созданных ММ очень краткое и не дает представления об уровне сложности и основах их формирования.

Отзыв на автореферат диссертации публичного акционерного общества «Туполев», составленный Баклановым В.С., кандидатом технических наук, ведущим инженер-конструктором, Олишевским Д.А., начальником ПКЦ и утвержденный Палатником А.А., исполняющим обязанности заместителя генерального директора по НИР и ОКР содержит замечания:

1. В автореферате не представлены в числовом виде проектные параметры гибридного ГТД схемы №1 с различными видами топлив, что не дает полного представления о полученных результатах первого этапа диссертационного исследования.

2. Из автореферата не ясно как учитывается дополнительная масса газового топливного оборудования, включающая такие элементы как топливные насосы, топливная магистраль, теплообменник-газификатор и топливный коллектор с форсунками.

3. В автореферате автор не поясняет целесообразность произведения отборов электрической мощности для работы СКВ и систем самолета от бортовой электрической энергоустановки, а не от гибридного ГТД.

Отзыв на автореферат диссертации Ахмедзянова Д.А., доктора технических наук, профессора, декана факультета авиационных двигателей, энергетики и транспорта федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» содержит замечания:

1. Не хватает сравнительной таблицы с параметрами рассмотренных схем двигателей, а также с результатами оценки эффективности на самолете, которые представлены лишь в относительном виде.

2. Необходима доработка программного комплекса для проведения расчетных оптимизационных циклов исследований эффективности гибридных двигателей.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Рябова П.А., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Лещенко И.А., доктора технических наук, старшего научного сотрудника, начальника бригады термодинамики «Отдела перспективных разработок и экспериментальных исследований» публичного акционерного общества «ОДК-Сатурн» в качестве официального оппонента

обосновывается его широкой известностью и компетентностью в вопросах проведения термогазодинамических расчётов и оптимизации авиационных газотурбинных двигателей и их элементов на этапах газодинамического проектирования. Лещенко И.А. является автором математических моделей сложных технических систем авиационных газотурбинных двигателей, в частности, программного комплекса ThermoGTE, предназначенного для системной работы в двигателестроительных КБ. За последние 5 лет Лещенко И.А. в рецензируемых отечественных журналах было опубликовано 6 статей по профилю диссертации.

Выбор Зиненкова Ю.В., кандидата технических наук, старшего преподавателя кафедры авиационных двигателей факультета летательных аппаратов федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования "Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина" в качестве официального оппонента обосновывается тем, что он является известным специалистом в области математического моделирования ГТД для беспилотных ЛА (БПЛА) военного назначения. Выбор проектных параметров двигателя Зиненковым Ю.В. осуществляется с использованием математической модели ГТД на основании оптимизации критериев эффективности БПЛА. За последние 5 лет Зиненковым Ю.В. в рецензируемых международных и отечественных журналах было опубликовано 4 статьи по профилю диссертации.

Выбор ведущей организации – акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Аэросила», обусловлен ее высокими компетенциями в разработке, производстве и сертификации самолётных воздушных движителей (винтов, винтовентиляторов), вспомогательных газотурбинных двигателей (ВГТД), систем автоматического управления и других авиационных агрегатов ГТД. Специалисты ведущей организации, в

том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают практическим опытом в математическом моделировании и оптимизации термодинамических процессов ГТД, проектировании, экспериментальном сопровождении и доводке систем и узлов ГТД, что подтверждается публикациями в ведущих научных изданиях по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана методика и комплекс математических моделей (ММ) для многодисциплинарной оценки эффективности применения маршевых гибридных газотурбинных двигателей (ГТД) магистральных самолетов, учитывающие летно-технические характеристики, топливную эффективность, шум и эмиссию, которые позволяют оценивать и прогнозировать уровень технического совершенства новых электрических и гибридных систем для их дальнейшего эффективного применения в авиации;

- предложена схема гибридного ГТД с подкруткой турбины низкого давления (ТНД) электромотором с питанием от электрической энергоустановки (ЭУ) на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), топливом для которой могут быть керосин, газовые углеводородные топлива (пропан-бутан, метан) или водород;

- показана работоспособность разработанной автором методики на примерах сравнения эффективности перспективного ТРДД с одной из исследованных схем ГТД при использовании различных видов топлив в составе силовой установки (СУ) одно- и двухтопливного магистральных самолетов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- применительно к проблематике диссертации эффективно использован многодисциплинарный подход и методы, используемым для оценки эффективности традиционных схем двигателей, в основе которых лежат

методы теории авиационных турбореактивных двигателей, аэродинамики и динамики полёта летательных аппаратов, а также авиационной акустики;

- разработан комплекс математических моделей для прямого расчета показателей эффективности ГТТД в составе магистральных самолетов с учетом требований норм летной годности и экологических стандартов ИКАО;

- получено влияние проектных параметров трех схем ГТТД и четырех видов топлив на тягово-экономические характеристики ГТТД и на критерии эффективности одно- и двухтопливного самолетов с ГТТД;

- получен патент РФ на схему ГТТД, эффективность которой была показана с использованием разработанной методики и комплекса ММ.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- определены предварительно рациональное соотношение мощности ТНД и электромотора, виды топлив для схемы ГТТД с подкруткой ТНД электромотором, которые в сочетании с ЭУ на основе ТОТЭ могут заметно снизить уровень эмиссии вредных веществ в атмосферу одно- и двухтопливного магистральных самолетов;

- использованы полученные с помощью разработанной методики результаты при выполнении работ в ФГУП «ЦАГИ», связанных с анализом вариантов применения гибридных СУ для перспективных воздушных судов;

- создана программа для ЭВМ, которая получила свидетельство о государственной регистрации и вошла в состав многодисциплинарного комплекса ММ.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

- установлено количественное совпадение тягово-экономических характеристик ряда серийных двигателей, а также летно-технических характеристик самолетов, рассчитанных с использованием разработанного комплекса ММ;

- использованы опубликованные прогнозные данные по развитию технологий создания ГТД, электродвигателей, топливных элементов;

- установлено удовлетворительное совпадение результатов расчетов с опубликованными результатами расчетных исследований, выполненных другими авторами.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке методики и новой комплексной математической модели для исследования эффективности применения различных схем ГТД и ЭУ при использовании различных видов топлив в составе маршевой СУ самолета;

- проведении параметрических исследований по влиянию на экономичность проектных параметров трёх альтернативных схем ГТД;

- проведении междисциплинарных исследований эффективности одно- и двухтопливного самолетов с маршевым ГТД на керосине и газовых топливах по комплексу критериев.

В ходе защиты диссертации критических замечаний, ставящих под сомнение достоверность и обоснованность результатов проведенных соискателем ученой степени исследований, высказано не было.

Соискатель Рябов П.А. аргументированно ответил на все вопросы, задаваемые ему в ходе обсуждения диссертации.

На заседании 20 сентября 2021 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи оценки эффективности гибридного газотурбинного двигателя по комплексу междисциплинарных критериев, имеющей значение для авиационного двигателестроения, присудить Рябову П.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек,

входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет,
недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета,
доктор технических наук,
профессор



 Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук,
профессор



Зуев Юрий Владимирович

20 сентября 2021 г.