

ОТЗЫВ

официального оппонента

д.т.н., профессора Ковалева Константина Львовича
на диссертационную работу Гарипова Искандера Радиковича на тему:
«Электрифицированный компрессор гибридной силовой установки
регионального самолёта», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по научной специальности
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

1. Актуальность работы

Современное развитие авиации характеризуется активным внедрением гибридных силовых установок (ГСУ) с целью повышения топливной эффективности и снижения выбросов. Особенно остро такие требования стоят перед сегментом региональных перевозок, где эксплуатационные затраты являются ключевым фактором.

В данной работе обоснован рациональный подход к выбору параллельной схемы ГСУ, не требующей изменения аэродинамической компоновки. Актуальность усиливается тем, что в структуре ГСУ критически важную роль играет электрифицированный компрессор, объединяющий функции электрической машины (ЭМ) и компрессора газотурбинного двигателя (ГТД). Разработка такого агрегата требует комплексного подхода и находится на стыке нескольких технических дисциплин, что и обуславливает высокий уровень актуальности предложенного направления.

Исходя из этого, актуальность темы диссертационной работы Гарипова Искандера Радиковича сомнений не вызывает.

2. Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа Гарипова Искандера Радиковича является законченным структурированным научным трудом.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объём работы составляет 113

страниц, включая 54 рисунка, 8 таблиц и 1 приложение. Библиографический список включает 87 наименований.

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цель и задачи работы, определены объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методы исследования, положения, выносимые на защиту и структура диссертации.

Первая глава посвящена анализу современного состояния и направлений развития гибридных силовых установок региональных самолётов. Рассмотрены схемные решения ГСУ, особенности проектирования электрических машин, вопросы интеграции с компрессором. Выявлены недостатки существующих подходов и сформулированы цели и задачи работы.

Во второй главе разработана междисциплинарная задача и обоснована методика проектирования электрифицированного компрессора, учитывающая электромагнитные, тепловые, газодинамические и механические взаимодействия. Описаны уровни проектирования (системный, аналитический, численный), итерационные схемы расчётов обоснованы применяемые программные средства.

Третья глава содержит результаты расчетов, разработки комплекса технических решений по выбору конфигурации электрифицированного компрессора. Приведены рекомендации по типу электрической машины, системе охлаждения, параметрам конструкции. Проведено численное исследование зависимости удельной мощности и КПД от конструктивных параметров, определены технологические ограничения на компрессор ГСУ.

Четвёртая глава посвящена оценке влияния параметров электрифицированного компрессора на характеристики ГСУ регионального самолёта. Разработан оригинальный алгоритм системной оценки эффективности применения компрессора, выполнено моделирование полётного цикла и проведено сравнение с альтернативными архитектурами. Представлены данные по верификации модели и даны рекомендации по управлению мощностью в ГСУ.

В заключении подведены итоги исследования, сформулированы основные научные и практические результаты, сделаны обобщения по результатам выполненной работы и обозначены направления для дальнейших исследований.

3. Научная новизна темы диссертационного исследования:

Впервые построена многодисциплинарная методика проектирования электрифицированного компрессора, обеспечивающая сопряжённое согласование параметров проточной части компрессора и конструкции ЭМ в рамках единого изделия.

Предложен комплекс технических решений по выбору конфигурации и параметров компрессора (тепловой фактор, частота вращения, степень повышения давления и др.), обеспечивающих достижение удельной мощности до 12 кВт/кг.

Разработан оригинальный алгоритм оценки эффективности применения электрифицированного компрессора в составе ГСУ, основанный на уравнениях баланса массы и энергии, позволяющий учитывать влияние электрификации на рабочие процессы ГТД уже на стадии концептуального проектирования.

4. Теоретическая и практическая значимость работы:

Теоретическая значимость заключается в формализации подхода к проектированию интегрированного узла ГСУ, основанного на взаимодействии электромагнитных, тепловых, газодинамических и механических процессов.

Практическая значимость подтверждается результатами, применимыми в рамках эскизного проектирования авиационных силовых установок, а также возможностью внедрения в конструкторскую практику и учебные программы.

5. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

Обоснованность полученных результатов обеспечена:

— применением теоретических моделей и уравнений электромеханики, электроники, микропроцессорной техники;

- использованием специализированных пакетов (ANSYS Motor-CAD, Maxwell, Fluent, Static Structural),
- итерационной верификацией моделей,
- сопоставлением расчётных и экспериментальных данных.

Структура исследования логична, выводы подтверждаются расчётами, иллюстрированы результатами моделирования и экспериментом.

6. Апробация работы и публикации

Основные положения диссертации доложены на международных и всероссийских конференциях: International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (2023, 2024); Климовские чтения (2024); Power Engineering and Automation of Metallurgy Industry (2023); Туполевские чтения (2023), и др.

Опубликовано 16 научных работ, включая:

- 4 публикации в изданиях из перечня ВАК,
- 2 статьи в журналах, индексируемых в Scopus,
- 7 статей в сборниках конференций (РИНЦ, Scopus),
- зарегистрирован 1 патент РФ на изобретение,
- 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Объём публикаций и авторский вклад соответствуют требованиям ВАК РФ.

7. Положительные стороны диссертационной работы

- Высокая степень междисциплинарности исследования;
- Четкое формулирование научной задачи и оригинального подхода к её решению;
- Реализация полной цепочки исследования: от концептуального анализа до численного моделирования и алгоритмической оценки эффективности;
- Практическая применимость результатов;
- Структурированное и грамотное изложение материала.

8. Замечания по диссертационной работе

В первой главе представлено обоснование актуальности и обзор литературы, однако было бы полезно включить табличное сравнение известных конструкций или применяемых архитектур ГСУ с указанием их ключевых параметров (удельной мощности, массы, КПД).

В главе 3 приведён обоснованный выбор конфигурации ЭМ и системы охлаждения, однако параметры применённых материалов и допущения моделей можно уточнить, указав диапазон применимости и используемые нормативные или экспериментальные источники.

Математическая постановка, граничные условия решаемых задач в работе описана не достаточно строго

В тексте встречаются повторяющиеся формулировки («предложенная методика», «сопряжённое проектирование»), которые можно частично сократить для повышения читабельности.

Вышеупомянутые недостатки не являются принципиальными и не снижают научной и практической значимости, а также общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Гарипова Искандера Радиковича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, и обладающей научной новизной и практической значимостью. В ней изложены новые научно-обоснованные технические решения и представлены практические результаты по исследованию гибридных силовых установок региональных самолётов, имеющие существенное значение для развития авиационной промышленности.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание учёной степени кандидата технических наук согласно п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 №842), а ее автор Гарипов Искандер Радикович заслуживает присуждения

ученой степени кандидата технических наук по научной специальности
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент:

д.т.н., профессор, заведующий

кафедрой 310

«Электроэнергетические,

электромеханические и

биотехнические системы»

ФГБОУ ВО «Московский

авиационный институт

(национальный

исследовательский

университет)»

Ковалёв Константин Львович

Подпись К.Л. Ковалева заверяю

Директор дирекции института №3 «Системы

Управления, информатика и электроэнергетика»



Ю. Г. Следков

Адрес: 143650, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4;

e-mail: klink@mail.ru