

ОТЗЫВ

официального оппонента,
доктора технических наук, профессора Капелько Константина Васильевича
на диссертацию Князева Алексея Сергеевича «Авиационный
ветроэнергетический комплекс с улучшенными массогабаритными
показателями для аварийной системы электроснабжения воздушного судна»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

1. Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время увеличивается степень электрификации бортового оборудования, поэтому повышение надёжности работы системы электроснабжения, как основной, так и аварийной, имеет важное значение. На воздушных судах (ВС) устанавливаются основные и аварийные источники электроэнергии. Аварийный источник используется в полете при отказавших или/и отключенных основных источниках для питания ограниченного состава приёмников электроэнергии (первой категории), необходимых для совершения безаварийной посадки. Примерами аварийных источников служат аккумуляторная батарея, преобразователь постоянного тока в переменный, питаемый от аккумуляторной батареи, и генератор авиационного ветроэнергетического комплекса (АВЭК).

Аккумуляторные батареи и питаемый от них преобразователь являются источниками энергии с ограниченным временем работы (как правило, не более 30 минут). В настоящее время проблема ограниченного времени работы системы электроснабжения ВС, как правило, решается путем использования вспомогательной силовой установки и /или АВЭК. Однако, при отказе вспомогательной силовой установки или в случае утечки авиационного топлива её использование становится невозможным. При этом продолжительная работа аварийной системы электроснабжения ВС может быть обеспечена только с помощью АВЭК.

АВЭК просты по конструкции, неприхотливы в обслуживании и в случае применения бесконтактного генератора имеют высокую надёжность. Кроме того, АВЭК не потребляют авиационное топливо и продолжают работать вплоть до совершения посадки.

АВЭК не получили широкого распространения из-за не вполне удовлетворительных массогабаритных показателей. Решение этой проблемы позволит расширить область их применения и, тем самым, повысить безопасность полётов.

Таким образом, диссертационное исследование, связанное с проектированием АВЭК с улучшенными массогабаритными показателями, является актуальным. Актуальность диссертационного исследования подтверждается также соответствием его одному из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники РФ: транспортные и космические системы (согласно Указа Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899) и приказа Министерства промышленности и торговли РФ №663 от 31 марта 2015 года «Об утверждении плана мероприятий по импортозамещению в отрасли гражданского авиастроения Российской Федерации», а именно: «Система генерирования постоянного и переменного тока на самолёте Sukhoi SuperJet 100».

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень достоверности выполненных исследований подтверждена корректностью поставленных задач, обоснованностью принятых допущений, сходимостью результатов теоретических исследований и экспериментов имитационного моделирования.

Автор достаточно аргументировано поясняет выбор используемых в работе технических решений для проведения диссертационного исследования. При этом на специально созданной трёхмерной компьютерной модели с использованием апробированной программы «Ansys Maxwell 16» была подтверждена адекватность выдвинутого предположения о создании эквивалентных генераторов различной формы с постоянными магнитами (ПМ), позволяющих проектировать АВЭК с улучшенными массогабаритными показателями.

3. Оценка содержания диссертационной работы и её завершенности

Представленная на отзыв диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы из 162 наименований и 5 Приложений. Работа изложена на 238 страницах, включая 68 страниц приложений.

Диссертация посвящена решению комплексной проблемы – улучшению массогабаритных показателей авиационного ветроэнергетического комплекса, разработки его новой конструкции, а также разработки методики его проектирования и массогабаритной оптимизации.

В первой главе выполнен обзор и критический анализ существующих АВЭК как в России, так и за рубежом, указано на отсутствие отечественных образцов современных АВЭК и необходимости их импортозамещения (в

частности, на самолете Sukhoi SuperJet-100). Для исследования определены АВЭК с аксиальным, коническим и радиальным генератором. Определены основные задачи диссертационной работы.

Во второй главе представлена разработанная структурная схема системы электроснабжения (СЭС) самолёта Sukhoi SuperJet-100 с применением отечественных агрегатов и с учётом их характеристик. В отличие от существующей схемы СЭС предложено заменить потребители переменного тока на аналогичные потребители постоянного тока и использовать более мощные выпрямительные устройства с более высокими массогабаритными показателями. Такое техническое решение позволит уменьшить ограничение по частоте переменного тока для генератора АВЭК, что в свою очередь, позволит облегчить условия пилотирования ВС с выпущенным АВЭК без ущерба для приемников электроэнергии первой категории. Представлена и описана разработанная конструкция АВЭК, которая позволяет обеспечить более компактную компоновку агрегатов АВЭК и, тем самым, повысить массогабаритные показатели всего комплекса.

Третья глава посвящена разработке математического аппарата для расчёта наиболее важной части АВЭК - генератора (с возбуждением от постоянных магнитов (ПМ)) различной формы – радиальной, конической и аксиальной. На основе теории подобия выдвинуто предположение о возможности создания эквивалентных электрических машин (ЭМ) с ПМ различного конструктивного исполнения, обладающих одинаковыми энергетическими показателями, справедливость которого подтверждена результатами имитационного компьютерного моделирования трёхмерных моделей электрических генераторов (с ПМ) различной формы – радиального и аксиального, выполненного в программе «Ansys Maxwell 16». Выведены формулы эквивалентного преобразования ЭМ. Выполнен анализ зависимости соотношения главных размеров генератора АВЭК от его формы, на основе которого выведена формула определения оптимального значения конструктивного коэффициента для ЭМ различного конструктивного исполнения.

В четвертой главе решена задача по разработке методики проектирования АВЭК, содержащей методику расчёта ветроколеса и методику расчёта генератора с постоянными магнитами для АВЭК. Для расчёта генераторов различной формы с ПМ представлены формулы, позволяющие в сочетании с известной методикой расчёта генератора радиальной формы выполнить расчёт параметров генератора конической и аксиальной формы с учётом присутствующих им особенностей и ограничений. Решена задача по разработке методики массогабаритной оптимизации АВЭК, содержащей способы улучшения каж-

дого из массогабаритных показателей АВЭК, а также методику массогабаритной оптимизации генератора с ПМ для АВЭК.

Описана разработанная программа для ЭВМ, позволяющая выполнить расчёт генераторов различной формы с ПМ для АВЭК, реализующая разработанную методику проектирования ЭМ с ПМ. Описана разработанная программа для ЭВМ, позволяющая построить трёхмерную модель генераторов различной формы с ПМ и облегчить процесс автоматизированного проектирования АВЭК. Выполнен расчёт и компьютерный анализ генераторов для АВЭК различной формы (радиальным, аксиальным, коническим), определены их массогабаритные показатели, а также массогабаритные показатели АВЭК с каждым из вышеперечисленных генераторов. Выполнен сравнительный анализ массогабаритных показателей разработанных АВЭК и их генераторов различной формы с соответствующими массогабаритными показателями существующего образца (на самолете Sukhoi SuperJet-100).

Завершается диссертация **заключением**, которое содержит основные результаты и выводы.

В целом диссертационная работа Князева А.С. «Авиационный ветроэнергетический комплекс с улучшенными массогабаритными показателями для аварийной системы электроснабжения воздушного судна» имеет чёткую логическую последовательность и представляет собой целостную и завершённую работу.

4. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных в данной диссертационной работе научных и экспериментальных результатов обеспечивается тщательным анализом известных научно-исследовательских работ по теме диссертации и использованием современных методик и средств проведения исследований.

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

1) Разработана конструкция перспективного авиационного ветроэнергетического комплекса, отличающаяся тем, что магнитная система электрогенератора имеет коническую форму;

2) Разработана методика проектирования АВЭК, отличающаяся методикой проектирования генератора с постоянными магнитами, которая содержит выведенные формулы эквивалентного преобразования электрических машин (ЭМ), формулу определения оптимального значения конструктивного коэффициента для ЭМ с заданным углом наклона воздушного зазора к оси вращения ротора, формулу определения диаметра эталонной окружности для эквивалентной ЭМ с выбранным углом наклона воздушного зазора к оси

вращения ротора, формулу определения критического угла наклона воздушного зазора к оси вращения ротора;

3) Разработана методика массогабаритной оптимизации АВЭК, отличающаяся тем, что она содержит способы улучшения каждого из массогабаритных показателей АВЭК, а также разработанную методику массогабаритной оптимизации генератора с постоянными магнитами.

5. Основные практические результаты диссертационной работы

1) Разработанная конструкция перспективного авиационного ветроэнергетического комплекса позволяет создавать АВЭК с улучшенными массогабаритными показателями по сравнению с существующими аналогами при тех же энергетических показателях;

2) Разработанная методика проектирования АВЭК позволяет определять и сравнивать параметры АВЭК с генератором (с постоянными магнитами) радиальной, аксиальной и конической формы;

3) Разработанная методика оптимизации АВЭК позволяет оптимизировать массогабаритные показатели АВЭК по выбранному критерию.

Практическая ценность подтверждается также тем, что на разработанные в ходе работы технические решения выдано 8 патентов РФ на изобретения.

6. Соответствие диссертационной работы критериям.

Положения о присуждении ученых степеней

Содержание и тема диссертации Князева Алексея Сергеевича соответствует научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»:

- формуле паспорта:

в диссертации рассматриваются вопросы исследования электротехнического комплекса генерирования электрической энергии для системы электроснабжения аэрокосмической техники.

- областям исследования паспорта специальности, в частности пунктам 1 и 3 паспорта специальности:

пункт 1. «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем» – проведено компьютерное моделирование компонентов авиационного ветроэнергетического комплекса.

пункт 3. «Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка ал-

горитмов эффективного управления» – разработана конструкция авиационного ветроэнергетического комплекса, методика его расчёта и массогабаритной оптимизации.

Автореферат диссертационной работы Князева А.С. соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа по актуальности темы исследования, цели и решаемым задачам, научной и практической значимости работы, публикациям удовлетворяет критериям Положения о присуждении ученых степеней.

7. Замечания по диссертационной работе

1) Не достаточно подробно описан регулятор напряжения, используемый в составе системы электроснабжения совместно с генератором АВЭК. Не указаны массогабаритные показатели предлагаемого регулятора напряжения.

2) Не описаны особенности переходных режимов для АВЭК с генераторами разной формы.

3) Не достаточно подробно рассмотрен вопрос эквивалентности ЭМ разной формы при насыщении магнитопровода якоря.

4) Результаты исследований подтверждаются только результатами компьютерного моделирования. Не проведены исследования реальных образцов генераторов и АВЭК.

5) Диссертационная работа имеет слишком большой объем из-за наполнения её общеизвестными положениями. Приложение Г «Расчёт параметров генератора с постоянными магнитами для авиационного ветроэнергетического комплекса» целесообразно оформить в виде отдельного методического пособия по проектированию и расчёту генераторов различной конструкции с возбуждением от постоянных магнитов.

Указанные замечания не являются определяющими и в целом не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

8. Общее заключение по работе

Диссертационная работа Князева Алексея Сергеевича представляет собой комплексное решение научно-технической проблемы проектирования авиационного ветроэнергетического комплекса, обеспечивающего работу аварийной системы электроснабжения воздушного судна при возникновении чрезвычайной ситуации в полете.

Результаты вносят вклад в теорию и практику проектирования авиаци-

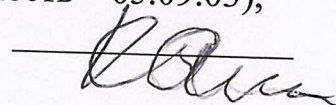
онных ветроэнергетических комплексов, которые могут быть использованы при построении автономных систем электроснабжения различных подвижных объектов.

Диссертация написана ясным, грамотным языком, хорошо оформлена, положения четко аргументированы. Основное содержание работы опубликовано в 35 научных работах, в том числе 8 в изданиях, рекомендованных ВАК, 8 патентах на изобретение, 5 свидетельствах государственной регистрации программ для ЭВМ, 14 докладах на научно-технических Всероссийских и Международных конференциях, диссертация отвечает с этих позиций требованиям ВАК к кандидатским диссертациям. Содержание автореферата соответствует основным положениям и содержанию диссертации.

В целом по актуальности, научной новизне, практической значимости, достоверности научных результатов и степени апробации представленная Князевым А.С. диссертационная работа является законченной научной квалификационной работой, удовлетворяющей требованиям ВАК, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

профессор кафедры электроснабжения ракетных комплексов
ФГК ВООУ ВО «Военная академия РВСН имени Петра Великого»
Министерства обороны Российской Федерации,
доктор технических наук
(специальность – 05.09.03),
профессор



Капелько Константин Васильевич

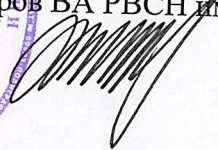
20 июля 2018 года

143900, Россия, г. Балашиха, ул. Карбышева, д. 8
ФГК ВООУ ВО «Военная академия РВСН имени Петра Великого» МО РФ
Тел. +7 (495) 524-08-14, +7 (495) 524-02-70

Подпись Капелько К.В. заверяю:

Начальник отдела кадров ВА РВСН им. Петра Великого

подполковник



М.Г. Журкин

