

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
и инновациям  
доктор технических наук, профессор

Воробьев В. В.

20 18 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертации  
КНЯЗЕВА Алексея Сергеевича  
на тему «Авиационный ветроэнергетический комплекс с улучшенными  
массогабаритными показателями для аварийной системы  
электрообеспечения воздушного судна» на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 05.09.03 –  
«Электротехнические комплексы и системы»

### **Актуальность темы диссертации.**

Системы электрообеспечения воздушных судов являются одной из основных систем авиационного комплекса, от которых зависит в первую очередь безопасность пассажиров и экипажа. При существующих тенденциях к повышению электрификации самолётов, в том числе и переходе к электромеханическим и электрогидростатическим рулевым приводам (Boeing 787, Airbus 380) систем управления полётом, важность повышения надёжности систем электрообеспечения возрастает. С этим связано применение многоуровневого принципа резервирования электрообеспечения, обеспечивающего работоспособность минимально достаточного количества потребителей даже при отказе всех основных источников электроэнергии.

Для реализации указанных режимов используются аварийные системы электрообеспечения, которые могут включать несколько источников электроэнергии – аккумуляторные батареи, ветрогенераторы, электрохимические генераторы и др. При проектировании таких систем при соблюдении жёстких ограничений на длительность и мощность системы, ключевым критерием является полётная масса, которая и определяет её техническое совершенство.

В связи с этим, диссертационная работа Князева А. С., посвящённая разработке методики проектирования ветроэнергетических комплексов для резервных систем электрообеспечения воздушных судов, является весьма **актуальной**.

## **Связь работы с планами авиационной отрасли науки и народного хозяйства.**

Современная тенденция в самолётостроении связана с использованием достаточно широкой международной кооперацией производителей авиационных систем и оборудования. По этому пути пошли и российские производители гражданских самолётов, оснатив новые отечественные воздушные суда только импортным оборудованием. Однако, в условиях экономической и политической конкуренции, правительство РФ в лице Минпромторга планирует постепенную замену бортового оборудования на отечественные аналоги в рамках программы импортозамещения. Это касается и самолётов Sukhoi Superjet 100 (SSJ 100), MC-21 и Tu-214. Создание отечественной ветрогенераторной системы – в русле этих мероприятий.

## **Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

1. Впервые автором проведён анализ возможности использования существующих методик проектирования классических электрических машин (ЭМ) с постоянными магнитами (ПМ) для расчета конических конструкций ЭМ. Для этого проведены исследования зависимости соотношения главных размеров ЭМ с ПМ от выбора их конструктивного исполнения, позволивший определить эквивалентные (с точки зрения энергетической мощности и использования активных материалов) главные размеры ЭМ с ПМ при разных значениях угла наклона воздушного зазора к оси вращения ротора.

2. Разработана методика проектирования авиационных ветроэнергетических комплексов (АВЭК), отличающаяся

– применением формулы эквивалентного преобразования электрических машин (ЭМ);

– использованием формулы определения значения конструктивного коэффициента для ЭМ с заданным углом наклона воздушного зазора к оси вращения ротора, формулы определения диаметра эталонной окружности для эквивалентной ЭМ с выбранным углом наклона воздушного зазора к оси вращения ротора и формулы определения критического угла наклона воздушного зазора к оси вращения ротора;

– применением улучшенной компоновки АВЭК за счёт использования ЭМ конической формы с размещением регулятора угла установки лопастей во внутреннем пространстве генератора.

3. Разработана методика оптимизации массогабаритных параметров элементов АВЭК, отличающаяся тем, что она включает анализ возможности улучшения каждого из массогабаритных показателей с АВЭК по полученным аналитическим зависимостям массы и габаритов.

## **Значимость полученных результатов для науки и практики.**

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при

создании и модернизации резервных систем электроснабжения перспективных средне- и дальнемагистральных воздушных судов, для которых критичным является длительность работы.

Наибольшую ценность результаты представленной работы приобретают при создании самолётов с повышенной электрификацией оборудования, где требуется большая мощность, которую не могут обеспечить существующие ветрогенераторные установки.

Полученные методики расчета конических электрических машин вносят вклад в теорию проектирования электрических машин на основе принципа подобия.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.**

Обоснованность и достоверность полученной методики проектирования АВЭК и конических ЭМ подтверждается совпадением результатов проектирования с параметрами и характеристиками существующей ЭМ с ПМ – подвозбудителя генератора ГТЗОНЖЧ12, а также применением известных апробированных методик проектирования и принципа подобия на основе инвариантности мощности ЭМ.

**Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и 5 приложений, в которых раскрыты основные положения диссертации. Приведенные в диссертации материалы исследований, последовательность изложения материала и представленные результаты свидетельствуют о завершенности работы, что подтверждается грамотной постановкой научной задачи, её решению и говорит о её внутреннем единстве.

**Соответствие автореферата основным положениям диссертации.**

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

**Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.**

Все материалы диссертации прошли апробацию в виде докладов на 14 всероссийских и международных научно-технических конференциях с 2012 по 2017 гг., а также опубликованы в 35 научных статьях, в том числе 8 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 8 патентах на изобретение, 5 свидетельствах государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Замечания.**

1. При разработке авиационного электрооборудования традиционно используют массогабаритные критерии качества проектных решений, при этом, как правило, для количественной оценки массы оборудо-

вания используют понятие «полётная масса», введенное еще в прошлом веке академиком В. С. Кулебакиным, и характеризующее дополнительную массу конкретного воздушного судна для перевозки и функционирования этого оборудования. Однако соискатель для оценки агрегатов использовал абсолютные величины массы и габаритов.

2. При сравнении возможных вариантов построения резервных систем электроснабжения для воздушных судов соискатель рассмотрел только отдельные свойства возможных аварийных источников электроэнергии, например, ограниченное время автономной работы аккумуляторных батарей, однако он не учёл другие свойства, которые используются во время полёта, например работу в режиме буфера, что позволяет повысить качество электроэнергии на борту ВС. Не рассмотрен также и вариант применения водородных топливных элементов, которые, как считают специалисты, тоже претендуют на функцию резервного источника питания.

3. Неизвестно, как соискатель планирует обеспечить требуемое качество электроэнергии, выдаваемое АВЭК, нужно ли использовать дополнительный преобразователь (выпрямитель, инвертор) или регулятор напряжения? Если такой преобразователь нужен, то учитывалась ли масса этого преобразователя в проведенных расчётах?

4. Нельзя согласиться с выводом автора о том, что коническая форма генератора является оптимальной с точки зрения массы и габаритов по сравнению с классическими конструкциями, однако если рассматривать всю систему в целом – АВЭК, то выгода в массе и габаритах возможна, и это связано с возможностью более компактной компоновки винтов, устройств управления и генератора, и снижения при этом лобового сопротивления всей системы.

5. Автором проведена достаточно объёмная подготовительная работа, связанная с анализом влияния отдельных параметров и получением аналитических зависимостей массы АВЭК от них, однако окончательная процедура оптимизации не совсем строга с математической точки зрения, однако это не снижает значимость полученных результатов.

6. В тексте диссертации присутствуют незначительные синтаксические и грамматические ошибки, а также неточности в представлении стандартизованных параметров (например, в некоторых местах указывается номинальное напряжение 28,5 В, в некоторых – 28 В, а в ГОСТе 54073-2010 определено номинальное напряжение постоянного тока – 27 В).

Однако указанные замечания не снижают высокой оценки полученных в диссертации результатов для развития электротехнических комплексов современных и перспективных ВС.

#### **Вывод.**

Диссертация КНЯЗЕВА А. С. является научно-квалификационной

работой, в которой содержится решение научной задачи проектирования ветрогенераторных систем аварийного энергоснабжения с улучшенными массогабаритными показателями, имеющей важное значение для развития авиационной техники, что позволит обеспечить конкурентоспособность отечественной авиационной промышленности.

Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, КНЯЗЕВ Алексей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Диссертация и отзыв на неё обсуждены на заседании кафедры Электротехники и авиационного электрооборудования Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА) (протокол № 1 от 24 августа 2018 г.).

Заведующий кафедрой Электротехники и  
авиационного электрооборудования МГТУ ГА  
доктор технических наук, профессор

 Халютин Сергей Петрович

**Почтовый адрес:** Россия, 125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20, МГТУ ГА.

**Телефон:** +7 (499) 458-75-47.

**E-mail:** info@mstuca.aero.