

**Опытно-конструкторское бюро Сухого
(«ОКБ Сухого»)**

Полицарпова ул., д. 23 Б, а/я 604, Москва, 125284
тел.: (499) 550 01 06, (495) 780 24 90
факс: (495) 945 68 06
e-mail: avpk@sukhoi.org, info@sukhoi.org

ОГРН 1067759884598
ИНН 7708619320, КПП 997450001

№ _____
На _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
управляющего директора –
директор ОКБ Сухого

М. Ю. Стрелец
2022 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации работы Боровикова Дмитрия Александровича
«Методика определения оптимального облика гибридных силовых установок с
воздушным винтом в системе летательного аппарата»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов».

Работа Боровикова Д.А. посвящена исследованию облика гибридной силовой установки для летательного аппарата, а также решению задачи выбора оптимальных параметров электромотора и аккумуляторной батареи для него.

Одним из приоритетных направлений развития современных авиационных двигателей является повышение их топливной эффективности, помимо этого во многих странах к двигателям предъявляются существенные требования по экологическим показателям. Одним из способов достижения высокой топливной эффективности и снижения выбросов вредных веществ в процессе выполнения полетных задач является использование гибридных силовых установок, которые позволяют использовать электромотор для создания тяги и дросселировать газотурбинный двигатель в ходе полета летательного аппарата. В связи с этим решение соискателем поставленных в работе задач представляется актуальным.

Перспективность применения гибридных силовых установок подтверждается большим количеством работ по их математическому моделированию, результатами энергетического анализа, а также рядом

экспериментальных исследований с гибридными двигателями для беспилотных летательных аппаратов. При этом достижение показателей эффективности сопоставимых с газотурбинными двигателями потребует существенного развития технологий, связанных с хранением электроэнергии на борту летательного аппарата. При выборе оптимальных параметров гибридной силовой установки сложность представляет формирование программы управления для силовой установки с несколькими источниками энергии на борту летательного аппарата, а также большое количество варьируемых параметров.

Новизна работы состоит в аналитически определенной области применения гибридных силовых установок и аналитически определенных ограничениях на технические параметры электромотора и аккумуляторной батареи, с учетом особенностей работы газотурбинного двигателя. Помимо этого, в работе использован современный подход к построению математической модели силовой установки в системе летательного аппарата.

Практическая ценность работы заключается в предложенной автором методике выбора типа и параметров силовой установки для летательного аппарата с воздушным винтом.

В первой главе автор проводит аналитический обзор работ, связанных с проектированием и математическим моделированием гибридных силовых установок, на основе проведенного обзора выбрана схема рассматриваемой силовой установки.

Во второй главе описана методика выбора параметров гибридной силовой установки; определена область применения гибридных силовых установок; формально поставлена задача оптимизации гибридной силовой установки по критерию расхода топлива за полетный цикл и аналитически определены ограничения на варьируемые параметры; построена математическая модель силовой установки в системе летательного аппарата; проведена валидация математической модели газотурбинного двигателя.

В третьей главе диссертации решена задача оптимизации гибридной силовой установки на примере самолета Cessna 208В с газотурбинным двигателем ВК-800.

По работе можно сделать следующие замечания:

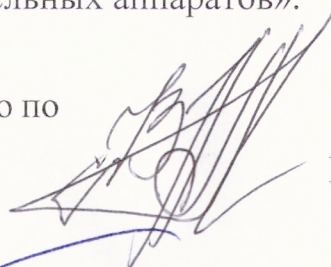
1. Грузоподъемность модификаций самолета Cessna 208В с двигателями РТ6А-114А и РТ6А-140 составляет 1500...1800 кг. Масса полезной нагрузки самолета Cessna 208В с силовой установкой ВК-800, приведенная в табл. 2 автореферата, составляет 500 кг. При этом масса, привносимая на борт по результатам оптимизационного расчета ГСУ (табл. 3): АКБ - 1200...1250 кг., электродвигатель – 90...160 кг. Насколько эффективно применение ГСУ для самолетов такого класса?

2. В ходе исследований установлена необходимость варьирования мощности электродвигателя во время полета и найдены оптимальные законы управления. Однако из автореферата не понятно, каким образом предполагается конструктивно реализовать это управление. В виде отдельного блока управления? Какова его масса? Учтена ли она в общей массе ГСУ?

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку научной работы, которую можно дать на основании текста автореферата.

Работа Боровикова Д.А. является законченной научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной и практической ценностью. Работа соответствует требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям (п.9 «Положения о присуждении ученой степени»), а ее автор, Боровиков Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Заместитель директора ОКБ Сухого по перспективным проектам



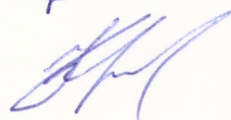
В.Н. Попик

Начальник отдела 9



И.Ю. Пудовкин

Начальник ОтПП, к.т.н.



Р.В. Кузьмичев