СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.10

Соискатель: Редькин Андрей Владимирович

Тема диссертации: Разработка методики проектирования высотного дирижабля длительного барражирования, оснащенного гибридной энергоустановкой с использованием солнечной энергии

Специальность: 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 26 апреля 2022 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Редькину Андрею Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета, д.т.н. проф. Денискин Ю.И.; заместитель председателя, д.т.н. проф. Бойцов Б.В.; ученый секретарь диссертационного совета, к.т.н., доц. Денискина А.Р.; д.т.н., доц. Долгов О.С.; д.т.н., проф. Дудченко А.А.; д.т.н., проф. Комков В.А.; д.т.н., проф. Куприков М.Ю.; д.т.н., проф. Лисейцев Н.К.; д.т.н., проф. Подколзин В.Г.; д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н.; д.т.н., доц. Рахманов М.Л.; д.т.н., проф. Сидоренко А.С.; д.т.н., проф. Туркин И.К.; д.т.н., проф. Ушаков А.Е., д.т.н., проф. Фирсанов В.В.; д.т.н., проф. Шайдаков В.И.

Председатель
диссертационного совета Д 212.125.10
д.т.н., профессор Ю.И. Денискин

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 212.125.10
к.т.н., доцент А.Р. Денискина

Начальник отдела УДС МАИ
Т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.10, 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 26 апреля 2022 г. протокол № 11

О присуждении **Редькину Андрею Владимировичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методики проектирования высотного дирижабля длительного барражирования, оснащённого гибридной энергоустановкой с использованием солнечной энергии» по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» принята к защите 24 февраля 2022 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом Д 212.125.10, 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, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета № 714/нк от 02 ноября 2012 г.

Соискатель Редькин Андрей Владимирович, 15 марта 1968 года рождения.

Редькин Андрей Владимирович в 1991 году окончил Московский авиационный институт им. С. Орджоникидзе по специальности «Системы обеспечения жизнедеятельности, спасения и защиты на ЛА», получив квалификацию инженера-механика. Во время подготовки диссертации, в период с 2016 г. по 2020 г., проходил обучение в заочной аспирантуре федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» по направлению подготовки 15.06.01 «Машиностроение» и специальности 05.07.02

«Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов», работал в должности ведущего инженера в Научно-исследовательском отделении № 10 Центра комплексной интеграции технологий федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (НИО-10 ЦКИТ ФГУП «ЦАГИ»).

В настоящее время соискатель работает в должности ведущего инженера в Научно-исследовательском отделении № 10 Центра комплексной интеграции технологий федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Диссертация выполнена в НИО-10 ЦКИТ ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского».

Научный руководитель – Ковалев Игорь Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, заместитель начальника Центра комплексной интеграции технологий – начальник управления научной деятельностью ФАУ «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского».

Официальные оппоненты:

Медведев Михаил Юрьевич – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института робототехники и процессов управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет»,

Серохвостов Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общей физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, акционерное общество «Долгопрудненское конструкторское бюро автоматики», в своём положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, заместителем генерального

директора по государственному оборонному заказу и научно-техническому развитию Колпаковым Николаем Сергеевичем, кандидатом технических наук, директором по научно-техническому развитию Вопшиным Юрием Геннадиевичем и утверждённом доктором военных наук, генеральным директором Кузнецовым Юрием Васильевичем, указала, что диссертационная работа является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно и на высоком уровне, результаты работы обладают научной новизной и практической значимостью.

Отмечено, что диссертация содержит ряд новых научных результатов и подходов в области проектирования высотного дирижабля длительного барражирования: разработанная методика использует анализ реальных метеоданных, что позволяет определить потребную энергию с учётом заданной вероятности; метод расчёта располагаемой солнечной энергии учитывает изменения направления ветра в течение времени барражирования; определено преимущественное направление ветра, что позволило сделать вывод о рациональности асимметричной компоновки батареи солнечных элементов на оболочке аппарата; для расчета массы энергосистемы на солнечной энергии введен и использован относительный показатель её удельной мощности.

Важным результатом работы является новый метод расчёта рационального соотношения масс компонентов энергосистемы, использующей два источника энергии (солнечную и расходуемое топливо) для получения максимальной продолжительности полета.

Практическая ценность диссертационной работы Редькина А.В. состоит в том, что она может быть использована для проектирования аэростатических и динамических (самолётов) летательных аппаратов длительного барражирования, оснащённых гибридными силовыми установками, использующих инсоляцию и другие возможные источники энергии.

Разработанная методика может служить инструментом для оптимизации элементов гибридной силовой установки, компонентов солнечной энергосистемы, выбора рациональной размерности летательного аппарата.

Работа отвечает требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской

Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Редькин Андрей Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Соискатель имеет 29 публикаций, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 печатных работ, из них: 3 статьи опубликованы в рецензируемых ВАК научных изданиях, 4 – в других изданиях, 8 – в сборниках тезисов и докладов российских и международных конференций. Соискатель является автором 6-ти действующих патентов РФ, из них 2 патента по теме диссертационной работы.

Научные публикации соискателя посвящены:

– разработке методов расчёта энергосистемы на солнечной энергии для высотного дирижабля длительного барражирования;

– определению рациональных параметров и оптимальной высоты полёта высотного дирижабля;

– анализу ветровых и инсоляционных условий, определяющих основные параметры аэростатического летательного аппарата;

– исследованию баланса потребной и располагаемой энергии для высотного дирижабля при различных широтных и сезонных условиях;

– методике расчёта основных характеристик гибридной силовой установки для разных типов летательных аппаратов;

– разработке рациональной аэродинамической компоновки высотного дирижабля;

– применению гибридной силовой установки для инновационных концепций вертикально взлетающих летательных аппаратов.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Перечень работ, рецензируемых ВАК:

1. Методика оценки возможности применения солнечной энергии для обеспечения длительного барражирования высотного дирижабля над заданной

географической точкой / А.В. Редькин, И.Е. Ковалев, В.И. Маврицкий, И.Н. Качарава // Научный Вестник МГТУ ГА. 2018. – Т. 21. – № 4. – С. 96-109.

2. Редькин, А.В., Ялоза, Ю.А., Ковалев, И.Е. Оценка надёжности конвертируемого летательного аппарата с гибридной силовой установкой и многовинтовой несущей системой / А.В. Редькин, Ю.А. Ялоза, И.Е. Ковалев // Научный Вестник МГТУ ГА. 2020. – Т. 23. – № 5. – С. 76-96.

3. Редькин, А.В., Ковалев, И.Е., Костюченков, А.Н. Рациональный облик высотного дирижабля и его энергоустановки для длительного барражирования в северных и арктических районах нашей страны / А.В. Редькин, И.Е. Ковалев, А.Н. Костюченков // Общероссийский научно-технический журнал «Полёт». – 2021. – № 10. – С. 28-37.

Другие публикации:

4. Редькин, А.В., Маврицкий, В.И. Перспективы и возможности создания высотных аэростатических платформ – носителей телекоммуникационного и другого целевого оборудования / А.В. Редькин, В.И. Маврицкий // Труды ЦАГИ. – 2009. – Вып. № 2682. – Сборник статей «Проблемные вопросы создания высотных аэростатических платформ». – С. 3-9.

5. Редькин, А.В., Маврицкий, В.И. Выбор параметров и отработка концептуальных решений для реализации проекта создания высотной платформы для продолжительного барражирования с использованием связки двух ЛА / А.В. Редькин, В.И. Маврицкий // Труды ЦАГИ. 2015. – Вып. № 2747.

6. Редькин, А.В. Оптимизация параметров комбинированной системы энергоснабжения беспилотного высотного дирижабля для длительного барражирования в северных широтах / А.В. Редькин // Техника Воздушного Флота. – 2015. – Вып. 3-4 (№ 720-721). – С. 58-65.

7. Дунаевский, А.И., Редькин, А.В. Перспективы применения гибридных и электрических силовых установок на самолётах малой авиации / А.И. Дунаевский, А.В. Редькин // Труды ЦАГИ. – 2015. – Вып. 2749. – С. 57-63.

Материалы конференций:

8. Маврицкий, В.И., Редькин, А.В. Создание высотной платформы для продолжительного барражирования в заданной точке с использованием связки

двух летательных аппаратов / А.В. Редькин, В.И. Маврицкий // Материалы XLVII Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. – Калуга, 2012. – С. 250-253.

9. Редькин, А.В. Определение оптимального варианта системы энергоснабжения беспилотного высотного дирижабля для длительного барражирования в северных широтах / А.В. Редькин // Материалы 50-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. – Калуга, 2015. – С. 203-204.

10. Долгарева, М.С., Редькин, А.В., Шустов, А.В. Применение метода потребной и располагаемой мощности для оптимизации параметров силовой установки высотного дирижабля на солнечной энергии / М.С. Долгарева, А.В. Редькин, А.В. Шустов // Материалы XXVII научно-технической конференции по аэродинамике. – ЦАГИ, 2016. – С. 101.

11. Горбовской, В.С., Кажан, А.В., Редькин, А.В. Оптимизация основных параметров и разработка аэродинамического облика высотного дирижабля-демонстратора / В.С. Горбовской, А.В. Кажан, А.В. Редькин // Материалы XXVIII научно-технической конференции по аэродинамике. – ЦАГИ, 2017. – С. 101.

12. Горбовской, В.С., Кажан, А.В., Редькин, А.В., Дроздов, А.С. Расчётные исследования нестандартных решений для аэродинамической компоновки высотного дирижабля-демонстратора / В.С. Горбовской, А.В. Кажан, А.В. Редькин, А.С. Дроздов // Материалы Семнадцатой международной школы-семинара «Модели и методы аэродинамики». – ЦАГИ, 2017. – С. 52-53.

13. Редькин, А.В., Долгарева, М.С., Шустов, А.В. Определение рациональной высоты полёта и параметров силовой установки высотного дирижабля на солнечной энергии в заданной географической точке методом потребной и располагаемой мощности / А.В. Редькин, М.С. Долгарева, А.В. Шустов // Материалы 15-й Российско-китайской конференции по фундаментальным проблемам аэродинамики ЛА, динамики полета, прочности и безопасности полётов. – ЦАГИ, 2017.

14. Определение рациональных характеристик и компоновочных решений для инновационных концепций ЛА вертикального взлёта и посадки с гибридной силовой установкой // Сборник докладов XII международной научной

конференции по амфибийной и безаэродромной авиации «Гидроавиасалон-2018». – Москва : ЦАГИ, 2018. – С. 209-215.

15. Маврицкий, В.И., Редькин, А.В. Методика оценки эффективности применения солнечной энергии для энергообеспечения силовой установки высотного дирижабля / А.В. Редькин, В.И. Маврицкий // Материалы 53-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. – Калуга, 2018. – С. 224-225.

Патенты:

1. Патент № 2506204 Российская Федерация, МПК B64C 37/02, F03D 9/00, B64D 5/00, B64D 41/00. Способ размещения высотной платформы и высотная платформа: № 2012140234, заявл. 20.09.2012 г; опубл. 10.02.2014, приоритет от 20.09.2012 / Маврицкий В.И., Редькин А.В. – Бюл. № 4. – 11 с: ил.

2. Патент № 2662593 Российская Федерация, МПК B64C 37/02, F03D 9/00, B64D 5/00, 41/00. Высотный дирижабль: № 2017129291, заявл. 17.08.2017 г; опубл. 26.07.2018, приоритет от 17.08.2017 / Маврицкий В.И., Редькин А.В. – Бюл. №21 – 10 с: ил.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы. В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий анализ работы, отмечены новизна и достоверность полученных результатов, а также их практическая значимость и рекомендации по использованию результатов. Все отзывы положительные.

Отзыв на диссертацию ведущей организации – акционерного общества «Долгопрудненское конструкторское бюро автоматики».

Отзыв положительный.

Наряду с положительной оценкой диссертационной работы, считаем необходимым указать на ряд замечаний и недостатков:

1. Во введении и первой главе диссертационной работы описаны реализованные программы исследования и разработки высотных дирижаблей в России и за рубежом, завершившиеся запуском экспериментальных образцов. однако, в данных разделах отсутствует анализ конкретных достоинств и недостатков реализованных проектов дирижаблей-демонстраторов, принципиальных решений по их системам энергоснабжения, а также не указаны причины, почему эти проекты не были доведены до практического применения.

2. В аналитической части главы 1 автором выполнено описание концептуальных вариантов энергосистем их компонентов, для системы на солнечной энергии не в полной мере раскрыта информация по техническим характеристикам солнечных элементов или фотоэлектрических преобразователей.

3. Расчёт потребной мощности в главе 2, раздел 2.3.2, выполнен для установившегося режима полета с постоянным углом атаки $\alpha=0°$, данный режим принят как основной расчетный для определения энергии для барражирования высотного дирижабля. Однако, для случаев полёта *с изменяющимся углом атаки* $\alpha\neq0°$ и динамическим затяжелением аппарата необходимо дополнить методику расчетными выражениями для определения значений потребной мощности, сопротивления, подъемной силы в зависимости от $C_{x\alpha}$, $C_{y\alpha}$ полученных расчётным или экспериментальным путём для конкретной формы оболочки и оперения.

4. Анализ интенсивности ветра, потребной мощности и энергии, продолжительности полета сделан только для зимнего сезона, что несомненно, наиболее интересно с точки зрения представления наихудших условий эксплуатации дирижабля. Тем не менее, в работе для *полноты анализа* не хватает *расчётных характеристик* (возможно, более оптимистичных) для такого аппарата при обеспечении мониторинга и связи в течение *весенне-летне-осеннего* периода, когда происходит наиболее активное движение судов по северному морскому пути и другая хозяйственная деятельность в арктическом регионе РФ.

5. Несмотря на хороший и понятный язык изложения диссертационной работы, существуют огрехи в её оформлении, встречаются орфографические ошибки, опечатки и отсутствующие знаки пунктуации.

6. Некоторые графики на рисунках, например, 2.9 и 2.13, имеют мелкий шрифт подписей и трудно читаются.

Указанные замечания и недостатки не влияют на общую положительную оценку представленной диссертационной работы А.В. Редькина и являются рекомендациями.

Рассмотренная диссертационная работа Редькина Андрея Владимировича «Разработка методики проектирования высотного дирижабля длительного барражирования, оснащённого гибридной энергоустановкой с использованием солнечной энергии» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно и на высоком уровне, результаты работы обладают научной новизной и практической значимостью.

Полученные выводы и результаты диссертационной работы Редькина А.В. можно считать существенным вкладом в разработку методов проектирования и конструирования для выбора оптимального облика и параметров, компоновки летательного аппарата, следовательно, она соответствует паспорту специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Отзыв на диссертацию официального оппонента Медведева Михаила Юрьевича – доктора технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника Научно-исследовательского института робототехники и процессов управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет».

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Экспертная оценка вариантов реализации силовой установки высотного дирижабля (табл. 1.10) дана путём простого суммирования оценок по отдельным показателям, что соответствует одинаковым весовым коэффициентам. Однако обычно проводят ранжирование частных показателей. Также следовало нормировать весовые коэффициенты таким образом, чтобы их сумма равнялась нулю.

2. В таблице 2.1 диссертации введено понятие вероятности выполнения задачи, однако, от чего она зависит не раскрыто.

3. На стр. 62 диссертации потребная мощность вычисляется из условия обеспечения барражирования на заданной высоте в установившемся режиме. Однако в динамических режимах, в процессе подъема и спуска возможны более высокие требования к потребной мощности.

4. При расчетах в разделе 2.4 диссертации принято, что направление полета высотного дирижабля противоположно направлению ветра. Однако,

барражирование высотного дирижабля, как следует из рис. 2.25, представляет собой движение по окружности, что несколько противоречит принятому ранее предположению.

5. На стр. 131 диссертации утверждение, что предложенная конфигурация силовой установки обеспечивает заданную вероятность выполнения полетного задания, не подтверждено расчетами.

6. Имеется ряд неточностей и опечаток в тексте диссертации. В частности, на рис. 1.9 (стр. 51) и 3.5 (стр. 128) представлены не принципиальные, а структурные схемы. Расчет и выбор электрических силовых кабелей осуществляется не только по номинальному напряжению и току (стр. 37), но и проверяются по допустимым потерям напряжения и термической стойкости. В тесте диссертации длина дирижабля обозначается как L_D и $L_{ОБ}$.

Указанные замечания и вопросы не снижают значимости научно-практических результатов исследования.

Работа выполнена и оформлена на высоком научно-техническом уровне и не содержит недобросовестных заимствований. Представленные результаты являются оригинальными и обоснованными.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача разработки методик проектирования высотного дирижабля длительного барражирования, оснащённого гибридной энергоустановкой с использованием солнечной энергии.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Серохвостова Сергея Владимировича – кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры общей физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Отзыв положительный. Имеется ряд недостатков:

1. В работе не учитывается зависимость характеристик солнечных элементов от угла падения излучения, связанная с отражением и прохождением излучения на поверхности элемента. Это может привести к отличию результатов расчетов от реальных результатов при углах падения излучения, близких к 90 градусам по отношению к нормали к поверхности. Кроме того, не исследована

оптимальная форма покрытия оболочки солнечными элементами, обеспечивающая максимизацию полученной в течение дня солнечной энергии.

2. В главе 3 приведена весовая сводка компонентов дирижабля, из которой следует, что масса топлива на борту может составлять почти половину всей массы дирижабля. Однако в диссертации не освещен вопрос о методах и механизмах изменения подъемной силы дирижабля в широком диапазоне в процессе полета для компенсации уменьшения массы аппарата.

3. Не в полной мере проанализированы вопросы аэродинамики и динамики полёта, в том числе в части дополнительной мощности, требуемой на стабилизацию и ориентацию аппарата при изменении направления ветра, в том числе порывов.

4. В работе не представлены сведения об экономической стороне проекта, в том числе о примерной стоимости самого аппарата и затрат на его эксплуатацию и сравнение со стоимостью альтернативных методов решения поставленных перед аппаратом задач.

5. Также в работе присутствует ряд опечаток, однако их количество не превышает предельно допустимых.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку представленной диссертационной работы А.В. Редькина и в большинстве своём представляют собой рекомендации. Цель исследования достигнута, полученные выводы и результаты соответствуют паспорту специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Отзыв на автореферат диссертации федерального автономного учреждения «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» (ФАУ «ЦИАМ им П.И. Баранова»), подписанный кандидатом технических наук начальником сектора 30601 «Перспективы развития АПД», А.Н. Костюченковым.

Отзыв положительный. Имеются замечания по содержанию автореферата:

1. В недостаточной мере раскрыта методология оценки характеристик силовых установок на базе двигателей внутреннего сгорания.

2. Приведена оценка потребной мощности для дирижабля классической формы, при отсутствии оценки этого параметра для других типов аэростатических ЛА.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Орбита», подписанный заместителем генерального директора по науке – главным конструктором Савенковым В.В. и генеральным директором АО «Орбита», Романовым О.П.

Отзыв положительный. Отмечен небольшой недостаток:

При построении систем энергоснабжения автономных объектов необходимо обеспечить, в том числе, их динамические характеристики при переходных режимах, связанных с резкими изменениями потоков энергии на борту, для чего в структуру системы целесообразно ввести накопитель энергии, предназначенный для относительно кратковременного восполнения недостатка энергии, например при переходе от электропитания от солнечной батареи к электропитанию от генератора.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина», подписанный начальником бригады конструкторского отдела разработки и исследования конструкций из полимерных композиционных материалов для авиационно-космической техники, кандидатом технических наук Половым А.О.

Отзыв положительный. Имеются замечания по содержанию автореферата:

1. Не представлена чёткая классификация дирижаблей по высоте и длительности полёта (барражирования), при этом в работе прослеживается существенное влияние указанных параметров на процесс и результаты проектирования летательного аппарата. Соответственно нет ясности, в каком диапазоне указанных параметров целесообразно использовать разработанную автором методику проектирования.

2. Не раскрыты возможные недостатки и дополнительные проблемы в случае использования гибридных силовых установок (сложность, надёжность, управляемость, функциональность, масса, стоимость и т.д.) по сравнению с установками, работающими на одном виде энергии.

Замечания по оформлению автореферата:

1. Некоторые сокращения, используемые автором, либо не расшифровываются вообще, например, СУ, ГСУ, УГТ, либо вводятся до первого упоминания сокращаемого термина, например, сокращение ВД впервые используется на стр. 3 в первом абзаце, термин «высотный дирижабль» впервые упоминается во втором абзаце, а сокращение в скобках (ВД) дается в третьем абзаце и затем, повторно на стр. 5 в восьмом абзаце.

2. Две таблицы имеют одинаковый номер «1» (стр. 9 и 11), на которые в разных частях автореферата имеются одинаковые ссылки.

3. При расшифровке величин, используемых в формулах, желательно указывать их единицы измерения.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного унитарного предприятия «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»), подписанный заместителем председателя экспертного совета ФГУП «НАМИ», доктором технических наук, профессором, лауреатом Государственной премии и премии Правительства РФ, Заслуженным машиностроителем РФ Гируцким О.И. и заместителем генерального директора по науке ФГУП «НАМИ», доктором технических наук, профессором Бахмутовым С.В.

По содержанию автореферата могут быть сделаны следующие замечания:

1. Из автореферата неясно, каким образом определялась потребная суточная энергия высотного дирижабля, а также из каких составляющих она складывалась.

2. В таблице 1 дана экспертная оценка возможных вариантов силовых установок для высотного дирижабля, однако автором не представлена информация, каким составом экспертов и по какой методике проводилась указанная экспертная оценка.

3. В автореферате присутствует большое количество сокращений, которые не являются общепринятыми, что затрудняет понимание текста, например, УГТ (стр. 9), БСЭ (стр. 15) и другие. Аббревиатура должна быть расшифрована при первом упоминании по тексту.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет», подписанный доктором технических наук, профессором кафедры «Информатика и управление в технических системах» Крамарем В.А.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Не ясно, почему выбраны именно два типоразмера? Предлагаемый в автореферате подход не является универсальным?

2. Из автореферата не ясно, как осуществлялась экспертная оценка вариантов силовых установок? Кто являлся экспертами? Сколько было экспертов?

3. В автореферате указывается, что эмпирическое выражение (8) «имеет хорошую сходимость». Не совсем ясно какой критерий «хорошей сходимости»?

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного учреждения «Центральная аэрологическая обсерватория», подписанный научным руководителем ФГБУ «ЦАО», кандидатом физико-математических наук Колдаевым А.В. и учёным секретарём ФГБУ «ЦАО» Безруковой Н.А.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

Замечания к предложенной работе заключаются в том, что автор, в своих оценках метеорологических факторов, критических для разработки конструкции дирижабля, основывался на данных реанализа. Реанализ является мощным средством научного исследования, но он не может в полной мере заменить данных непосредственных измерений. Это тем более справедливо, что реанализ в силу своей математической природы зачастую сглаживает экстремальные значения, или считает их малодостоверными и просто исключает из набора первичных данных. А именно экстремальные значения модуля скорости ветра являются главным фактором, определяющим потребную энерговооруженность. Хотелось бы порекомендовать обратиться к архиву данных радиозондирования, который доступен в Росгидромете, для валидации полученных автором выводов.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Тульский государственный университет», подписанный кандидатом технических наук, доцентом кафедры систем автоматического управления Морозовым О.О.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В работе автор недостаточно внимания уделяет вопросу исследования влияния аэродинамического облика аппарата на его энергоэффективность. Не рассмотрены варианты других возможных аэродинамических форм высотного дирижабля, которые могут позволить улучшить экономичность и уменьшить потребную мощность и расход топлива. Перспективны также для исследования варианты форм крыла малого удлинения для увеличения динамической подъемной силы, что позволит взять больший запас топлива и увеличить продолжительность миссии. Также необходима проверка расчетными и экспериментальными методами влияния асимметричного расположения солнечных элементов на поверхности оболочки дирижабля на его аэродинамические характеристики.

2. В работе учтены общие затраты мощности на функционирование бортового оборудования, включая систему автоматического управления, однако никаких прямых указаний об особенностях функционального облика и энергозатратах системы управления барражирующим аппаратом, энергоэффективно ориентирующимся по ветру, автор не дает.

3. В диссертации иногда встречаются орфографические и пунктуационные ошибки. Также необходимо отметить «своеобразную» методику использования автором прикладных терминологических сокращений, когда он не сразу их расшифровывает, что говорит о длительном и глубоком погружении автора в материал работы.

Отзыв на автореферат диссертации общества с ограниченной ответственностью «Конструкторское бюро «Атлас»», подписанный кандидатом технических наук главным конструктором ООО «Конструкторское бюро «Атлас»» Ивченко Б.А. и генеральным директором ООО «Конструкторское бюро «Атлас»» Юхацковым М.Ю.

Отзыв положительный. Имеются неточности и недостатки:

1. В диссертации отсутствует расчет и сравнительный анализ возможности применения водородного топлива для силовой установки с целью увеличения продолжительности полета, что было бы интересно для определения перспектив развития проекта.

2. В диссертации получены результаты расчета достигаемой продолжительности полета для ветровых и инсоляционных условий зимне-весеннего сезона, тем не менее, для оценки общих характеристик аппарата желательны среднегодичные показатели, или же дополнительно, отдельные характеристики для летнего сезона.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Телеком СТВ», подписанный кандидатом технических наук, заместителем генерального директора по производству возобновляемых источников энергии Эйдельманом Б.Л.

Отзыв положительный. В качестве недостатка работы указано на следующее: Отсутствие экспериментально изготовленного образца, на основе которого можно было бы внести корректировку в методику расчета. Современные подходы к изготовлению фотовольтаических элементов и облегчённых солнечных батарей могут существенно повысить энергоотдачу до КПД 22-23 % и повлиять на возможный срок беспосадочного полета в большую сторону.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», подписанный кандидатом технических наук, заместителем начальника Центра автоматических космических систем и комплексов Твердохлебовой Е.М., кандидатом технических наук, начальником отделения 101 Ёлкиным К.С. и кандидатом технических наук, инженером 1-й категории отдела 10401 Маленковым А.А.

Отзыв положительный. По содержанию автореферата сделаны следующие замечания:

– рабочую схему формирования методики проектирования высотного дирижабля (рис. 1) для улучшения восприятия следует изобразить в виде блок-схемы по соответствующим правилам оформления;

– не рассматривается влияние проблемы обледенения корпуса дирижабля и солнечных батарей на выбор рационального варианта;

– в тексте автореферата присутствуют опечатки и неточности (например, две таблицы с номером 1; длина дирижабля обозначается $L_{об}$ и L_D – сравнить рис. 2 и уравнение 3; в таблице 3 приведена размерность потребных единиц энергии мВтч – милли-Ватт в час вместо МВтч – мегаватт-час).

Отзыв на автореферат диссертации филиала публичного акционерного общества «Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина» - Экспериментального машиностроительного завода им. В.М. Мясищева, подписанный главным специалистом по динамике полета летательных аппаратов Абраменко Э.Я. и заместителем директора филиала – главным конструктором Лепуховым Б.Н.

Отзыв положительный. Имеется замечание:

При разработке методики проектирования высотного дирижабля автор уделил большое внимание выбору силовой установки, но не рассмотрел работу воздушно-газовой системы и не указал требований к такой системе для высотного дирижабля. А это важная часть конструкции и компоновки дирижабля.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», подписанный кандидатом технических наук, доцентом, старшим научным сотрудником Проектно-конструкторского отделения 10 Склезневым А.А. и доктором технических наук, первым заместителем генерального директора и главного конструктора Кульковым А.А.

Отзыв положительный. По содержанию автореферата сделано замечание, что в автореферате не раскрыт вопрос о применяемости в ферменных силовых конструкциях ВД материалах: планируется ли использование металлических сплавов, или возможно применение армированных полимерных композиционных материалов. Кроме этого, не раскрыто, проводился ли расчет предлагаемой в главе 3 конструктивно-силовой схемы на прочность и жесткость.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», подписанный кандидатом технических наук, доцентом кафедры эксплуатации авиационной техники Гареевым А.М.

Отзыв положительный. Замечаний нет.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова», подписанный доктором технических наук, старшим научным сотрудником, главным научным сотрудником Червонюком В.В., инженером Тахоховым А.А. и первым заместителем генерального директора по науке – начальником научно-исследовательского центра Деевым К.В.

Отзыв положительный. Замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их многолетним опытом, профессионализмом и компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Редькина Андрея Владимировича и подтверждается их научными публикациями в данной отрасли.

Медведев Михаил Юрьевич имеет учёную степень доктора технических наук по специальности 05.13.01 «Управление в технических системах». За предыдущие 5 лет имеет не менее 10-ти научных публикаций, входящих в перечень рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации.

Серохвостов Сергей Владимирович имеет учёную степень кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов». За предыдущие 5 лет имеет не менее 7-ми научных публикаций, входящих в перечень рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации.

Вышеизложенное позволяет считать, что выбор официальных оппонентов является обоснованным, соответствует Постановлению Правительства РФ о порядке присуждения учёных степеней № 842 от 24 сентября 2013 г. и Положению о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук,

утверждённому приказом Министерства образования и науки РФ № 1093 от 10 ноября 2017 г.

Выбор ведущей организации обоснован достижениями акционерного общества «Долгопрудненское конструкторское бюро автоматики» (АО «ДКБА») в области разработки, создания аэростатов и дирижаблей, а также систем специального назначения. АО «ДКБА» проводит исследования в обеспечение создания перспективных комплексов воздухоплавательной техники, включая дирижабли, свободные и привязные аэростаты, разрабатывает мягкие конструкции специального назначения, а также конструкционные плёночные, тканеплёночные материалы. АО «ДКБА» – единственное государственное предприятие в России, занимающееся разработкой и созданием воздухоплавательной техники, а также систем специального назначения.

Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом проектирования и разработки аэростатических летательных аппаратов. Разработка и создание высотной аэростатической платформы является одним из главных перспективных направлений работы АО «ДКБА». Список основных публикаций сотрудников ведущей организации за последние 5 лет:

1. Ворогушин В.А. Пассажирский гибридный дирижабль концепции «НВОС» // Авиапанорама. – 2020. – №6. – С. 16-21.

2. Ворогушин В.А. Дирижабельная модульная транспортная система // Авиапанорама. – 2021. – №6. - С. 8-17.

3. Патент № 2639377 Российская Федерация. Устройство вертостата с автожирным винтом: № 2016102904, опубликовано 21.12.2017, приоритет от 29.01.2016 / Голубятников В.Н., Ворогушин В.А. – Бюл. № 36.

4. Патент № 2643895 Российская Федерация. Устройство вертостата с несущим горизонтальным винтом: №2016115569, опубликовано 06.02.2018, приоритет от 21.04.2016/ Голубятников В.Н., Ворогушин В.А. – Бюл. № 4.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

доказана актуальность темы исследования, определена необходимость и потребность в создании и применении методики проектирования высотного

дирижабля длительного барражирования, оснащённого гибридной силовой установкой;

проведён анализ возможных концептуальных решений по облику высотного дирижабля с различными вариантами силовых установок и источников энергии, метеоданных по силе и направлению ветра за 5 лет в арктической зоне РФ, конструктивных решений по интеграции гибридной силовой установки в конструкцию летательного аппарата;

разработана методика проектирования высотного дирижабля, оснащённого гибридной силовой установкой, способной опционально использовать солнечную энергию и химическое топливо, позволяющая определять основные весовые, геометрические и лётно-технические параметры высотного дирижабля, а также рациональное соотношение масс основных компонентов гибридной силовой установки;

предложен метод расчёта потребной энергии при заданной вероятности непревышения для расчёта продолжительности полёта;

предложена и обоснована концепция ассиметричной бортовой компоновки батареи солнечных элементов вследствие определенного по статистике преимущественного направления ветрового потока (западное);

установлено увеличение продолжительности полета высотного дирижабля при комбинированном использовании возобновляемого и невозобновляемого источников энергии позволит в 1,5 – 2 раза на широтах 60° – 70° с.ш. в условиях зимнего сезона по сравнению с вариантом, использующим только расходуемое топливо.

новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обосновывается тем, что, разработанная методика может применяться для расчёта основных параметров летательных аппаратов длительного барражирования, использующих гибридные силовые установки с солнечными элементами.

Методика оценки удельных характеристик соотношения располагаемой солнечной энергии и потребной энергии в соответствии с ветровой нагрузкой, может быть использована для оценок эффективности и возможности применения солнечной энергии для разных типов ЛА.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанная методика позволит при проектировании оптимизировать взлетную массу барражирующего летательного аппарата и компонентов его гибридной силовой установки для заданной продолжительности полёта.

Разработанная полужёсткая конструкция ВД с двойной оболочкой может быть использована при проектировании дирижабля длительного барражирования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

– достоверность обусловлена применением статистической обработки параметров расчётных данных; сравнением полученных результатов расчётов с результатами аналогичных исследований в России и за рубежом; результатами испытаний моделей дирижаблей в аэродинамических трубах; доступными характеристиками высотных ПД по результатам лётных и стендовых испытаний.

Апробация работы выполнена на примере расчёта лётно-технических характеристик для двух типоразмеров ВД, соответствующих заданным вариантам исходных требований, сформирован облик ВД для обоих вариантов.

– основные положения и результаты представлены и обсуждались на российских и международных научных конференциях: Научные чтения Памяти К.Э. Циолковского (г. Калуга) в 2012, 2015, 2018 гг.; Научно-технической конференции по аэродинамике ЦАГИ в 2016, 2017 гг.; Международной школе-семинаре «Модели и методы аэродинамики» (г. Евпатория) в 2017 г; Российско-китайской конференция по фундаментальным проблемам аэродинамики летательных аппаратов, динамики полета, прочности и безопасности полётов в рамках мероприятий авиасалона «МАКС-2017»; Международной научной конференции по амфибийной и безаэродромной авиации «Гидроавиасалон-2018» (г. Геленджик); Международном симпозиуме по применению электрических и гибридных технологий в аэрокосмической отрасли (г. Кёльн) в 2019 г.

Личный вклад соискателя состоит в том, что лично автором разработана и применена комплексная методика проектирования высотного дирижабля и его энергоустановки. Выполнена обработка массива метеоданных,

проведён анализ и разработан метод определения суммарного значения потребной энергии. Автор принимал непосредственное участие в проектировании и изготовлении аэростатических ЛА: привязных и свободных аэростатов, беспилотного дирижабля, а также в разработке технических требований и заключений на проекты дирижаблей. Создана параметризованная 3D модель Земли и дирижабля, позволяющая выполнить расчёт поступающей солнечной энергии при заданных геометрических параметрах аппарата и БСЭ, удельных характеристик солнечной инсоляции, поступающей на единичную поверхность. Разработана конструкция высотного дирижабля, позволяющая интегрировать в неё элементы гибридной силовой установки, защищённая патентом.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания и вопросы:

1. Поставлен вопрос о необходимости формализации представленной методики проектирования, создания расчётной программы и её регистрации.

2. На слайдах презентации показаны рисунки с изображением высотного дирижабля и размещённой на поверхности оболочки батареи солнечных элементов. Необходимо обосновать, как определяется потребная площадь поверхности солнечных элементов и какова погрешность полученных результатов.

3. Высказаны замечания к стилистике изложения основных положений и результатов диссертационной работы в реферате.

4. Поставлен вопрос о новизне работы, о том, что является главным в разработанной методике, в возможностях её практического применения для проектирования летательных аппаратов длительного барражирования.

5. Дирижабль имеет значительный запас топлива: в варианте без использования солнечной энергии он составляет почти половину взлётной массы аппарата, а при комбинированном использовании – 20–25 %, для размещения такой массы топлива потребуются баки значительного объёма. При этом известно, что на высоте 15 км температура воздуха достигает значения до минус 60°С, что может привести к замерзанию топлива в баках. В связи этим возникает

проблема необходимости подогрева топлива и дополнительных затратах энергии.

6. Высказаны замечания о необходимости уточнения методики расчёта аэродинамических характеристик аппарата, расчёта характеристик воздушных винтов, оптимизации параметров размещения батареи солнечных элементов на оболочке, рациональном выборе типа фотовольтаических элементов, а также экономических показателей.

Соискатель Редькин Андрей Владимирович ответил на высказанные замечания и вопросы и привел собственную аргументацию.

1. Методика, разработанная в диссертации, представлена и изложена в научных статьях и докладах. Все расчётные выражения использованы для получения результатов в виде электронных таблиц и графиков MS Excel, а также в системе 3D моделирования. Реализация в виде рабочей расчётной программы и её регистрация планируются по мере применения методики для решения практических задач проектирования дирижаблей и других летательных аппаратов.

2. Выражения для расчёта площади батареи солнечных элементов приведены на слайдах18 и 19 презентации. Они позволяют определить значение массы, площади солнечных элементов и массы аккумуляторной батареи для конкретных широтных условий и дня года. Основным условием для расчёта является суточный баланс энергии, когда в дневное время инсоляция, преобразуемая в солнечных элементах в электроэнергию, распределяется в течение суток равномерно, обеспечивая постоянную среднесуточную мощность. В ночное время расходуется энергия, запасённая днём посредством аккумуляторной батареи. Верификация полученных решений возможна с помощью 3D модели, где может быть реализован дирижабль с полученной площадью солнечных элементов, воспроизведена ситуация в заданных высотно-широтных условиях, и получены суммарные значения суточной энергии, которые могут быть сопоставлены с расчётными. Точность определения характеристик компонентов по оценке автора не превысит 3%. В дальнейшем по данному направлению необходима разработка комплексной оценки погрешности результатов с учётом влияния всех входящих расчётных модулей методики.

3. Автор принял высказанные замечания и отметил, что при написании реферата следовал необходимости сжатого изложения объёмного процесса разработки проектной методики, что местами привело к зажатости и нечеткости формулировок. В дальнейшем автор учтёт замечания по стилистике и языку и будет совершенствовать форму краткого изложения материала в научных работах и статьях.

4. Главным в выполненной диссертационной работе является собственно методика проектирования летательного аппарата длительного барражирования, использующего солнечную энергию, а также дополнительный невозобновляемый источник энергии, с учётом реальной статистики по ветровым условиям и показателей вероятности. Данная методика позволит определить основные параметры аппарата и его энергоустановки на начальных стадиях его проектирования.

5. Проблема поддержания температуры топлива выше температуры замерзания актуальна для высотного дирижабля и других типов барражирующих летательных аппаратов. Необходима теплоизоляция топливных баков и их размещение внутри элементов силовой конструкции аппарата. При работе над темой диссертации выполнялись расчёты теплоизоляции топливных баков, наполненных жидким водородом. Определено, что задача решаема, не является критической, тем не менее потребует увеличения веса топливной системы и расхода дополнительной энергии на подогрев топлива. В дальнейшей работе над методикой необходимо создать модуль расчёта теплового состояния дирижабля в целом и элементов его энергоустановки, включая топливные баки.

6. Относительно высказанных замечаний по необходимости проработки методики расчёта аэродинамических характеристик аппарата, оптимизации и выбора параметров батареи солнечных элементов, расчёта и анализа экономических характеристик, автор отметил, что согласен с важностью решения данных вопросов, но относит их к следующей стадии проектирования аппарата, на которой должна выполняться разработка систем и подсистем аппарата, и будет сформирована соответствующая методика. На текущем этапе концептуального проектирования проработка данных вопросов выходит за рамки диссертационной работы. Названы оценочные данные стоимости

программы создания высотных дирижаблей двух типоразмеров (5,5 и 2 млрд. руб. соответственно), а также сравнительные характеристики возможной системы сотовой связи с применением высотных дирижаблей в Ханты-Мансийском автономном округе (0,45 млн. руб. /1км^2 /год) по сравнению с традиционной наземной системой (1–1,2 млн. руб. /1км^2 /год) в ценах 2008 г. на основании ранее выполненных работ и отражённых в статье, упомянутой в диссертационной работе.

Соискатель указал, что все высказанные замечания будут учтены в ходе проведения дальнейших исследований.

На заседании 26 апреля 2022 года диссертационный совет **принял решение**: за решение актуальной и практически значимой научно-технической задачи по проектированию высотного дирижабля длительного барражирования, оснащённого гибридной энергоустановкой с использованием солнечной энергии, имеющей существенное значение для развития отечественной авиационной отрасли и её воздухоплавательного направления, присудить Редькину Андрею Владимировичу учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета Денискин Юрий Иванович

Учёный секретарь
диссертационного совета Денискина Антонина Робертовна

26 апреля 2022 года

Начальник отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина