

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры общей физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Серохвостова Сергея Владимировича

на диссертационную работу Редькина Андрея Владимировича

«Разработка методики проектирования высотного дирижабля длительного барражирования, оснащенного гибридной энергоустановкой с использованием солнечной энергии»,

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

В диссертационной работе Редькина А. В. решается важная научная и техническая задача разработки методики проектирования перспективного и уникального класса летательных аппаратов – высотных дирижаблей, обладающих важнейшим качеством аэростатических аппаратов – малым энергопотреблением и большой продолжительностью полета.

Актуальность темы подтверждается значительным интересом к решению технической задачи создания «атмосферного спутника» или стратосферной платформы, способной решать задачи, аналогичные космическим аппаратам, но с меньшими затратами и с большей эффективностью вследствие меньшего расстояния до поверхности Земли.

В нашей стране реализация такого проекта особенно актуальна для удаленных районов Сибири, Якутии, Арктического побережья, где с помощью нескольких высотных дирижаблей можно обеспечить конкурентоспособные системы сотовой связи, а также решить задачи мониторинга атмосферы, охраны границ и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Ряд проектных и научных организаций (АО «ДКБА», ФГУП «ЦАГИ», ФГУП «ГосНИИ АС», ФГБОУ ВО МАИ) приняли участие в программах по разработке и исследованию проектов высотного дирижабля. За рубежом разработкой высотных дирижаблей занимались и занимаются NASA, Boeing, LockheedMartin, NorthropGrumman, ThalesAleniaSpace, Наньянский и Пекинский университеты и др.

Однако ряд существенных технических проблем, выявленных также и при экспериментальных запусках зарубежных демонстраторов, в настоящий момент так и не являются решенными. Одной из важнейших проблем является проблема длительного энергообеспечения аппарата, а также связанные научные задачи по расчету проектных параметров высотного дирижабля и его энергоустановки, решение которых позволит объективно выбрать наилучший вариант и оптимизировать их основные параметры, чему и посвящена диссертационная работа Редькина А.В.

Целью данной работы является разработка методики проектирования беспилотного высотного дирижабля и его гибридной энергоустановки, использующей солнечную энергию и химическую энергию топлива, в

конкретных метеорологических, сезонных и широтных условиях для выбора рациональных геометрических, весовых характеристик аппарата и соотношения масс основных компонентов энергоустановки, позволяющей достигнуть максимальную продолжительность полета при фиксированном значении взлетной массы в заданном географическом районе Земли.

По **структуре** рецензируемая диссертация состоит из 159 страниц, включая введение, три главы, заключение, список литературы из 84 наименований и 3-х приложений.

Введение посвящено обоснованию актуальности темы, рассмотрены основные перспективные области применения ВД, показана важность проекта для решения государственных задач в России. Во введении сделан анализ литературы по теме диссертационной работы, показана история развития идеи, основные достижения и технические проблемы при создании и проектировании такого летательного аппарата.

В первой главе проведен подробный анализ возможных вариантов концепций беспилотных летательных аппаратов длительного барражирования с различными типами энергоустановок и источников энергии. Выполнена систематизация концептуальных решений, определено 11 основных вариантов для анализа, рассмотрены их технические, эксплуатационные характеристики. Приведены подробные характеристики и описание всех концептуальных вариантов, рассмотрены их основные достоинства и недостатки. Выполнен также анализ зарубежных работ по данной тематике, рассмотрены результаты аналогичных исследований за рубежом. В конце главы выполнен анализ 11 вариантов методом экспертной оценки. В результате сравнения выбраны наиболее перспективные варианты энергообеспечения для дальнейшего исследования и построения проектной методики.

В главе 2 описан процесс построения методики проектирования высотного дирижабля с гибридной силовой установкой (ГСУ). Подробно показан процесс разработки методики расчета потребной и располагаемой мощности и энергии для высотного дирижабля при длительном барражировании. Расчет потребной мощности и энергии основан на анализе реального массива данных по направлению и скорости ветра в заданном географическом районе. Построение методики расчета располагаемой мощности выполнено для двух основных компонентов ГСУ: энергосистемы на солнечной энергии (ЭССЭ) и традиционной силовой установки с высотным поршневым двигателем, использующим химическое топливо. Для ЭССЭ рассмотрено решение внутренней и внешней задачи определения располагаемой энергии, учтено влияния ветра и ракурса положения ВД относительно солнца. Приведен вывод расчетных уравнений для определения располагаемой среднесуточной мощности и энергии ЭССЭ.

В завершении процесса проектирования определены решения весового уравнения высотного дирижабля при условии баланса потребной и располагаемой энергии за время барражирования с учетом требуемой вероятности выполнения полетного задания для условий отсутствия солнца, когда используется только поршневой двигатель на химическом топливе. Для

случая активной инсоляции с комбинированным использованием двух источников энергии разработана методика определения продолжительности полета высотного дирижабля с учетом статистики распределения интенсивности ветра, а также способ определения рационального соотношения массы топлива и энергосистемы на солнечной энергии для достижения максимального времени барражирования.

В главе 3 выполнен проектный расчет двух типоразмеров высотного дирижабля в соответствии с разработанной методикой по исходным требованиям к перспективным вариантам аппарата, приведенным в главе 2. Приведены результаты расчета геометрических, весовых и летно-технических характеристик, а также результаты расчета продолжительности полета с использованием двух источников энергии для варианта с максимальным уровнем технических требований.

В главе 3 рассмотрен и описан процесс формирования облика высотного дирижабля, приведены основные его составляющие: конструктивно-силовая схема, аэродинамическая компоновка, силовая установка и система управления. В качестве подтверждения реализуемости проекта высотного дирижабля в работе приведено описание разработанного облика высотного дирижабля, позволяющего эффективно интегрировать в конструкцию ГСУ, использующую солнечную энергию и энергию топлива, конструкция защищена патентом РФ. Удачное боковое расположение дополнительных силовых элементов позволяет разместить и закрепить компоненты ЭССЭ – батарею солнечных элементов и аккумуляторы на противоположных бортах оболочки для обеспечения статического равновесия.

В главе 3 также описан метод определения удельных характеристик ЭССЭ высотного дирижабля, отнесенных к его взлетной массе. Полученные удельные характеристики размерного ряда дирижаблей могут быть использованы для оценки соотношения инсоляционной энергии и энергии ветра в предполагаемом районе эксплуатации, что позволяет сделать вывод о возможности и целесообразности их применения.

В заключении диссертации подведены основные итоги и результаты выполненной работы, показано, что основные задачи работы, которые необходимо было решить для достижения цели диссертационной работы, решены. В заключении приведены научные результаты работы, имеющие научное значение.

В приложениях к диссертации приведены 2 патента РФ с участием автора и 2 акта о внедрении и практическом применении результатов диссертационной работы для выполнения проектных и научно-исследовательских работ по созданию аэростатической техники.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 3 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК, всего по теме диссертации опубликовано 17 работ, включая 2 патента.

Главным и наиболее значимым результатом работы считаю разработку методики, анализ и получение зависимости поступающей на борт солнечной энергии с учетом скорости и направления ветра в течение полета в

зависимости от широты и даты. Данный результат может быть использован не только для солнечных дирижаблей, но и для других аппаратов, в том числе солнечных самолетов.

Также важным результатом являются анализ ресурса подсистем дирижабля и их влияние на время полета и выработка рекомендаций по реализации увеличения времени полета сверх ресурсного времени подсистем.

Достоверность и научная обоснованность результатов подтверждается сравнением с результатами аналогичных исследований в России и за рубежом.

Наряду с положительной оценкой диссертационной работы, считаю необходимым указать на 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 полета, 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 своем представляют собой рекомендации. Цель исследования достигнута, полученные выводы и результаты соответствуют паспорту специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Редькина Андрея Владимировича «Разработка методики проектирования высотного дирижабля длительного барражирования, оснащенного гибридной энергоустановкой с использованием солнечной энергии» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена важная научно-методическая

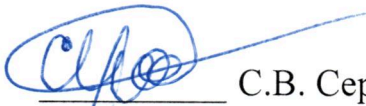
задача - разработка методики проектирования летательного аппарата, использующего два источника энергии. Работа имеет большое практическое значение, так как может быть использована при проектировании дирижаблей и самолетов длительного барражирования, позволяет выполнить оптимизацию параметров летательного аппарата, его гибридной силовой установки и обеспечить максимальную продолжительность полета.

Автореферат диссертации полностью отражает структуру диссертации, основное содержание исследования и его результаты.

Представленная диссертационная работа удовлетворяет критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

В соответствии с вышеизложенным, Редькин Андрей Владимирович заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры общей физики
ФГАОУ ВО «МФТИ»


С.В. Серохвостов
01.04.2022

Подпись к.т.н., доцента С. В. Серохвостова заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета МФТИ
к.ф.-м.н., доцент



Е.Г.Евсеев

Контактная информация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Почтовый адрес: Россия, 141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9

Телефон: +7 (495) 408-89-55

Электронная почта: serokhvastov.sv@mipt.ru