



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ДОЛГОПРУДНЕНСКОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО АВТОМАТИКИ» (АО «ДКБА»)
ПРЕДПРИЯТИЕ КОНЦЕРНА «ВЕГА»

ул. Летная, д. 1, г. Долгопрудный,
Московская область, 141700

Тел.: +7(495) 408-75-11

Факс: +7(495) 408-89-09

E-mail: dkba@dkba.ru; Web: www.dkba.ru

11.12.2024 № 4205

На № 604-104-49 от 20.11.2024 г.

Ученому секретарю

диссертационного совета 24.2.327.03

д.т.н. доценту Старкову А.В.

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

Уважаемый Александр Владимирович!

В ответ на Ваше письмо исх. № 604-104-49 от 20.11.2024 г. высылаю отзыв на автореферат диссертации Хмеля Дмитрия Сергеевича "Методика определения параметров движения управляемых аэростатических зондов для исследования планеты Венера", представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

Приложение: «Отзыв на диссертацию ...» в 2 экз. на 4 л.

Генеральный директор

С уважением,

М.Н. Калинин

ОТЗЫВ

Акционерного общества «Долгопрудненское конструкторское бюро автоматики» на диссертацию Хмеля Дмитрия Сергеевича по теме «Методика определения параметров движения управляемых аэростатических зондов для исследования планеты Венера», представленной в диссертационный совет 24.2.327.03 при Федеральном Государственном Бюджетном Образовательном Учреждении Высшего Образования "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ) на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 - «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов (технические науки)»

Диссертация Д.С. Хмеля посвящена расчету движения управляемых аэростатических зондов, предназначенных для исследования планеты Венера. Автором предложена методика, с помощью которой разработаны пути определения параметров движения управляемых аэростатических зондов при исследованиях ими планеты Венера, куда входят:

- диапазон высот дрейфа;
- длительность поддержания высот дрейфа;
- поддержание скорости изменения высоты;
- поддержание скорости и траектории движения аэростатических зондов с учетом переноса течением супер ротации масс атмосферы преимущественно вдоль экватора.

Наибольший интерес вызывает проведение исследований Венеры с аэростатов, плавающих на высотах от 50 до 63 км, где температура атмосферы близка к температурам эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры на Земле, а вода может находиться в жидком состоянии и есть потенциальная возможность обнаружения живых организмов.

Для исследования планеты Венера уже были использованы аэростаты, которые в июне 1985 года после их ввода атмосферу с спускаемых аппаратов ВЕГА 1, 2, дрейфовали в течение 46 часов на высоте около 55 километров, выше нагретых $>100^{\circ}\text{C}$ слоев атмосферы, передавая научные данные на Землю. Полет аэростатов был неуправляемым, но после всплытия и выполнения оболочки они продемонстрировали способность поддержания дрейфа при воздействии порывов и продолжительного вертикального переноса в атмосфере.

Для продолжения исследований планеты Венера Федеральной космической Программой России на 2031 - 2034 г. предусматривается запуск межпланетного космического аппарата «Венера-Д» с последующим десантированием в атмосфере Венеры аэростатических зондов.

Для увеличения длительности полета, расширения области исследований и объема научной информации вместо неуправляемого дрейфа аэростата для исследований Венеры может использоваться управляемый в той или иной степени аэростатический аппарат.

Актуальность работы определяется тем, что для разработки управляемых аэростатических зондов необходимо рассчитывать траекторию, скорость и ускорение движения и определять параметры длительности, высоты и широты дрейфа. Для этого в своей диссертационной работе соискатель решал научную задачу по разработке методики определения параметров управляемого движения аэростатических аппаратов в условиях атмосферы планеты Венера.

Целью работы является определение параметров движения и обоснование на их основе расширения области научных исследований по высоте, широте и долготе при использовании управляемого полета аэростатического зонда по сравнению с неуправляемым. Для достижения этой цели используется математическое моделирование движения, которое позволяет определить параметры движения: траекторию, скорость, ускорение, а также диапазоны высот и широт маневрирования для нескольких типов аэростатических зондов.

Новизна работы заключается в построении методики определения параметров движения аэростатических зондов, использующих для управления высотой дрейфа изменения массогабаритных параметров (объема оболочек и массы сбрасываемого балласта), а также в рассмотрении вариантов аэростатических зондов, которые дополнительно используют создание сил тяги винтовыми движителями для вертикального и горизонтального движения.

На основе учета параметров внешней среды и определения факторов, воздействующих на плавучесть аэростатического зонда, разработанная автором методика позволяет определить длительность и диапазоны высот поддержания дрейфа без потери высоты, которая может привести к излишнему нагреву и прекращению функционирования аэростатического зонда. С учетом характерных для атмосферы Венеры условий в работе разработаны математические модели:

- плавучести, массы и габаритных характеристик при управлении массогабаритными параметрами с учетом потерь и пополнения оболочки несущим газом;
- радиационного и конвективного нагрева оболочки в облачном слое атмосферы Венеры;
- силы тяги винта при использовании энергии солнечной батареи для снабжения двигателей электрической мощностью;
- движения при действии силы тяги винтов по вертикали и по горизонтали с учетом воздействия зонального переноса зонда для определения

траектории, скорости, ускорения и параметров движения – диапазонов высот, траектории и длительности дрейфа.

Основные научные результаты заключаются в том, что с использованием разработанных методик проведена оценка параметров движения простейших управляемых аэростатических зондов при управлении массогабаритными параметрами (объемом и массой) и с использованием движения за счет силы тяги винтов для оценки области действия (диапазоны высот, широт, долгот), длительности дрейфа в подходящих для длительного функционирования слоях атмосферы. На основе этого обосновано расширение области длительных исследований с использованием управляемых аэростатических зондов по сравнению с неуправляемыми в слоях облаков на высотах от 53 км до 60 км.

Достоверность результатов обеспечивается четкостью формулировок принятых допущений и условий, в рамках которых проводились расчеты и были получены основные результаты, а также корректным использованием математических методов. Автор использовал верификацию математического моделирования движения аэростата посредством замера высоты дрейфа при длительном плавании опытного стратостата, использующего оболочку со стабилизацией всплытия и возможностью управления равновесной высотой всплытия в дневной и ночной период времени.

Вместе с тем, диссертационная работа имеет **ряд недостатков**:

- В главе 3 при изложении методики не раскрыто в полной мере ее применение к разновидностям способов и типам аэростатических аппаратов, а также по отношению к алгоритмам управления движением и схемам их полета, но приведены примеры расчетов для аэростатических зондов различных типов;

- Не сформулирован результат представленных в третьей главе примеров апробации методики для дрейфа управляемых аэростатических зондов различных типов по обоснованию увеличения области и длительности управляемого дрейфа маневрирующего аэростатического зонда по сравнению с неуправляемым;

- Допущены неточности обозначении математических величин и ошибки в наименованиях глав, например третья глава ошибочно названа четвертой;

- В работе имеется неточность в терминологии. В воздухоплавании к оболочкам, в разной степени принимающим заданную форму, применяется термин «выполнение оболочки». Например, частично выполненная оболочка, полностью выполненная оболочка. Термин «наполнение оболочки» может использоваться только при подаче газа или воздуха в ее объем;

- Отсутствуют ссылки по тексту на список литературных источников.

Тем не менее, названные недостатки **не влияют** на положительную оценку диссертационной работы, поскольку в целом работа выполнена на высоком научном уровне и полученные результаты достоверны, основные выводы и заключения обоснованы.

Диссертация позволяет использовать методику расчета движения управляемых аэростатических зондов при планировании их применения для исследования Венеры в программе «Венера-Д» и строить планы по другим возможным исследованиям планеты с использованием аэростатических зондов.

Основные результаты работы обсуждались на международной конференции «Системный анализ, управление и навигация», Научных чтениях памяти К. Э. Циолковского; Академических чтениях по космонавтике, им. академика С. П. Королева. По теме работы опубликованы статьи в журналах, рекомендованных ВАК, опубликована статья в журнале Solar System Resorche (индексированном в SCOPUS). По всем критериям работа соответствует критериям установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней (п. 9-11,13,14), а ее автор в полной мере заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Заместитель генерального директора

- Главный конструктор АО «ДКБА», к. т. н. Ю. Г. Вопшин



Подпись Вопшина Юрия Геннадьевича заверяю:



Ю. В. Ивасюк

Полное название организации: Акционерного общества «Долгопрудненское конструкторское бюро автоматики»

Почтовый адрес: 141700, Московская обл., г. Долгопрудный, ул. Лётная, д. 1

Телефон: + 7 (495) 408-75-11

Адрес официального сайта в сети «Интернет»: <https://www.dkba.ru/>

Адрес электронной почты: dkba@dkba.ru