

УДК 629.787

Анализ форм спускаемых аппаратов для ввода в действие аэростатов в атмосфере Венеры

Киспе Мендоза Михаэль Винсент

dixwmichael@gmail.com

SPIN-код: 9178-6215

Воронцов Виктор Александрович^(*)

victor-vorontsov@yandex.ru

SPIN-код: 1063-3737

Московский авиационный институт, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено влияние геометрии спускаемых аппаратов (сферическая, сегментально-коническая и полуконическая «несущий корпус» форма) на их аэродинамические характеристики и эффективность в задачах ввода в действие аэростатов для изучения атмосферы Венеры. Используя данные VIRA (Venus International Reference Atmosphere) и моделирование спуска в 3D, была выполнена оценка маневренности, стабильности и оптимальной высоты для высвобождения аэростатов. Анализ показал, что полуконическая форма спускаемого аппарата обеспечивает лучший баланс между аэродинамической стабильностью, управляемостью и защитой полезной нагрузки, что делает ее наиболее подходящей для данной миссии.

Ключевые слова: Венера, аэростаты, спускаемый аппарат, атмосферное моделирование, аэродинамика, VIRA

Введение. Изучение атмосферы Венеры является одной из приоритетных задач планетологии. Использование аэростатов позволяет собирать данные о химическом составе, температуре и давлении на различных высотах. Однако эффективность миссии во многом зависит от характеристик спускаемого аппарата, обеспечивающего доставку аэростатов [1, 2].

Методы и материалы; результаты. Анализ спускаемых аппаратов выполнялся с учетом характеристик атмосферы Венеры, описанных в модели Venus International Reference Atmosphere (VIRA). Эта модель предоставляет профили температуры, давления и плотности в зависимости от высоты. В расчетах были использованы параметры для средних широт дневной стороны планеты, так как именно в этих областях предполагается проведение основных научных исследований с помощью аэростатов.

Особое внимание уделялось диапазону высот от 70 до 50 км, где происходит основное аэродинамическое торможение и подготовка к вводу в действие аэростатов. Плотность атмосферы на этих высотах меняется на порядок, что существенно влияет на аэродинамические характеристики аппарата. Для точного описания аэродинамических нагрузок использовались табличные данные плотности и давления, интерполированные с высокой степенью точности [3].

Динамика спуска каждого аппарата описывалась системой нелинейных дифференциальных уравнений, учитывающих влияние аэродинамических

сил, гравитации и изменения плотности атмосферы с высотой. Для разных форм аппаратов использовались соответствующие коэффициенты аэродинамического сопротивления и подъемной силы, полученные из существующих экспериментальных и теоретических данных [3–5].

Численное решение системы уравнений движения осуществлялось с помощью метода Рунге – Кутты 4-го порядка, обеспечивающего высокую точность при разумном времени расчета.

В результате численного моделирования траекторий спускаемых аппаратов с различной геометрией были получены данные о динамике спуска, аэродинамической стабильности, маневренности и оптимальной высоте для освоения аэростатов.

Заключение. В ходе исследования было установлено, что:

- геометрия спускаемого аппарата оказывает существенное влияние на аэродинамические характеристики, устойчивость и эффективность миссии;
- полуконическая форма обеспечивает оптимальное сочетание управляемости, стабильности и безопасности при доставке аэростатов в атмосферу Венеры;
- рекомендуется использовать полуконическую форму спускаемого аппарата для миссий по разворачиванию аэростатов на высотах порядка 50–53 км.

Список источников

- [1] Косенкова А.В., Миненко В.Е., Быковский С.Б., Якушев А.Г. Исследование аэродинамических характеристик альтернативных форм посадочного аппарата для изучения. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2018, № 11 (83). <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2018-11-1826>
- [2] Москаленко Г.М. *Механика полета в атмосфере Венеры*. Москва, Машиностроение, 1978, 232 с.
- [3] Киспе Мендоза М.В., Воронцов В.А. Анализ возмущающих воздействий при вводе в действие двух аэростатов в экстремальных условиях атмосферы Венеры. *58-е Науч. чт., посв. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского: матер.* Москва, Изд-во «Эйдос», 2023, ч. 2, с. 79–81.
- [4] Воронцов В.А. *Проектирование средств десантирования и дрейфа в атмосферах планет и их спутников*. Москва, МАИ-ПРИНТ, 2011, 71 с.
- [5] Киспе Мендоза М.В., Воронцов В.А. Анализ баллистических и планирующих режимов спуска посадочных аппаратов в атмосфере Венеры. *57-е Науч. чт., посв. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского: матер.* Москва, Изд-во «Эйдос», 2022, ч. 2, с. 79–82.