

УДК 629.78

Требования к воздушным электрореактивным двигателям для длительных полетов около планет с атмосферой

Голиков Александр Александрович^(*)

agorgy@yandex.ru

Филатьев Александр Сергеевич

filatyev@yandex.ru

Сагалаков Александр Эдуардович

sag-al@mail.ru

Кралькина Елена Александровна

ekralkina@mail.ru

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

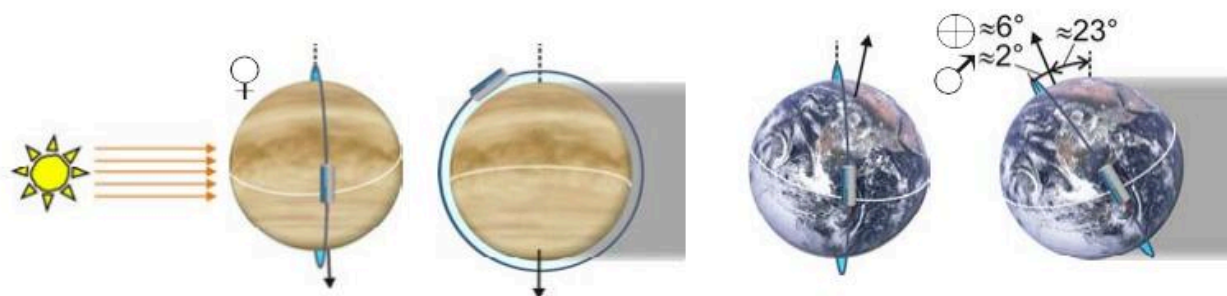
Аннотация. Сформулированы требования к характеристикам воздушных электрореактивных двигателей (ВЭРД) для поддержания околопланетных орбит космических аппаратов с солнечными батареями (СБ) в качестве первичного источника энергии. Проведен анализ влияния свойств атмосферы планет и освещенности на орбите на условия обеспечения потребляемой мощности ВЭРД, концентрации газа в ионизационной камере ВЭРД, и силового баланса. Получено, что наименее жесткие требования к характеристикам ВЭРД предъявляются на околomarсианских орбитах.

Ключевые слова: воздушный электрореактивный двигатель, Венера, Земля, Марс, космический аппарат

Введение. Длительное поддержание космических аппаратов (КА) на ультранизких околопланетных орбитах возможно за счет применения солнечных батарей (СБ) в качестве первичного источника энергии и воздушных электрореактивных двигателей (ВЭРД), которые используют газы окружающей КА атмосферы в качестве рабочего тела, для компенсации аэродинамического сопротивления. В зависимости от свойств атмосферы планеты и потока солнечного излучения, требования к характеристикам ВЭРД и СБ для решения данной задачи могут существенно изменяться.

Ранее были определены необходимые условия длительного поддержания КА на орбите с помощью ВЭРД [1], которые включают: условия силового баланса, обеспечения минимальной допустимой концентрации газа n_{adm} в ионизационной камере ВЭРД и электрической мощности от СБ. На основе этих условий в данной работе проведено сравнение требований к удельному импульсу, значению n_{adm} и тяговому КПД ВЭРД η_T для длительного полета КА около планет с атмосферой: Земли, Марса и Венеры.

Материалы и методы; результаты. При оценке доступной для ВЭРД электрической мощности рассмотрены наилучшие и наихудшие условия освещенности СБ при длительном движении КА на круговых орбитах около Земли, Марса и Венеры [2] с учетом наклона планетарной оси и аномалий поля тяготения (см. рисунок). Для каждой планеты рассмотрено 2 варианта состояний атмосферы — неблагоприятное и благоприятное для повышения эффективности забора газов атмосферы; определены оптимальные высоты орбит. Полученные требования к характеристикам ВЭРД приведены в таблице.



Ориентация плоскости орбиты КА в расчетных вариантах для Венеры (♀), Земли (⊕) и Марса (♂)

Требования к характеристикам ВЭРД

Вариант	Венера		Земля		Марс	
	наихудш.	наилучш.	наихудш.	наилучш.	наихудш.	наилучш.
Отношение n_{adm}/η_T , m^{-3} , не более	$1,5 \cdot 10^{19}$	$10 \cdot 10^{19}$	$3,3 \cdot 10^{18}$	$9,2 \cdot 10^{18}$	$1,1 \cdot 10^{19}$	$2,5 \cdot 10^{19}$
Удельный импульс, с, не менее	3650	1600	4000	1750	1750	750

Заключение. Требования к ВЭРД для длительного поддержания КА на околопланетных орбитах лежат в практическом диапазоне для существующих технологий ЭРД. Наименее жесткие требования предъявляются на Венере, однако преимущества в освещенности СБ могут быть использованы только непродолжительное время. При длительном полете КА наилучшие условия для работы ВЭРД реализуются на околомарсианских орбитах, что определяется сравнительно малой круговой орбитальной скоростью.

Исследование проведено в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова в рамках поддержки Междисциплинарных научно-образовательных школ, Соглашение №23-Ш01-07.

Список источников

- [1] Филатьев А.С., Голиков А.А. Необходимые условия существования космических аппаратов на замкнутых ультранизких орбитах. *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки*, 2023, т. 508, с. 68–74.
<https://doi.org/10.31857/S2686740023010030>
- [2] Anderson P., Macdonald M., Yen Ch. Novel orbits of Mercury, Venus and Mars enabled using low-thrust propulsion. *Acta Astronautica*, 2014, vol. 94, pp. 634–645.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2013.08.018>