

УДК 629.787

Анализ этапа спуска космического аппарата на поверхность Титана с учетом и без учета атмосферы

Старостина Татьяна Владимировна^(*)

starostina.tv@ssau.ru

Старинова Ольга Леонардовна

solleo@mail.ru

Жалдыбина Ольга Дмитриевна

zhaldybina.od@ssau.ru

Самарский университет, Самара, Россия

Аннотация. Разработан математический комплекс для расчета посадки космического аппарата на спутник Сатурна Титан с минимальными энергетическими затратами, а также оценена длительность маневра мягкой посадки КА. Отличительной особенностью данного исследования является учет атмосферы Титана, которая обладает заметным аэродинамическим сопротивлением. Моделирование движения проводилось численно, в математическом пакете Mathcad.

Ключевые слова: космический аппарат, посадка, спутник Сатурна, математическое моделирование, Титан

Введение. Титан второй по размеру спутник в Солнечной системе [1]. Атмосфера Титана состоит главным образом из азота и метана.

Особенностью атмосферы Титана является наличие плотных облаков и осадков. Однако вместо воды, основным компонентом облачной системы является метан.

Еще одной отличительной особенностью атмосферы Титана является быстрое убывание ее плотности с увеличением высоты [2].

Целью данного исследования является разработка математического комплекса для расчета посадки космического аппарата (КА) на спутник Сатурна Титан с минимальными энергетическими затратами.

Материалы и методы; результаты. Участок гравитационного разворота рассчитывался для следующих начальных условий: высота орбиты $h = 700$ км, скорость СА равна круговой скорости $V = 1,656$ м/с, начальный угол наклона траектории $\theta = -0,1$ град. Длительность гравитационного разворота составила 654,345 с.

В процессе выполнения гравитационного разворота высота СА снижается до $h_1 = 657,7$ км, а скорость достигает $V_1 = 1,367$ м/с. На выполнение маневра расходуется 18,274 кг рабочего тела ДУ, т. е. масса СА составляет $m_1 = 21,726$ кг. Эти данные являются начальными условиями для этапа вертикального спуска.

На рисунке показаны результаты моделирования участка вертикального спуска. На обоих рисунках синей линией показана пассивная траектория, красной линией показана зона торможения перед посадкой. На рисунке *a* показана зависимость высоты графиков от времени. Пунктирная линия соответ-

ствуется условию спуска с учетом атмосферы Титана, а сплошная линия без учета атмосферы.

На рисунке б показаны графики зависимости высоты от скорости. Графики имеют разный рисунок, это связано с тем, что атмосфера Титана, находящаяся ближе к поверхности, становится очень плотной, из-за этого спускаемый аппарат начинает тормозиться об нее, а потом снова разгоняться. Максимальная скорость спускаемого аппарата на активном участке вертикального спуска во время учета атмосферы Титана снизилась с 1110 м/с до 36,631 м/с. Количество затраченного топлива на совершение посадки также изменится. Без учета атмосферы — 27,354 кг, с учетом — 18,638 кг.

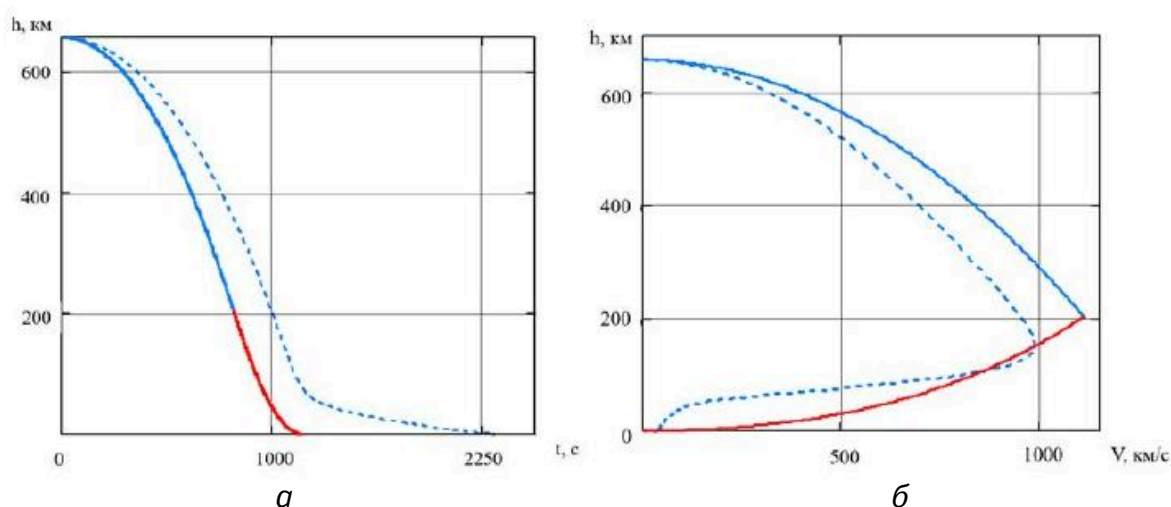


График зависимости высоты от времени (а) и высоты от скорости (б) на участке вертикального спуска

Заключение. В работе рассматривалась посадка космического аппарата на спутник Сатурна Титан с учетом и без учета атмосферы Титана. В результате исследований был разработан математический комплекс для расчета посадки космического аппарата на спутник Сатурна Титан с минимальными энергетическими затратами.

Список источников

- [1] Patrick A., Bethke K., Stillwagen, F., Darrell L., Manvi R., Shawn A. Revolutionary Concepts for Human Outer Planet Exploration (HOPE). *American Institute of Physics Conference Proceedings, Journal*, 2003, vol. 654, pp. 821—828.
- [2] *Planetary Satellite Mean Orbital Parameters*. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Archived on August 22, 2011.