

БАЛЛИСТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ВЫВОДА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОРБИТЫ СПУТНИКОВ ЮПИТЕРА

*О.Д. Жалдыбина, Е.А. Яковлева
студенты группы 1608-240501D
г.о. Самара, Самарский университет*

Приглашённый доклад на секции «Стабильный полёт»

Проблема и актуальность. Космическая отрасль в настоящее время находится на пике своего развития. Люди мечтают о путешествиях на другие планеты (для их дальнейшего изучения), но без предварительного расчёта баллистической траектории это сделать невозможно. Именно поэтому была поставлена задача – разработать и рассчитать баллистическую схему перелёта к дальней планете – Юпитеру, и дальнейший перелёт к его спутникам Ио и Европе. Это означает найти траектории перелётов, необходимые затраты топлива, наилучшие даты старта.

Цель. Целью работы является расчёт межпланетного перелёта к сфере действия Юпитера и дальнейшего перелёта к его спутникам Ио и Европе.

Материалы и методы исследования. Разработана методика, позволяющая провести расчёт всех этапов межпланетной миссии к Юпитеру, включающей геоцентрический, гелиоцентрический и юпитероцентрический участки траектории.

На языке программирования Python, была написана программа, реализующая:

- расчёт скоростей и координат планет (Земли и Юпитера) и спутников Юпитера Европа и Ио по элементам орбит,

- построение трассы и определение начальных условий движения КА по элементам орбиты,

- расчёт перелёта по схеме Гомана,

- решение задачи Ламберта,

- построение траекторий перелёта КА в сфере действия Юпитера,

- расчёт гравитационного манёвра для перелёта к спутникам Юпитера (Европа и Ио),

- построение трассы гравитационного манёвра [1].

Результаты. Рассчитана баллистическая траектория планетоцентрического движения с жидкостным ракетным двигателем (рисунок 1-2). На рисунке 1 показана траектория выведения ракеты-носителя на опорную геоцентрическую орбиту. На рисунке 2 показана траектория движения космического аппарата в ходе его выведения из сферы действия Земли.

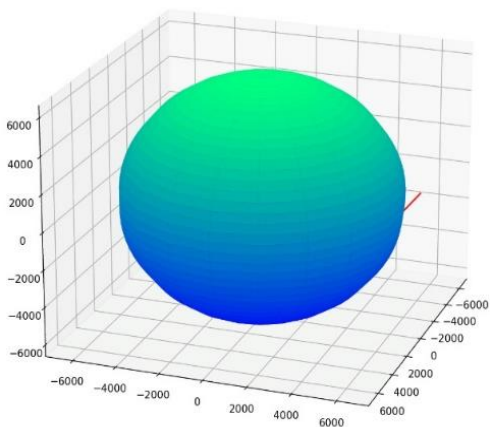


Рисунок 1 - Траектория выведения ракеты-носителя на опорную геоцентрическую орбиту

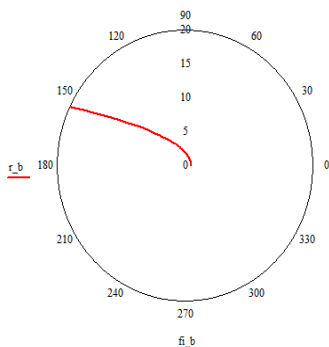


Рисунок 2 – Траектория движения космического аппарата в ходе его выведения из сферы действия Земли

Построена схема перелёта по двум различным методикам - Гомана и Ламберта (рисунок 3). Первая методика даёт меньший расход топлива, но пригодна только для фиксированных дат старта. Вторая методика более гибкая, она позволяет рассчитать необходимое топливо для перелётов, начинающихся в любую дату. Естественно затраты топлива будут различны.

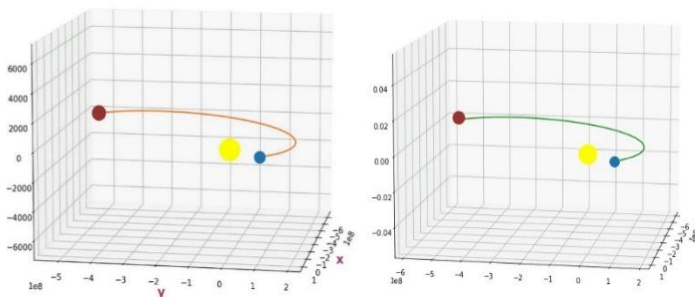


Рисунок 3 - Перелёт по схеме Гомана (слева) и перелёт по схеме Ламберта (справа)

В сфере действия Юпитера предполагалось, что космический аппарат произведёт разделение на два зонда, которые проведут исследование его спутников Европы и Ио. На основе полученных результатов расчёта сделан вывод о том, что для выхода на орбиту Европы, нет необходимости прикладывать импульсы, так как удачное время старта позволяет космическому аппарату долететь до сферы действия Юпитера, к тому моменту, когда Европа будет проходить вблизи точки разделения космических аппаратов. Вследствие чего, Европа сама притянет к себе аппарат и необходимости в прикладывании дополнительных импульсов не будет. Это позволит снизить расход топлива для этого участка перелёта. А поскольку всё топливо КА должен везти с Земли, то и на всю миссию.

Для второго зонда, предназначенного для исследования Ио, ситуация не такая благоприятная. После разделения зондов требуются дополнительные манёвры для перелёта на орбиту спутника. На рисунке 3 показаны результаты этих расчётов в форме траектории движения к спутнику Юпитера Ио (рисунок 4) [2].

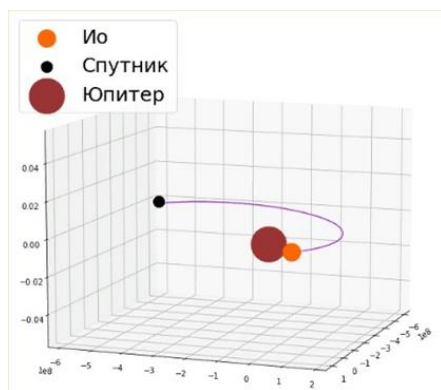


Рисунок 4 - Схема перелёта к спутнику Юпитера – Ио

Заключение. Рассчитаны значения импульсов для перехода по схемам Гомана и Ламберта-Эйлера, а также время межпланетного перелёта. Построена траектория планетоцентрического движения. Построены трассы перелёта Земля-Юпитер и Юпитер-Ио.

Список литературы:

1. Жалдыбина О.Д., Яковлева Е.А. Управление движением и навигация летательных аппаратов: сборник трудов XXV Всероссийского семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов: Самара, 15-17 июня 2022 г. – Самара: Издательство Самарского университета, 2022. – 310-314 с.
2. Куренков В. И. Основы автоматизированного проектирования Электрон. учебн. пособие / В. И. Куренков, А. А. Панков; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т).