

УДК 521.322

Построение низкоэнергетических траекторий перелета к Луне с использованием генетического алгоритма

Кудлак Виталия Викторовна^(*)

kudlak@bmstu.ru

Масленников Андрей Леонидович

amas@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассматривается задача построения траектории облета Луны и возвращения космического аппарата на Землю с использованием оптимизационной процедуры, в которой в качестве численного метода применяется генетический алгоритм. Для решения задачи также используется метод сфер действия. Решением оптимизационной задачи определяются начальные параметры орбиты полета к Луне, обеспечивающие построение заданной траектории без использования импульсных маневров. Результаты моделирования показывают принципиальную применимость рассмотренного подхода к проектированию лунных миссий с использованием генетического алгоритма.

Ключевые слова: генетический алгоритм, траектория космического аппарата, проектирование миссии, оптимизация, пассивный перелет

Введение. Для формирования траектории полета космического аппарата (КА) вокруг Луны и его возвращения на Землю встает вопрос о расчете параметров траектории, обеспечивающих достижение верхней границы атмосферы. В существующих методах решение поставленной задачи реализуется за счет формирования и решения краевой задачи, с использованием численного интегрирования дифференциальных уравнений, описывающих движение КА с учетом гравитационного воздействия небесных тел. Однако ввиду большого количества учитываемых параметров, объем времени, требуемый для решения, становится достаточно большим, поэтому в данной работе предлагается решение на основе комбинации приближенных аналитических и численных методов оптимизации.

Материалы и методы; результаты. Для построения траектории облета Луны и возвращения КА на Землю могут быть использованы различные методы [1–3]. С целью снижения энергетических затрат целесообразно рассмотреть пассивный полет КА, при котором осуществляется единственный импульсный маневр при старте с орбиты Земли. Параметры каждого участка траектории КА, в том числе параметры орбиты, определяются начальными условиями. Для их подбора целесообразно применить методы оптимизации.

В данной работе выполнен расчет низкоэнергетической траектории облета Луны и последующего возвращения КА на Землю с помощью генетического алгоритма [4]. Для этого были определены параметры движения КА на каждом участке траектории с использованием метода сфер действия. Орбита полета КА к Луне определяется геоцентрическим радиусом апогея начальной орбиты и временем полета до указанной точки, который распола-

гается на продолжении отрезка, соединяющего центры масс Земли и Луны в упрежденной точке. Выполнение полета КА на первом участке траектории предполагается по схеме Гомана, в которой старт аппарата осуществляется в перигее орбиты перелета, а ее плоскость совпадает с плоскостью орбиты Луны. С помощью генетического алгоритма определяются величина радиуса апогея первой орбиты и время полёта к нему при старте с околоземной орбиты. Критерий минимизации оптимизационной задачи представляет собой высоту перигея орбиты последнего участка траектории, обеспечивающую вход КА в атмосферу Земли. Обязательным условием является прохождение КА сферы действия Луны.

Заключение. Для построения схемы полета КА была сформулирована оптимизационная задача, которая численно была решена с использованием генетического алгоритма. В результате был осуществлен подбор параметров начальной траектории, обеспечивающий облет Луны и возвращение КА на Землю. Полученные результаты показали, что использование оптимизационной задачи и генетического алгоритма как численного метода решения позволяет более эффективно рассчитывать траекторию движения КА в лунных миссиях.

Список источников

- [1] Peterson L.T., Brown G., Jorba A., Scheeres D. Dynamics around the Earth–Moon triangular points in the Hill restricted 4-body problem. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 2024, vol. 136 (4), pp. 30–31. <https://doi.org/10.1007/s10569-024-10203-5>
- [2] Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. *Основы механики космического полета*. Москва, Наука, 1990, 448 с.
- [3] Дема А.И. Возвращение космического аппарата из окрестностей точек Лагранжа Луны на поверхность Земли. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2023, № 4, с. 205–211.
- [4] Масленников А.Л., Кудлак В.В. Формирование траектории полета космического аппарата от Земли к Плутону с совершением гравитационного маневра вокруг Юпитера с использованием генетического алгоритма. *ИИАСУ'23. Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных. II Всерос. науч. конф.: сб. ст.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 259–265.