Секция «Вычислительная математика, математическое моделирование и численные методы»

Оптимизация перелёта космического аппарата с идеально - регулируемым двигателем в плоско - параллельном гравитационном поле и метод продолжения по параметру.

Научный руководитель – Григорьев Илья Сергеевич

Ахмедова Нигяр Рамиз гызы
Студент (бакалавр)
Бакинский филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, Факультет прикладной математики, Баку, Азербайджан
E-mail: ahmedova.nigar1998@gmail.com

В работе рассматривается задача оптимизации мягкой посадки космического аппарата на поверхность Луны. Предполагается, что гравитационное поле Луны постоянное плоско - параллельное, космический аппарат (КА) – материальная точка, движущаяся в вакууме, управление КА осуществляется величиной и направлением вектора тяги, время перелёта ограничено. В начальный момент времени положение и скорость КА – известные величины, считающиеся параметрами задачи. После выполнения манёвров КА должен оказаться на посадочной площадке – в заданной точке поверхности Луны с нулевой скоростью.

Математически рассматриваемая задача формализуется как задача оптимального управления:

$$\int_0^T (a_x^2 + a_y^2 + a_z^2)^\gamma \to \min,$$

$$\begin{cases} \dot{\vec{r}} = \vec{v}, \\ \dot{\vec{v}} = \vec{g} + \vec{a}, \\ \vec{r}(0) = \vec{r_0}, \\ \vec{v}(0) = \vec{v_0}, \\ \vec{r}(T) = \vec{r_T} = \vec{0}, \\ \vec{v}(T) = \vec{v_T} = \vec{0}. \end{cases}$$

где $\vec{r}$ – радиус вектор КА в декартовой прямоугольной системе координат, связанной с космодромом, $\vec{v}$ – вектор скорости центра масс КА, (a_x, a_y, a_z) – вектор реактивного ускорения КА, $0 < \gamma \leq 1$ – параметр рассматриваемого семейства задач. При $\gamma = 1$ задача соответствует задаче с идеально - регулируемым двигателем. При $\gamma = \frac{1}{2}$ – задаче в импульсной постановке с управлениями δ - функциями Дирака, и её решение в пространстве кусочно - непрерывных управлений не существует.

На основе принципа максимума Понтрягина решение задачи оптимального управления сводится к решению краевой задачи принципа максимума. В случае идеально - регулируемого двигателя (при $\gamma = 1$) задача может быть решена аналитически. При других γ она решается численно методом стрельбы. Задача Коши решается методом Дормана - Принса 5(4) (явный метод Рунге - Кутта) с автоматическим выбором длины шага [2]. Для нахождения решения системы нелинейных уравнений были применены метод продолжения по параметру и метод Ньютона (модификация Исаева - Сонина) с нормировкой Федоренко [1].

Рассматриваемые задачи удалось решить – построить экстремали Понтрягина и провести параметрическое исследование.

Список литературы

[1] *Федоренко Р.П.* Введение в вычислительную физику. М.: Издательство Московского физико - технического института, 1994.

[2] *Хайрер Э., Нёрсетт С., Ваннер Г.* Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990.