

Численная оптимизация траекторий пространственного перелёта космического аппарата на основе решения задач Ламберта

Научный руководитель – Заплетин Максим Петрович

Голикова Г.Н.¹, Горбунов Д.А.¹, Самохин А.С.²

1 - Российский университет дружбы народов, Инженерный факультет, Москва, Россия; 2 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной математики, Москва, Россия

В работе рассматриваются задачи оптимизации пролета и сопровождения космическим аппаратом (КА) малого небесного тела без возвращения на Землю.

Гравитационное поле Солнца считается центральным ньютоновским, а притяжение остальных небесных тел и КА не учитывается. Координаты и скорости Земли соответствуют эфемеридам DE424, а эфемериды комет и астероидов генерируются программой НАСА "HORIZONS". Для работы с эфемеридами используется пакет SPICE [5].

Общее время экспедиции ограничено, величина ограничения выбирается в процессе решения задачи. В моменты отлёта от Земли и прилёта к комете или астероиду положение КА совпадает с положением центров соответствующих небесных тел. Управление КА осуществляется двумя импульсными воздействиями, величины которых определяются как модули векторов разности скоростей КА и рассматриваемых небесных тел.

Минимизируется сумма импульсов задачи. Траектория перелёта, величины и направления импульсных воздействий находятся посредством решения задач Ламберта методом универсальной переменной [4] с использованием модифицированного метода Ньютона [2]. В методику решения задач Ламберта, ранее рассмотренную в [3], были внесены изменения для повышения эффективности работы алгоритма. В случае неединственности решения задачи Ламберта выбирается траектория, которой соответствует наименьшее значение функционала.

Данная задача имеет большое количество экстремумов, которые находятся методом градиентного спуска [1], стартующим из узлов сетки в области изменения параметров задачи. В работе приводятся построенные траектории экспедиций к конкретным небесным телам и зависимости значений функционала от параметров задачи.

Источники и литература

- 1) Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал Пресс, 2002. 824 с.
- 2) Исаев В.К., Сонин В.В. Об одной модификации метода Ньютона численного решения краевых задач. Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1963, том 3, № 6, с. 1114-1116.
- 3) Самохин А.С. Оптимизация экспедиции КА к Фобосу при управлении импульсными воздействиями с использованием решения задач Ламберта и учетом притяжения Земли и Марса. Вестник Московского университета. Серия 1. Математика. Механика, 2014, № 2, с. 62-66.
- 4) Суханов А.А. Астродинамика. Москва, Серия "Механика, управление, информатика Ротапринт ИКИ РАН, 2000, 202 с.
- 5) <http://naif.jpl.nasa.gov/naif>