

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕЛЁТА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С БОЛЬШОЙ ТЯГОЙ ОТ ФОБОСА К ЗЕМЛЕ

Самохин А.С.

199992, Россия, Москва, ГСП-2, Ленинские Горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, мехмат ф-т, каф. выч. мат., e-mail: kipt35@gmail.com

Рассматривается задача оптимального управления межпланетным пространственным перелётом космического аппарата (КА). В начальный момент времени  $t_0$  КА находится на Фобосе: положение и скорость КА совпадают с положением и скоростью центра масс Фобоса. В конечный момент времени  $t_1$  КА прилетает к Земле: положение КА совпадает с положением центра масс Земли. Актуальность рассматриваемой задачи отмечена в [1].

Дата старта  $t_0 \in [2020, 2035]$  гг, общая продолжительность миссии ограничена  $t_1 - t_0 \leq 1300$  днями. Гравитационные поля Солнца и Марса считаются центральными ньютоновскими, Земля, Фобос и КА считаются непритягивающими точками. Положения центров масс Земли и Марса соответствует эфемеридам DE424, центра масс Фобоса — эфемеридам MAR097. В связи с эффектом потери точности [2] движение рассматривается в нескольких системах координат.

Управление осуществляется двигателями большой тяги (БТ) во время безвиткового ухода КА от Фобоса. Времена  $t_0$ ,  $t_1$  и момент отключения двигателей БТ оптимизируются. Минимизируются затраты массы.

Задача космодинамики формализуется как задача оптимального управления. На основе принципа максимума Понтрягина [3] решение задачи оптимального управления сводится к решению краевой задачи с разрывными правыми частями. Краевая задача решается в работе численно методом стрельбы [4], серия задач Коши решается явным методом Рунге-Кутты 8 порядка, основанным на расчетных формулах Дормана-Принса 8(7) с автоматическим выбором шага [5]. Корень вектор-функции невязок находится модифицированным методом Ньютона. В результате решения удалось построить экстремали Понтрягина, проанализировать их в зависимости от параметров задачи.

## Литература.

1. Энеев Т. М. Актуальные задачи исследования дальнего космоса.// Космические исследования, №6, том 43, 2005. Стр 403-407.
2. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 636 стр.
3. Понтрягин Л. С., Болтянский В. Г., Гамкрелидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. Математическая теория оптимальных процессов. — М.: Наука, 1983. 392 стр.
4. Григорьев И. С. Методическое пособие по численным методам решения краевых задач принципа максимума в задачах оптимального управления. — М.: Издательство Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2005. 160 стр.
5. Хайрер Э., Нёрсетт С. П., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. — М.: Мир, 1989. 512 стр.