

# ЧИСЛЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТРЁХИМПУЛЬСНОГО ПОДЛЁТА К ФОБОСУ С ВЫХОДОМ НА СФЕРУ ХИЛЛА МАРСА НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ СЕРИИ ЗАДАЧ ЛАМБЕРТА

Самохин А.С.<sup>1</sup>, Самохина М.А.<sup>1</sup>, Григорьев И.С., Заплетин М.П.

Мехмат МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, Тел.: +7(495)939-45-87, E-mail: samokhin@ipu.ru

<sup>1</sup>ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 38 лаборатория, Россия, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, Тел.: +7(495)334-89-10, факс: +7(495)334-93-40, +7(499)234-64-26

Рассматривается задача оптимизации межпланетного перелёта космического аппарата. В начальный момент времени космический аппарат находится на круговой орбите искусственного спутника Земли заданной высоты и наклона к экватору. В конечный момент времени космический аппарат садится на Фобос: положение и скорость космического аппарата совпадают с положением и скоростью центра масс Фобоса. Космический аппарат и Фобос представляют собой непритягивающие материальные точки. Дата старта и продолжительность миссии ограничены. Гравитационные поля Солнца, Земли, Марса считаются центральными ньютоновскими. Положения Земли и Марса соответствует эфемеридам DE424, Фобоса – MAR097. Для посадки на Фобос вначале даётся тормозной импульс по направлению скорости космического аппарата в точке А – перицентре траектории на расстоянии 50 км от поверхности Марса в плоскости Фобоса. Этот импульс необходим для выхода на сферу Хилла Марса. На сфере Хилла в точке В даётся импульс, необходимый для подъёма перицентра орбиты и поворота до плоскости Фобоса. Точка В находится в пересечении подлётной плоскости и плоскости Фобоса. Далее в точке С даётся тормозной импульс по скорости, необходимый для выравнивая скорости со скоростью Фобоса. Для попадания в точку С решается задача фазировки. Перелёты космического аппарата из точек А в В и из В в С считаются гомановскими, соответствующие им импульсы вычисляются аналитически.

Долгота восходящего узла исходной орбиты и положение космического аппарата на ней, времена осуществления импульсов оптимизируются градиентными методами. Минимизируется аналог затрат массы — сумма величин четырёх импульсов задачи. Задача формализуется как серия задач Ламберта, которые решаются с использованием универсального уравнения Кеплера. Реализован соответствующий программный комплекс на языке С с использованием пакета SPICE для учёта эфемерид. В результате решения оценен выигрыш по функционалу при использовании схемы с 3-импульсного подлёта к Фобосу по сравнению со схемой перелёта с подлётом к Фобосу с 1 импульсом [1].

## Литература.

1. Samokhin A.S. Optimization of expedition to Phobos using the impulse control and solution to Lambert problems taking into account attraction of the Earth and Mars // Moscow Univ. Math. Bull. Vol. 69, Issue 2, 2014. Pp 84–87. <https://doi.org/10.3103/S0027132214020089>