

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

**Шевченко Виктории Витальевны**

**«Оптимизация сложных схем межпланетного перелёта КА с комбинированной двигательной установкой»**, представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

В диссертации В.В. Шевченко рассмотрены задачи, связанные с проектированием межпланетных траекторий с использованием последовательности гравитационных манёвров, обеспечивающих резонансные и околорезонансные гелиоцентрические перелёты «планета-планета». Автором разработаны математические модели движения на каждом участке траектории и предложен алгоритм её сквозной оптимизации на основе принципа максимума Л.С. Понтрягина. Конечной целью работы является получение оптимальных гелиоцентрических траекторий с большим наклоном к плоскости экватора Солнца.

### **Характеристика работы.**

В настоящее время комплексные научные космические программы по исследованию дальнего космоса, как правило, предполагают частичное или полное использование электроракетных двигательных установок (ЭРДУ) в составе космического аппарата (КА). Это приводит к длительному формированию конечной высокоэнергетической целевой орбиты в течение нескольких лет. Накопленный мировой опыт реализации миссий показывает, что применение пассивных гравитационных манёвров при проектировании межпланетной траектории позволяет увеличить массу полезной нагрузки КА. В её состав часто входят измерительные средства, которые необходимы для исследования небесных тел, обеспечивающих осуществление гравитационных манёвров. Наиболее интересные результаты при проведении этих исследований получаются при использовании подлётных траекторий с большим наклоном к плоскости эклиптики.

Традиционные методики проектирования межпланетных траекторий опираются на использование картинной плоскости и величины гиперболического избытка скорости КА при первом подлёте к планете, причём последний определяется и фиксируется заранее с учётом краевых условий задачи. В данной работе предлагается совместить задачу сквозной оптимизации межпланетной траектории КА с оптимизацией параметров его гравитационных манёвров, что должно позволить увеличить транспортные возможности космической системы. В связи с этим тема диссертации, предложенная концепция и алгоритм её практической реализации являются актуальными.

Для сокращения продолжительности формирования целевой орбиты автор предлагает использовать гелиоцентрические резонансные перелёты «планета-планета». Помимо целочисленных резонансов с угловыми дальностями  $2\pi k$  ( $k \geq 1$ ) в диссертационной работе рассматриваются так называемые  $\pi$ -резонансные гравитационные манёвры с угловыми дальностями  $\pi \cdot (2k-1)$ , при которых встречи с планетой происходят в противоположных точках её орбиты. В рассмотренном примере при почти одинаковой оптимальной дате старта с околоземной орбиты маршрут, включающий в себя  $\pi$ -резонансную гелиоцентрическую траекторию перелёта «Венера-Венера», позволил уменьшить итоговое время доставки КА на целевую орбиту с 5.029 лет до 3.494 лет.

Использование точных эфемерид планет, позволяющее учесть их возмущённое движение, приводит к тому, что последовательные гравитационные манёвры происходят не в одной и той же точке пространства. При нескольких сближениях КА с планетой величина гиперболического избытка скорости при подлёте к ней также не является постоянной. Для преодоления этой трудности в работе предложено интересное решение: выбирать орбиты, близкие к резонансным, то есть обеспечивающие угловую дальность перелёта почти кратную  $\pi$ .

### **Замечания.**

1. В автореферате нет конкретных рекомендаций по выбору вычислительных схем, позволяющих получать численное решение задач большой размерности в рамках предложенного алгоритма.
2. Отсутствие легенды на рисунках 3 и 4 заметно затрудняет их восприятие.
3. В формуле (13) предполагается использование частных производных при вычислении элементов матрицы.

Приведённые замечания не снижают значимости диссертационной работы.

### **Заключение.**

Диссертация В.В. Шевченко представляет собой законченную научно-квалификационную работу, демонстрирующую новые подходы к решению задачи сквозной оптимизации межпланетной траектории КА, оснащённого комбинированной двигательной установкой, с использованием некоторой последовательности  $\pi$ -резонансных гравитационных манёвров у планет земной группы.

Работа отвечает всем требованиям ВАК, указанным в Положении о присуждении учёных степеней. Считаю, что Шевченко Виктория Витальевна заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Доцент кафедры ФНЗ  
«Теоретическая механика»

МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.ф.-м.н., доцент

Гришко Дмитрий Александрович

Подпись Д.А. Гришко удостоверяю

Адрес: 105005, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, д. 5, стр. 1

Е-mail: [dim.gr@bmstu.ru](mailto:dim.gr@bmstu.ru)

Тел.: 8-499-263-63-75

