

УДК 629.78

О расширенном использовании диаграммы Тиссерана — Пуанкаре для баллистического проектирования межпланетных перелетов

Грушевский Алексей Васильевич^{1, 2(*)}

alexgrush@rambler.ru

SPIN-код: 3373-8247

Тучин Андрей Георгиевич¹

tag@kiam1.rssi.ru

SPIN-код: 6364-1321

¹ ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия² МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В современных межпланетных космических миссиях активно используются гравитационные маневры, энергетическую эффективность которых трудно переоценить. Важнейшими элементами их проектирования являются объекты «сфера V-бесконечность» и мультипликативный граф Тиссерана — Пуанкаре (М-ГТП). Можно утверждать, что хотя первый спроектированный гравманевр состоялся только в 1959 г. (советская АМС «Луна-3»), чисто теоретически сольные ГТП можно было бы использовать со времен Феликса Тиссерана при исследовании движения транс-юпитерианских комет и отождествления анизотропно наблюдаемых объектов.

Ключевые слова: гравитационный маневр, космический аппарат, диаграмма Тиссерана — Пуанкаре

Введение. В современных межпланетных космических миссиях активно используются гравитационные маневры, энергетическую эффективность которых трудно переоценить. Важнейшими элементами их проектирования являются объекты «сфера V-бесконечность» и мультипликативный граф Тиссерана — Пуанкаре (М-ГТП) [1, 2].

Результаты. Можно утверждать, что хотя первый спроектированный гравманевр состоялся только в 1959 г. (советская АМС «Луна-3»), чисто теоретически сольные ГТП можно было бы использовать со времен Феликса Тиссерана при исследовании движения транс-юпитерианских комет и отождествления анизотропно наблюдаемых объектов. Инвариантность V_∞ на гравитационном маневре служит основой для построения т.н. диаграмм Тиссерана — Пуанкаре (линии уровня), определяющих геометрический облик орбиты КА до и после гравитационного маневра (ГМ) посредством двух параметров — расстояний перицентра и апоцентра его орбиты в рамках плоской круговой ограниченной задачи трех тел. Это базовый элемент современного инструментария баллистического проектирования межпланетных перелетов с использованием ГМ. Ярким примером является открытая Roger Diehl в 1986 г. для проекта «Galileo» сверхэкономичная схема перелета к Юпитеру по маршруту VEE-Gravity Assists. При этом, как оказывается, формат диаграммы Тиссерана — Пуанкаре позволяет оперативно получать не

только схематический облик межпланетных перелетов, но и стандартные параметры асимптотических скоростей отлета и прилета [3] для большинства баллистических схем.

Помимо указанных, в докладе представлены ключевые нюансы баллистического проектирования с возможным использованием М-ГТП и сферы V_∞ -ряда других межпланетных космических проектов, среди которых первичная схема миссии «Интергелиозонд» с использованием малой тяги, схем исследования системы Юпитера, в том числе и с малой тягой.

Список источников

- [1] Боровин Г.К., Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В., Заславский Г.С. *Баллистико-навигационное обеспечение полетов автоматических космических аппаратов к телам Солнечной системы*. Химки, АО «НПО Лавочкина», 2018, 336 с.
- [2] Campagnola S., Russell R. Endgame Problem Part 2: Multi-Body Technique and the Tisserand — Poincaré Graph. *J. Guidance, Control, and Dynamics*, 2010, vol. 33, no. 2, pp. 476–486.
- [3] Тарасов Е.В. *Космонавтика. Механика полета и баллистическое проектирование*. Москва, Наука, 1977, 216 с.