

УДК 629.783

Динамика упругого гантелеобразного спутника на круговой орбите при учете полюсного сжатия Земли

Коровин Виктор Валерьевич^{1(*)}

korovinvv@bmstu.ru

SPIN-код: 5947-3452

Султанов Артём Рашидович²

artem.sultanov@rsce.ru

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Московская обл., Россия

Аннотация. Объектом исследования является упругая гантель — две точечные массы с невесомой упругой или упруго-диссипативной связью между ними. Гантель, или космическая тросовая связка (КТС), находится на круговой околоземной орбите в состоянии статического равновесия в начальный момент времени. Исследуется влияние полюсного сжатия Земли (второй зональной гармоники потенциала тяготения) на динамику движения КТС относительно центра масс. Анализируются амплитуды продольных и маятниковых колебаний гантели в плоскости орбиты и по нормали к ней. Показано отсутствие резонансных режимов.

Ключевые слова: космическая тросовая связка, продольно-маятниковые колебания, полюсное сжатие Земли, вторая зональная гармоника тяготения, периодическое гармоническое воздействие, коэффициенты динамичности

Введение. Упругий гантелеобразный спутник (космическая тросовая связка, КТС) представляет собой две точечные массы, соединенные невесомой упругой или упруго-диссипативной нитью. Воздействие гравитационных возмущений от полюсного сжатия Земли при орбитальном полете связки приводит к возникновению продольных, а также маятниковых колебаний. Частоты маятниковых колебаний в плоскости орбиты и по нормали к ней различаются. При этом частота колебаний из плоскости орбиты совпадает с частотой гравитационного возмущения от второй зональной гармоники потенциала тяготения. В настоящей работе анализируются амплитуды возникающих продольных и маятниковых колебаний, определяются коэффициенты динамичности внешней нагрузки. Динамика КТС в целом описана в ряде научных монографий [1], Влияние гармоник потенциала тяготения обычно рассматривается с точки зрения движения центра масс, а не внутренней динамики орбитального объекта [2].

Методы и материалы; результаты. Математическая модель КТС, представляющая собой уравнения движения двух связанных материальных точек, позволяет определить собственные частоты колебаний связки: продольных, маятниковых в плоскости орбиты и по нормали к ней. Учет полюсного сжатия Земли означает наличие возмущающих ускорений. Аналитические выражения для ускорений в проекциях на оси орбитальной системы отсчета приводятся в литературе [3, 4]. Выполнена линеаризация выражений

возмущающих ускорений вдоль местной вертикали в окрестности центра масс КТС. Получены аналитические выражения для осевой силы и моментов в двух плоскостях, возмущающих движение связки. Выделены составляющие продольной силы, вызывающие движение объекта, как твердого тела и его деформацию. Характер изменения возмущающих воздействий зависит от наклона орбиты. Анализ выполнен в диапазоне наклонов от 0 до 180 градусов. Определены коэффициенты динамичности возмущений. Проведенное исследование показывает невозможность возбуждения резонансных режимов колебаний.

Заключение. Определены собственные частоты колебаний КТС. Выполнена линеаризация выражений для возмущающих ускорений от второй зональной гармоники потенциала тяготения. Получены выражения для продольной силы и моментов в двух плоскостях, действующих на КТС. Установлены коэффициенты динамичности внешних воздействий. Показано отсутствие резонансных режимов колебаний.

Список источников

- [1] Белецкий В.В., Левин Е.М. *Динамика космических тросовых систем*. Москва, Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990, 336 с.
- [2] Abouelmagd E.I., Guirao J.L.G., Vera J.A. Dynamics of a dumbbell satellite under the zonal harmonic effect of an oblate body. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2015, vol. 20 (3), pp. 1057–1069.
- [3] Микрин Е.А., Звягин Ф.В. *Введение в механику полета и управление космическими аппаратами*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020, 566 с.
- [4] Крылов В.И. *Основы теории движения ИСЗ (часть вторая: возмущенное движение)*. Москва, МИИГАиК, 2016, 67 с.