

УДК 629.78.015

ПРИБЛИЖЕННЫЙ АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ЦЕНТРА МАСС СПУСКАЕМОЙ КАПСУЛЫ В ВЕРХНИХ СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ

Быватов С.С.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Тимбай И.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева

Рассматривается плоское движение относительно центра масс спускаемой капсулы YES2 Европейского космического агентства "The Second Young Engineer's Satellite" (Второй спутник молодых инженеров) сегментально-конической формы, восстанавливающий аэродинамический момент которой описывается рядом Фурье по углу атаки с двумя первыми синусоидальными членами.

Пренебрегая демпфирующим моментом, изменением скорости центра масс и угла наклона траектории, плоское движение относительно центра масс спускаемой капсулы в верхних слоях атмосферы можно описать следующим уравнением

$$\ddot{\alpha} + a \sin \alpha - b \sin 2\alpha = 0, \quad (1)$$

где α - угол атаки, a и b - коэффициенты восстанавливающего аэродинамического момента, медленно меняющиеся во времени из-за медленного изменения плотности атмосферы в процессе спуска.

Задачи, которые сводятся к исследованию нелинейных динамических систем второго порядка, возникают не только в динамике космических аппаратов, но и в других разделах современной науки: механике, радиотехнике, теории управления и т.д. Важной проблемой является разработка качественных и приближенных аналитических методов исследования, позволяющих существенно упростить расчеты и установить закономерности, свойственные движению системы.

В невозмущенном движении ($a = const$, $b = const$) в зависимости от соотношения величин a и b система (1) имеет три характерных фазовых портрета:

- а) фазовый портрет аналогичен колебательной системе маятникового типа;
- б) фазовый портрет имеет три области движения: вращательную и две колебательные,
- в) фазовый портрет имеет четыре области движения: вращательную и три колебательные;

Известно решение нелинейного дифференциального уравнения (1), выраженное через эллиптические функции, описывающее изменение угла атаки во всех указанных областях движения, включая случай пространственного движения.

В данной работе были получены решения для угла атаки, описывающие движение спускаемой капсулы в каждой характерной области движения, выраженные через эллиптические функции, а также приближенные решения, выраженные через тригонометрические функции. Оценена погрешность амплитудно-частотных характеристик полученных решений, а также решений, описывающих малые колебания системы.