УДК 629.78.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО ДВИЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ЦЕНТРА МАСС КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ТРИГАРМОНИЧЕСКОЙ МОМЕНТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Е.В. Баринова
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Тимбай
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва

Рассматривается плоское движение космического аппарата (КА) относительно центра масс при полете по круговой орбите на низких высотах, где необходимо учитывать влияние атмосферы. При несовпадении центра масс с центром давления возникает восстанавливающий (опрокидывающий) момент.

Характер движения тела во многом определяется формой зависимости восстанавливающего момента от угла атаки, которая является нечетной функцией и в общем случае аппроксимируется нечетным рядом Фурье по углу атаки. Случаи синусоидальной и бигармонической зависимости подробно рассмотрены в литературе.

В данной работе рассмотрен случай, когда величина восстанавливающего момента аппроксимируется тригармонической зависимостью от угла атаки. Движение КА описывается уравнением, представляющим собой консервативную нелинейную систему с одной степенью свободы,

$$\ddot{\alpha} + a\sin\alpha + b\sin 2\alpha + c\sin 3\alpha = 0, \qquad (1)$$

где α – угол атаки; a, b, c – коэффициенты моментной характеристики.

Интеграл энергии системы имеет вид:

$$\dot{\alpha}/2 - f(\alpha) = h, \qquad (2)$$

где $f(\alpha) = a\cos\alpha + (b/2)\cos 2\alpha + (c/3)\cos 3\alpha$.

Для изучения общих свойств решения системы (1) применяется метод фазовой плоскости. Уравнение (2) определяет связь между α и $\dot{\alpha}$, тем самым является уравнением фазовых траекторий.

Экстремальные значения функции соответствуют состояниям равновесия уравнения (1), т.е. особым точкам на фазовой плоскости. В зависимости от значений параметров a, b, c могут существовать две, три или четыре точки равновесия на интервале, при этом на интервал точки симметрично отображаются.

Предложен графический способ определения числа точек равновесия и их типа (устойчивое или неустойчивое равновесие) в зависимости от коэффициентов a, b, c. Для системы с заданными параметрами необходимо найти соотношения между коэффициентами и поставить им в соответствие точку на координатной плоскости, а также определить в какую область попадет данная точка (всего пять областей). Для каждой области приводится расшифровка числа точек равновесия и их тип.

В работе показано, что КА в зависимости от начальных условий и величин a, b, c может совершать как вращательные, так и разнообразные колебательные движения (относительно различных положений равновесия и с отличающимися максимальными амплитудами), области которых разделены сепаратрисами.