

**В. Л. Воронцова (Казань, КГФЭИ)**

**ОБ АНАЛИЗЕ ПОВЕДЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ ПРИ  
ВОЗРАСТАНИИ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА**

Рассматривается движение орбитальной «связки тел» - двух материальных точек с массами  $m_1$  и  $m_2$ , соединенных идеальной гибкой безмассовой нерастяжимой нитью, под действием гравитационных и аэродинамических сил, приложенных к точкам  $m_1$  и  $m_2$  [1].

Уравнения относительного движения связки с учетом гравитационного воздействия, аэродинамического давления, аэроградиентного и диссипативного факторов подробно описаны в [2]. Параметры  $n$ ,  $a$ ,  $k$ ,  $b$  описывают следующие физические воздействия:  $n$  – гравитационные;  $a$  – аэродинамическое давление;  $k$  – аэроградиентный эффект за счет градиента плотности атмосферы вдоль гантели;  $b$  – аэродинамическое трение.

Для случая круговой орбиты ранее было выявлено, что сочетание аэроградиентной раскрутки связки с ее торможением аэродинамическим трением в пределе приводит либо к относительным равновесиям, либо к так называемым «предельным циклам» - замкнутым фазовым траекториям, охватывающим фазовый цилиндр (угловая скорость связки вдоль цикла постоянна).

С помощью численной реализации метода точечных отображений Пуанкаре построены фазовые портреты задачи в плоскости  $(\alpha, \alpha')$  с регулярными и хаотическими движениями и прослежена эволюция этих фазовых портретов с изменением параметров для случая эллиптической орбиты.

Сначала были построены фазовые портреты для орбиты с очень малой эллиптичностью  $e = 0.001$ , при значениях параметров  $k=0.1$ ;  $b=0.001$ . Параметр  $a$  меняется.

Предельный цикл возникает при  $a=4$  в окрестности  $\alpha' \approx 29,6$ . Для этого случая составлена таблица 1. При возрастании параметра  $a$  предельный цикл

снижается, исчезает он при  $a=46$ .

Таблица 1

$a$	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45.8
$\alpha'$	29,6	28,47	23,3	19,92	17,9	16,6	15,7	15,07	14,58	13,9

Далее были построены фазовые портреты для  $e=0.01$  с параметрами  $k=0.1$ ;  $b=0.001$ . Предельный цикл возникает при  $a=4$  в окрестности  $\alpha' \approx 29,6$ , исчезает при  $a>45,6$ . Расположение предельного цикла для  $e=0.01$  приведено в таблице 2.

Таблица 2

$a$	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45,6
$\alpha'$	29,65	28,6	23,87	20,8	18,75	17,4	16,5	15,87	15,4	15,1

Из сравнения таблиц видно, что при возрастании эксцентриситета орбиты на порядок при одинаковых значениях параметра  $a$  и значениях параметров  $k$  и  $b$ , расположение предельного цикла становится значительно выше, причем, чем больше значение параметра  $a$ , тем больше различаются значения  $\alpha'$ , при приближении к максимальному значению  $a$ , значения  $\alpha'$  отличаются примерно на единицу.

В статье проведен сравнительный анализ поведения предельного цикла в зависимости от роста эксцентриситета и аэродинамического параметра.

#### Литература

1. Белецкий В.В., Воронцова В.Л., Коф Л.М., Панкова Д.В. Влияние аэродинамики на относительное движение орбитальной связки двух тел. Часть 1. Регулярные движения. Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 1996, №38, 32 стр.
2. Белецкий В.В., Пивоваров М.Л. О влиянии атмосферы на относительное движение гантелеобразного спутника. «Прикладная математика и механика», 2000, №4, 11 стр.