

**В. Л. Воронцова** (Казань, КГФИ). **О зависимости эволюции предельных циклов от эксцентриситета орбиты.**

Рассматривается движение орбитальной «связки тел» под действием гравитационных и аэродинамических сил. Уравнения относительного движения связки с учетом гравитационного воздействия, аэродинамического давления, аэроградиентного и диссипативного факторов подробно описаны в [1]. 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 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). Исследуется проблема орбитально-устойчивого предельного цикла для рассматриваемого уравнения в случае эллиптической орбиты.

Сначала были построены фазовые портреты для орбиты с очень малой эллиптичностью  $e = 0,001$ . При малом значении аэродинамического параметра «а» предельных циклов нет. Предельный цикл возникает при  $a = 4$  в окрестности  $\alpha' \approx 29,6$ . Составлена таблица расположения предельного цикла в зависимости от параметра «а». Значения параметров  $k$  и  $b$  одинаковы ( $k = 0,1$ ;  $b = 0,001$ ), параметр «а» меняется.

**Таблица 1.**

«а»	4	5	6	7	8	9	10	30	35	40
$\alpha'$	29,6	28,47	27,3	26,13	25,132	24,167	23,289	15,693	15,05	14,5

Из таблицы 1 видно, что при возрастании параметра «а» предельный цикл снижается.

Далее строились фазовые портреты с ростом эксцентриситета ( $e = 0,01$ ). Расположение предельного цикла в зависимости от параметра «а» для  $e = 0,01$  приведено в таблице 2.

**Таблица 2.**

«а»	4	5	6	7	8	9	10	30	35	40
$\alpha'$	29,65	28,6	27,55	26,51	25,55	24,665	23,867	16,5	15,85	15,4

При возрастании эксцентриситета орбиты на порядок при одинаковых значениях параметра «а» расположение предельного цикла становится незначительно выше. Кроме того, построены фазовые портреты для орбиты с эллиптичностью  $e = 0,1$ . Предельный цикл возникает при  $a = 11$  в окрестности  $\alpha' = 20$ , а исчезает при  $a > 46$ .

**Таблица 3.**

«а»	11	15	20	30	40	46
$\alpha'$	20	17,8	16,8	15,2	14,2	14,15

При возрастании эксцентриситета до  $e = 0,1$  расположение предельного цикла становится значительно ниже.

Исследовано влияние эллиптичности орбиты на возможную хаотизацию движения. Прослеживается эволюция предельного цикла в зависимости от роста эксцентриситета и аэродинамического параметра.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белецкий В. В., Пивоваров М. Л.* О влиянии атмосферы на относительное движение гантелеобразного спутника. — Прикл. матем. и мех., 2000, № 4.