

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА ЯРКОВСКОГО НА ОРБИТАЛЬНЫЕ РЕЗОНАНСЫ АСТЕРОИДОВ С МАЛЫМИ ПЕРИГЕЛИЙНЫМИ РАССТОЯНИЯМИ*

Т.Ю. Галушина, О.Н. Летнер, О.М. Сюсина, Е.Н. Ниганова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Представлены результаты исследования влияния эффекта Ярковского на резонансные характеристики астероидов с малыми перигелийными расстояниями. Из 52 исследуемых объектов выявлены 27 астероидов, которые движутся в окрестности устойчивых и неустойчивых орбитальных резонансов низких порядков с большими планетами. Построена эволюция орбит этих астероидов с учетом эффекта Ярковского и без него и проанализировано поведение резонансных характеристик в обоих случаях. Учет эффекта осуществлялся путем включения возмущения от трансверсального ускорения A_2 , значения которого для представленных объектов получены ранее авторами работы. Показано, что влияние эффекта Ярковского на устойчивые резонансы несущественно и приводит к незначительным изменениям амплитуды либрации резонансных характеристик с сохранением устойчивости резонанса. При неустойчивом резонансном взаимодействии меняется число проходов через точную соизмеримость, а для некоторых астероидов резонанс становится более устойчивым.

Ключевые слова: астероиды с малыми перигелийными расстояниями, орбитальные резонансы, эффект Ярковского.

Введение

Исследование резонансных движений астероидов, сближающихся с Землей, является одной из важных задач на пути к решению проблемы астероидной опасности. Поскольку орбитальный резонанс или резонанс по среднему движению возникает, когда астероид имеет орбитальный период, соизмеримый с периодом большой планеты [1, 2], то устойчивая геометрическая конфигурация «астероид – планета» может служить защитным механизмом от тесных сближений с ней [3]. Иная ситуация обстоит с неустойчивой геометрической конфигурацией, возникновение которой повышает риск сближения астероида с планетой. Такое взаимное расположение астероида и массивного тела может привести к значительным изменениям элементов орбит объектов и возможных сближений с другими планетами, в том числе с Землей. Особо актуально исследование резонансов средних движений для астероидов, имеющих малые перигелийные расстояния, так как орбиты этих объектов имеют вытянутую форму и потенциально способны взаимодействовать с большинством планет Солнечной системы [4–7].

Работа посвящена исследованию орбитальных резонансов в движении астероидов с малыми перигелийными расстояниями ($q \leq 0.15$ а.е.). Так как эффект Ярковского [8–10] может оказывать существенное влияние на движение этих астероидов при прохождении их вблизи Солнца, а именно на значение большой полуоси, то рассмотрено влияние эффекта на поведение резонансных характеристик со временем [11]. В процессе исследования выявлены все астероиды с малыми перигелийными расстояниями, движущиеся в окрестности устойчивых и неустойчивых резонансов средних движений с большими планетами. Построена эволюция характеристик орбитального резонанса с учетом эффекта Ярковского и без него и проведен сравнительный анализ их поведения со временем.

1. Методика исследования

Исследование динамики астероидов выполнялось путем численного интегрирования уравнений их движения методом Эверхарта [12, 13] с использованием программного комплекса ИДА [14]. На этапе предварительного выявления орбитальных резонансов в движении объектов была построена эволюция их орбит с начальными данными, взятыми из каталога Э. Боуэлла [15] на июнь 2021 г. Модель сил подбиралась в соответствии с моделью, используемой в каталоге Боуэлла, и включала в себя возмущения от всех больших планет, Луны, Цереры, Паллады, Весты. Резонансное движение оценивалось путем анализа поведения двух характеристик: резонансного (критического) аргумента β в виде

$$\beta = k\lambda - k'\lambda' - (k - k')\omega - (k - k')\Omega \quad (1)$$

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-10022).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>