

# ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ КОМПАКТНЫХ ВНЕСОЛНЕЧНЫХ ПЛАНЕТНЫХ СИСТЕМ

**А. С. Перминов, Э. Д. Кузнецов**

*Уральский федеральный университет*

Построена осредненная численно-аналитическая теория движения планетных систем с точностью до второго порядка по массам планет. В рамках данной теории изучается орбитальная эволюция двух компактных внесолнечных трехпланетных систем HD20794 и GJ3138 на длительных интервалах времени. Определяются устойчивость планетных орбит и резонансные свойства движения. Поскольку массы и элементы орбит планет известны из наблюдений с ошибками, даются различные варианты орбитальной эволюции в зависимости от конкретных значений этих параметров.

## DYNAMICAL EVOLUTION OF PACKED EXTRASOLAR PLANETARY SYSTEMS

**A. S. Perminov, E. D. Kuznetsov**

*Ural Federal University*

Averaged semi-analytical motion theory of planetary systems is constructed up to the second degree of planetary masses. Within this theory the orbital evolution of packed extrasolar three-planetary systems HD20794 and GJ3138 is described on long-time scales. The stability of planetary orbits and resonant properties of the motion are considered. For the reason that masses and orbital elements are defined from observations with some errors, some variants of orbital evolution are given depending on specific values of these parameters.

Авторами построена осредненная численно-аналитическая теория движения второго порядка по массам планет. Разложение гамильтониана четырехпланетной задачи получено в виде ряда по элементам второй системы Пуанкаре с использованием координат Якоби. Осреднение гамильтониана и построение уравнений движения выполнено методом Хори—Депри. При этом эксцентрические и облические элементы Пуанкаре учитываются в разложениях до 4 степени. Построенная теория может быть применена для исследования

динамических характеристик планетных систем с умеренными значениями эксцентриситетов, наклонов и отношений больших полуосей орбит.

В работе рассматривается орбитальная эволюция внесолнечных планетных систем HD20794 и GJ3138. Обе системы являются компактными. Большие полуоси орбит планет в этих системах меньше 1 а. е., а их эксцентриситеты не превышают 0.3.

Осредненные уравнения движения численно интегрируются методом Эверхарта. Изучаются динамические свойства выбранных внесолнечных планетных систем. Устойчивость и резонансные характеристики систем определяются по результатам интегрирования уравнений движения и анализа функций замены переменных, которые определяют зависимость между средними и оскулирующими элементами.

Для выбранных планетных систем известны нижние границы значений масс планет, а элементы орбит определены из наблюдений с некоторыми ошибками. По этой причине приводятся различные варианты орбитальной эволюции в зависимости от конкретных значений варьируемых масс и элементов орбит.

Для выборки из прочих трех- и четырехпланетных систем, обладающих умеренными значениями эксцентриситетов орбит, резонансные характеристики определяются простым анализом уравнений движения без их интегрирования. Дается распределение наблюдаемых планетных систем по динамическим и резонансным свойствам.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (постановление № 211, контракт № 02.А03.21.0006) и Министерства образования и науки Российской Федерации (базовая часть государственного задания, РК № АААА-А17-117030310283-7).