

Рецензия

на диссертационную работу Шомшековой Сауле Ахметбековны «Исследование динамической эволюции нестационарных экзопланетных систем», представленную на соискание степени доктора философии (Ph.D.) по специальности 6D060300 Механика»

1. Актуальность темы исследования в рамках требований «Правил присуждения ученых степеней». Актуальность темы диссертационной работы Шомшековой С.А. «Исследование динамической эволюции нестационарных экзопланетных систем» обусловлена необходимостью разработки небесно-механической модели планетных систем с переменными массами для объяснения больших значений эксцентриситетов и наклонов в экзопланетных системах.

2. Научные результаты и их обоснованность. Диссертационная работа содержит оригинальные результаты одновременно из двух областей – небесной механики (двухпланетная задача трех тел с массами, изменяющимися анизотропно, что приводит к появлению реактивных сил) и астрофизики (эффекты влияния переменности масс тел на орбитальные элементы планеты).

Основная цель диссертационной работы - исследовать систему из трех взаимогравитирующих сферических небесных тел, содержащую центральную звезду и две планеты, с учетом анизотропного изменения массы, которое приводит к появлению реактивных сил, действующих на тела рассматриваемой системы, и выявить эффекты влияния переменности масс на орбитальные элементы планеты.

Для исследования динамики системы, состоящей из трех взаимогравитирующих сферических небесных тел с массами, изменяющимися анизотропно, получены выражения для реактивных сил в относительной системе координат, связанной с центральной звездой.

Для получения эволюционных уравнений, определяющих поведение параметров орбиты, разработан алгоритм аналитического разложения возмущающей функции в степенной ряд с точностью до необходимого порядка относительно малых параметров для двухпланетной задачи трех тел. Получены общие уравнения разложения в ряд возмущающих функций.

С целью решить задачу в более общем случае, рассмотрены два подхода в различных переменных. Получены разложения возмущающей функции в степенной ряд по малым эксцентриситетам и наклонам в оскулирующих элементах на базе аperiodического движения по квазиконическому сечению в аналогах переменных Пуанкаре и в аналогах элементов Кеплера.

Для проведения численных расчетов выведены эволюционные уравнения, определяющие поведение параметров орбиты, в аналогах второй системы переменных Пуанкаре, и эволюционные уравнения в аналогах элементов Кеплера.

Для исследования взаимосвязи между наличием значительных увеличений эксцентриситетов и наклонов орбит экзопланет с анизотропным изменением масс тел в экзопланетных системах, проведен анализ наблюдательных данных по темпу потери массы порядка $10^{-6} M_{\odot}/\text{год}$. Проведен статический анализ систем с 2 планетами и с приведены необходимые данные орбитальных элементов, с начальными малыми эксцентриситетами и наклонами.

На основе результатов предыдущих исследований выполнены численные расчеты эволюции орбитальных элементов планет экзопланетной системы Глизе GJ180: GJ 180b, GJ 180c для случая постоянной массы системы, при изотропном изменении массы и анизотропном изменении массы, когда центральная звезда и планеты теряют массу в различных темпах и реактивные силы не равны нулю.

Получены численные результаты, где использовалось разложение возмущающей функции до третьего порядка полученные автором. Результаты представлены в графическом виде.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации. Научные положения, выводы и заключения диссертационной работы корректно и научно обоснованы. Расчетные уравнения получены с использованием основных положений небесной механики, строгими математическими определениями и применяемыми численными методами. При проведении численных расчетов использованы наблюдательные данные официальных каталогов NASA Exoplanet Archive и европейского каталога The Extrasolar Planets Encyclopaedia. Достоверность полученных результатов наглядно демонстрируется представленными графическими отображениями результатов численных расчетов системы Mathematica. В случае постоянной и изотропно переменной массы результаты совпадают с результатами исследований, проведенных другими авторами.

Результаты работы, представленные графически, наглядно показывают, что одним из механизмов, которым можно объяснить значительное увеличение эксцентриситетов и наклонов в экзопланетных системах, может являться анизотропное изменение масс центральной звезды и планет, которые влияют на динамическую эволюцию системы.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), вывода соискателя, сформулированных в диссертации. Соискателем разработаны алгоритмы аналитического разложения возмущающей функции в степенной ряд требуемой точностью относительно малых параметров для двухпланетной задачи трех тел с использованием методов компьютерной алгебры и современной системы символьных вычислений Mathematica. Получены новые аналитические разложения в ряд возмущающих функций в степенной ряд по малым эксцентриситетам и наклонам в оскулирующих элементах на базе аперриодического движения по квазиконическому сечению в аналогах переменных Пуанкаре и в аналогах элементов Кеплера.

Впервые получены результаты численных расчетов аналогов орбитальных параметров планет экзопланетной системы Глизе GJ180: GJ 180 b, GJ 180 c по эволюционным уравнениям в аналогах второй системы переменных Пуанкаре и по эволюционным уравнениям в форме Лагранжа на интервале времени 5000 земных лет (100 000 орбитальных годах внутренней планеты).

Показано, что применение построенной математической модели экзопланетных систем при наличии реактивных сил, когда массы меняются анизотропно, позволяет выявить эффекты влияния переменности масс на орбитальные движения реальных экзопланетных систем.

Работа прошла соответствующую апробацию, основные результаты отражены в 10 работах, в том числе 2 работы - в База данных Thomson Reuters и Scopus, 3 работы - в изданиях, рекомендованных ККСОН образования и науки МОН РК, 5 работ - в материалах международных конференций.

5. Практическая и теоретическая значимость научных результатов. Новизна работы заключается в разработке алгоритма аналитического разложения возмущающей функции в степенной ряд с точностью до требуемой точностью относительно малых параметров для двухпланетной задачи трех тел с использованием методов компьютерной алгебры и современной системы символьных вычислений Mathematica.

В работе впервые получено аналитическое выражение возмущающей функции в аналогах элементов Кеплера с точностью до третьего порядка по малым параметрам.

Получены новые численные решения эволюционных уравнений для реального объекта Глизе GJ180 с двумя планетами с использованием аналогов второй системы переменных Пуанкаре и в аналогах элементов Кеплера в эволюционных уравнениях в форме Лагранжа.

Показано, что применение построенной математической модели экзопланетных систем при наличии реактивных сил, когда массы меняются анизотропно, позволяет выявить эффекты влияния переменности масс на орбитальные движения реальных экзопланетных систем.

Результаты имеют принципиальное значение в изучении эволюции гравитирующих систем с переменными массами. Временные изменения масс существенно влияют на орбитальные движения, что, естественно, оказывает влияние и на динамическую эволюцию вращательных движений небесных тел.

6. Замечания по диссертационной работе. К замечаниям по диссертационной работе можно отнести: В работе встречаются стилистические ошибки, которые не меняют смысл предложения и легко устранимы.

7. **Соответствие содержания диссертации в рамках требований Правил присуждения ученых степеней.** Диссертационная работа Шомшековой Сауле Ахметбековны «Исследование динамической эволюции нестационарных экзопланетных систем» является завершенной научной работой и высоко квалификационно написанной. Полученные автором работы являются достаточно новыми, обоснованными и достоверными.

Работа отвечает требованиям Правил присуждения ученых степеней, а ее автор, Шомшекова С.А, заслуживает присуждения степени доктора философии (Ph.D.) по специальности 6D060300 – Механика.

Рецензент, доктор
физ.-мат. наук, профессор,
ГНС АО «НЦКИТ»

Bekov А.А. Беков

Подпись А.А. Беков
мес. ОК



затерено
Н.С. Танисбаева