Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
INSTYTUT INFORMATYKI TECHNICZNEJ
02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159
tel.: 22 59-37351, 22 59-37205

Отзыв
зарубежного научного консультанта
на диссертационную работу Ибраимовой Айгерим Талайбекқызы на тему «Динамика малого тела с переменной массой в гравитационном поле двойных систем с переменными массами при наличии реактивных сил», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D061100 – Физика и астрономия»

Актуальность темы исследования. В представленной диссертации Ибраимовой А.Т. в рамках ограниченной задачи трех тел исследуется влияние изменения масс тел во времени на динамику системы. Следует отметить, что в рамках классической ограниченной задачи трех тел предполагается, что два массивных тела движутся вокруг центра масс системы по заданным эллиптическим траекторям, определяемым точным решением задачи двух тел постоянной массы. При этом третье тело пренебрежимо малой массы не оказывает заметного влияния на движение двух массивных тел и их траектории не изменяются с течением времени. В рассматриваемом в диссертации случае переменных масс точное решение задачи двух тел не известно и необходимо использовать теорию возмущений как для определения траекторий массивных тел, так и для исследования движения малого тела в гравитационном поле массивных тел. Это существенно усложняет проблему и анализ уравнений движения системы становится весьма сложным. Для ее успешного решения требуется не только применение аналитических и численных методов исследования дифференциальных уравнений, но и эффективное использование современных компьютерных систем. Диссертационная работа, представленная Ибраимовой А.Т., показывает высокий уровень ее теоретической подготовки, а также владение навыками проведения исследований на современном научном уровне. В работе представлены новые интересные результаты исследования классической ограниченной задачи трех тел с переменными массами, которые представляют значительный интерес для приложений в астрономии и небесной механике. Актуальность выполненных исследований не вызывает сомнений.

Научные результаты и их обоснованность. Основная цель диссертационной работы – исследовать влияние изменения масс тел на орбитальные параметры в рамках ограниченной задачи трех тел. При этом массы тел могут изменяться как изотропно, так и анизотропно с различными скоростями. В последнем случае проблема усложняется, так как появляются реактивные силы, которые также влияют на орбитальные параметры всех тел.

В работе рассматриваются следующие важные и актуальные задачи:

1. Анализ имеющихся экспериментальных данных наблюдений экзопланетных систем и выбор системы тел для моделирования, а также определение численных значений параметров системы для использования в численных расчетах.

2. Получение аналитических выражений для реактивных сил, возникающих при анизотропном изменении масс тел, и приведение

дифференциальных уравнений движения в ограниченной задаче трех тел с переменными массами к форме, удобной для применения теории возмущений.

3. Вычисление возмущающих сил в виде разложений по степеням малых параметров и получение дифференциальных уравнений, определяющих эволюцию орбитальных параметров тел в форме уравнений Ньютона.

4. Получение дифференциальных уравнений, определяющих поведение вековых возмущений орбитальных элементов, и их численное решение для системы тел Солнце-Юпитер-астероид при изотропном и анизотропном изменениях масс.

5. Исследование влияния анизотропии изменения масс тел на временную эволюцию вековых возмущений орбитальных элементов.

В результате проведенных исследований все поставленные цели были достигнуты. Следуя методам теории возмущений на основе апериодического движения по квазиконическому сечению, описанным в монографиях Т.Б. Омарова и М.Дж. Минглибаева, Ибраимова А.Т. получила общие выражения для возмущающих сил в виде разложений в степенные ряды по малым параметрам. Для получения эволюционных уравнений, определяющих поведение параметров орбиты, разработан алгоритм символьных вычислений возмущающих сил в виде степенных рядов с точностью до любого порядка относительно малых параметров для ограниченной задачи трех тел с использованием методов компьютерной алгебры и современной системы символьных вычислений Wolfram Mathematica.

Полученные численные решения эволюционных уравнений для аналогов орбитальных элементов Юпитера и астероидов Ryugu (для внутренней задачи) и Chiron (для внешней задачи) показали, что реактивные силы, возникающие при анизотропном изменении масс тел, действительно могут приводить к возрастанию эксцентриситетов и наклонений орбит.

Заключение. Диссертационная работа Ибраимовой Айгерим Талайбекқызы «Динамика малого тела с переменной массой в гравитационном поле двойных систем с переменными массами при наличии реактивных сил» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой исследовано влияние изменения масс тел на эволюцию вековых возмущений в нестационарной ограниченной задаче трех тел. Работа отличается оригинальностью, новизной и научной значимостью.

Считаю, что представленная диссертация отвечает требованиям Правил присуждения ученых степеней, а ее автор А.Т. Ибраимова заслуживает присуждения ей ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D061100 – Физика и Астрономия.

Зарубежный научный консультант,
доктор физико-математических наук,
профессор Варшавского университета
естественных наук

Z-CA DYREKTORA
Instytutu Informatyki Technicznej
/ Dr hab. Alexander Prokopenya, prof. SGGW /

А.Н. Прокопеня

Варшава, 04.04.2025