

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени «доктор философии» (PhD)
по специальности «6D060300-Механика»

БИЖАНОВА САЛТАНАТ БАГДАТҚЫЗЫ

ПОСТУПАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТЕЛА ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ И РАЗМЕРОВ В НЕСТАЦИОНАРНОМ ЦЕНТРАЛЬНОМ ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ

Общая характеристика работы.

В классической небесной механике реальные небесные тела моделируются материальной точкой (сферически симметричным телом) с постоянной массой. В тех случаях, когда такое описание неадекватно отражает суть реальной физической задачи, небесные тела моделируются твердым телом постоянного объема, массы и структуры. Как известно из теоретической механики, движение любого твердого тела состоит из поступательного движения его центра масс (центра инерции) и вращательного движения вокруг центра инерции. Современная теория поступательно-вращательного движения абсолютно твердых небесных тел является одним из основных разделов классической и небесной механики, а также космодинамики.

Теория поступательно-вращательного движения гравитирующих твердых небесных тел – один из крупных современных разделов теоретической и небесной механики. Ее отличие в том, что поступательное и вращательное движения тел рассматриваются с учетом их взаимосвязи. Один из основных задач этой теории является задача о движении двух твердых тел. Первые частные решения пространственной задачи двух тел были найдены Г.Н. Дубошиным и названы «спица», «стрела», «поплавок». Большой вклад в теорию поступательно-вращательного движения внесли Ю.В. Баркин, С.Г. Журавлев, В.В. Видякин и Казахстанские ученые Ж.С. Ержанов, А.А. Калыбаев, А.А. Баймухамедов и их ученики.

Наблюдательная астрономия свидетельствует о том, что реальные небесные тела не являются абсолютно твердыми телами – они нестационарные их массы, размеры, формы и ряд других физических характеристик меняются со временем в ходе эволюции. В связи с этим создание математических моделей движения нестационарных небесных тел является одной из актуальных задач.

Как следует из теории внутренней эволюции звезд, на различных этапах развития звезды испытывают значительные сжатия и расширения. Например, при переходе на стадию красного гиганта размеры звезд, в зависимости от массы, могут возрастать в 10 – 100 раз. Звездные скопления, эволюционирующие на фоне газового или звездного облака, в целом находятся в состоянии пульсации.

Для описания эволюции звезд вводится характеристическая функция, которая дает реакцию звезды (изменение радиуса) на изменение массы. При изменении массы звезды изучается изменение ее размеров. Изменения массы, размера и формы очевидны у физически переменных звезд — пульсирующих звезд.

Особенно интенсивно процессы диссипации и переноса массы, изменения формы и размеров компонент происходят в тесных двойных системах.

Различные сочетания динамических эффектов нестационарных гравитирующих тел, например переменной массы, формы, размера, показывают разные пути эволюции гравитирующих систем. Изучение этих явлений с позиций небесной механики раскрывает природу динамической эволюции галактических, звездных и планетных систем.

Работы В.Г. Фесенкова, Г.М. Идлиса, Т.Б. Омарова, J.D. Hajidemetriou, Л.Г. Лукьянова, Е.Н. Поляховой, А.А. Бекова, A. Deprit, L. Floria и др. подчеркивают особую значимость нестационарных небесно-механических модельных задач в исследовании природы нестационарных космических систем.

Одной из важных задач в этой области является нестационарная задача двух тел с переменной массой и переменными моментами инерции.

Т.Б. Омаров и А.А. Беков выполнили интегрирование задачи о двух стационарных центрах при наличии переменной гравитационной постоянной и движущей силы сопротивления с помощью метода Гамильтона-Якоби в эллипсоидальных координатах.

М.Дж. Минглибаев предложил новое промежуточное движение для изучения движения точечной массы вокруг постоянного сфероидального тела переменных размеров и массы, каноническую теорию возмущения нестационарных гравитационных систем. А.А. Беков в своей работе предложил общее промежуточное движение при переменном состоянии массы, размера и формы.

Актуальность темы.

Наблюдательная астрономия свидетельствует о том, что реальные небесные тела — нестационарные. Со временем изменяются их массы, размеры, формы и структуры распределения массы внутри тел. Особенно интенсивно процессы диссипации и переноса массы, изменения формы и размеров компонент происходят в тесных двойных системах. Соответственно становится переменной их гравитационная связь и ньютоновский потенциал взаимодействия оказывается явно зависящим от времени. Эти факторы существенно влияют на их динамическую эволюцию. В некоторых этапах эволюции гравитирующих систем эффекты нестационарности тел, входящих в систему, становятся ведущим фактором, и дальнейший ход событий определяется состоянием системы в конце этого этапа. В настоящее время одним из актуальных вопросов является аналитическое и численное исследование поступательно-вращательного движения двух взаимно гравитирующих нестационарных небесных тел с использованием различных методов теоретической и небесной механики.

Цель работы – исследовать уравнения вековых возмущений осесимметричного тела, когда массы тел меняются изотропно в различных темпах и выявить эффекты переменности масс на их динамическую эволюцию, а также получить графики эволюционных уравнений.

Задачи исследования:

1. Получить дифференциальных уравнений поступательно-вращательного движения осесимметричного тела переменной массы и размера в относительной системе координат.
2. Получить уравнения вековых возмущений нестационарного осесимметричного тела в аналогах оскулирующих элементах Делоне-Андуайе.
3. Анализ полной системы уравнений вековых возмущений.
4. Аналитический анализ уравнения вековых возмущений и выводы.
5. Численное решение уравнения вековых возмущений и получение графиков, сравнение случаев с постоянной и переменной массой.
6. Построение трехмерных графиков первого интеграла.

Объекты исследования.

Поступательно-вращательное движение нестационарного осесимметричного тела в гравитационном поле нестационарной сферы.

Методы исследования.

В работе широко используются методы канонической теории возмущений нестационарных гравитирующих систем, современные методы компьютерной алгебры Mathematica и численные методы.

Научная новизна.

В диссертационной работе использованы уравнения движения и известные методы теории возмущений при исследовании поступательно-вращательного движения нестационарного осесимметричного тела.

Получены уравнения вековых возмущений нестационарного осесимметричного тела в аналогах оскулирующих элементах Делоне-Андуайе.

Проведен аналитический анализ уравнений вековых возмущений. Получены численное решение уравнения вековых возмущений. Решения, полученные в диссертационной работе, можно рассматривать как первое приближенное движение в исследовании сложных задач, встречающихся в небесной механике.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Получена системы из двенадцати уравнения вековых возмущений, которые распадается на под системы из четырех уравнений с одним первым интегралом и остальные. Система из четырех уравнений качественно исследованы и выполнены соответствующие выводы.
2. Приведенные выше геометрическая и механическая интерпретации физической постановки рассматриваемой нами задачи являются общими свойствами для любых начальных значений и любых функций, описывающих массу и размеры рассматриваемой задачи.

3. Полученные вековые уравнения движения были решены численно и отображены в виде графика с использованием пакета Wolfram Mathematica.

Достоверность и обоснованность полученных результатов.

Результаты диссертации совпадают с данными теории поступательно-вращательных движений твердых тел, полученными другими авторами в случае, когда массы и размеры тел постоянны. Помимо этого, достоверность и обоснованность результатов подтверждаются наличием публикаций в журналах дальнего зарубежья с высоким импакт-фактором.

Теоретическая и практическая значимость исследования.

Результаты, полученные в диссертационной работе являются следующим шагом в изучении нестационарных систем в космологии и дополнительно уточняют постановку новых задач исследования сложных нестационарных явлений во Вселенной. А научная значимость состоит в том, что найденные новые решения могут быть использованы при расчете модели динамической эволюции искусственных и естественных спутников небесных тел.

Апробация работы.

1. М.Дж. Минглибаев, С.Б. Бижанова. Өстік симметриялы бейстационар екі дененің ілгерілемелі-айналмалы қозғалысын зерттеу // «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясы. – 2019.

2. М.Дж. Минглибаев, С.Б. Бижанова. Поступательно-вращательное движение осесимметричного спутника с переменным коэффициентом сжатия // XLIV Академические чтения по космонавтике. – Москва. 2020. – Т. 1. – С. 310-312.

3. М.Дж. Минглибаев, С.Б. Бижанова. Поступательно-вращательное движение осесимметричного спутника переменной массы и размера в нестационарном центральном гравитационном поле // IX Поляховские чтения, Материалы международной научной конференции по механике. – Санкт-Петербург. – 2021. – С. 152-154.

4. M. Minglibayev, A. Prokopenya, S. Bizhanova. Analysis of evolution of a nonstationary axisymmetric body in a nonstationary central gravitational field // 8th International Congress of Serbian Society of Mechanics. Kragujevac, Serbia. – 2021.

5. S. Bizhanova. Evolution Equations of Translational-Rotational Motion of an Axisymmetric Satellite with Variable Oblate // International Conference of Application of Computer Algebra (ACA-2021). – 2021. – P. 108.

6. A. Prokopenya, M. Minglibayev, S. Bizhanova. Secular perturbations of translational-rotational motion of a non-stationary axisymmetric body in the central gravitational field // Computer Algebra in Scientific Computing (CASC 2021)

Публикации.

База данных Thomson Reuters или Scopus:

1a. S.B. Bizhanova, M.Zh. Minglibayev, A.A. Prokopenya. A Study of Secular Perturbations of Translational-Rotational Motion in a Nonstationary Two-Body Problem Using Computer Algebra // Computational Mathematics and Mathematical

Physics. – 2020. – Vol. 60. – №. 1. – P. 26-35.
<https://doi.org/10.1134/S0965542520010054>

16. С. Б. Бижанова, М. Дж. Минглибаев, А. Н. Прокопеня. Исследование вековых возмущений поступательно-вращательного движения в нестационарной задаче двух тел с применением компьютерной алгебры // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2020. – Том 60. – № 1, С. 27-36.

Статьи в изданиях, рекомендованных КОКСОН МОН РК:

1. М.Дж. Минглибаев, С.Б. Бижанова. Өстік симметриялы бейстационар екі дененің ілгерілемелі-айналмалы қозғалысының дифференциалдық теңдеулері // Вестник КБТУ. Серия «Физико-математические и технические науки». – 2019. – Т. 16. – №2. – С. 143-149.

2. М.Дж. Минглибаев, С.Б. Бижанова. Массасы мен өлшемі айнымалы өстік симметриялы дененің эволюциялық теңдеулерін зерттеу // Вестник КазНПУ им Абая. Серия «Физико-математические науки». – 2020. – Т. 69. – №1. – С. 251-257.

3. M.Zh. Minglibayev, S.B. Bizhanova. Translational-rotational motion of a nonstationary axisymmetric body // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2021. – Vol. 336. – № 2. P. 131-137.

В материалах международных научных конференций в зарубежных странах:

1. A.A. Prokopenya, M.Zh. Minglibayev, S.B. Bizhanova. Investigation of the Evolution Equations of the Two-Body Problem with Variable Masses // Computer Algebra Systems in Teaching and Research. – 2020. – Vol. IX. – P. 204-219.

2. M. Minglibayev, A. Prokopenya, S. Bizhanova. Analysis of Evolution Equations of a Nonstationary Axisymmetric Body in a Nonstationary Central Gravitational Field // 8th International Congress of Serbian Society of Mechanics Kragujevac, Serbia, June 28-30, 2021. – P. 638-647.

Личный вклад автора.

Основные результаты исследования, изложенные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. Автор диссертации выполнила работу по осреднению и получению дифференциальных уравнений вековых возмущений и обзору литературы, аналитическому анализу уравнений вековых возмущений и выводы, численно решены уравнения вековых возмущений и получены графики, проведено сравнение случаев с постоянной и переменной массой, построены трехмерные графики первого интеграла. Постановка задачи и обсуждение результатов проводились совместно с научными консультантами.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованной литературы и двух приложений.