

**ОТЗЫВ официального оппонента
о диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Корноухова Вадима Сергеевича
на тему: «Динамические модели гравитирующих колец
в небесной механике»
по специальности
1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»**

Цель исследования диссертационной работы Вадима Сергеевича Корноухова заключается в создании динамических моделей колец Гаусса, предназначенных для изучения кольцевых структур вокруг малых небесных тел, вековых возмущений в движении планет Солнечной системы и систем экзопланет у других звезд.

Актуальность темы.

Диссертационная работа В. С. Корноухова объединяет широкий круг задач, связанных с исследованием геометрических свойств лимбов эллипсоидальных небесных тел, построением моделей гравитирующих колец, а также с оценкой вековой эволюции орбит планет Солнечной системы и экзопланет у других звезд. Задачи по динамике Солнечной системы давно привлекают внимание ученых, а недавнее открытие экзопланет у других звезд дало новый импульс развитию небесной механики. Прогресс в этих областях знаний напрямую связан с созданием новых аналитических методов, что и определяет актуальность данной диссертационной работы.

Диссертация состоит из Введения, трех Глав, Заключение и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 118 страниц, включая 28 рисунков, 6 таблиц и три Приложения. Список литературы включает 54 наименования.

Во **Введении** дана постановка задач и их обоснование (актуальность и цели работы, новизна, научная и практическая ценность), выносимые на защиту результаты, краткое изложение содержания работы, а также перечень основных публикаций, конференций и семинаров, где докладывались результаты диссертации.

Глава 1 посвящена кольцам Гаусса. Подчеркивается новизна рассматриваемых в диссертации задач. К ним относятся: разложение потенциала кольца Гаусса в его главной плоскости в ряд по степеням эксцентриситета, нахождение взаимной энергии двух колец Гаусса не только в компланарном случае, но и при малых углах наклона, вывод с помощью функции взаимной энергии уравнений динамической эволюции системы из двух колец, применение этих уравнений к двупланетной задаче Солнце-Юпитер-Сатурн. Полученные результаты дополняют и уточняют результаты других авторов. Важно отметить, что найденная взаимная энергия колец используется как производящая функция вместо классической функции возмущений Лагранжа. Выражения для взаимной энергии получены в диссертации в виде ряда до членов 4-ой степени малых величин, в то время как в литературе были известны ряды только до членов 2-ой степени малости. По формулам потенциала кольца Гаусса рассчитаны эквипотенциали для колец, соответствующих орбитам всех планет Солнечной системы.

Глава 2 посвящена всестороннему изучению очень интересного небесного тела - карликовой планеты Хаумеа, имеющей спутники и недавно открытое вокруг неё кольцо из мелких частиц. В диссертации решается сложная обратная задача по восстановлению пространственной формы и ориентации трёхосного объекта по его наблюдаемому лимбу и данным фотометрии. Учитывая дополнительную информацию о расположении кольца, была получена сложная система из восьми уравнений, описывающих динамику планетоида. О тонкости проведенного анализа говорит то, что в работе дополнительно учитывалась красное пятно на поверхности планетоида. Решение данной системы уравнений позволило не только уточнить параметры фигуры планеты Хаумеа, но также указать наклон кольца и вычислить период его узловой прецессии.

Глава 3 посвящена созданию новой динамической модели – трёхмерного обобщения прецессирующего кольца Гаусса. Эта модель получила название R-тороида. Её можно применять, если период прецессии орбиты внутренней (возмущающей) планеты сравним с орбитальным периодом внешней планеты. В таком случае для внутренней орбиты в сравнении с внешней «быстрыми» переменными оказываются не только средние аномалии орбит, но и долготы внутренней орбиты. Подробно изучается форма и гравитационный потенциал R-тороида. Установлено, что поверхность новой модели представляет собой скорлупу с аномально высокой плотностью. Особое внимание уделяется нахождению взаимной энергии R-тороида и внешнего кольца Гаусса. Модель R-тороида оказалась востребованной при решении задач, связанных с изучением динамики экзопланет у других звёзд. В диссертации даны примеры применения новой модели к изучению вековой прецессии и эволюции орбит в циркумбинарных системах экзопланет.

Важно, что в конце всех глав диссертации мы находим емкие и содержательные резюме полученных новых результатов.

В **Заключении** делаются основные выводы по результатам диссертационного исследования и обозначены направления дальнейшей работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Все задачи, поставленные в данной диссертации, четко сформулированы, а научные положения и выводы строго обоснованы. Результаты диссертации являются новыми, актуальными и вносят существенный вклад в исследование динамических моделей колец Гаусса и их использование для исследования небесных тел Солнечной системы и вековой эволюции орбит в циркумбинарных системах экзопланет. В диссертации дано исчерпывающее обоснование разработанных методов исследования и полученных новых научных результатов и выводов. Диссертантом было изучено и критически проанализировано большое количество публикаций, что подтверждается списком цитируемой литературы,

состоящим из 54 работ. Обоснованность научных результатов является следствием применения адекватного математического аппарата и использования разумных предположений о реальных свойствах планетных систем.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Все выносимые на защиту результаты являются новыми, опубликованы в научной печати и прошли апробацию, подтвердившую их значимость и новизну. Достоверность результатов определяется использованием в диссертации надежных и проверенных теоретических методов и вычислительных алгоритмов. Отметим наиболее важные результаты диссертации:

- Потенциал кольца Гаусса в его собственной плоскости представлен в виде ряда по малому эксцентриситету. Алгоритм этого ряда использовался в расчетах силовых полей колец Гаусса для планет Солнечной системы.
- Найдена взаимная гравитационная энергия двух колец Гаусса в виде степенного ряда (до 4-ой степени включительно) по малым эксцентриситетам и взаимному наклону. Алгоритм ряда применялся при изучении вековой и долгопериодической эволюции планетных орбит на примере двухпланетной задачи «Солнце-Юпитер-Сатурн».
- Построен алгоритм в виде замкнутой системы из восьми алгебраических уравнений для решения обратной задачи о нахождении пространственной ориентации и размеров небесных тел эллипсоидальной формы с учетом данных фотометрии и формы лимба в картинной плоскости. Данный метод успешно применен при исследовании формы и динамики карликовой планеты Хаумеа. Разработан метод усреднения внешнего потенциала вокруг быстровращающегося трехосного эллипсоида и найдены две главные зональные гармоники. Это позволило рассчитать период нодальной прецессии кольца Хаумеа (12.9 сут.) и оценить отклонения от острого резонанса орбитального периода обращения частиц кольца 3:1.

- Построена модель трёхмерного обобщения прецессирующего кольца Гаусса (R-тороид), изучена его форма и внешний гравитационный потенциал. С особой тщательностью изучается потенциал новой модели. Найдена взаимная энергия R-тороида и внешнего кольца Гаусса. Отношение периодов узловой и апсидальной прецессий орбит в силовом поле R-тороида оказывается чуть меньше
2. Модель R-тороида применяется для изучения вековой динамики экзопланет.

Все указанные результаты диссертационной работы обладают научной и практической ценностью.

По диссертационной работе можно сделать ряд замечаний

1. В разделе 1.4 нет рисунка, поясняющего, как зависит взаимная энергия двух компланарных эллиптических колец Гаусса от их взаимной ориентации.
2. На стр. 33 неудачно выражена мысль автора: «... В работах [10] и [16] показана эффективность использования взаимной энергии колец Гаусса в приближении (1.67)... Поэтому представляется более эффективным решение этой задачи с использованием взаимной энергии...».
3. В формулах (1.86) необходимо было хотя бы на одном примере пояснить, как следует раскрывать в уравнениях присутствующие там весьма громоздкие суммы.
4. Пожелание. Формулируя (вместе со своим научным руководителем) в разделе 2.2.3 красивую теорему об экстремумах площади лимба эллипсоида в зависимости от угла γ спроектированной оси вращения, интересно было бы построить и график зависимости площади лимба от промежуточных значений этого угла ориентации γ .

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам

подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Корноухов Вадим Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

д.ф.-м.н.,
профессор кафедры № 802

Перепелкин Вадим Владимирович

Контактные данные:

тел.: 8-499-158-44-66

Специальность, по которой официальным оппонентом

защищена диссертация: 01.03.01 – Астрометрия и небесная механика

Адрес места работы:

125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

ФГБОУВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Кафедра «Мехатроника и теоретическая механика»

Тел.: 8-499-158-44-66; e-mail: kafedra802@yandex.ru