

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана

Математико-механического факультета

Елена Владимировна Кустова

*Е.В. Кустова*

(подпись)

(инициалы, фамилия)

« 20 »

2024 г



### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

По итогам рассмотрения и обсуждения  
Диссертации Титова Владимира Борисовича  
(ФИО соискателя ученой степени)

представленной на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук  
Ученая степень

по теме «Общая задача трех тел в пространстве форм»  
(тема диссертации)

по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия  
шифр и наименование научной специальности (научных специальностей)

и выполненной в Федеральном государственном бюджетном образовательном  
учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный  
университет», 2024

наименование организации и год представления

а также представленных соискателем научных публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, приняты следующие решения, замечания и рекомендации:

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация Титова Владимира Борисовича посвящена исследованию фундаментальной задачи небесной механике – общей задачи трех тел. Рассматривается общая плоская задача трех тел. Движение трех точечных масс сводится к движению одной точки в пространстве форм, пространстве редуцированном по переносам и поворотам, точки которого представляют собой класс конгруэнтных треугольников. В этом пространстве и изучается движение.

Диссертационная работа выполнена соискателем на высоком научном уровне и представляет единое законченное фундаментальное исследование.

**Актуальность предлагаемой работы** вытекает из актуальности задачи трех тел, решение которой имеет не только теоретическое значение, как решение задачи, вот уже более трех веков волнующей астрономов и математиков, но и чисто практическое значение для построения теорий движения небесных тел, решения задач астродинамики и многих других задач. Полученные результаты дают новое представление решений задачи трех тел.

Работа содержит 177 страниц и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Во введении кратко описывается поставленная задача и методы ее решения.

В первой главе производится редукция по переносам и поворотам, и таким образом вводится пространство форм. Рассматриваются геометрические свойства пространства форм, выводятся уравнения движения.

Вторая глава посвящена поиску периодических решений вариационным методом. Решения ищутся в виде тригонометрических рядов минимизацией функционала действия. В качестве модели берутся три симметрии из списка симметрий плоской задачи трех тел: простая хореография (здесь только одна орбита – восьмерка), 2-1 хореографии, в этом случае две массы должны быть равными, и линейная симметрия, где все массы отличаются друг от друга. Анализируются полученные решения.

В третьей главе строятся области возможного движения плоской задачи трех тел. Такие области хорошо известны в задаче двух тел и в круговой ограниченной задаче трех тел. Если задача не круговая, то ее можно упростить, осредняя по угловой переменной основных тел. Однако и в случае общей задачи трех тел можно построить области возможного движения, если рассмотреть движение в пространстве форм, в котором эта задача имеет всего три измерения. Построены такие поверхности нулевой скорости в пространстве форм для различных значений масс.

В четвертой главе рассматривается регуляризация Леметра, которая будет использоваться в следующей главе при анализе вырожденных траекторий. Анализируется регуляризованное пространство форм.

В пятой главе рассматриваются вырожденные траектории: прямолинейные и равнобедренные. Для каждого случая строится параметризация, которая позволяет просто записать уравнения движения для этих вырожденных случаев, свободные от особенностей, и получить численное решение, а затем провести его анализ.

В заключении перечисляются решенные задачи и результаты автора.

В приложении А приведены листинги моделей, используемых при поиске периодических решений в главе 2.

В приложении В показаны результирующие орбиты. Приведены разложения координат задачи в ряды Фурье во вращающейся системе координат, а также начальные координаты и скорости в барицентрической системе координат.

#### **Наиболее значимые научные результаты, полученные автором лично:**

1. Впервые построены поверхности нулевых скоростей и области возможного движения общей задачи трех тел в пространстве форм.
2. Общая плоская задача трех тел впервые последовательно рассмотрена в пространстве форм. Получены и приведены формулы перехода к координатам пространства форм. В этом пространстве выявлены и описаны геометрические свойства траекторий, их особые точки, в том числе эйлеровы и лагранжевы точки, что дало возможность получить движение с неизменяемой конфигурацией. Выведены уравнения движения и первые интегралы в пространстве форм.
3. Впервые выявлены свойства некоторых орбит в регуляризованном по Леметру пространстве форм.
4. Впервые численно получены вырожденные (коллинеарные и равнобедренные) траектории в регуляризованном пространстве форм. Показан их хаотический характер.
5. С использованием вариационного подхода найдены новые периодические орбиты. Построены проекции полученных орбит на сферу форм.
6. Выявлены и описаны новые частные случаи, в которых симметрия или дает простые результаты (например, в задаче двух тел), или существенно упрощает

анализ задачи; осреднение по долготам главных тел позволяет построить поверхности минимальной скорости в осредненной круговой ограниченной задаче трех тел; использование метода в перспективе дает возможность решить чисто практическую задачу увода астероида с орбиты столкновения с Землей.

Титов Владимир Борисович окончил с отличием (1971г.) Ленинградский государственный университет по специальности «Астрономия». В 1980 г. защитил кандидатскую диссертацию «Построение теории движения ИСЗ в координатах».

Вошедшие в рассматриваемую диссертацию результаты научных исследований В.Б.Титова были представлены на 12 научных конференциях. Всего диссертантом опубликовано 15 работ по теме исследования, из которых 8 статей опубликованы в изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science, 3 статьи (за исключением статей, индексируемых в Scopus и Web of Science) опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Считаем, что диссертация Титова Владимира Борисовича на тему «Общая задача трех тел в пространстве форм» представляет фундаментальный теоретический и практический интерес и вносит фундаментальный вклад в исследования по задаче трех тел. Диссертационная работа хорошо оформлена. Она удовлетворяет всем необходимым требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук и рекомендуется к защите по специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия.

Нарушения со стороны Титова Владимира Борисовича

ФИО соискателя

п. 11 Приказа СПбГУ от «19» ноября 2021 г. №11181/1

не выявлены

не выявлены, выявлены

и Приказа СПбГУ от 03.07.2023 № 9287/1

не выявлены

не выявлены, выявлены

Все основные выносимые на защиту научные материалы диссертации опубликованы в предложенных соискателем статьях.

**Коллектив сотрудников Кафедры небесной механики**

наименование подразделения

рекомендовал

рекомендовал / не рекомендовал / рекомендовал при условии устранения замечаний

диссертацию Титова Владимира Борисовича

ФИО соискателя

по теме «Общая задача трех тел в пространстве форм»

тема диссертации

к защите на соискание ученой степени

доктора физико-математических наук

ученая степень

по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

шифр и наименование научной специальности (научных специальностей)

При проведении голосования коллектива сотрудников Кафедры небесной механики (протокол заседания № 44/8/13-02-2 от 20.06.2024) в количестве 11 человек, участвовавших в заседании из 11 человек штатного состава:

Проголосовали «за»: 10 (В.Б. Титов участия в голосовании не принимал),

«против»: 0,

«воздержались»: 0.

Подписал: заведующий

(должность)

Кафедрой небесной механики

(наименование структурного подразделения)

Д.Ф.-М.Н.

(ученая степень)

С. Н. С.

(ученое звание)



(подпись)

И.И.Шевченко/20.06.2024

Расшифровка подписи, дата