

Заключение диссертационного совета МГУ.013.1

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «23» мая 2024 года № 34

О присуждении Загидуллину Артуру Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Разработка численной теории физической либрации для модели упругой Луны» по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия принята к защите диссертационным советом 14.03.2024, протокол № 31.

Соискатель Загидуллин, 1993 года рождения, в период подготовки диссертации (с 01.10.2016 по 14.09.2020) обучался в очной аспирантуре на кафедре астрономии и космической геодезии Института физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Соискатель работает в должности младшего научного сотрудника научно-исследовательского Центра превосходства киберфизических систем, IoT и IoE Института физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Диссертация выполнена на кафедре астрономии и космической геодезии Института физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет (ФГАО ВО КФУ)».

Научный руководитель:

— Нефедьев Юрий Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Официальные оппоненты:

— Кондратьев Борис Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»;

— Кузнецов Эдуард Дмитриевич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий

кафедрой астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды Института естественных наук и математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»;

— Павлов Дмитрий Алексеевич, кандидат физико-математических наук, инженер-исследователь междисциплинарной исследовательской лаборатории им. П. Л. Чебышева Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

На автореферат также поступило два дополнительных положительных отзыва: доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника Института физики земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН) Гудковой Тамары Васильевны; кандидата физико-математических наук, доцента отделения «Информационные технологии и интеллектуальные системы» Казанского государственного энергетического университета Петровой Натальи Константиновны.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 11 работ, из них 7 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности. В 7 статьях (в рекомендованных изданиях) вклад соискателя составлял 70-80%:

1. Petrova N.K, Zagidullin A.A, Nefedyev Y.A., Kosulin V., Andreev A. The analytical and numerical approaches to the theory of the Moon's librations: Modern analysis and results. *Advances in Space Research*. 2017. vol. 60. is. 10. p. 2303-2313. Web of Science JIF2023=2.8, личный вклад 80%, объем 1.32 печатных листов.

2. Загидуллин А.А., Петрова Н.К., Усанин В.С., Нефедьев Ю.А., Глушков М.В. Разработка численного подхода в теории физической либрации в рамках «главной проблемы». *Ученые записки Казанского университета 1 . Серия Физико математические науки*. 2017. т.159. №4. с. 529-546 //Переводная статья: Zagidullin A. A., Petrova N.K. Usanin V.S., Nefedyev Y.A., Glushkov M.V. Development of the Numerical Approach in the Theory of Physical Libration within the Framework of the "Main Problem". *Uchenye zapiski kazanskogo universiteta-seriya fiziko-matematicheskie nauki*. 2017. vol. 159. Is 4. p. 529-546. Scopus SJR2023 = 0.136, личный вклад

80%, объем 2.16 печатных листов. (Прим.: Журнал индексируется системой Scopus с 2016 года.)

3. Петрова Н.К., Нефедьев Ю.А., Загидуллин А.А., Андреев А.О. Использование аналитической теории физической либрации Луны для обнаружения свободных нутаций лунного ядра. *Астрономический журнал*. 2018. т. 95. №. 12. с. 920-925 // Переводная статья: Petrova N.K., Yu.A., Zagidullin A.A., Andreev A.O. Use of an Analytical Theory for the Physical Libration of the Moon to Detect Free Nutation of the Lunar Core. *Astronomy Reports*. 2018. vol. 95, № 12. p. 1020-2024. Web of Science JIF2023=1.1, личный вклад 80%, объем 0.6 печатных листов.

4. Петрова Н.К. Нефедьев Ю.А., Андреев А.О., Загидуллин А.А. Налунные измерения физической либрации Луны: методы и оценка точности. *Астрономический журнал*. 2020. т. 97. № 12. с. 1042-050 // Переводная статья: Petrova N.K., Nefedyev Y.A, Zagidullin A.A., Andreev A.O. Lunar-Based Measurements of the Moons Physical Libration: Methods and Accuracy Estimates. *Astronomy Reports*. 2020. vol.64. is.12. p. 1078-1086. Web of Science JIF2023=1.1, личный вклад 80%, объем 1.08 печатных листов.

5. Загидуллин А.А., Усанин В.С., Петрова Н.К., Нефедьев Ю.А., Гудкова Т.В. Физическая либрация Луны: расширенная проблема. *Астрономический журнал*. 2021. т. 98. № 1. с. 75-88 // Переводная версия: Zagidullin A.A., Usanin V.S., Petrova N.K. Nefed'ev Yu.A, Gudkova T.V. Physical libration of the moon: an extended problem. *Astronomy Reports*. 2020. vol. 64. p. 1093–1106 Web of Science JIF2023=1.1, личный вклад 80%, объем 1.68 печатных листов.

6. Zagidullin A.A., Petrova N. K., Andreev A. O., Nefedyev Y. A. Development of the Theory of Physical Libration of the Moon Taking into Account the Lunar Two-Layer Model Including a Solid Mantle and a Liquid Core. *Meteoritics & Planetary Science*. 2022. vol. 57. is. 1. p. 6282. Web of Science JIF2023=2.2, личный вклад 70%, объем 0.12 печатных листов.

7. Zagidullin A.A., Petrova N.K., Nefedyev Yu.A., Andreev A.O. Creation of a generalized dynamic model of planetary moons based on an analytical approach for describing the libration processes of their rotation. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal: Physics and Mathematics*. 2023.

Vol. 16, No. 1.2, 517 – 522 Scopus SJR2023=0.121, личный вклад 80%, объем 0.72 печатных листов.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой квалификацией, опытом работы в области физики космоса и астрономии, а также значительным количеством публикаций по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой представлена математическая модель физической либрации Луны (ФЛЛ) с учетом параметров упругости лунного тела. В качестве базового решения рассмотрена твердотельная модель в рамках гамильтоновой механики. Для обобщенных координат при описании ФЛЛ выбираются самолетные углы, а гравитационный потенциал взаимодействия Луны с Землей и Солнцем раскладывается в гармонический ряд до третьего и второго порядков по сферическим функциям. Возмущающие тела при этом считаются точечными. Предположение о независимости орбитального и вращательного движений, что позволило использовать готовую аналитическую теорию движения Луны. Проведенный в работе анализ показал, что наибольшее влияние на параметры ФЛЛ происходит при рассмотрении коэффициентов второго порядка разложения. Учет данного эффекта потребовал перехода от аналитической орбиты к численной эфемериде DE421. Помимо притяжения от Земли и Солнца, учитывалось влияние Венеры и Юпитера на основе их прямого точечного взаимодействия с Луной. Учет параметров упругости позволил уменьшить остаточные разности в либрации по широте на один порядок. В результате был разработан математический метод и программный алгоритм для описания вращения твердого тела Луны в рамках расширенной главной проблемы и проведено моделирование либрационных параметров, определяющих уравнения связи канонических переменных в системе самолетных углов с углами Эйлера.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Разработанные математический метод и программный алгоритм для описания вращения твердого тела Луны в рамках главной проблемы позволили решить дифференциальные уравнения вращения Луны.
2. Разработанные методики и подходы для исследования параметров современных динамических эфемерид для построения высокоточной теории физической либрации Луны позволили осуществить привязку текущей численной теории к данным DE421.

3. Разработанные модели и методы, обеспечивающие решение задачи физической либрации Луны с учетом дополнительных возмущений, выходящих за рамки модели главной проблемы, необходимы для повышения уровня координатного обеспечения в процессе прилунения космических аппаратов и позволили учесть отклонения от главной проблемы физической либрации Луны.

На заседании 23 мая 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Загидуллину Артуру Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 25 докторов наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (отрасль наук — физико-математические), участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия, проголосовали: за – 25, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председателя диссертационного совета

К. А. Постнов

Ученый секретарь диссертационного совета

А. И. Богомазов

23 мая 2024 года