

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Загидуллина Артура Александровича

на тему «Разработка численной теории физической либрации для модели упругой Луны», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

В диссертационной работе А. А. Загидуллина представлена разработка численной теории физической либрации для упругой Луны. Исследования Луны на протяжении многих десятилетий остаются актуальными, а в последние годы можно говорить о возобновлении международной «лунной гонки», в которой, к сожалению, наша страна не находится в лидерах; тем не менее, теоретические и прикладно-математические исследования, посвященные динамике Луны и селенодезии, носят общемировой характер и являются очень востребованными.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Основной текст диссертации содержит 137 страниц, включая 31 рисунок и 12 таблиц. Приложение содержит 10 таблиц. Список литературы включает 109 наименований.

В Главе 1 раскрывается проблематика анализа физической либрации Луны (ФЛЛ), произведен обзор современных исследований, включая аналитические и численные теории ФЛЛ. В обзоре также уделено внимание различным модам колебаний главных осей инерции Луны в инерциальной системе координат; рассмотрены вопросы влияния жидкого ядра Луны и приливных деформаций на вращательную динамику Луны.

Глава 2 посвящена созданию динамической модели твердотельной модели Луны с применением аппарата гамильтоновой механики. В качестве кано-

нических переменных автор использует самолетные углы для перехода из эллиптической системы координат к неинерциальной системе, в которой начало координат совпадает с центром масс, а оси сонаправлены с главными осями инерции. Для описания гравитационного взаимодействия потенциал гравитационного поля Луны раскладывается в ряд по сферическим функциям, а возмущающие тела рассматриваются как точечные объекты. Полученные уравнения Гамильтона решались одношаговым численным методом 10-го порядка точности.

В Главе 3 вычислены параметры для разработанной динамической модели (в ее промежуточном виде), по принципу соответствия численной эфемериде DE421 и проведено сравнение результатов с DE421 на интервале 50000 суток.

Глава 4 посвящена улучшению построенной динамической модели путем: (1) перехода на численную орбиту DE421, что позволило учесть влияние планет на орбиту Луны; (2) учета взаимодействия планет с гравитационным потенциалом Луны; (3) учета 4-й гармоники селенопотенциала в разложении гравитационного потенциала Луны; (4) учета приливного влияния Земли на вращение Луны (в виде не зависящих от времени поправок в коэффициентах Стокса и в тензоре инерции Луны). Улучшение подтверждено повторным сравнением с теорией DE421.

В Заключении приведены основные выводы по диссертационной работе, обсуждаются дальнейшие перспективы исследования, а также перечисляются организации, в которых результаты могут быть использованы.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации подтверждается путем проверки всех промежуточных формул вручную и с помощью аналитического пакета Wolfram, а также проведенным в работе анализом результатов в контексте современных исследований динамики Луны. Также диссертант показал высокий

уровень владения основами теоретической механики (построенная теория ФЛЛ опирается на гамильтонову механику).

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается проведенными в работе:

1) Сравнением с данными, опубликованными в известных работах других авторов.

2) Проверкой результатов численного интегрирования на соответствие современным теориям ФЛЛ.

Основные научные положения, выводы и рекомендации опубликованы автором в научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ.013.1 по специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия», а именно: «Астрономический журнал», «Advances in Space Research», «Meteoritics & Planetary Science». По результатам диссертации Загидуллиным А. А. были сделаны устные доклады на многих всероссийских и международных конференциях, включая Всероссийскую астрономическую конференцию 2021 года (ГАИШ МГУ), третью астрометрическую конференцию–школу «Астрометрия вчера, сегодня, завтра», Всероссийскую астрометрическую конференцию «Пулково-2018» (Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН).

Новизна и практическая значимость полученных результатов подтверждается 2 полученными свидетельствами о регистрации программы на ЭВМ и публикациями в рецензируемых журналах.

Автореферат в полной мере соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. В разделе 2.2 «Главная проблема в теории физической либрации Луны» постулируется, что «орбитальное и вращательное движения с высокой степенью приближения рассматриваются как независимые»; обоснований

этой высокой степени приближения не приведено. Рецензент склонен полагать, что орбитальное и вращательное движения Луны взаимосвязаны, простейшим подтверждением чего является приливный захват в системе «Земля-Луна». Современные теории движения Луны, в частности DE421, на которую многократно ссылается диссертант, рассматривают орбитальное и вращательное движение Луны в единой системе уравнений.

2. Раздел 3.1 «Особенности перестройки решения с применением численной эфемериды DE», по мнению рецензента, избыточен, т. к. содержит технические сведения о формате данных JPL DE ascii, не являющиеся ни авторскими, ни новыми, ни важными для повествования. К тому же описываемый формат устарел — в настоящее время рекомендуется использовать форматы семейства SPICE.

3. В работе несколько раз упоминается лазерная локация Луны (ЛЛЛ), в частности в заголовке разд. 3.3.1 «Полуэмпирические ряды наблюдений, построенные на основе сравнения DE421 с лазерными данными». По мнению рецензента, данная формулировка вводит читателя в заблуждение, т. к. данные ЛЛЛ как таковые в работе не рассматриваются и не анализируются. В этом заключается слабое место диссертации — разработанная теория ФЛЛ «подгоняется» под теорию DE421, которая, во-первых использует данные ЛЛЛ, доступные к моменту ее выхода в 2009 г, и не использует данные последующих 15 лет наблюдений; и во-вторых, потенциально может содержать систематические ошибки, которые без прямого сравнения с данными ЛЛЛ перекачуют в разработанную теорию.

4. В работе не обозначена (за исключением общих слов) роль, уготованная разработанной теории в эволюции будущих моделей динамики Луны. Фактически в работе развита теория ФЛЛ, ранее полученная Н. К. Петровой; однако практическое применение этой теории все еще опирается на модель JPL DE орбитально-вращательного движения Луны, построенную без приме-

ния гамильтоновой механики и без применения самолетных углов. При этом модель JPL DE является двухслойной и в ней учтены динамические приливные эффекты, а также она «подгоняется» (см. предыдущее замечание) непосредственно под наблюдения ЛЛЛ. Было бы полезно указать, какие принципиально новые результаты (напр. сведения о приливах, реологии Луны или динамики ядра) потенциально сможет принести разрабатываемое автором направление.

В работе демонстрируется небрежное отношение к русской грамматике, стилистике и типографике. Например:

1. Введение: «вследствие [...] падение крупного метеорита». (Правильно — «падения»).

2. Первое предложение в гл. 1: «Методы описания динамики Луны и Земли отличаются». (Правильно — «различаются».)

3. Разд. 2.4.1: «[метод Рунге-Кутты] в некоторой степени напоминает разложение в ряд Тейлора». (В действительности он основан на этом разложении, но совершенно не напоминает его.)

4. Там же: «Использував несколько вариантов метода, Рунге-Кутты, была проведена верификация коэффициентов» — неверная запятая и неправильное использование деепричастного оборота.

5. Конец раздела 4.1: «С этой целью была написана соответствующая функция, реализующая данную процедуру» — много бессодержательных слов.

6. Выравнивание абзацев по ширине вкупе с отсутствием переносов слов создают непропорционально большие промежутки между словами, что затрудняет чтение. Использование кириллической версии гарнитуры «Таймс Нью Роман» и вовсе превращает чтение в страдание. К настоящему моменту использование этой крайне неудачной гарнитуры сохранилось лишь в официальных документах и в академической среде. Рецензент считает, что российская академическая среда не заслужила такой пытки.

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 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 требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Загидуллин Артур Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,

инженер-исследователь

Междисциплинарной исследовательской лаборатории

имени П. Л. Чебышева

Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный университет»,

доцент Кафедры алгоритмической математики

Факультета компьютерных технологий и информатики

Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный

электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)»,
ведущий научный сотрудник Кафедры алгоритмической математики
Факультета компьютерных технологий и информатики
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)»

Павлов Дмитрий Алексеевич

07 мая 2024 года

Контактные данные:

Тел.: +7 812 363-68-71, e-mail: d.a.pavlov@spbu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 05.13.18 «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Адрес места работы:

199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., дом 29
СПбГУ, междисциплинарная исследовательская лаборатория
имени П. Л. Чебышева

Тел.: +7 812 363-68-72, e-mail: secretariat@chebyshev.spb.ru

Подпись сотрудника СПбГУ Д. А. Павлова подтверждаю: