

О Т З Ы В

официального оппонента

о диссертации ДОБРОСЛАВСКОГО Александра Владимировича
«ИССЛЕДОВАНИЕ УСРЕДНЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ КА В ОГРАНИЧЕННОЙ
ЗАДАЧЕ ТРЕХ ТЕЛ С УЧЕТОМ СИЛ СВЕТОВОГО ДАВЛЕНИЯ»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика

Диссертационная работа А.В. Доброславского посвящена исследованию движения пассивно гравитирующего тела (в частности, ИСЗ) в ограниченных задачах трех и четырех тел с учетом возмущающего воздействия сил светового давления Солнца. Исследование актуально для анализа движения ИСЗ, имеющих высокую парусность (отношение площади среднего поперечного сечения к массе ИСЗ), например таких как спутники связи Echo-1, Echo-2 и геодезический спутник PAGESOS, а также для анализа движения объектов космического мусора на высоких орбитах.

Исследование направлено на получение аналитических результатов, отражающих качественное поведение решений дифференциальных уравнений движения на асимптотически больших интервалах времени. Используется метод усреднения дифференциальных уравнений движения. Автор диссертации впервые применил метод усреднения по двум быстрым переменным (по средним аномалиям возмущающего тела и ИСЗ) в фотогравитационной задаче 3-х тел и метод троекратного усреднения в фотогравитационной задаче 4-х тел, причем не только в плоской, но и в пространственной.

Первым существенным результатом диссертации является подробное исследование плоской эллиптической ограниченной задачи трех тел с учетом светового давления. Соискатель вывел явное представление для усредненной силовой функции задачи в виде ряда Фурье, коэффициенты которого выражаются через специальные гипергеометрические функции Гаусса и функции Клаузена. Численно показано, что этот ряд является расходящимся асимптотическим рядом вдоль кривых неаналитичности усредненной силовой функции. Исследование выполнено без учета земной тени, однако не случайно, а на основании предварительного тщательного анализа, в ходе которого соискатель рассмотрел варианты цилиндрической и конической тени, нашел относительную длительность пребывания в конической земной тени в зависимости от параметров орбиты ИСЗ и обосновал возможность пренебрежения влиянием захода ИСЗ в тень Земли при качественном анализе орбитального движения ИСЗ.

В результате выполненного качественного исследования соискатель выявил три типа эволюционирующих орбит. К первому типу относятся орбиты, близкие к кеплеровым орбитам с невозмущенными элементами, но отличающиеся тем, что аргумент перигелия и эксцентриситет меняются перио-

Отдел документационного
обеспечения МАИ

29 03 2022

дически с малыми амплитудами. Такие орбиты можно назвать орбитами либрационного типа. Ко второму типу относятся орбиты так называемого ротационного типа, для которых характерно непрерывное возрастание аргумента перигелия и вызванное этим медленное вращение линия апсид оскулирующего эллипса, на которое накладывается медленное периодическое изменение эксцентриситета. К третьему типу относятся орбиты столкновения с Землей, для которых характерны значения эксцентриситета, близкие к единице, и малые расстояния между Землей и перигелием орбиты.

Вторым существенным результатом данной диссертационной работы является исследование плоской ограниченной планетной фотогравитационной задачи четырех тел, выполненное в предположении, что орбита Земли – кеплеров эллипс с фокусом в центре Солнца, орбита Луны – кеплеров эллипс с фокусом в центре Земли, ИСЗ – пассивно гравитирующее тело.

В результате выполненного качественного исследования соискатель выявил два типа эволюционирующих орбит: орбиты либрационного типа и орбиты ротационного типа. Важно также упомянуть обнаруженный автором путем численного моделирования эффект сдвига траектории ИСЗ относительно траектории классической задачи 3-х или 4-х тел в область, более удаленную от Солнца. Этот результат, справедливый как для задачи 3-х тел, так и для задачи 4-х тел, является существенной особенностью именно фотогравитационной задачи и подчеркивает ее отличие от классической ограниченной задачи 3-х или 4-х тел.

Наконец, третьим существенным результатом данной диссертационной работы является выполненное в 4-й главе диссертации исследование пространственной ограниченной круговой фотогравитационной задачи трех тел. Несомненно, заслуживает внимания тот факт, что автору диссертации, несмотря на столь сложный характер поставленной задачи, удалось получить явное аналитическое представление дважды усредненной силовой функции в виде ряда Фурье, коэффициенты которого выражаются через обобщенные гипергеометрические функции Клаузена. Данный результат имеет не только общетеоретический интерес, но и имеет большое значение для дальнейшего аналитического исследования эволюции орбит ИСЗ. Конкретно, он оказывается принципиально важным для построения фазовых траекторий в кеплеровом фазовом пространстве. Причина в том, что усредненная силовая функция теряет аналитичность на некоторых особых кривых, что препятствует построению фазовых траекторий на всей фазовой плоскости. Однако, ряд, представляющий дважды усредненную силовую функцию, несмотря на расходимость вдоль кривых неаналитичности, остается асимптотическим рядом, как показано в диссертации. Это обстоятельство позволяет ограничиться нужным числом членов ряда и построить фазовые портреты задачи с требуемой точностью, что и сделано в диссертации. Соискатель показал, что усредненные уравнения движения поставленной фотогравитационной задачи допускают три независимых первых интеграла в инволюции. В плоскости кеплеровых элементов построены фазовые портре-

ты колебаний эволюционирующего эллипса по эксцентриситету и аргументу перицентра в хилловском, а также во 2-м, в 3-м и в 4-м приближениях.

Дополнительно отметим, что соискатель проявил виртуозные способности владения системами, реализующими методы компьютерной алгебры, для преодоления колоссальных технических трудностей, встретившихся ему на пути аналитического решения поставленных задач.

В целом, результаты настоящей диссертационной работы представляют собой новый вклад в динамику орбитального движения спутников. Получены результаты, являющиеся новыми не только для фотогравитационной задачи, но и для классической задачи трех тел.

Все утверждения диссертации строго обоснованы, каких-либо существенных пробелов в доказательствах не обнаружено. Тема диссертации соответствует специальности 01.02.01. – «Теоретическая механика».

Основные результаты диссертации своевременно опубликованы (имеются 4 статьи в научных журналах и 2 статьи по материалам докладов), докладывались на конференциях (опубликованы 10 тезисов докладов) и семинарах и правильно отражены в автореферате.

Диссертация написана достаточно аккуратно. В то же время, в диссертации имеются некоторые недостатки:

1. В третьем абзаце на с.8, после анализа работ предшественников, автор кратко формулирует цель и содержание своей диссертационной работы. При этом, по непонятной причине, формулировка содержания работы оказывается неполной. В частности, вообще не упомянута рассматриваемая в диссертации фотогравитационная задача 4-х тел.
2. Список литературы содержит, конечно, не 0 наименований, как указано на с. 16, а 70 наименований.
3. Чисто умозрительная гипотеза, сформулированная в 1-м абзаце раздела 2.1 на с.27, не имеет реального физического содержания по причине несоответствия масс Земли и Солнца. По той же причине не имеет реального физического содержания и траектория, выделенная жирной линией на рис. 2.1. Точно такое же замечание относится и к последнему абзацу на с. 47 и соответствующему ему рис. 3.1 на с. 48.
4. На с.30 ускорение, сообщаемое шару световым давлением, обозначено точно так же, как и сила светового давления, что некорректно.
5. В диссертации ощущается недостаток внимания к физическим размерностям величин. Например, на с.30, где приводится численное значение δ , определенного по формуле (2.3) и названного параметром спутника, было бы естественно привести и его физическую размерность, поскольку данный параметр не является безразмерным. Однако, размерность не указана. Также, она отсутствует на рис. 2.5 (с. 44) и 2.6 (с. 45), где построены орбиты для разных значений коэффициента δ , и на других рисунках в последующих

разделах диссертации. Само название «параметр спутника», введенное на с. 30, представляется неудачным, поскольку в действительности величина δ зависит не только от параметров спутника, но и от солнечной постоянной. Впрочем, в следующей главе, на с. 50 для той же самой величины δ , где она повторно введена по формуле (3.4), используется более подходящее название «коэффициент светового давления на сферический спутник».

6. В диссертации ощущается недостаток аккуратности в работе с малыми параметрами. Конкретно, укажем на следующие моменты:

1) В связи с использованием параметра δ в качестве одного из самых важных малых параметров, введенных в диссертации (с. 31 и др.), было бы более естественно осуществить его нормировку и перейти к соответствующему безразмерному малому параметру.

2) Неясен способ введения малого параметра ϵ . На с.31 и на с. 44 этот параметр вводится как размерный, имеющий размерность длины в степени (-1). Судя по первому равенству на с. 63, параметр ϵ является безразмерным. Однако, следующее за ним приближенное равенство снова свидетельствует о том, что этот параметр является размерным.

3) Еще хуже обстоит дело с пониманием малого параметра μ . В диссертации удалось заметить некоторое пояснение смысла этого параметра только на с.63. И при этом остается неясным, имеет ли этот параметр размерность массы или он является безразмерным.

Было бы правильно ввести все малые параметры по явно указанным формулам, причем так, чтобы все малые параметры были бы безразмерными и, тем самым, допускали бы сравнение с единицей и между собой.

7. На с. 40 выражение «изображен фазовый портрет системы» не является однозначно понимаемым, поскольку не указано, о какой конкретно системе дифференциальных уравнений идет речь. Приведенные далее рисунки 2.2 и 2.3 позволяют догадаться, какая система дифференциальных уравнений имеется ввиду, однако подрисуночные подписи, включающие выражение «Фазовый портрет колебаний», выглядят не совсем удачными для рисунков, иллюстрирующих вовсе не колебания ИСЗ, а эволюционное изменение параметров, удовлетворяющих системе дифференциальных уравнений.

8. Последний абзац на с. 73 является важным для понимания сути результатов всей 4-й главы диссертации. Однако, приведенная в этом абзаце фраза «обобщенный гипергеометрический ряд расходится на границе $|z| = 1$, т.е. при $e = 1/3$ », к сожалению, остается непонятой по причине того, что отсутствует пояснение смысла переменной z и ее связи с параметром e .

9. Заключительный раздел диссертации, названный «Заключение по диссертации», содержит хороший обзор всей диссертационной работы. Однако, для читателя, незнакомого с содержанием диссертации, чтение данного раздела содержит непреодолимые препятствия к пониманию смысла прочитанного текста. Причина этого недостатка в том, что автор использует такую

терминологию, которая имеет другой смысл и устоявшееся употребление в другой области космодинамики, относящейся к изучению вращательного движения ИСЗ, в то время как в диссертации изучается лишь орбитальное движение ИСЗ. Например, фразы, содержащие слова «построены фазовые портреты колебаний при разных значениях параметров» (с.101), «фазовые портреты колебаний» (с.103), явно требуют уточнения и указания на то, какой объект совершает колебания. Оказывается, речь здесь идет не о колебаниях ИСЗ, а о колебаниях параметров орбиты ИСЗ. То же самое относится и к фразам, содержащим слова «Исследованы стационарные режимы колебаний» (с.102), «Построены фазовые портреты колебаний» (с.102). И тем более к фразе «Проведены расчеты либрационных и ротационных движений спутника в плоскости эклиптики» (с.102), поскольку в действительности, в диссертации не изучаются либрационные и ротационные движения именно спутника, а изучаются два вида эволюционного изменения параметров орбиты спутника. Выражение «Фазовые портреты, построенные для силовых функций», также выглядит неудачно укороченным.

В целом, диссертация А.В. Доброславского представляет собой законченное научное исследование актуальной проблемы теоретической механики, в которой получены новые и важные результаты. Достоверность и строгая обоснованность полученных результатов не вызывают сомнений, а их использование представляется полезным для дальнейших теоретических исследований динамики орбитального движения спутников.

Диссертация носит законченный характер, выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет требованиям п.п. 9 и 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Доброславский Александр Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

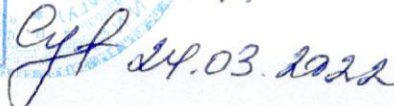
Почетный работник сферы образования РФ,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры теоретической и
прикладной механики Санкт-Петербург-
ского государственного университета

 А. А. Тихонов

Телефон +7(812)428-41-65, email: a.tikhonov@spbu.ru



 Тихонове А. А.

 Суф 24.03.2022

с отсылкой на закон от 29.03.2022