

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе Санкт-Петербургского государственного университета



**Отзыв**

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» о диссертации **ШУВАЛОВОЙ Анны Игоревны** «**АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ**», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Аналитические и численные методы, развивающиеся на фундаменте классической механики, вновь демонстрируют успехи в объяснении явлений, происходящих в Солнечной системе. К такому выводу приводят результаты, изложенные в диссертации А.И. Шуваловой. Фактически, диссертация разъясняет феномен «неуловимости» космических пылевых облаков К. Кордылевского и, тем самым, снимает вопрос, возникший 60 лет назад, о самом факте существования этих облаков в окрестностях треугольных точек либрации системы Земля—Луна.

В диссертации А.И. Шуваловой показано, что правильно предсказать положение и состав пылевых облаков можно лишь с учетом нескольких, на первый взгляд, несущественных, возмущающих факторов, связанных с влиянием фотогравитационного поля Солнца, сплюснутости Земли, эллиптичности и некомпланарности орбит Земли и Луны, а также эллиптичности орбиты барицентра системы Земля—Луна.

Как справедливо отмечает профессор А.П. Маркеев в своей монографии «Точки либраций в небесной механике и космодинамике. М.: Наука, 1978», вопрос о существовании облаков Кордылевского вызвал большой интерес и привлек внимание многих исследователей к задаче об устойчивых орбитах, близких к треугольным точкам либрации. Аналитическое исследование периодических орбит вблизи треугольных точек либрации в системе Земля — Луна с учетом солнечных возмущений начали Breakwell J. и Pringl R. при помощи методов теории возмущений гамильтоновых систем. Это аналитическое исследование продолжил Schechter H.B., который впервые с достаточной строгостью показал возможность существования устойчивых периодических орбит вблизи точки либрации  $L_4$  системы Земля — Луна при наличии

солнечных возмущений. Kolenkiewicz R. и Carpenter L. уточнили периодические движения вблизи точки  $L_4$  при помощи численного анализа. А.А. Kamel весьма точно аналитически построил устойчивые периодические орбиты в задаче о движении материальной точки вблизи треугольных точек либрации системы Земля—Луна при наличии возмущающего гравитационного воздействия Солнца. Судя по всему, именно такие орбиты лежат в основе объяснения феномена кажущегося исчезновения и появления космических пылевых облаков Кордылевского.

В данной диссертации анализируется динамика ансамбля космических пылевых частиц и астероидов в Солнечной системе с учетом одновременного воздействия нескольких возмущающих факторов, влияющих на относительные равновесия и периодические движения частиц. Такое исследование, направленное на уточнение местоположения и состава космической пыли в окрестностях Земли, имеет важное значение для астрономических наблюдений и для безопасности планируемых космических миссий. Поэтому тема диссертации А.И. Шуваловой является актуальной. Сразу же заметим, что полученные в диссертации результаты подтверждаются имеющимися в литературе данными астрономических наблюдений.

Для аналитического исследования задачи автор моделирует гравитационные поля Земли и Луны с помощью потенциала Кислика, позволяющего принять во внимание сплюснутость притягивающего тела у полюсов, но не учитывает асимметрию тела относительно экваториальной плоскости. В плоской круговой ограниченной задаче трех тел Земля-Луна-Частица вычислена величина смещения треугольных точек либрации. Рассмотрены пространственные возмущения периодических орбит в окрестностях треугольных точек либрации при учете нескольких вышеупомянутых факторов, связанных с наклоном орбиты и эллиптичностью траекторий. Численно построены уточненные орбиты, проведено сравнение с полученными ранее данными.

Численно найдены основные периодические орбиты в окрестности треугольных точек либрации системы Земля-Луна-Частица при учете светового давления и гравитационного возмущения от Солнца. Определены условия их устойчивости в линейном приближении. Построены бифуркационные диаграммы зависимости начальных условий для периодических движений от параметра, характеризующего световое давление Солнца.

Существенная часть диссертационной работы посвящена статистическому обоснованию формирования скоплений частиц. Здесь автор использует уравнение Лиувилля, вытекающее из теоремы о сохранении фазового объема динамической системы. Численное интегрирование этого уравнения позволило автору диссертации определить плотности вероятности нахождения частиц в заданных областях пространства, и, следовательно, получить сведения о локализации и форме возможных скоплений. Получены значения функции распределения в окрестности треугольных точек либрации в круговой ограниченной задаче трех тел Солнце-Юпитер-Частица (Троянские астероиды), и в окрестности устойчивого периодического движения в круговой ограниченной задаче трех тел Земля-Луна-Частица с учетом возмущения от Солнца (облака Кордылевского).

Упомянутые результаты, полученные А.И.Шуваловой, являются новыми и представляют теоретический и практический интерес.

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

Диссертация написана достаточно аккуратно. В качестве недостатков можно отметить, например, следующее:

1) В конце раздела 1.1.3, посвященного треугольным точкам либрации системы Земля—Луна в неклассической постановке задачи, приведено условие устойчивости указанных точек. При этом отсутствует вывод указанного условия или ссылки на литературу.

2) Странно, что в диссертации отсутствуют иллюстрации наблюдений Кордылевского. Отсутствует также и ссылка на публикации с результатами наблюдений Кордылевского в том месте на с. 46, где автор сравнивает свой численный результат с наблюдаемым.

Вообще, данная диссертация могла бы выглядеть более убедительно, если бы полученные в ней результаты более обстоятельно и подробно подтверждались имеющимися в литературе данными астрономических наблюдений.

3) Рисунки 2.4 и 2.5 выполнены слишком мелко. В результате невозможно различить кривые разных типов невооруженным глазом.

4) На с.57 дается краткое пояснение к бифуркационным диаграммам, построенным на рис. 3.3—3.6. Однако, на указанных рисунках отсутствуют упоминаемые в тексте точки F и E.

5) К сожалению, в третьей главе диссертации отсутствует не только обсуждение периодических орбит, представленных на рис. 3.2, но и само упоминание этого рисунка в тексте.

6) Отсутствует какой-либо комментарий к весьма интересной периодической орбите, представленной на втором из рисунков 3.7.

7) Замечены опечатки на с.44 «...будет симметричные...» и на с. 45 «...говоря...подразумевается...».

Сформулированные замечания свидетельствуют о том, что в данном случае, в условиях небольшого общего объема диссертации, краткость изложения материала является скорее недостатком, чем достоинством диссертации.

Отмеченные недостатки не влияют на общее положительное впечатление о диссертационной работе. Диссертация представляет собой законченное научное исследование актуальной проблемы теоретической механики и космодинамики, в которой получены новые и важные результаты. Достоверность и обоснованность полученных результатов не вызывают сомнений, а их использование представляется полезным для дальнейших теоретических исследований динамики космических тел, а также при разработке различных космических проектов, связанных с использованием треугольных точек либрации в задаче трех тел.

Результаты диссертации могут быть использованы в научных исследованиях, проводимых в МГУ им. М.В.Ломоносова, СПбГУ, Математическом институте им. В.А. Стеклова РАН, ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, ВЦ РАН им. А.А. Дородницына и в других организациях.

По теме диссертации опубликованы 3 статьи, в том числе 1 статья в научном журнале, входящем в список ВАК, другая статья входит в базу Astrophysics Data System. Опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Полученные результаты хорошо апробированы на авторитетных семинарах и нескольких представительных международных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация носит законченный характер, выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет требованиям пп. 9 и 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной

степени кандидата наук, а ее автор Анна Игоревна Шувалова заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Отзыв заслушан, обсужден и одобрен 21 апреля 2016 г. на заседании кафедры Теоретической и прикладной механики СПбГУ (протокол № 79.08/20-04-6 от 21.04.2016). Отзыв составил профессор кафедры теоретической и прикладной механики математико-механического факультета СПбГУ Тихонов Алексей Александрович.

Заведующий кафедрой Теоретической и прикладной механики математико-механического факультета СПбГУ, доктор физико-математических наук, профессор

П.Е. Товстик

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры Теоретической и прикладной механики математико-механического факультета СПбГУ

А.А. Тихонов

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ  
ЗАВЕРЯЮ. НАЧАЛЬНИК  
ОТДЕЛА КАДРОВ  
Н.И. МАШТАКОВ

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ  
ЗАВЕРЯЮ. НАЧАЛЬНИК  
ОТДЕЛА КАДРОВ  
Н.И. МАШТАКОВ



*П.Е. Товстик*

*А.А. Тихонов*

*21.04.2016*

*Документ подготовлен в перерыве между занятиями  
Трудовых оборотом.*

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный университет»

Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9.

Тел. +7(812)3282000. Эл. почта: [spbu@spbu.ru](mailto:spbu@spbu.ru) Сайт: [spbu.ru](http://spbu.ru)