

## ОТЗЫВ

официального оппонента Родникова Александра Владимировича  
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.

Известно, что отношение масс гравитирующих тел классической ограниченной круговой задачи трех тел, соответствующее устойчивым лагранжевым точкам либрации в Солнечной системе выполняется для таких пар как Земля-Луна и Солнце-Юпитер. Однако, в то время как в окрестностях треугольных точек либрации системы Солнце –Юпитер наблюдаются скопления астероидов, аналогичные скопления материальных частиц в окрестностях таких же точек либрации в системе Земля-Луна по всей видимости, отсутствуют. Наблюдения, связанные с подтверждением или опровержением существования так называемых облаков Кордылевского (K.Kordylewski), скорее всего говорят о наличии в системе Земля –Луна некоторых мигрирующих скоплений космической пыли, время от времени оказывающихся в окрестности лагранжевых точек либрации. Объяснению подобного феномена, а также анализу динамики гипотетических облаков космической пыли или наблюдаемых скоплений астероидов и посвящена представленная к защите диссертация. Тема исследования представляется весьма актуальной как с теоретической, так и с практической точки зрения. В работе движение материальной частицы в условиях ограниченной задачи трех тел рассматривается с учетом дополнительных возмущений, связанных с несферичностью гравитирующих тел, особенностями их орбит, а также наличием внешних по отношению к взаимногравитирующим телам ограниченной задачи силовых полей.

Диссертация состоит из введения, трех глав основного текста, заключения и списка литературы. Приводимый во введении обзор литературы по теме исследования можно считать достаточно полным, однако в изложении есть шероховатости, некоторые положения описаны слишком кратко.

Первая глава диссертации посвящена анализу влияния возмущений различного типа на поведение частицы в окрестности точки либрации или устойчивого периодического

решения системы Земля-Луна. Отмечено, что при возмущении, связанном с несферичностью притягивающих тел, треугольные точки либрации не разрушаются, а только смещаются, причем характер их устойчивости изменяется, вообще говоря, незначительно. Этот факт проверен только для ситуации, когда для аппроксимации потенциалов каждого из притягивающих тел используется упрощенный вариант обобщенной задачи двух неподвижных центров, однако, отсутствие существенных качественных изменений по сравнению с классической задачей здесь скорее всего связано не с упрощенностью гравитационных потенциалов и не с незначительностью полярного сжатия Земли, а с тем, что размеры гравитирующих тел малы по сравнению с расстоянием между ними. В этой же главе рассмотрена существенно более общая ситуация, учитывающая гравитационное воздействие Солнца, когда треугольные точки не являются положениями равновесия, но существуют устойчивые периодические орбиты их охватывающие. Проводимый автором численно-аналитический анализ движения частицы в окрестности таких периодических орбит показывает, что возмущения, связанные с эллиптичностью и ненулевым наклоном орбит притягивающих тел может, вообще говоря, разрушать периодические орбиты.

Во второй главе диссертационной работы развивается оригинальный подход к анализу динамики облаков малых космических тел, использующий методы статистической механики и связанный с анализом эволюции фазовой плотности космических частиц. Такой подход позволяет как дать теоретическое обоснование существования перемещающихся в окрестности устойчивых периодических решений облаков Кордылевского, так и построить модель описания групп астероидов, мигрирующих между точками либрации системы Солнце-Юпитер. Численное интегрирование уравнений Лиувилля для плотности вероятности распределения частицы в фазовом пространстве позволяет автору получать распределения, согласующиеся с астрономическими наблюдениями.

Если космическая частица достаточно мала, сила светового давления, действующая на эту частицу сравнима по величине с гравитационной. В третьей главе диссертации в рамках бициркуляционной задачи четырех тел рассматривается задача численного поиска периодических орбит частицы “нулевой” массы в окрестности треугольной точки либрации системы Земля-Луна с учетом не только гравитационного но и сравнимого с ним по величине радиационного воздействия Солнца. Построен ряд таких орбит, прослежена их эволюция при изменении параметра, характеризующего величину светового давления по сравнению с гравитационным воздействием. Установлены некоторые факты, связанные с устойчивостью найденных орбит.

В заключении формулируются основные результаты диссертации.

Диссертация в целом представляется законченным научным исследованием, в котором получены важные и интересные научные результаты, имеющие как самостоятельное теоретическое значение, так и практическую ценность, так как по существу объясняют некоторые кажущиеся противоречия существующих астрономических наблюдений. Все выносимые на защиту результаты строго обоснованы, их достоверность не вызывает сомнений. Работа прошла достаточную апробацию, ее основные положения достаточно полно опубликованы. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

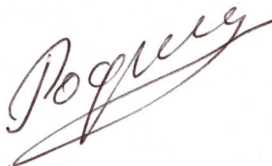
Работа не лишена отдельных недостатков. Вместе с наличием некоторого количества опечаток, прежде всего неправомерного использования в некоторых случаях заглавных и прописных букв, следует отметить чрезмерную краткость изложения. В частности, многие из численных результатов могли бы быть сопровождаемы более подробными комментариями, что позволило бы более рельефно показать их практическое значение. С тем же, по всей видимости, связаны ситуации, когда некоторые параметры и переменные используются до их формального введения. (Последний недостаток можно было бы легко исправить ссылками на общеизвестные монографии в том месте, где параметр или переменная впервые упоминается). Отметим также, что используемое во второй главе уравнение Лиувилля позволяет проводить вероятностный анализ в предположении, что частицы облака не взаимодействуют между собой, то есть облако должно быть достаточно разреженным, т.е. его вряд ли можно будет наблюдать с Земли. Кроме того, используемая в третьей главе модель светового давления не учитывает возможности разных частиц одного и того же облака находиться в тени друг друга. Эти замечания не влияют на общее положительное впечатление от диссертации и могут рассматриваться как пожелания для дальнейшей научной деятельности диссертанта. С этой же точки зрения можно пожелать соискателю в будущем выполнить рис.2.2 (стр.42) на более плотной сетке, что едва ли изменит характер изображаемых облаков, но подчеркнет их регулярность и, возможно, выявит некоторые интересные особенности.

Диссертационная работа в целом заслуживает высокой оценки. А.И.Шувалова показала уверенное знание аналитической механики, в частности, проблем и методов современной прикладной небесной механики. Она продемонстрировала прекрасное владение современными численными и аналитическими методами высшей математики и получила целый ряд новых интересных результатов.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что диссертация А.И.Шуваловой «Аналитические и численные исследования движения пылевых частиц в Солнечной системе» полностью соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор - Шувалова Анна Игоревна - заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,  
доцент кафедры «Вычислительная математика и  
математическая физика»



Родников А.В.

25.05.2016

Московский государственный технический университет  
им. Н.Э.Баумана (МГТУ им. Н.Э.Баумана)

Почтовый адрес: 105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская, 5, МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра  
«Вычислительная математика и математическая физика»

e-mail: [springer@inbox.ru](mailto:springer@inbox.ru), тел. +7(499)263-64-16



**Б Е Р Н О:**  
**УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ**  
**МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА**  
**А.Г. МАТВЕЕВ**