

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.14

Соискатель: Сухов Егор Аркадьевич

Тема диссертации: Исследование орбитальной устойчивости и бифуркации периодических движений симметричного спутника на круговой орбите

Специальность: 01.02.01 «Теоретическая механика»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 20 декабря 2019 года, протокол №18, диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Сухову Егору Аркадьевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета* Красильников П. С., *учёный секретарь диссертационного совета* Гидаспов В. Ю., а также *члены диссертационного совета:* Холостова О. В., Бардин Б. С., Бишаев А. М., Буров А. А., Колесник С. А., Косенко И. И., Котельников В. А., Котельников М. В., Маркеев А. П., Никитченко Ю. А., Ревизников Д. Л., Рябов П. Е., Сиротин А. Н., Формалев В. Ф., Черепанов В. В., Шамолин М. В.

Учёный секретарь диссертационного совета
Д 212.125.14, к.ф.-м.н., доцент

Гидаспов В. Ю. Гидаспов



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.14,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»,
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.12.2019 № 18

О присуждении Сухову Егору Аркадьевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование орбитальной устойчивости и бифуркации периодических движений симметричного спутника на круговой орбите» по специальности 01.02.01 — «Теоретическая механика» принята к защите 16 октября 2019 года (протокол заседания № 11), диссертационным советом Д 212.125.14, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования РФ, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012, об изменении состава диссертационного совета № 628/нк от 07.10.2013, № 574/нк от 15.10.2014, № 1339/нк от 29.10.2015, № 710/нк от 21.06.2016, № 1403/нк от 01.11.2016, № 1017/нк от 20.10.2017.

Соискатель Сухов Егор Аркадьевич, 1990 года рождения, в 2014 году окончил Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) по специальности «Прикладная математика», в 2018 году окончил аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», с 2017 года по настоящее время работает на кафедре №802 «Мехатроника и теоретическая механика» МАИ в должности ассистента и младшего научного сотрудника по совместительству. Представил документы, необходимые для защиты

диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Диссертация выполнена на кафедре № 802 «Мехатроника и теоретическая механика» факультета «Информационные технологии и прикладная математика» Московского авиационного института (национального исследовательского университета), Министерства образования и науки РФ.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, доцент Бардин Борис Сабирович, заведующий кафедрой № 802 «Мехатроника и теоретическая механика» Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Официальные оппоненты:

1. Тихонов Алексей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры Теоретической и прикладной механики Санкт-Петербургского Государственного Университета.
2. Трофимов Сергей Павлович, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института прикладной математики имени М. В. Келдыша РАН.

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», г. Долгопрудный, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой Теоретической механики МФТИ д.ф.-м.н. Соколовым Сергеем Викторовичем, указала, что диссертационная работа Е. А. Сухова представляет собой законченную, актуальную, достоверную и обоснованную научно-квалификационную работу с возможностью практического применения и потенциалом дальнейшего исследования. Автореферат полностью и точно отражает основные результаты работы и соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа «Исследование орбитальной устойчивости и бифуркации периодических движений симметричного спутника на круговой орбите» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика», а ее автор, Сухов Егор Аркадьевич, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Содержание данных работ в полной мере отражает содержание диссертационной работы, в которой отсутствуют некорректные и недостоверные ссылки. Все основные результаты, которые опубликованы в соавторстве, получены лично Суховым Е. А.

Статьи в журналах и изданиях из перечня ВАК РФ:

1. Сухов Е. А., Бардин Б. С. Численно-аналитическое построение семейства периодических движений симметричного спутника, рождающихся из его гиперболоидальной прецессии // Инженерный журнал: наука и инновации. 2016. Т. 53. (ВАК)
2. Сухов Е. А., Бардин Б. С. Численно-аналитическое построение и исследование устойчивости периодических движений симметричного спутника // Инженерный журнал: наука и инновации. 2017. Т. 11. (ВАК)
3. E. A. Sukhov. Bifurcation analysis of periodic motions originating from regular precessions of a dynamically symmetric satellite // Russian Journal of Nonlinear Dynamics. 2019. V. 15. No. 4. (Scopus)
4. E. Sukhov. Analytical and Numerical Computation and Study of Long-periodic motions Originating from Hyperboloidal Precession of a Symmetric Satellite // AIP Conference Proceedings. 2018. V. 1959. No. 040021. (Scopus)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Отзыв официального оппонента, д. ф.-м. н., профессора Тихонова Алексея Александровича на диссертацию.**

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

- 1) Не пояснён способ выбора порядков погрешностей ε_1 и ε_2 периодических движений, получаемых на этапах предиктора и корректора при численном продолжении по параметру.
- 2) В некоторых местах диссертации имеются терминологические неточности, как например, автор применяет термин “отображение Пуанкаре”, хотя из контекста следует, что речь идёт о методе сечений Пуанкаре.
- 3) На странице 28 не указано, какая переменная выбирается в качестве независимой. Несмотря на то, что из дальнейшего изложения ясно, что этой

переменной является истинная аномалия, данный недостаток затрудняет чтение диссертационной работы.

2. Отзыв официального оппонента, к. ф.-м. н. Трофимова Сергея Павловича на диссертационную работу.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) В своей диссертации соискатель амбициозно “погнался за двумя зайцами” и попытался совместить “теорию” – разработку математических методов и техник для численного продолжения семейств решений по параметрам – и “практику” – применение этих численных методов вкупе с классическими приёмами теории возмущений для глубокого, всестороннего исследования традиционной прикладной задачи о вращательном движении динамически симметричного спутника на околокруговой орбите. Пройти весь этот путь и достаточно полно изложить в диссертации полученные результаты – это непросто. Скажем, в Главе 1 описание ключевого математического приёма – модифицированного метода численного продолжения семейств решений по набору параметров – сделано немного поверхностно. Во многих местах соискатель ограничился ссылкой на свои статьи и даже на не доступные для ознакомления тезисы докладов. В формуле (1.25), выражающей смысл предложенной диссертантом модификации метода, введены векторы s и R , определение которых в тексте нигде не даётся. Что касается практической значимости полученных результатов, её увеличению поспособствовало бы включение в работу главы с анализом чувствительности основных свойств найденных семейств периодических решений (орбитальной устойчивости, поведения бифуркационных кривых) при наличии имеющихся на практике возмущений – неточного равенства двух моментов инерции, моментов сил светового давления и атмосферного торможения, эллиптичности орбиты.

2) Некоторые графические материалы в диссертации непонятны для читателя и требуют улучшения/уточнения.

- Ни в тексте диссертации, ни в подписи к рисункам 5 и 7 не объясняется, что обозначают пунктирные линии. Вероятно, по аналогии с Рис. 9, так отмечены резонансные кривые.

- На Рис. 15с (затем повторяется как рис. 23е) область существования периодических решений имеет “дырки”. Из подписи к рисунку следует, что там решений нет. В то же время на стр. 80, в описании рис. 23е, сказано, что семейство периодических решений не удалось продолжить внутрь “дырок” с помощью предложенного автором метода. Возможно ли, что периодические решения для этих значений параметров всё-таки существуют?

- В подписи к рис. 24b следовало бы явно указать, что штриховой линией показаны те участки бифуркационных кривых, где решение становится орбитально неустойчивым.

- Качество практически всех приведённых в Главе 4 сечений Пуанкаре не позволяет читателю верифицировать в полном объёме сделанные ранее выводы о поведении системы: многие из островов стабильности – мест, где сечение Пуанкаре протыкают инвариантные торы из периодических и квазипериодических движений, - не просматриваются. Потенциально улучшение здесь может быть достигнуто добавлением дополнительных пробных точек в интересующей нас области фазового пространства или другим выбором сечения Пуанкаре.

3) Имеется ряд опечаток и неаккуратностей в тексте диссертации:

- В названии диссертации и нескольких её глав употребляется жаргонное словосочетание “симметричного спутника” с неоднозначным смыслом. Под симметричностью читатель может понять как геометрическую, так и динамическую симметрию (причём в последнем случае – как осевую, так и сферическую). Было бы лучше не опускать слово “динамически”, как это делается в остальном тексте диссертации.

- Во Введении трижды встречается не вполне аккуратный термин “динамика космических аппаратов” в смысле динамики полёта (в частности, динамики вращательного движения спутников). Ещё одно значение этого термина, не имеющие отношения к диссертации, связано с динамическими явлениями в конструкции самих аппаратов.

- В заглавии раздела 2.2. пропущен предлог “из” (регулярных прецессий).

- В названии Главы 3 допущена опечатка: должно быть “прецессий”, а не “прецессии”.
- На стр. 76 сделана отсылка к Приложению 3, в котором, как заявляется, приведены описания основных процедур в программном комплексе для построения сечений Пуанкаре и бифуркационных диаграмм, но в тексте диссертации нет никакого Приложения 3. Скорее всего, автор забыл его добавить на финальном этапе компоновки диссертации.
- Наименования кривых на рис. 28 при упоминании в тексте диссертации не соответствуют обозначениям на самом рисунке.

3. Отзыв ведущей организации на диссертацию.

Ведущая организация дала положительный отзыв на диссертацию.

Замечания по диссертации:

- 1) В Первой главе автору стоило уделить больше внимания оценке производительности алгоритма численного продолжения и, возможно, привести табличные данные, иллюстрирующие зависимость производительности вычислений от методики выбора шага.
- 2) На Рис. 5 (стр. 36) и Рис. 7 (стр. 39) не пояснено значение кривых, показанных пунктиром.
- 3) В диссертационной работе проведённое исследование выполнено при ограничении $0 < \delta \leq 3$. Было бы полезно дать обоснование указанного ограничения, поскольку рассматриваемые движения могут существовать и при $\delta < 0$ или $\delta > 3$.

Также на автореферат пришло 2 отзыва. Все отзывы положительные.

4. Отзыв кафедры теоретической механики Самарского университета на автореферат.

Отзыв подписан заведующим кафедрой Теоретической механики Самарского университета, д.т.н., профессором Аслановым Владимиром Степановичем и старшим научным сотрудником научно-исследовательской лаборатории динамики и управления полётом летательных аппаратов, доцентом кафедры теоретической механики Самарского университета Дорошиным Антоном Владимировичем. Замечание к автореферату:

Можно отметить недостаточно подробное описание этапа предиктора и корректора при изложении метода численного продолжения по параметрам. Имеются также некоторые редакционные замечания, например, малый размер иллюстраций, на которых приводятся сечения Пуанкаре. Указанные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы.

Отзыв кафедры Теоретической механики и мехатроники Механико-математического факультета МГУ на автореферат. Отзыв подписан доктором физико-математических наук, профессором кафедры Теоретической механики и мехатроники Механико-математического факультета **Кугушевым Евгением Ивановичем**. Отзыв положительный. Замечаний к автореферату не имеется.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области тем, затрагиваемых в диссертационном исследовании.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор кафедры Теоретической и прикладной механики Санкт-Петербургского Государственного Университета Тихонов Алексей Александрович. Область научных интересов — фундаментальные и прикладные задачи динамики твёрдого тела, аналитической механики, нелинейных колебаний и устойчивости движения. Автор более 80 научных работ.

Официальный оппонент, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института прикладной математики имени М. В. Келдыша РАН Трофимов Сергей Павлович. Область научных интересов — динамика и управление орбитальным движением, динамика углового движения. Автор более 30 научных работ.

Выбор ведущей организации — федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» — обусловлен широким кругом проводимых научных исследований в области диссертационного исследования. Направления научной деятельности МФТИ и непосредственно кафедры Теоретической механики включают исследования в области динамики орбитального и углового

движения космических аппаратов, нелинейных колебаний и теории устойчивости движения.

Диссертационный совет отмечает, что наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем, могут быть сформированы следующим образом:

- Получены асимптотические выражения, описывающие семейства коротко- и долгопериодических движений динамически симметричного спутника в окрестности его цилиндрической, конической и гиперболоидальной прецессии. Также аналитически построены семейства долгопериодических движений, рождающихся из гиперболоидальной прецессии в случае резонансов третьего и четвёртого порядков.
- В трёхмерном пространстве параметров задачи численно построены области существования семейств короткопериодических движений, рождающихся из регулярных прецессий, а также семейств долгопериодических движений, рождающихся из гиперболоидальной прецессии в случае резонансов третьего и четвёртого порядков.
- Для всех допустимых значений параметров решена линейная задача об орбитальной устойчивости рассматриваемых периодических движений.
- Найдены и исследованы бифуркации семейств короткопериодических движений, рождающихся из регулярных прецессий, и долгопериодических движений, рождающихся из гиперболоидальной прецессии в случае резонансов третьего и четвёртого порядков. Построены диаграммы бифуркации указанных семейств. Верификация полученных выводов выполнена с помощью метода сечений Пуанкаре.
- Предложена модифицированная версия метода численного продолжения по параметрам семейств периодических движений автономной гамильтоновой системы с двумя степенями свободы, позволяющая оптимизировать построение семейств периодических движений, а также разработана её программная реализация.

Теоретическая значимость данной работы состоит в том, что на основании её результатов можно получать качественные выводы о характере движения как естественных небесных тел, так и космических аппаратов.

Практическое значение работы заключается в том в том, что полученные в ней результаты могут быть применены на этапе проектирования и конструирования космических аппаратов, а также при решении задач ориентации и стабилизации спутников и исследовании движения естественных небесных тел. Представленный в данной работе алгоритм численного продолжения по параметрам, основанный на методе А. Г. Сокольского и С. Р. Каримова, может быть использован при исследовании динамики механических систем, движение которых описывается автономной гамильтоновой системой с двумя степенями свободы.

Достоверность выводов, сформулированных в диссертации, обусловлена использованием строгих математических методов, высокой точностью численных расчетов, а также полным соответствием результатов аналитического и численного исследования. Выводы диссертационной работы хорошо согласуются с результатами проведенных ранее исследований.

Личный вклад заключается в построении и исследовании семейств периодических движений, рождающихся из регулярных прецессий, разработке модифицированной версии метода численного продолжения по параметрам, а также создании программного комплекса, реализующего данный метод. Содержание диссертационной работы и основные положения, выносимые на защиту, отражают личный вклад автора в опубликованные работы и получены лично автором. Постановки задач, исследованных в рамках подготовки диссертационной работы, задавались научным руководителем.

Диссертационный совет считает, что диссертационная работа Сухова Егора Аркадьевича является самостоятельно выполненной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены важные результаты в области динамики спутников. **Диссертация удовлетворяет пунктам 9-14 Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней».**

На заседании 20 декабря 2019 года протокол №18 диссертационный совет принял решение присудить Сухову Егору Аркадьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.02.01 — «Теоретическая механика», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за — 18, против — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель диссертационного совета
Д 212.125.14, д. ф.-м. н., профессор

П.С. Красильников

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.14, к. ф.-м. н., доцент

В.Ю. Гидаспов

20 декабря 2019 г.



И.о. начальника отдела УДС МАИ

А. Аникина