

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
программам развития федерального
государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Московский физико-
технический институт (национальный
исследовательский университет)»
В. А. Баган



2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Сухова Егора Аркадьевича**
«Исследование орбитальной устойчивости и бифуркации периодических
движений симметричного спутника на круговой орбите»,
представленной на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика»

Диссертационная работа Сухова Егора Аркадьевича посвящена исследованию движения спутника относительно центра масс в центральном ньютоновском гравитационном поле сил на круговой орбите. Спутник в данной работе моделируется динамически симметричным твёрдым телом. Предметом исследования являются периодические движения, рождающиеся из стационарных – регулярных прецессий: конической, цилиндрической и гиперболоидальной прецессии спутника. В диссертации автором построены области существования указанных периодических движений и исследован вопрос об их орбитальной устойчивости, приведены возможные бифуркации. При построении и исследовании периодических движений были использованы современные аналитические и численные методы, такие, как метод нормальных форм, метод численного продолжения по параметрам и метод сечения Пуанкаре.

Диссертация изложена на 114 страницах, состоит из введения, четырёх глав основного текста, заключения и списка цитируемой литературы из 97 наименований.

Во **введении** автор обосновывает актуальность темы исследования, приводит краткий обзор полученных ранее результатов в области динамики спутников, моделируемых твёрдым телом, и формулирует постановку задачи.

В **первой главе** автор даёт краткое изложение метода численного продолжения по параметрам семейств периодических решений гамильтоновых систем. Данное изложение опирается на результаты,

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. №

11 11 20 19

полученные ранее в работах А. Г. Сокольского и С. Р. Каримова. При этом в диссертации к результатам упомянутых работ сделаны важные дополнения и уточнения, позволяющие существенно повысить скорость численных расчетов на основе указанного метода. В частности, автором была разработана методика выбора приращений параметров задачи и найден явный вид матрицы перехода к локальным координатам в случае системы с двумя степенями свободы. Также в рамках диссертационной работы был разработан программный комплекс, реализующий авторскую версию метода численного продолжения по параметрам.

Во **второй главе** приведена постановка задачи о движении динамически симметричного спутника относительно центра масс и выполнено аналитическое построение периодических движений симметричного спутника, рождающихся из его регулярных прецессий. В данной главе для нерезонансных значений параметров автором получены асимптотические выражения, описывающие семейства коротко- и долгопериодических движений спутника вблизи конической, цилиндрической и гиперблоидальной прецессии. Также построены семейства долгопериодических движений, рождающихся из гиперблоидальной прецессии в случае резонансов третьего и четвертого порядков.

В **третьей главе** в трёхмерном пространстве параметров задачи были построены области существования семейств периодических движений, рождающихся из регулярных прецессий спутника. Поскольку полученные во второй главе аналитические выражения, описывающие данные семейства, справедливы лишь вблизи регулярных прецессий, для построения областей существования указанных семейств при произвольных значениях параметров автором был применён метод численного продолжения, описанный в первой главе. С помощью данного метода рассматриваемые семейства были численно продолжены до границ областей их существования.

В **четвёртой главе** для всех допустимых значений параметров задачи автором была решена линейная задача об орбитальной устойчивости семейств периодических движений, рождающихся из регулярных прецессий спутника, а также изучен вопрос об их бифуркации. Были построены диаграммы орбитальной устойчивости указанных семейств в трёхмерном пространстве параметров задачи. При значениях параметров, близких к регулярным прецессиям, полученные автором выводы об орбитальной устойчивости рассматриваемых семейств хорошо согласуются с требованиями аналитической теории. Кроме того, автором были обнаружены бифуркации периодических движений, рождающихся из регулярных прецессий. Установлено, что возможны бифуркации двух типов: либо отделение от семейства короткопериодических движений семейства долгопериодических движений с кратным периодом, либо разделение семейства короткопериодических движений на два семейства с близкими периодами. В последнем случае указанные семейства представляют собой короткопериодические движения, рождающиеся из различных регулярных

прецессий. Результаты исследования данных бифуркаций представлены в виде бифуркационных диаграмм. Для верификации выводов о характере орбитальной устойчивости и бифуркации рассматриваемых семейств периодических движений был применён метод сечения Пуанкаре.

В **заключении** автором сформулированы основные результаты диссертации.

Для анализа периодических движений в ходе подготовки диссертации автором был также разработан программный комплекс символьной нормализации гамильтоновых систем, а также программные комплексы для построения бифуркационных диаграмм и сечений Пуанкаре.

Научная новизна полученных автором результатов состоит в следующем:

1. Были получены приближённые аналитические выражения, описывающие семейства коротко- и долгопериодических движений, рождающихся из регулярных прецессий спутника, а также найдены новые классы долгопериодических движений, рождающихся из гиперболоидальной прецессии в случае резонансов третьего и четвёртого порядков.
2. В трёхмерном пространстве параметров задачи численно построены области существования семейств периодических движений рождающихся из регулярных прецессий.
3. Для всех допустимых значений параметров задачи получены выводы об орбитальной устойчивости и бифуркации семейств периодических движений, рождающихся из регулярных прецессий. Задача об орбитальной устойчивости указанных семейств решена в линейном приближении.
4. Разработана модификация метода численного продолжения по параметрам семейств периодических движений автономных гамильтоновых систем, позволившая значительно повысить скорость вычислений.

Представленные в диссертационной работе результаты являются новыми и актуальными, а также представляют теоретическую и практическую ценность для развития аналитических и численных методов небесной механики и космической динамики. Структура их изложения соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации.

Основные результаты диссертационной работы докладывались на конференциях и семинарах, опубликованы в 4 научных статьях в журналах, входящих в список ВАК и корректно отражены в автореферате.

По диссертации имеются следующие **замечания**:

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 периодические движения могут существовать и при $\delta < 0$ или $\delta > 3$.

Перечисленные замечания не влияют на общее положительное впечатление от диссертации и не снижают оценки основных её результатов.

Автореферат полностью и корректно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа «Исследование орбитальной устойчивости и бифуркации периодических движений симметричного спутника на круговой орбите» носит завершённый характер, выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Сухов Егор Аркадьевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры Теоретической механики Московского физико-технического института «17» 10 2019 г., протокол № 2.

Отзыв подготовил д.ф.-м.н., заведующий кафедрой Теоретической механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Соколов Сергей Викторович

Ведущая организация: 141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д. 9, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт» (национальный исследовательский университет) тел. +7(495)408-4554, e-mail: info@mipt.ru