

ОТЗЫВ

официального оппонента

о диссертации **Максимова Бадмы Александровича**

«Методы исследования орбитальной устойчивости периодических движений гамильтоновой системы в случаях вырождения и их приложение в динамике твердого тела»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.1.7. - Теоретическая механика, динамика машин.

В диссертационной работе Максимова Бадмы Александровича исследуется устойчивость периодических решений автономной гамильтоновой системы с двумя степенями свободы. Периодические решения таких систем, как правило, являются неизолированными, то есть образуют семейство, зависящее от одного или нескольких параметров. Период решений этого семейства непрерывно зависит от указанных параметров. Последнее обстоятельство приводит к неустойчивости данных периодических решений по Ляпунову. Периодические решения неустойчивые по Ляпунову могут быть орбитально устойчивыми. Развитие методов исследования орбитальной устойчивости периодических решений гамильтоновых систем представляет интерес для получения выводов об устойчивости движения широкого класса механических систем, рассматриваемых в классической, небесной механике, динамике спутников, а также в задачах прикладной механики.

Гамильтоновы системы принадлежат к классу таких систем, для исследования устойчивости которых линейного анализа, как правило, недостаточно, то есть при проведении анализа устойчивости необходимо учитывать члены выше второй степени в разложении функции Гамильтона. В большинстве случаев строгий нелинейный анализ орбитальной устойчивости можно выполнить на основании членов до четвертого порядка в разложении функции Гамильтона в окрестности периодического решения. В этих случаях можно применить известные критерии устойчивости, полученные в классических работах В.И. Арнольда, Ю. Мозера, А.П. Маркеева. Вместе с тем, в задачах классической и прикладной механики могут встречаться так называемые случаи вырождения, когда для строгих выводов об устойчивости необходимо учитывать члены выше четвертого порядка в разложении функции Гамильтона. Диссертационная работа посвящена изучению таких вырожденных случаев. В частности, в ней исследуются случаи, когда строгое решение задачи об орбитальной устойчивости требует учета членов до шестого порядка включительно.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«5» 12 2025г.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

В главе 1 изложена методика исследования орбитальной устойчивости периодических движений автономной гамильтоновой системы с двумя степенями свободы и полученные к настоящему времени достаточные условия орбитальной устойчивости и неустойчивости периодических решений.

Во второй главе представлен первый существенный результат диссертационной работы, который состоит в получении достаточных условий орбитальной устойчивости и неустойчивости для вырожденных случаев при наличии в системе резонансов до шестого порядка включительно. Исследование выполняется при помощи строгих математических методов. В частности, применяются методы нормальных форм и теории КАМ. Для случаев резонансов первого, второго, третьего, четвертого и шестого порядков получены достаточные условия орбитальной устойчивости и неустойчивости в виде неравенств на коэффициенты нормализованного до членов шестого порядка гамильтониана. Данные результаты дополняют известные ранее критерии орбитальной устойчивости периодических движений и являются важным вкладом в развитие общей теории устойчивости гамильтоновых систем.

Вторым важным результатом данной диссертационной работы является обоснование методики сведения исходной задачи об орбитальной устойчивости к более простой задаче об устойчивости по Ляпунову тривиального положения равновесия редуцированной системы. Редуцированная система описывает движение исходной системы на фиксированном уровне энергии, отвечающем невозмущённой периодической орбите. Анализ устойчивости редуцированной системы проще, так как она представляет собой неавтономную периодическую гамильтонову систему с одной степенью свободы. Данная методика существенно упрощает исследование орбитальной устойчивости в случаях вырождения при наличии в системе резонансов, и также является дальнейшим развитием существующих методов исследования орбитальной устойчивости.

В заключительной третьей главе диссертационной работе в качестве приложения, полученных общетеоретических результатов, рассматривается задача об орбитальной устойчивости маятниковых периодических движений тяжелого твердого тела с неподвижной точкой, моменты инерции которого находятся в соотношении 4:1:4. В диссертационной работе показано, что маятниковые вращения всюду орбитально неустойчивы, а маятниковые колебания могут как устойчивыми и неустойчивыми. Для доказательства орбитальной устойчивости маятниковых колебаний в работе проводится

нелинейный анализ с учетом членов до шестого порядка включительно в разложении функции Гамильтона. В частности, для значений параметров, отвечающем вырожденным случаям, применяются результаты и методика, разработанная в первых двух главах диссертационной работы. Это позволило получить строгое и полное решение задачи орбитальной устойчивости маятниковых колебаний для всех значений параметров.

Автор диссертационной работы успешно комбинирует применение аналитических и численных подходов при вычислении нормальной формы гамильтониана уравнений возмущенного движения. В частности, в случае малых амплитуд колебаний, когда удастся ввести малый параметр, им получены явные выражения для коэффициентов нормальных форм. Также получены асимптотические выражения для резонансных кривых и кривой вырождения. Для произвольных значений параметров коэффициенты нормальных форм вычислялись численно на основе симплектического отображения.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 1 работе входящей в список ВАК и 4 работах в научных журналах из перечня Scopus и Web of Science. Также стоит отметить, что все результаты диссертационной работы Максимова Б.А. докладывались им на многих международных и всероссийских конференциях, а также на научных семинарах. Все результаты диссертационного исследования точно отражены в автореферате.

Диссертационное исследование, выполненное Максимовым Бадмой Александровичем, по своей тематике полностью соответствует научной специальности 1.1.7. – «Теоретическая механика, динамика машин».

Текст диссертационной работы написан достаточно аккуратно, тем не менее к диссертации имеются следующие замечания:

1. На странице 26 в формулах (1.32) и (1.33) допущена опечатка вместо γ_{60} имелось в виду γ_{40} .
2. В диссертации присутствуют орфографические и пунктуационные опечатки. Например, на стр.82 в некоторых случаях не согласованы падежи. На стр. 83 в Таблице 3.6, которая приведена для точек A_2 , B_2 C_2 , указаны в место них точки A_1 , B_1 C_1 . Имеется также ряд опечаток в автореферате. Так на стр. 1 во втором абзаце пропущен предлог, на странице 21 дублируется слово система.
3. На странице 54 в формуле (2.98) допущена очевидная опечатка вместо I_2 имелось в виду \tilde{I}_2 .
4. Результаты аналитического исследования орбитальной устойчивости маятниковых колебаний с малыми амплитудами можно было бы

изложить в более удобной форме, представив их в виде таблицы так, как это было сделано при исследовании общего случая.

5. В Главе 3 не пояснено, с помощью каких вычислительных средств проводился графический анализ и как выбирался размер сетки для вычислительных расчетов. Также следовало привести рисунок с основными системами координат для описания движения твёрдого тела и более подробно описать методику символьных вычислений.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Считаю, что Максимов Бадма Александрович продемонстрировал высокую квалификацию при решении сложных и актуальных задач об орбитальной устойчивости периодических движений в неисследованных ранее случаях вырождения и владение современными аналитическими и численными методами исследования, прежде всего гамильтоновых систем, при решении весьма сложных задач теории устойчивости.

Данная диссертационная работа «Методы исследования орбитальной устойчивости периодических движений гамильтоновой системы в случаях вырождения и их приложение в динамике твердого тела» является законченным научным исследованием актуальной проблемы теоретической механики, в которой получены новые и важные результаты. Достоверность, научная новизна и обоснованность полученных результатов не вызывает сомнений.

Диссертация носит завершённый характер, выполнена на высоком научном уровне, а также удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Максимов Бадма Александрович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. – «Теоретическая механика динамика машин».

Доцент кафедры математики,
эконометрики и информационных
технологий Федерального
государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования ((Московский
государственный институт
международных отношений (университет)
Министерства иностранных дел
Российской Федерации)), д.ф.-м.н.



С.А. Гутник

2025 г.

Подпись гр. С.А. Гутник заверяю
Ученый секретарь
О.В. Шишкина

С отзывами ознакомлен
Максимов Б.А.
5.12.2025