

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/324164278>

автореферат (1)

Thesis · May 1979

CITATIONS

0

READS

2

1 author:



[Dmytro Leshchenko](#)

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

222 PUBLICATIONS 239 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Evolution of rotations of a rigid body close to the Lagrange case under the action of nonstationary torque of forces [View project](#)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

ЛЕЩЕНКО Дмитрий Давидович

ВОЗМУЩЕННЫЕ ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО
ТЕЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДИССИПАТИВНЫХ МОМЕНТОВ

(Специальность 01.02.01-теоретическая механика)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва - 1979

Работа выполнена в Одесском государственном университете
те м. И. И. Мечникова.

Научные руководители: доктор физико-математических
наук, профессор Ф. Д. Черноусько,
кандидат физико-математических
наук, доцент А. А. Каспярдяни.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических
наук, профессор В. В. Беленский,
кандидат физико-математических
наук В. А. Самсонов.

Ведущее предприятие: Институт прикладной математики
и механики АН УССР.

Защита диссертации состоится "*11*" *мая* 1979 г.
в *15 30* часов на заседании специализированного Совета № 1
по механике при МГУ по адресу: Москва ПГЗЗ4, Ленинские горы,
Главное здание МГУ, ауд. 16-24.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке механико-
математического факультета МГУ.

Автореферат разослан "*8*" *мая* 1979 г.

Ученый секретарь специализированного Совета,
кандидат физико-математических наук,
доцент И. Д. Антонов

- I -

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В работе исследуются возмущенные вращательные движения твердого тела относительно неподвижной точки под действием моментов диссипативных сил. Рассматриваются движения твердого тела, близкие к случаю Эйлера - Пуансо и Лагранжа при наличии малых возмущающих моментов, обусловленных влиянием: а) сопротивляющейся среды; б) полостей, заполненной вязкой жидкостью; в) подвижной массы, соединенной с телом упругой связью с вязким и квадратичным трением и некоторых сочтенаний вышеуказанных возмущающих факторов.

Такие задачи возникают в связи с изучением движения твердых тел (спутников) относительно центра масс, в вопросах ориентации и стабилизации космических аппаратов, в динамике гироскопов. Дифференциальные уравнения этих систем нелинейны, и их исследование встречает серьезные математические трудности. Асимптотические методы являются мощным аппаратом исследования проблем динамики твердого тела.

Исследования в указанных направлениях ведутся в течение ряда лет в СССР и за рубежом. Задачам эволюции вращательного движения твердых тел (спутников) относительно центра масс под действием возмущающих различной физической природы посвящены работы В. В. Беленского, В. Н. Кошлякова, В. В. Румянцева, В. А. Сармачева, Ф. Д. Черноусько, Л. Д. Акуленко и Ю. Р. Рошина, Г. Г. Денисова и М. М. Урманя, А. И. Корбина, Э. К. Давровского, Ю. Г. Мартыненко, Ю. А. Садова, В. А. Самсонова, Е. П. Смирновой,

А. П. Лоржевского, А. А. Хентова и других. Среди зарубежных работ можно отметить исследования Роберсона, Хезелтайна, Коломбо и других.

Цель работы заключается в исследовании эволюции возмущенного вращательного движения твердого тела под действием диссипативных моментов.

Методика исследования заключается в применении метода усреднения для анализа нелинейной системы уравнений движения. Для использования метода усреднения уравнения движения твердого тела необходимо привести к стандартному виду систем с одной или несколькими вращающимися фазами, т. е. разделить все переменные на медленные и быстрые. Последующий анализ усредненной системы проводится при помощи качественных и аналитических методов теории дифференциальных уравнений и численного интегрирования.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

1. Изучена эволюция быстрого вращения вокруг неподвижной точки несимметричного тяжелого твердого тела в слабо соприкасающейся среде и при наличии вязкой жидкости в полости. Обнаружены и исследованы квазистационарные движения.
2. Проведен анализ движения твердого тела, несущего подвижную точечную массу, соединенную с телом упругой связью с квадратичным трением.
3. Предложена процедура усреднения по движению Лагранжа при произвольных начальных условиях для возмущений, допускающих усреднение по углу нутации. Рассмотрены конкретные меха-

нические модели возмущений.

Практическая ценность диссертации заключается в том, что в ней дан качественный и количественный анализ движения твердого тела под действием ряда возмущений, встречающихся на практике в динамике спутников и гироскопов. Результаты диссертации могут найти приложения при исследовании движения спутников и гироскопов.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались на Всесоюзных научных конференциях "Проблемы нелинейных колебаний механических систем" (г. Киев, 1974, 1978), на втором Республиканском Симпозиуме по дифференциальным и интегральным уравнениям (г. Одесса, 1978), на научных семинарах Института проблем механики АН СССР и кафедры теоретической механики МГУ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав и двух приложений и изложена на 137 страницах машинописного текста. Библиография содержит 92 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается обзор работ, близких по теме к данной диссертации, а также обсуждается круг вопросов, рассматриваемых в диссертации.

Первая глава посвящена изучению быстрых вращений твердого тела при наличии внешней и внутренней диссипации. В качестве невозмущенного движения во всех задачах данной главы

что движение тела стремится к вращению вокруг оси с наибольшим моментом инерции. Определено характерное время нелинейного процесса перестройки движения при наличии внутренних упругих и диссипативных сил.

§ 2 посвящен решению задачи активного торможения свободного твердого тела с подвижной массой, соединенной с телом вязкоупругой связью. Считается, что торможение вращений осуществляется при помощи управляющего момента, ограниченного по модулю, причем величина ограничения может быть переменной во времени. Показано, что оптимальный вектор тормозящего момента максимален по величине и направлен против вектора кинетического момента. В отличие от рассмотренных ранее случаев, стабилизация твердого тела происходит за конечное время, величина которого определена явно.

В § 3 рассматривается движение свободного твердого тела, к которому в точке, неподвижно связанной с телом, прикреплено на при помощи упругой связи с квадратичным трением подвижная точечная масса. Получено векторное уравнение, описывающее изменение вектора абсолютной угловой скорости тела $\vec{\omega}$, в системе координат, связанной с телом

$$J_0^* \dot{\vec{\omega}} + \vec{\omega} \times (J_0^* \vec{\omega}) = \vec{\Phi}(\vec{\omega}) + O(\Omega^4) \quad (2)$$

Здесь J_0^* - тензор инерции твердого тела и массы m , функция $\vec{\Phi}(\vec{\omega})$ является полиномом, содержащим четвер-

тые и восьмые степени $\vec{\omega}$, $\Omega^2 = \frac{c}{m}$, c - коэффициент жесткости возвращающей упругой силы.

В качестве примера исследуется движение динамически симметричного твердого тела, несущего подвижную массу, соединенную с телом (в точке на оси симметрии) упругой связью при наличии квадратичного трения. Показано, что во всех случаях наличие кинетического момента твердого тела в системе координат, связанной с телом, приближается к оси наибольшего момента инерции. Однако скорость этого приближения значительно меньше, чем в случае прикрепления подвижной массы упругой связью при наличии линейного трения.

В главе III изучаются возмущенные движения тяжелого твердого тела, близкие к случаю Лагранжа. В § I описываются общие свойства усреднения по движению Лагранжа в случае возмущений произвольной природы. В отличие от методики усреднения по движению Эйлера - Пуансо, усреднение по движению Лагранжа позволяет рассматривать в качестве порождающего решения движение с небольшими по величине моментами внешних сил. Приведены достаточные условия возможности усреднения уравнений медленных переменных только по углу нутации Θ для возмущенного движения Лагранжа. Описана процедура усреднения уравнений для медленных переменных в первом приближении. Оказывается, что ряд прикладных задач допускает усреднение по одной переменной Θ так, в § 2 исследуется возмущенное движение Лагранжа с учетом моментов, действующих на твердое тело со стороны внешней среды. В результате численного решения полученных

усредненных уравнений показано, что под действием внешней диссипации твердое тело при любых начальных условиях стремится к единственному устойчивому (нашему) положению равновесия. Получено количественное описание нелинейного переходного процесса.

В § 3 в качестве примеров усреднения по движению Лагранжа рассматривается движение твердого тела с полостью, заполненной жидкостью большой вязкости, и движение твердого тела под действием малого постоянного момента, приложенного вдоль оси симметрии.

В приложении I изложена общая схема усреднения, примененная в диссертации. В приложении II записаны в развернутом виде выражения некоторых коэффициентов уравнений, исследуемых в § I главы II.

Таким образом, в диссертации решен ряд задач эволюции движений твердого тела под действием моментов диссипативных сил. Исследованы различные возмущающие факторы и разные постановки решения. Основным аппаратом исследования явился метод усреднения, позволивший проанализировать существенно нелинейные движения.

Исследования §§ 2, 3 главы II выполнены автором совместно с Л.Д.Акуленко. Содержание §§ I, 2 главы III было предметом совместной работы с Л.Д.Акуленко, Ф.Л.Черноусько. Остальные результаты диссертации принадлежат лично автору.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

I. Лещенко Д.Д. О движении твердого тела с неподвижной точкой в слабо сопротивляющейся среде. Прикладная механика, 1975, т. II, вып. 3, стр. 89-94.

2. Лещенко Д.Д. Применение метода усреднения к исследованию движения твердого тела в сопротивляющейся среде. Научные труды Ташкентского ун-та, вып. 476. Механика и прикладная математика, 1975, стр. 210 - 219.
3. Лещенко Д.Д. О движении твердого тела с подвижной точечной массой. Изв. АН СССР, МТТ, 1976, № 3, стр. 37-40.
4. Акуленко Л.Д., Лещенко Д.Д. Некоторые задачи движения твердого тела с подвижной массой. Изв. АН СССР, МТТ, 1978, № 5, стр. 29 - 34.
5. Лещенко Д.Д. Применение метода осреднения к исследованию возмущенных движений твердого тела с неподвижной точкой. Всесоюзная научная конференция "Проблемы нелинейных колебаний механических систем". Тезисы докладов, К., "Наукова думка", 1974, стр. 115.
6. Акуленко Л.Д., Лещенко Д.Д. Некоторые задачи движения твердого тела с подвижной массой. Всесоюзная научная конференция "Проблемы нелинейных колебаний механических систем". Тезисы докладов, К., "Наукова думка", 1978, стр. 4.
7. Акуленко Л.Д., Лещенко Д.Д. Применение метода усреднения к исследованию возмущенного движения твердого тела в случае Лагранже. Второй Республиканский Симпозиум по дифференциальным и интегральным уравнениям. Тезисы докладов, Одесса, 1978, стр. 137.

Deleu

БР 02041 Полл. к печати 30.03.79 г. Формат 60 x 84 1/16
Объем 0,75 п.л. Заказ № 1790. Тираж 120 экз.
Гортипография Одесского облиграфиздата, цех № 3.
Ленина, 49