

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Шатиной Альбины Викторовны на диссертацию Барановой Елены Юрьевны «О движении твердого тела с эллипсоидальной полостью, заполненной вязкой жидкостью, и упругого шара в гравитационном поле» на соискание ученой степени кандидата физико- математических наук

Диссертационная работа Е.Ю. Барановой посвящена исследованию вращательного движения механических систем с бесконечным числом степеней свободы в модельных задачах о движении твердого тела с неподвижной точкой и полостью, заполненной вязкой жидкостью, и о вращательном движении вязкоупругого шара в гравитационном поле двух притягивающих центров. Актуальность рассматриваемых в диссертации задач обусловлена все более возрастающими требованиями к точности определения параметров вращения Земли в навигации, геодезии, геофизике. Актуальными остаются прикладные задачи по исследованию динамики тела с полостями, содержащими жидкость.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, содержащего 136 наименований. Во введении дан краткий исторический обзор по теме диссертационной работы, приведено краткое описание работы и изложены основные результаты.

В первой главе исследуется движение твердого тела с неподвижной точкой и сферической полостью, заполненной вязкой жидкостью, в отсутствие внешних сил. Твердое тело рассматривается близким к сферическому или осесимметричному. В связи с этим предположением вводятся малые параметры $\varepsilon_r, r = 1, 2, 3$. В первом случае тензор инерции твердого тела имеет вид $J = \text{diag}\{A(1 + \varepsilon_1), A(1 + \varepsilon_2), A(1 + \varepsilon_3)\}$, а во втором случае $J = \text{diag}\{A/(1 + \varepsilon_1), A/(1 - \varepsilon_1), C\}$. Предполагается, что жидкость имеет большой коэффициент вязкости.

Уравнения движения представляются в форме уравнений Рауса, каноническую часть которых составляют уравнения относительно переменных Андуайе, описывающих вращательное движение системы, а лагранжеву – уравнение Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения имеют первый интеграл – закон сохранения вектора момента количества движения \mathbf{G} относительно неподвижной точки. Вводится малый параметр ε , обратно пропорциональный вязкости. Методом разделения движений выводится возмущенная система дифференциальных уравнений в первом приближении по ε , описывающая вращательное движение тела с жидкостью. Затем проводится процедура усреднения по быстрой угловой переменной.

Показано, что предельным движением является стационарное вращение тела вокруг оси с наибольшим моментом инерции. При этом поле скоростей жидкости относительно твердого тела равно нулю и рассеяния энергии нет. Если $A < C$, то угол между осью Ox_3 связанной с твердым телом системы координат и постоянным вектором \mathbf{G} уменьшается до нуля. Если $A > C$, то этот угол увеличивается до значения $\pi/2$.

Во второй главе изучается движение твердого тела с неподвижной точкой и эллипсоидальной полостью, заполненной вязкой жидкостью. Тело берется близкое к осесимметричному, а полость – близкой к сферической, в связи с чем вводятся соответствующие малые параметры. Рассмотрение данной модели приводит к более сложным уравнениям движения по сравнению с задачами, рассмотренными в первой главе. Показано, что в случае сильно вытянутого или сильно сплюсненного тела эволюция движения системы аналогична рассмотренной в первой главе задаче со сферической полостью. Если же твердое тело близко к сферическому, то параметры эллипсоидальной полости влияют на решение задачи и могут приводить как к одному типу решений, так и к другому.

В третьей главе исследуется модельная задача о вращении вязкоупругого шара относительно центра масс в гравитационном поле двух материальных точек. Полученные теоретические результаты применяются для изучения вращательного движения Земли в гравитационном поле Луны и Солнца. Материал планеты считается жестким, поэтому вводится малый параметр, обратно пропорциональный модулю Юнга. Применяется асимптотический метод разделения движений.

В работе получены явные выражения для компонент тензора инерции деформируемого шара. В рамках изучаемой модели получены коэффициенты упругости Земли. Анализ изменения угловой скорости планеты проведен в два этапа. На первом этапе было рассмотрено возмущение угловой скорости упругого шара под действием центробежных сил инерции без учета влияния Луны и Солнца. В этом случае решением уравнений движения является регулярная прецессия, что согласуется с наблюдениями движения полюса Земли. Период такой прецессии называется периодом Чандлера. Он составляет 428 суток. На втором этапе исследования учитывалось влияние гравитационных полей Луны и Солнца. Получены уравнения для координат вектора угловой скорости $\omega = (p, q, r)$. Найдено решение этих уравнений в первом приближении по малому параметру. Построены графики координат p, q , которые представляют собой суперпозицию колебаний с изменяющимися амплитудами. Большие колебания происходят с периодом Чандлера, а малые – с периодом одни сутки. Их амплитуды меняются с периодом полмесяца и полгода. Возмущения компоненты r складываются из постоянной величины и периодических добавок с периодами полмесяца и полгода.

Все результаты, полученные в диссертации, строго обоснованы в рамках применяемых асимптотических методов, являются новыми и оригинальными, полно представлены в публикациях по теме диссертации. Результаты исследований докладывались на международных и всероссийских конференциях и симпозиумах. Диссертация четко изложена, аккуратно оформлена. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертации носят теоретический характер и могут быть использованы в исследованиях, проводимых в МГУ им. М.В. Ломоносова, Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Вычислительном центре им. А.А. Дородницына РАН, других научно-исследовательских центрах и технических университетах, обучающих студентов по направлениям подготовки «Прикладная математика», «Механика и математическое моделирование».

Диссертация Барановой Е.Ю. является законченной научной работой, выполненной на высоком научном уровне на актуальную тему. Рассматриваемая диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Баранова Е.Ю. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент

д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры Высшей математики
Московского государственного технического университета
радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА)

Шатина А.В.

Адрес МГТУ МИРЭА: 119454, г. Москва, проспект Вернадского, д.78

Подпись официального оппонента
д.ф.-м.н. Шатиной А.В. удостоверяю.

Начальник Управления кадров МГТУ МИРЭА



Чернышева С.С.