

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

Макиевой Элины Игоревны

на тему «Динамика тел, взаимодействующих с проскальзыванием

и разрушением»

по специальности 1.1.7 - Теоретическая механика, динамика машин

Диссертация посвящена исследованию двух классов задач теоретической механики.

Первый класс связан с анализом движения твёрдых тел по опорным поверхностям различного рода, при этом полагается, что в процессе движения возникает малое относительное проскальзывание, обусловленное наличием тонкой промежуточной прослойки в местах контакта (например, возникшей в результате хрупкого разрушения тел).

Второй класс задач посвящён исследованию движения близко расположенных твёрдых тел между деформируемыми поверхностями, например элементами прослойки между взаимодействующими телами.

Эти задачи имеют широкий спектр приложений, поскольку системы указанного типа часто используются в технике. К таким системам относятся, в частности, рельсовые средства передвижения, устройства обработки материалов и т.п. Кроме того, в рамках решаемых задач проясняются пределы применимости некоторых формально-аксиоматических моделей теоретической механики.

Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения и списка литературы (70 наименований). Исследование задач первого класса представлено в главе 1, второго класса – в главе 2. Остановимся кратко на содержании диссертации.

Во введении дана общая характеристика работы, определены актуальность темы, ее новизна и проработанность, цели работы, теоретическая и практическая

значимость, достоверность, даны сведения об апробации результатов и публикациях автора, кратко изложено содержание работы, перечислены методы исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор работ других авторов, а также исследования соискателя, посвящённые условиям реализации связей в системах с микропроскальзыванием. Такое проскальзывание возникает из-за наличия тонкой промежуточной прослойки в местах контакта тел. Как известно, промежуточную прослойку — например, образовавшуюся в зоне контакта после разрушения тел — можно учесть в модели, добавив в лагранжиан слагаемые, пропорциональные квадрату относительного проскальзывания тел. Структура этих слагаемых аналогична выражению для кинетической энергии тела в жидкости, где проявляются эффекты присоединённых масс.

В диссертационной работе в рамках задачи о реализации связей сравниваются два типа систем, полученных предельным переходом к случаю бесконечной жёсткости взаимодействующих тел.

В системах первого типа (они ранее рассматривались в работах научного руководителя соискателя) все компоненты обобщённых скоростей существенно превышают компоненты скорости проскальзывания тел. Это позволяет ввести в модель малый параметр ε , который определяет их отношение. Установлено, что при определённых условиях предельный переход $\varepsilon \rightarrow 0$ приводит к неклассической модели качения с условиями непроскальзывания.

Системы второго типа исследованы самим соискателем. В них часть компонент обобщённых скоростей имеет тот же порядок малости, что и компоненты скоростей проскальзывания. Математическая модель динамики такой системы сводится к сингулярно-возмущённой системе обыкновенных дифференциальных уравнений тихоновского типа: здесь малый параметр ε характеризует малость обобщённых скоростей. С механической точки зрения при $\varepsilon \rightarrow 0$ такая система (в отличие от систем первого типа) даёт неклассическую модель с модифицированными первичными связями Дирака — в ней проскальзывание тел сохраняется.

Далее в работе сравниваются, насколько эффективно обсуждаемые и построенные модели описывают поперечные и угловые колебания железнодорожной колёсной пары при наличии промежуточной прослойки между колёсами и рельсами. Показано, что модель с первичными связями имеет преимущества перед моделями, которые не учитывают проскальзывание колёс относительно рельсов.

В главе 2 исследуется задача о движении двух твёрдых шаров, расположенных между твёрдой подвижной плитой и деформируемой неподвижной подстилающей поверхностью. Предполагается, что подвижная плита не деформируется, так что в точках контакта с шарами возможно только проскальзывание. В то же время в местах соприкосновения с подстилающей поверхностью необходимо учитывать как проскальзывание, так и деформацию поверхности.

При малых размерах шаров эта модель в некотором приближении описывает динамику элементов прослойки между телами, контактирующими с трением. Такое исследование важно, в частности, для анализа, рассматриваемого в главе 1 изменения энергии взаимодействия тел при наличии прослойки. Характерные масштабы этого изменения определяются структурой расположения элементов прослойки вдоль области контакта тел.

Описание динамики данной системы приводит к сингулярно-возмущенной системе тихоновского типа с разными порядками малых множителей при старших производных. Её исследование требует детального анализа так называемых присоединенных систем «первой», «второй» и т.д. очередей, описывающих изменение быстрых переменных с разными масштабами быстрого времени. Этот анализ успешно проведен автором диссертации. Показано, что вследствие асимметрии области деформации подстилающей поверхности при близком расположении шаров возникает эффект притяжения, сила которого обратно пропорциональна квадрату расстояния между центрами шаров.

Также в главе 2 решены задачи о реализации неголономных или первичных связей, получены аналитические формулы для изменения расстояния между центрами шариков и проведено исследование корректности полученных результатов

при помощи численного моделирования и сравнения полученных результатов с результатами экспериментов других авторов.

В заключении сформулированы основные выводы работы.

Таким образом, в диссертации развиты асимптотические подходы к построению и исследованию математических моделей, описывающих механические системы с качением при наличии тонкой прослойки в местах контакта. Эти подходы позволяют при определенных условиях описывать движение системы с помощью упрощенных моделей. С помощью развитых методов исследовано качение железнодорожной колесной пары, а также элементов промежуточной прослойки между контактирующими телами при разных соотношениях между величинами обобщенных скоростей и скоростей проскальзывания.

Выполненная работа свидетельствует о высокой квалификации автора диссертации, его умении использовать методы теоретической механики, механики деформируемого твердого тела, фракционного анализа в исследовании важных прикладных задач. Все представленные в диссертации результаты являются новыми и математически строго обоснованными; они подтверждены компьютерным моделированием и сопоставлением с теоретическими и экспериментальными данными других авторов. Они докладывались на международных научных конференциях и на семинарах в ведущих российских научных учреждениях, а также опубликованы в научных изданиях, что подтверждает их достоверность.

Аннотация диссертации правильно и полно отражает ее содержание.

По работе можно высказать ряд замечаний.

Текст диссертации требует серьезной правки: в текущем виде он труден для восприятия.

Так, например, описание рассматриваемых в первой главе систем занимает почти 10 страниц текста без единой схемы, которая поясняла бы вводимые автором обозначения.

Все используемые автором предположения сформулированы неструктурированным сплошным текстом (не использован даже курсив или какое-либо другое выделение).

При описании рассматриваемых систем вводится большое количество параметров и переменных; их описание разбросано по всему тексту, нет ни одной таблицы.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Макиева Элина Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор, профессор РАН,
главный научный сотрудник научно-учебной лаборатории «Мобильные системы»
кафедры «Мехатронные системы» инженерно-технологического факультета
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Ижевский государственный технический университет имени
М.Т. Калашникова»
Мамаев Иван Сергеевич

Подпись Мамаева Ивана Сергеевича
И.о. проректора по научной
и инновационной деятельности

О.А. Дегтева

Контактные данные:

тел. 8 (3412) 77-60-55 доб. 3290, e-mail: mamaev@rcd.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.02.01 – Теоретическая механика

Адрес места работы:

426069, Приволжский ФО, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, инженерно-технологический факультет, кафедра «Мехатронные системы», научно-учебная лаборатория «Мобильные системы»

Тел. 8 (3412) 77-60-55 доб. 3290, e-mail: mamaev@rcd.ru