

ОТЗЫВ официального оппонента
о диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
Зобовой Александры Александровны
на тему: «Динамика систем твердых тел с контактным
взаимодействием»
по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика»

Диссертационная работа посвящена исследованию эффектов, возникающих из-за неточечного контакта с трением в динамике механических систем, состоящих из твердых строго выпуклых тел, контактирующих с опорной поверхностью. Обычно при изучении динамики используется предположение о том, что контакт происходит в одной точке и при этом либо накладываются дифференциальные связи, постулирующие отсутствие проскальзывания в этой точке, либо классический закон трения скольжения Кулона, который не учитывает протяженности области контакта и сцепление материала в нем. В работе выполнено исследование новых эффектов, возникающих вследствие деформации тел в области контактного взаимодействия, наличия в контакте дифференциальных сил трения Кулона, сцепления материалов. В первой главе исследуется также влияние масс вращающихся тел, которыми обычно пренебрегают, на динамику экипажа повышенной маневренности. Влияние трения, распределенного по площадке ненулевой площади, на динамику систем активно исследуется как российскими, так и зарубежными ведущими учеными в области теоретической механики (этот факт хорошо отражен в подробном введении к диссертационному исследованию), что безусловно свидетельствует об актуальности тематики диссертационного исследования.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и списка литературы. Введение содержит обзор литературы по феноменологическим моделям контакта твердых тел, изучаемых в динамике твердого тела. Обзор литературы адекватен и достаточно полон.

В первой главе изучается динамика неголономной системы, моделирующей движение тележки повышенной маневренности по горизонтальной плоскости. Сначала исследуется динамика в упрощенной модели роликонесущего колеса, в которой размерами и массами роликов пренебрегают. Здесь дано полное качественное описание движения по инерции, а также исследование устойчивости наиболее важного типа управляемых стационарных движений. Далее изучается влияние массивности роликов на динамику движения по инерции. Несмотря на сложный вид системы и ее громоздкость, получены интересные аналитические результаты и показана возможность понижения системы по Раусу.

Во второй главе описана модель, позволяющая учесть влияние динамического распределения давлений (то есть его зависимость от скоростей движущегося тела) в динамике абсолютно твердого однородного шара. Исследование динамики проведено аналитически, метод базируется на последовательной аппроксимации силы и момента трения от скорости центра шара и угловой скорости дробно-рациональными функциями.

В третьей главе изучено влияние трения верчения на динамику динамически симметричного неоднородного шара. Метод исследования базируется на характере обобщенных диаграмм Смейла системы. Далее в третьей главе проводится обобщение модели второй главы на случай различных кривиз поверхности тела в точке касания. Исследованы свойства этой модели в ряде базовых движений (чистое скольжение, чистое верчения, комбинации скольжения, верчения и качения). Адекватность модели продемонстрирована на двух примерах систем твердых тел — дифференциальный привод (т. е. тележка с двумя ведущими независимыми колесами) и ведомое рояльное колесо. Численно продемонстрировано, что разгон рояльного колеса после достижения некоторой критической скорости начинает сопровождаться быстро нарастающими осцилляциями курсового угла. При этом доказано, что неголономная модель рояльного колеса такого эффекта не демонстрирует.

В четвертой главе изучается влияние сцепления материалов на динамику деформируемого цилиндра, катящегося с проскальзыванием по деформируемому полупространству. В отличие от второй главы, здесь учитывается возможное сцепление материалов цилиндра и полупространства, что приводит к изменению результирующей силы трения при малом относительном проскальзывании. Рассматривается случай упругих цилиндра и полупространства (случай частичной диссипации, нет потерь энергии при восстановлении материала), абсолютно твердого цилиндра и вязкоупругого полупространства при нулевом коэффициенте трения (также модель с частичной диссипацией, нет потерь при относительном скольжении материалов) и случай цилиндра и полупространства из вязкоупругого материала (модель с полной диссипацией). Представлен полный качественный анализ динамики во всех трех случаях, в том числе построены фазовые портреты, проведен анализ финальных движений.

Отмечу, что все полученные **результаты достоверны и строго обоснованы** методами теоретической механики, теории устойчивости, качественными методами теории дифференциальных уравнений, асимптотическими методами, хорошо проиллюстрированы численными экспериментами. Все выводы диссертационного исследования, сформулированные в вынесенных на защиту положениях, строго следуют из полученных результатов.

Полученные результаты являются **новыми**: предложена новая модель расчета прекращения проскальзывания при входе в контакт нового ролика на омниколесе; разработана и исследована в динамике разных механических систем новая феноменологическая модель сухого трения с динамическим распределением давлений в области контактного взаимодействия; исследованы модели трения, получаемые при решении стационарных задач теории вязкоупругости с учетом сцепления материалов в контактной области. Таким образом, разработан важный с теоретической и прикладной точки зрения новый раздел в теории систем с трением.

2

Автореферат правильно и полно отражает материал диссертации.

По исследованию имеются следующие замечания:

1) присутствует некоторая неравномерность степени подробности изложения материала: так, например, в первой главе важные с прикладной точки зрения результаты об устойчивости стационарных управляемых движений в тексте диссертации изложены довольно кратко, тогда как теореме о сохранении констант первых интегралов при прекращении скольжения ролика уделено много внимания.

2) поскольку рассматриваемые задачи довольно сложные и содержат много параметров, то обозначения иногда пересекаются. С другой стороны, в разных главах для коэффициента трения скольжения используются разные обозначения.

3) В заключениях каждой части диссертационного исследования приводится сводка полученных результатов, однако более выпуклое представление результатов на фоне уже имеющихся в литературе было бы очень полезно при чтении работы.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Работа А.А. Зобовой вносит значительный вклад в динамику систем с трением и открывает новые перспективные направления в этой области теоретической механики, имеющей несомненное теоретическое и прикладное значение. Диссертация отвечает всем требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к диссертациям на соискание степени доктора физико-математических наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика» (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. Диссертация оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

5 7

Таким образом, соискатель Зобова Александра Александровна безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры теоретической механики
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский физико-технический институт (национальный
исследовательский университет)»

ИВАНОВ Александр Павлович



10.08.2020

Контактные данные:

тел.: 7 (495) 408-78-66, e-mail: a- inbox.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.02.01 – Теоретическая механика

Адрес места работы:

141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9
Тел.: 7 (495) 408-78-66; e-mail: Ivanov_ap@mipt.ru

ЗАВЕРЯЮ
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

МФТИ
Ю. И. Скаль



ПОДПИСЬ РУКИ
ЗАВЕРЯЮ:
СПЕЦИАЛИСТ КАНЦЕЛЯРИИ
АДМИНИСТРАТИВНОГО ОТДЕЛА
САВЧЕНКО

