

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ
им. А.Ю. ИШЛИНСКОГО
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМех РАН)**

пр. Вернадского, д. 101, к.1,
г. Москва, 119526

Тел. (495) 434-00-17 Факс 8-499-739-95-31
ОКПО 02699323, ОГРН 1037739426735
ИНН/КПП 7729138338/772901001

04.12.2015 № 11504/01-2141.1-УЗ0

На № _____



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПМех РАН
член-корреспондент РАН

С.Т. Суржиков
4 декабря 2015 года

В Диссертационный совет Д 501.001.22 при
Московском государственном университете им.
М.В. Ломоносова

119991, Москва, Ленинские горы, Главное
здание МГУ, механико-математический
факультет.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации А.М. Русиновой
«Динамика шайбы на наклонной плоскости с трением»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.01 – теоретическая механика

Диссертация А.М. Русиновой посвящена классической проблеме механики – изучению движения абсолютно твердого тела по абсолютно жесткой шероховатой плоскости в предположении, что между телом и плоскостью действует сухое трение, подчиняющееся закону Кулона. Несмотря на давний интерес исследователей к этой проблеме и значительное количество результатов, исчерпывающего решения этой проблемы до сих пор нет. Это связано, прежде всего, с нелинейной зависимостью силы кулонова трения от скорости точки, контактирующей с поверхностью, и с неоднозначностью определения плотности силы нормального давления движущегося тела на поверхность при неточечном контакте. Аналитически решенных задач о движении твердых тел по шероховатой плоскости очень мало. Вместе с тем кулонова модель вполне удовлетворительно описывает поведение различных систем с сухим трением и очень широко используется при расчетах механизмов, машин и других технических систем. Поэтому изучение систем с кулоновым трением, даже на сравнительно простых моделях, выявление новых качественных и количественных закономерностей их движения представляет важную научную проблему, актуальную как с точки зрения фундаментального знания, так и для приложений в инженерной механике.

В диссертации А.М. Русиновой изучается движение шайбы (прямого кругового цилиндра) по наклонной шероховатой плоскости. Распределение массы шайбы по ее объему предполагается однородным, шайба безотрывно контактирует с плоскостью одним из своих оснований. Предметом исследования является эволюция скорости центра масс шайбы и ее угловой скорости при различных начальных состояниях движения. Диссертация состоит из Введения и трех глав.

Во введении дан обзор публикаций по проблемам, имеющим непосредственное отношение к теме диссертации, анализируются предшествующие исследования и результаты, отмечаются нерешенные задачи. Таким образом, во введении обосновывается важность и актуальность

решения проблем, которым посвящена диссертация. Завершает введение краткое описание структуры работы и полученных в ней результатов.

В первой и второй главах изучается движение по наклонной плоскости с трением шайбы конечной высоты. Одна из особенностей такой системы – невозможность однозначно найти распределение нормального давления плоскости на шайбу в рамках модели контакта абсолютно твердых тел. Более того, не любое распределение, удовлетворяющее равенству нулю проекции главного вектора сил, действующих на шайбу, на направление, ортогональное плоскости движения, возможно. Это связано с тем, что равной нулю должна быть также проекция главного момента сил, действующих на шайбу, на плоскость движения. В случае наклонной плоскости не годится, например, равномерное распределение нормального давления по площадке контакта. Поэтому нужно искать согласованное с условием безотрывного движения распределение нормального давления, что существенно усложняет задачу. Первая и вторая главы отличаются гипотезами, принятыми для расчета согласованных распределений нормального давления. В обеих главах приняты трехпараметрические модели распределения плотности силы нормального давления по площадке контакта шайбы с плоскостью. В модели первой главы предполагается, что плотность нормального давления нелинейно зависит от положения произвольной точки этой площадки, а в модели второй главы – линейно. Параметры обеих моделей определяются однозначно в каждый момент времени и зависят от текущего состояния движения шайбы. Текущее состояние движения шайбы характеризуется линейной скоростью движения ее центра масс вдоль плоскости и угловой скоростью вращения вокруг оси, перпендикулярной плоскости движения. Модель первой главы предложена диссертантом. Для этой модели распределение силы нормального давления при поступательном движении шайбы совпадает с известным статическим распределением давления при внедрении жесткого цилиндрического штампа в упругое полупространство, а при вращательном движении – с известным распределением Л.А. Галина. Модель, используемая во второй главе известна, она была предложена А.П. Ивановым.

Сочетая методы теоретической механики, качественной теории обыкновенных дифференциальных уравнений и вычислительные методы, диссертант провел полное исследование движения шайбы для обеих моделей распределения нормального давления по площадке контакта в случае, когда коэффициент трения шайбы о плоскость превышает тангенс угла наклона плоскости к горизонту. В этом случае движение шайбы тормозится до полной остановки за конечное время. Для обеих моделей распределения нормального давления установлен важный факт качественного поведения системы: если в начальный момент времени скорость центра масс шайбы и ее угловая скорость не равны нулю, то движение центра масс и вращение прекращаются одновременно. Построен и исследован фазовый портрет системы. Изучены качественные характеристики фазового портрета при различных значениях отношения коэффициента трения к тангенсу угла наклона плоскости, по которой движется шайба, и безразмерного параметра, связывающего, коэффициент трения, радиус и высоту шайбы. Отмечены отличия в поведении системы, обусловленные различием моделей распределения нормального давления по области контакта шайбы с плоскостью.

В третьей главе исследовано движение по наклонной плоскости с трением диска (шайбы нулевой толщины) в случае равномерного распределения нормального давления. Исследование проведено по той же схеме, что и в двух предыдущих главах, для всех возможных значений отношения коэффициента трения к тангенсу угла наклона плоскости.

Диссертация А.М. Русиновой представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, посвящённую проблемам движения абсолютно твёрдого тела по шероховатой плоскости. Автор получил достаточно полное решение задачи о движении по наклонной плоскости шайбы, при условии, что трение между шайбой и плоскостью – кулоново. В случае шайбы нулевой толщины (диска) получено исчерпывающее решение. Все результаты, которые выносятся на защиту, – новые. Они вполне обоснованы строгими математическими доказательствами утверждений о качественном поведении рассматриваемой механической системы, а также расчётами. Диссертация А.М. Русиновой вносит заметный вклад в теорию движения твёрдого тела по жёсткой шероховатой плоскости и свидетельствует о высокой квалификации ее автора как специалиста в области теоретической механики и качественной теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Автор прекрасно владеет как теоретическими, так и численными методами анализа. С диссертацией А.М. Русиновой целесообразно ознакомиться научным работникам, занимающимся проблемами теоретической механики, а также преподавателям этой дисциплины. Полученные диссертантом результаты могут быть использованы в научно-исследовательских институтах и вузах, в которых преподаётся теоретическая механика и ведутся исследования по теоретической и прикладной механике, в частности в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Московском физико-техническом институте, Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана, Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН. Результаты диссертации опубликованы в 5 статьях, четыре из них – в наиболее авторитетном российском журнале по механике «Прикладная математика и механика». Этот журнал имеет высокий импакт-фактор и индексируется российской и международными системами научного цитирования. Четыре из пяти статей опубликованы А.М. Русиновой без соавторов. Полученные А.М. Русиновой научные результаты докладывались также на научных конференциях и семинарах. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

По научному содержанию работы существенных замечаний нет. Есть небольшие замечания, которые носят преимущественно редакционный характер.

1. На стр. 18, при характеристике распределения (1.6) в случае поступательного движения шайбы, точнее, наверное, было бы писать о внедрении плоского штампа не в полуплоскость, а в полупространство.
2. В выражениях для a_{11} , a_{22} , a_{20} на стр. 21 вместо $1-s^2$ должно быть написано $\sqrt{1-s^2}$. То же самое, по-видимому, относится и к выражению для \tilde{a}_{11} на стр. 27.
3. На стр. 37 написано, что при численном интегрировании уравнений движения системы вместо точных выражений для некоторых функций, входящих в правые части уравнений, использовались их Паде-аппроксимации. Конечно, Паде-аппроксимации упрощают выражения, и их использование было бы оправдано, если бы уравнения решались аналитически. Необходимость использования Паде-аппроксимаций при численном анализе не вполне ясна. При использовании аппроксимаций надо дополнительно доказывать, что замена точных выражений приближенными не искажает качественного поведения динамической системы. Этого в диссертации не сделано.

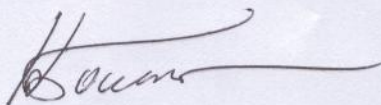
Приведенные замечания не снижают высокой оценки диссертации А.М. Русиновой как научно-квалификационной работы.

Диссертация «Динамика шайбы на наклонной плоскости с трением» удовлетворяет всем

требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к кандидатским диссертациям, а ее автор, Русинова Анна Михайловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика.

Отзыв о диссертации А.М. Русиновой обсужден и одобрен на заседании семинара «Теория управления и динамика систем» ИПМех РАН 12 ноября 2015 года. Руководитель семинара – академик Ф.Л. Черноусько.

Главный научный сотрудник ИПМех РАН
д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН



Н.Н. Болотник

