

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

Новодеровой Анны Павловны

на тему: «Моделирование заноса колесного аппарата»

по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика»

Диссертационная работа Новодеровой А.П. посвящена исследованию процессов, возникающих на сложных дорожных участках движения колесного аппарата. **Актуальность** и интерес данной области исследований определяется необходимостью повышения безопасности работы автотранспортных средств передвижения. Особую важность такие исследования приобретают в связи с развитием систем искусственного интеллекта, управляющих автотранспортными средствами в автоматическом режиме. Понимание динамики движения аппарата в сложных нештатных условиях необходимо для разработки надежных, безопасных алгоритмов управления. Помимо практической значимости, изучение указанных процессов приводит к постановке и изучению интересных проблем в общей теории динамики механических систем.

Формально говоря, занос представляет собой движение аппарата, при котором его осевая линия отклоняется от касательной к траектории движения центра корпуса аппарата. Основной целью диссертационной работы является исследование начальной стадии заноса двухосного четырехколесного аппарата, когда поперечная и угловая скорости его корпуса принимают небольшие значения, при блокировке или пробуксовке колес одной из осей аппарата в случаях, когда колеса другой оси сохраняют сцепление с опорной плоскостью или начинают скользить по ней, а также при попадании на микст, т.е. участок опорной плоскости, содержащий области с разными коэффициентами трения, при этом, в зависимости от условий движения, колеса ведущей оси аппарата сохраняют сцепление с опорной плоскостью или начинают скользить по ней.

Отметим, что все поставленные в диссертации задачи успешно решены. Полученные научные результаты являются **новыми, их достоверность и обоснованность** подтверждается тем, что они обсуждались на научных семинарах, докладывались на российских и международных конференциях и были опубликованы в научной печати.

Перейдем теперь к описанию диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, двух глав, заключения, двух приложений, и списка литературы, включающего 145 наименований. Во введении дается подробный анализ истории и современного состояния рассматриваемой проблемной области.

В первой главе изучается начальная стадия динамики аппарата при блокировке колес и при их пробуксовке, когда поперечная и угловая скорости корпуса невелики. В этом случае можно считать, что угловые скорости колес, принадлежащих одной осевой паре, совпадают, и силы взаимодействия колес с опорной плоскостью различаются мало. Тогда для описания заноса аппарата может быть использована велосипедная модель. Процесс изучается в предположении, что опорная плоскость однородна, характеристики сцепления с ней для колес одной оси различаются мало, углы наклона корпуса аппарата малы, и нормальные реакции для колес одной оси принимают близкие значения. Применяются и сопоставляются различные известные модели трения при контактном взаимодействии колеса и опорной поверхности. Получены формулы, позволяющие численно и аналитически исследовать динамику поперечной и угловой скоростей корпуса. Проведена классификация различных вариантов взаимодействия колес с опорной поверхностью. В первой части главы движение аппарата изучается при заносе одной (передней или задней) осей аппарата с заблокированными или пробуксовывающими колесами другой (задней или передней) оси. Во второй части главы движение аппарата изучается при заносе обеих осей с заблокированными или пробуксовывающими передними, или

16
задними колесами. В целом, по результатам исследований обеих частей найден и сформулирован ряд закономерностей движения, которые позволяют объяснить эвристические правила вождения автомобиля в изучаемых ситуациях.

Во второй главе анализируется динамика аппарата при попадании на “микст”, т.е. – участок опорной плоскости, содержащий области с разными коэффициентами трения, из-за чего коэффициент трения для одного из колес задней ведущей оси может оказаться меньше коэффициента трения для других колес. При этом, в зависимости от условий движения, колеса ведущей оси аппарата сохраняют сцепление с опорной плоскостью или начинают скользить по ней. Используется четырехколесная модель аппарата, в предположении низкого расположения центра масс корпуса аппарата, малости углов его наклона, и относительной малости масс колес. Математическая модель строится с учетом аэродинамического лобового сопротивления корпуса. Изучаются ситуации, когда нормальные реакции для всех колес принимают близкие значения. Рассматриваются три варианта движения на миксте. В первом все колеса сохраняют сцепление с опорной плоскостью, во втором колеса, за исключением правого заднего, сохраняют сцепление с опорной плоскостью, и в третьем колеса задней оси скользят, а колеса передней оси сохраняют сцепление с опорной плоскостью. Как и в первой главе, найден и сформулирован ряд закономерностей движения, которые позволяют объяснить эвристические правила вождения автомобиля в изучаемых ситуациях.

Обратимся теперь к описанию недостатков работы. В связи с большим объемом материала в работе присутствуют текстовые погрешности. Иногда определение какой-либо величины дается уже после ее использования, или не дается вовсе, а просто подразумевается. Так, например, на стр. 9 определение угла бокового увода колеса дается после использования этого термина. Также на стр. 24 и далее не сказано, что C – это центр масс аппарата. Это, впрочем, видно из дальнейших уравнений (1.2.1). Не указано в тексте, что “омега-

дельта” в этих уравнениях – это величина относительной угловой скорости первого колеса. Аналогичная ситуация с уравнениями (2.2.1) на стр. 101. На стр. 29 неравенство (1.2.19) для конуса трения выписывается для модели анизотропного сухого трения, в которой коэффициент трения зависит от направления проскальзывания. Следовало бы подробнее описать эту модель, или ограничиться изотропной моделью, как это сделано на стр. 36. в неравенстве (1.3.22). На стр. 71 используется неудачное словосочетание “линейные аналоги” – имеется в виду линейные приближения правых частей дифференциальных уравнений. На стр. 72-73 и стр. 107 приводятся типичные значения параметров легкового автомобиля без указания того, откуда эти значения взяты, и каким классам легковых автомобилей они соответствуют. Это же касается и порядка величины параметра “эпсилон” для автомобильных колес на стр. 104.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация является законченным научным исследованием. Основные результаты работы обсуждались на научных семинарах, докладывались на российских и международных конференциях и были опубликованы в научной печати. Результаты диссертации А.П. Новодеровой полно представлены в ее публикациях и правильно отражены в автореферате. Считаю, что диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. 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, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Считаю, что соискатель Новодерова Анна Павловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
Профессор механико-математического факультета
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный университет имени
М.В.Ломоносова»

Кугушев Евгений Иванович

15 ноября 2020 г.

Контактные данные: тел.: 7(495)9393681, e-mail: kugushev@keldysh.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
01.02.01 – Теоретическая механика

Адрес места работы: 119899, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1, Московский
государственный университет имени М.В.Ломоносова, механико-математи-
ческий факультет

Тел.: 7(495)9393681; e-mail: kafedra_trmm@list.ru

Подпись доктора физико-математических наук Е.И. Кугушева заверяю

Декан механико-математического
факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
член-корреспондент РАН
профессор

А.И. Шафаревич