

**Заключение диссертационного совета Д 212.125.14 на базе
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Московский авиационный
институт (национальный исследовательский университет)»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 19.06.2015 г., протокол № 3**

О присуждении **Караваеву Юрию Леонидовичу**, гражданину РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Теоретические и экспериментальные исследования динамики и управления некоторых систем с качением» по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика» (физико-математические науки) **принята к защите** 15 апреля 2015г., протокол № 2, диссертационным советом Д212.125.14 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, создан 07.12.2007, протокол № 2397-1807.

Соискатель Караваев Юрий Леонидович 1984 года рождения, в 2006г. **окончил** Ижевский государственный технический университет по специальности «Мехатроника». В период подготовки диссертации соискатель обучался в очной аспирантуре кафедры «Мехатронные системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ижевский государственный технический университет», которую окончил в 2010 году. Соискатель **работает** старшим преподавателем кафедры «Мехатронные системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

профессионального образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова».

Диссертация выполнена на кафедре «Мехатронные системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Килин Александр Александрович, декан физико-энергетического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет».

Официальные оппоненты:

1. Иванов Александр Павлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики ФГБОУ ВПО «Московский физико-технический институт (государственный университет)»;
2. Буров Александр Анатольевич, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Вычислительный центр имени А. А. Дородницына Российской академии наук;

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт механики Уральского отделения Российской академии наук, г. Ижевск, в своем **положительном отзыве**, подписанным д.т.н., профессором В. В. Тарасовым - заведующим лабораторией физики и механики новых материалов и д.ф.-м.н. А. И. Карповым - заведующим лабораторией физико-химической механики, указала, что диссертация является законченным научным исследованием, выполненным на современном математическом и техническом уровнях, результаты которого имеют существенное значение в области исследования динамики механических систем с качением, она отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а её автор, Караваев Юрий Леонидович, заслуживает

присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01- Теоретическая механика.

По диссертации Караваева Юрия Леонидовича имеются следующие **замечания:**

1. При выводе уравнений движения сферического робота рассматривается достаточно упрощенная модель контакта, исключая трение и деформацию, что, возможно, является причиной отклонения реальных траекторий движения сфероробота от расчетных.

2. Экспериментальные исследования движения сферического робота проведены для достаточно простых траекторий движения: прямой и окружности.

3. При проведении экспериментов по исследованию качения однородного диска по поверхности в зависимости от жесткости основания получена только качественная оценка. Также интересным продолжением данных работ является исследование характеристик микроотрывов в зависимости от шероховатостей поверхностей диска и опорной плоскости.

4. Текстовые надписи на некоторых рисунках, представленных в диссертационной работе, неразборчивы.

Отзыв обсужден и согласован на совместном заседании научных семинаров лаборатории физики и механики новых материалов и лаборатории физико-химической механики 22 мая 2015г., и утвержден директором Института механики УрО РАН, д.т.н., профессором В.Б. Дементьевым.

Соискатель по теме диссертационного исследования имеет 13 опубликованных работ, в том числе 7 статей, опубликованных в зарубежных и российских журналах, которые включены в перечень ВАК, 2 статьи в сборниках и трудах конференций, и 4 тезиса докладов в сборниках материалов конференции.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Borisov, A. V., Mamaev, I. S., Karavaev, Y. L., On the loss of contact of the Euler disk // Nonlinear Dynamics. – 2015. - 79(4). - pp. 2287-2294.

2. Karavaev Y. L., Kilin A. A., The Dynamic and Control of a Spherical Robot with an Internal Omniwheel Platform // Regular and Chaotic Dynamics. – 2015. - 21(2). - pp. 134-152.
3. Караваев Ю.Л., Трефилов С. А. Дискретный алгоритм управления по отклонению мобильным роботом с омниколесами // Нелинейная динамика. – 2013. – 9(1). - С. 91-100.
4. Борисов А.В., Мамаев И.С. Караваев Ю.Л. Об отрыве диска Эйлера // Нелинейная динамика. – 2013. – 9(3). - С. 499-506.
5. Килин А.А., Караваев Ю.Л., Клековкин А.В. Кинематическая модель управления высокоманевренным мобильным сферороботом с внутренней омниколесной платформой // Нелинейная динамика. – 2014. -10(1). - С. 113-126.
6. Килин А.А., Караваев Ю.Л. Кинематическая модель управления сферороботом с внутренней динамически несимметричной омниколесной платформой // Нелинейная динамика. – 2014. – 10(4). - С. 497-511.
7. Караваев Ю.Л., Килин А.А. Динамика сфероробота с внутренней омниколесной платформой // Нелинейная динамика. – 2015. – 11(1). - С. 177–194.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы:

Иванов Александр Павлович (официальный оппонент).

Отзыв заверен ученым секретарем Московского физико-технического института (государственного университета) Ю.И. Скалько.

Замечания по проделанной работе:

1. На стр.45 сказано, что «в общем случае свободное движение рассматриваемой неголономной системы может включать как элементы гамильтонова, так и диссипативного поведения». Данное утверждение нечетко и не аргументировано, и в дальнейшем не используется. Считаю его излишним.

2. Ниже на стр.45 сказано, что «в случае отсутствия силы тяжести вектор

М сохраняется в абсолютном пространстве, и по-видимому является обобщением сохраняющегося вектора кинетического момента в более простых задачах». На мой взгляд, данное предложение не несет какого-либо содержательного смысла и является излишним.

3. В пар. 2.32. проводится исследование устойчивости в первом приближении и делается вывод об отсутствии экспоненциальной неустойчивости для конкретных значений параметров. Получаемое характеристическое уравнение весьма простое, и по-видимому этот вывод можно было бы обобщить (либо опровергнуть) и на другие значения параметров.

Буров Александр Анатольевич (официальный оппонент).

Отзыв заверен секретарем Вычислительного центра имени имени А. А. Дородницына Российской академии наук.

Замечания по проделанной работе:

1. В работе обнаружено некоторое количество описок и опечаток, вообще говоря не влияющих на понимание её смысла.

2. Следовало бы пояснить некоторые понятия, появляющиеся в тексте, такие как «новые неголономные системы» (см. Введение), в частности, их отличие от упоминаемых «классических неголономных систем».

3. Задача о движении сферического робота рассмотрена в предположении о том, что взаимодействие между сферой и омниколёсами, равно как и взаимодействие между сферой и подстилающей поверхностью задаются неголономными связями. Вместе с тем, следовало бы обсудить силы, реализующие такие связи. Так в случае описания взаимодействий в рамках модели кулоновского трения, вероятно, могут наблюдаться как явления подскока, так и явления пробуксовки. Иными словами, было бы желательно как-то прокомментировать границы применимости принятых предположений.

Саратовский филиал ФГБУН «Институт радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова» РАН.

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией теоретической и нелинейной динамики С. П. Кузнецовым.

Замечания по содержанию автореферата:

В качестве замечания к работе следует отметить, что четвертая глава, посвященная экспериментальному исследованию качения однородного диска, смотрится несколько обособленно от первых трех глав.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского».

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, заведующим кафедрой теории управления и динамики машин факультета вычислительной математики кибернетики Г.В. Осиповым.

Замечания по содержанию автореферата:

В качестве недостатка можно выделить отсутствие в представленном автореферате отдельно выделенных задач диссертационной работы, однако, данное замечание не снижает качества, проделанной автором научной работы, которая выполнена на высоком уровне и имеет законченный характер.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН).

Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником С.В. Соколовым.

Замечания по содержанию автореферата:

По представленному автореферату можно сделать следующее замечание: в тексте автореферата пропущены запятая (стр. 13), точка (стр 22) и пробелы в формуле (20) на стр. 14.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью в области науки по специальности 01.02.01 - «Теоретическая механика» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны конструкция сферического робота с внутренней омниколесной платформой, кинематическая и динамическая модели его движения, и, построенные на их основе, алгоритмы расчета управляющих воздействий для движения вдоль заданной траектории;

предложены методика определения положения центра масс внутренней омниколесной платформы сферического робота на основе экспериментальных данных, алгоритм управления сферороботом с использованием базовых маневров (гейтов) и методики экспериментального исследования финальной стадии качения однородного диска;

доказано, что траекторией движения сфероробота с внутренней омниколесной платформой при постоянных неравных угловых скоростях вращения омниколес является окружность, что отсутствует экспоненциальная неустойчивость при равномерном движении сфероробота по прямой, при сохранении подвижной платформой горизонтального положения, а также наличие отрыва диска от поверхности перед его остановкой.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

выполненные исследования и полученные результаты непосредственно связаны с фундаментальной проблемой применимости неголономной динамики для описания движения механических систем;

изучены частные случаи движения сферического робота с внутренней омниколесной платформой в рамках кинематической и динамической моделей;

использованы различные экспериментальные методы для обнаружения отрыва катящегося диска от поверхности перед его остановкой.

На основе указанных методов в представленной диссертации:

изложены основные этапы вывода уравнений кинематической и динамической моделей движения сферического робота с внутренней омниколесной платформой в неголономной постановке;

определены и изучены траектории движения сфероробота, для которых отсутствует экспоненциальная неустойчивость;

проведены численное моделирование движения сферического робота с внутренней омниколесной платформой вдоль заданной траектории в рамках динамической модели, экспериментальные исследования траектории движения сферического робота с внутренней омниколесной платформой в рамках кинематической модели, экспериментальные исследования зависимости продолжительности отрыва катящегося диска перед его остановкой от массы диска.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработанная конструкция сферического робота с внутренней омниколесной платформой обладает повышенной маневренностью и простотой управления по сравнению с другими конструкциями сферических роботов;

полученные математические модели движения могут использоваться для управления сферороботом подобной конструкции в реальных условиях, их адекватность подтверждена экспериментальными исследованиями;

определены углы, задающие смещение центра масс подвижной омниколесной платформы сфероробота на основе экспериментальной методики, учет которых позволил повысить точность отработки траектории;

проведена апробация разработанных теоретических моделей на практике для специально разработанного лабораторного образца сфероробота и определены границы их возможного применения;

доказано наличие отрыва катящегося диска от поверхности перед его остановкой, так же наличие «микротрывов», сопровождающих его свободное качение.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

все аналитические **результаты** диссертации получены с использованием хорошо разработанных методов и подходов теоретической механики; выводы работы подкреплены численными расчетами и сравнением с данными, полученными в ходе проведения экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в том, что результаты, представленные в диссертационной работе, получены либо лично автором, либо при его непосредственном участии. Автор выполнил большинство аналитических, экспериментальных исследований и численных расчетов, самостоятельно проводил обработку и интерпретацию всех полученных данных.

На заседании 19 июня 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Караваеву Ю. Л. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика», участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель
Диссертационного совета Д 212.125.14
д.ф.-м.н., профессор

П.С. Красильников

Ученый секретарь
Диссертационного совета Д 212.125.14
к. ф.-м.н., доцент

В.Ю. Гидаспов

Ученый секретарь МАИ (НИУ), к.т.н.



А.Н. Ульяшина

19.06.2015