

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.14

Соискатель: Сахаров Александр Вадимович

Тема диссертации: Движение мобильного устройства без внешних движителей по шероховатой плоскости

Специальность: 01.02.01 – Теоретическая механика

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 11 марта 2016 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Сахарову Александру Вадимовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали:

председатель диссертационного совета

д.ф.-м.н. Красильников П.С.,

учёный секретарь диссертационного совета

к.ф.-м.н. Гидаспов В.Ю.,

члены диссертационного совета:

д.ф.-м.н. Холостова О.В., д.ф.-м.н. Бишаев А.М., д.ф.-м.н. Бардин Б.С., д.т.н. Ципенко

А.В., д.ф.-м.н. Ревизников Д.Л., д.ф.-м.н. Косенко И.И., д.т.н. Скороход Е.П., д.т.н.

Котельников В.А., д.ф.-м.н. Маркеев А.П., д.ф.-м.н. Чуркин В.М., д.ф.-м.н. Котельников

М.В., д.ф.-м.н. Формалев В.Ф.

Учёный секретарь диссертационного совета Д 212.125.14,

к.ф.-м.н., доцент

В.Ю. Гидаспов

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 ученой степени кандидата физико-математических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11.03.2016 г., протокол № 2

О присуждении **Сахарову Александру Вадимовичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Движение мобильного устройства без внешних движителей по шероховатой плоскости» по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика (физико-математические науки) **принята к защите** 25 декабря 2015 года, протокол № 13, диссертационным советом Д 212.125.14 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 Сахаров Александр Вадимович 1989 года рождения в 2012 году **окончил** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» по направлению «Прикладные математика и физика». В период подготовки диссертации соискатель обучался в очной аспирантуре кафедры теоретической механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», которую окончил в 2015 году. Соискатель работает инженером Редакции научного журнала «Труды МФТИ», а также ассистентом кафедры теоретической механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Диссертация выполнена на кафедре теоретической механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Иванов Александр Павлович, заведующий кафедрой теоретической механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Буров Александр Анатольевич**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, доктор наук отдела механики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук;
2. **Пестерев Александр Витальевич**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории № 16 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук;

Дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск, в своем **положительном отзыве**, подписанным доктором физико-математических наук, профессором кафедры теоретической физики Килиным Александром Александровичем и кандидатом физико-математических наук, заведующим кафедрой теоретической физики Лебедевым Владимиром Геннадьевичем, указала, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу на актуальную тему; новые результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для анализа и моделирования движения робототехнических средств, перемещающихся по шероховатой плоскости без внешних движителей; работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сахаров Александр Вадимович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

По диссертации Сахарова Александра Вадимовича имеются следующие **замечания:**

1. В рамках работы предполагается, что на основание корпуса устройства действует

сила трения, описываемая локальным законом Амонтона-Кулона, использование которого вполне обосновано с точки зрения исследуемых в работе движений с небольшими относительными линейными и угловыми скоростями. Однако, представляет интерес дальнейшее развитие модели с использованием других законов трения, например линейного по модулю скорости, более корректно описывающего движение при больших скоростях вращения.

2. Опорная плоскость в работе предполагается абсолютно твердой. И хотя в качестве модели нормальных напряжений в работе выбрана динамически совместная модель, физической интерпретацией которой может служить представление о наличии малых деформаций плоскости в области контакта, безусловно, представляет интерес исследование системы в рамках упругой или вязко-упругой плоскости. Расширение модели контакта позволит скорректировать полученные результаты и качественно описать новые эффекты.
3. Во второй и третьей главах работы рассматриваются достаточно простые траектории движения мобильных устройств: движение по прямой и поворот вокруг неподвижного центра масс. Лишь в четвертой главе рассматривается проход по S-образной кривой. В то же время представляет интерес исследование возможности реализации более сложных траекторий.

Отзыв обсужден и одобрен на научном семинаре кафедры теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет» 18 января 2016 года, протокол № 1, и утвержден ректором Федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет», д. ист. наук, профессором Мерзляковой Галиной Витальевной.

Соискатель по теме диссертационного исследования имеет 6 опубликованных работ (две из которых являются переводными версиями), в том числе 5 статей (одна из которых является переводной версией), опубликованных в российских журналах, которые включены в перечень ВАК, 1 статью в сборниках трудах конференций и 9 тезисов докладов в сборниках материалов конференций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Иванов А.П., Сахаров А.В. Динамика твердого тела с подвижными внутренними массами и ротором на шероховатой плоскости // «Нелинейная динамика». — 2012. — Т. 8, № 4. (Мобильные роботы) — С. 763–772.

2. Сахаров А.В. Поворот тела без внешних движителей при помощи ротора // Труды МФТИ. — 2014. — Т. 6, № 2. — С. 80–91.
3. Сахаров А.В. Поворот тела с двумя подвижными внутренними массами на шероховатой плоскости // ПММ. — 2015. — Т. 79, Вып. 2. — С. 196–209.
4. Sakharov A.V. Rotation of the Body with Movable Internal Masses Around the Center of Mass on a Rough Plane // Regul. Chaotic Dyn. — 2015. — Vol. 20, No. 4. — Pp. 428–440.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы:

Буров Александр Анатольевич (официальный оппонент)

Отзыв заверен д.т.н., ученым секретарем ФИЦ «Информатика и управление» РАН Захаровым Виктором Николаевичем.

Замечания по содержанию диссертационной работы:

1. В обзоре литературы можно бы более детально остановиться на сравнении обсуждаемых в диссертации задач и результатов, изложенных в фундаментальных работах по виброперемещению [30, 31].
2. Также в обзоре литературы можно было бы указать и обсудить работы В.В. Козлов, С.М. Рамоданов О движении изменяемого тела в идеальной жидкости // ПММ, 65:4 (2001), 592–601; В.В. Козлов, С.М. Рамоданов О движении в идеальной жидкости тела с жесткой оболочкой и меняющейся геометрией масс // Докл. РАН, 382:4 (2002), 478–481; В.В. Козлов, Д.А. Онищенко О движении в идеальной жидкости тела, одержащего внутри себя подвижную сосредоточенную массу // ПММ, 67:4 (2003), 620–633; V.V. Kozlov, D.A. Onishchenko Motion of a body with underformable shell and variable mass geometry in an unbouned perfet fluid // J. Dynam. Differential Equations, 15:2–3 (2003), 553–570, в которых задача обсуждается без предположения о наличии диссипативных сил.
3. В работе обнаружены незначительные терминологические и стилистические поправки.

Пестерев Александр Витальевич (официальный оппонент)

Отзыв заверен д.т.н., ученым секретарем ИПУ РАН Лебедевым Валентином Григорьевичем.

Замечания по содержанию диссертационной работы:

1. На взгляд оппонента, изложение чересчур формализовано в ущерб физической наглядности: не достаточно внимания уделено объяснению принципов, позволяющих мобильному устройству, не имеющему внешних движителей, перемещаться по плоскости.
2. Используемый в диссертации термин «трехмерное движение тела» может вводить читателя в заблуждение, так как, как правило, он подразумевает движение тела в трехмерном пространстве, в то время как в диссертации речь идет об общем случае плоского движения, описываемого тремя координатами (две координаты центра тяжести и угол поворота).
3. В рамках диссертационной работы рассматривается несколько моделей мобильных устройств, однако, сравнение численных данных с экспериментальными приводится лишь для одной из рассматриваемых моделей.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Отзыв подписан д.ф.-м.н., профессором кафедры математического моделирования Кубышкиным Евгением Павловичем, подпись заверена начальником управления по работе с персоналом ЯрГУ им. П.Г. Демидова Волковой Риммой Ивановной.

Замечания по содержанию автореферата:

Название диссертации выглядит слишком общим. В частности, из названия не следует, что речь идет именно о безотрывном движении устройства с плоским основанием. Под указанное название подпадают, например, широко известные роботы-шары, способные катиться по плоскости благодаря перемещению некоторого тела внутри сферической оболочки. Тем не менее, речь о подобных устройствах в работе не ведется.

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

Отзыв на автореферат подписан д.ф.-м.н., член-корреспондентом РАН, заведующим лабораторией робототехники и мехатроники ИПМех РАН, подпись заверена ученым секретарем ИПМех РАН, к.ф.-м.н. Сысоевой Еленой Ярославовной.

Замечания по содержанию автореферата:

1. На стр. 10 написано, что коэффициенты λ_0 , λ_ξ , λ_η в формуле (3) «ограничены условием $n_A \geq 0$ ». Если в некоторых точках A это неравенство не выполняется, то предлагается в этих точках принять $n_A \geq 0$, читая, что это соответствует случаю «неполного контакта». Это непонятно. Ведь параметры λ_0 , λ_ξ , λ_η определяются

однозначно выражениями (4) и (6) из уравнений движения и условия постоянства контакта корпуса системы с плоскостью, по которой она движется, и, следовательно, однозначно определяется функция $n_A(\zeta, \eta)$ для всех точек из области контакта S . Если изменить эту функцию в подобласти, где $n_A < 0$, не изменяя ее там, где $n_A \geq 0$, о нарушатся условия безотрывного контакта. По-моему наличие подобластей в которых $n_A < 0$, свидетельствует либо о том, что условия безотрывного контакта невыполнимы в принципе, либо о том, что класс функций (3) в котором ищется динамически согласованное распределение нормальных давлений, выбран неудачно и не содержит распределения, которое реализуется физически.

2. В списке публикаций автора по теме диссертации статья, опубликованная в журнале «Прикладная математика и механика» на русском языке и ее перевод на английский язык (в переводной версии этого журнала) указаны под разными номерами ([4] и [6]). У читателя может создаться впечатление, что это две разные статьи. Если русскоязычный журнал, в котором опубликована статья, переводится на английский язык и автор хочет отметить наличие перевода в списке своих публикаций, целесообразно давать ссылки на обе версии под одним номером, сначала указав выходные данные публикации на русском языке, а затем (снабдив пометкой «перевод») – выходные данные публикации на английском языке.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

Отзыв на автореферат подписан д.ф.-м.н., профессором Голубевым Юрием Филипповичем, подпись заверена ученым секретарем ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, к.ф.-м.н. Масловым Александром Ивановичем.

Замечания по содержанию автореферата:

1. Работа имеет прикладной характер, но, вместе с тем, в ней не хватает выводов и рекомендаций, которые можно было бы использовать при разработке мобильных робототехнических систем описываемого типа.
2. Выбор законов управления подвижными внутренними массами никак не аргументируется. Остается непонятным, почему автор выбирает тот или иной закон управления в том или ином случае.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»

Отзыв на автореферат подписан д.ф.-м.н., профессором, профессором кафедры теоретической механики Лапшиным Владимиром Владимировичем, подпись заверена д.ф.-м.н., профессором, деканом факультета «Фундаментальные науки» Гладышевым Владимиром Олеговичем.

Замечания по содержанию автореферата:

1. В автореферате (стр. 5) утверждается, что рассматривается трехмерное движение робота, которое воспринимается как свободное движение корпуса робота в трехмерном пространстве. Следовало бы сказать, что изучается плоскопараллельное движение корпуса. Естественно, что при плоскопараллельном движении положение тела определяется тремя координатами.
2. Следовало бы более подробно объяснить уравнения движения робота (уравнения (1) и (2) на стр. 9) и смысл входящих в них параметров. Следовало бы сказать, что точка O является центром масс корпуса; уравнение (2) является теоремой об изменении кинетического момента относительно подвижного центра O , следовало бы записать ее и сказать, что она приводится к виду (2); ускорение i -й точки \mathbf{w}_i – это ее абсолютное ускорение.
3. Представляется неудачным, выбранное автором, название робота – ползун. Этот термин давно используется в технике и имеет совсем другой смысл.

Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук

Отзыв на автореферат подписан член-корреспондентом РАН, д.ф.-м.н., профессором Ушаковым Владимиром Николаевичем, подпись заверена к.ф.-м.н., ученым секретарем ИММ УрОРАН Ульяновым Олегом Николаевичем.

Замечания по содержанию автореферата отсутствуют.

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:

- **получены** уравнения движения мобильного устройства с внутренними подвижными материальными точками по шероховатой плоскости;
- **получен** в аналитическом виде закон поступательного движения мобильного робота,двигающегося за счет гармонически колеблющейся внутренней материальной точке;
- **найлены** оптимальные параметры закона управления точечными массами,двигающимися в противофазе вдоль горизонтальных параллельных направляющих, доставляющие средней угловой скорости корпуса устройства максимум в установившемся режиме поворота;
- **предложено** программное управление относительными движениями точечной массы и диска, расположенных внутри мобильного устройства, позволяющее провести устройство по S-образной траектории;
- **проведено** сравнение величин углов поворота устройства в зависимости от выбора ориентации диска при различных значениях коэффициента сухого трения;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **полученные** в рамках выполнения диссертационной работы уравнения движения могут быть использованы в изучении широкого класса подвижных объектовдвигающихся по шероховатой плоскости без внешних движителей;
- **доказана** возможность маневрирования мобильного устройства по шероховатой плоскости за счет изменения распределения нормальных напряжений в области контакта устройства и плоскости.

Значение для практики полученных результатов заключается в том, что:

- **предложены** модели мобильных устройств могут быть использованы в робототехнике при создании лабораторных образцов, от которых требуется изолированность от окружающей среды;
- **полученные** аналитически и численно траектории движения позволяют предсказывать движение робототехнических средств, построенных в соответствии с описанными в работах моделями;
- **найлены** параметры закона управления относительным движением двух точечных масс,двигающихся в противофазе внутри мобильного устройства, доставляющие средней угловой скорости поворота устройства максимум в установившемся режиме движения.

Оценка **достоверности** результатов исследования подтверждается:

- **согласованием** полученных результатов с опубликованными данными по тематике диссертационного исследования;
- **корректное** использование фундаментальных теорем и уравнений теоретической механики, известных моделей, а также математических преобразований.

Личный вклад соискателя состоит в том, что результаты, представленные в диссертационной работе, получены лично автором. Автор выполнил большинство аналитических вычислений и численных расчетов, самостоятельно провел обработку и интерпретацию полученных данных.

На заседании «11» марта 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Сахарову Александру Вадимовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика, участвовавших в заседании, из 21 человек входящих в состав совета, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

Д 212.125.14, д.ф.-м.н., профессор

П.С. Красильников

Ученый секретарь диссертационного совета

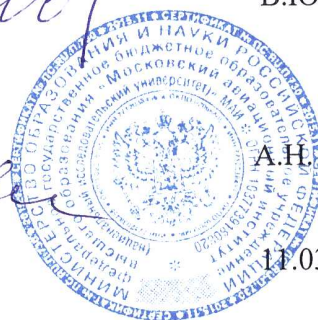
Д 212.125.14, к.ф.-м.н., доцент

В.Ю. Гидаспов

Учёный секретарь МАИ (НИУ),

к.т.н., доцент

А.Н. Ульяшина



11.03.2016