

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 501.001.22
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16 декабря 2016 г., протокол №16/285

О присуждении **Адамову Борису Игоревичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Применение аппарата неголономных связей в задачах идентификации параметров и управления движением» по специальности 01.02.01 – «теоретическая механика» принята к защите 23 сентября 2016 года (протокол № 13/282) диссертационным советом Д 501.001.22 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», 119234, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1, созданным приказом Рособнадзора от 21.12.2007 года, № 2397-1955.

Соискатель Адамов Борис Игоревич, 1989 года рождения, в 2012 году окончил магистратуру Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», в 2016 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». В настоящее время соискатель работает ассистентом в Федеральном государственном

образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», а также по совместительству инженером в Федеральном государственном унитарном предприятии «Московское опытно-конструкторское бюро «МАРС».

Диссертация выполнена на кафедре теоретической механики и мехатроники Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Научный руководитель – Кобрин Александр Исаакович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Официальные оппоненты:

Шамолин Максим Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории навигации и управления Института механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»,

Колесниченко Елена Юрьевна, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Учебно-научного центра интеллектуальной робототехники отделения интеллектуальных систем в гуманитарной сфере Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гуманитарный университет» (РГГУ)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН) в своем положительном заключении, составленном Мухарлямовым Робертом Гарабшевичем, доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры теоретической физики и механики Российского

университета дружбы народов, и утвержденном первым проректором — проектором по научной работе Российского университета дружбы народов, доктором философских наук, профессором Кирабаевым Нуром Сериковичем 19 ноября 2016 года, указала, что

«В работе получены новые результаты, представляющие интерес с теоретической и практической точки зрения: 1. Математический аппарат неголономной механики успешно применён для решения задач адаптивной идентификации параметров, стабилизации аффинных управляемых систем, реализации программных движений мобильной платформы всенаправленного движения. 2. Установлено, что введение неголономных связей позволяет получить новые классы решений задач, в первоначальной постановке которых связи не фигурируют. К ним относятся задача стабилизации аффинных систем управления и задача оценивания для систем с нелинейной параметризацией. 3. Проведено исследование динамики тех степеней свободы механической системы, поведение которых однозначно не определяется программными связями. В задаче реализации равномерного движения мобильного робота вдоль окружности найдены условия существования и устойчивости стационарных вращений платформы. Удовлетворение таких условий позволяет реализовать простое интуитивно предсказуемое поведение системы. 4. Построен алгоритм расчёта управляющих воздействий для мобильного робота, преследующего подвижный объект, не требующий дифференцирования измерительной информации о координатах преследуемого тела». В отзыве присутствует замечания редакционного характера, а также содержится указание на недостаточную проработанность некоторых результатов диссертационной работы: исследование сходимости полученных алгоритмов идентификации проведено только в линейном приближении, свойства предложенного алгоритма стабилизации аффинных управляемых систем фактически не исследуются, отсутствует сравнительный анализ результатов работы предложенного алгоритма погони для мобильного робота. Отмечено, что в диссертации «разработаны положения, совокупность которых можно рассматривать как определённый вклад в механику,

теорию управления движением, теории оценивания и идентификации параметров». Ведущая организация отмечает, что диссертационная работа «соответствует критериям «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор, Адамов Борис Игоревич, заслуживает присуждения ему и учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика».

Отзыв был обсужден и одобрен на заседании теоретической физики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» 20 октября 2016 года (протокол № 0200-22-04/03).

Соискатель имеет 3 опубликованные работы по теме диссертации в научных журналах, рекомендованных ВАК РФ. Две статьи опубликованы в соавторстве с научным руководителем Кобриным А. И. и с доцентом кафедры теоретической механики и мехатроники Национального исследовательского университета «МЭИ» к.т.н. Орловым И. В., которым принадлежат постановки задач и методы их решения, а также консультации в процессе исследования. Результаты диссертации докладывались соискателем на международных конференциях и отражены в тезисах докладов.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Адамов Б. И. Нелинейная стабилизация движения одноколёсного робота // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. — 2011. — № 1. — С. 51–54.
2. Адамов Б. И., Орлов И. В. Управление мобильным манипулятором, работающим в цилиндрической системе координат // Вестник МЭИ. — 2012. — № 1. — С. 28–35.
3. Адамов Б. И., Кобрин А. И. Методы аналитической механики в задаче адаптивной идентификации со связями // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 1, Математика. Механика. — 2016. — № 5. — С. 63–67.

4. An approach to the kinematics and dynamics of a four-wheeled mecanum vehicles / *B. Adamov, M. Abdelrahman, F. Becker et al.* // *Scientific Journal of IfToMM „Problems of Mechanics”, special issue.* — 2013. — no. 2(55). — Pp. 27–37.
5. *Адамов Б. И.* Идентификация параметров динамического объекта при наличии параметрических связей // «Навигация и управление движением». Материалы XVII конференции молодых ученых / ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Международная общественная организация «Академия навигации и управления движением». — СПб.: Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», 2015. — С. 497–508.
6. *Адамов Б. И., Князев А. В.* Асимптотический алгоритм погони для мобильного робота // «Навигация и управление движением». Материалы XVII конференции молодых ученых / ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Международная общественная организация «Академия навигации и управления движением». — СПб.: Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», 2015. — С. 516–524.

На автореферат диссертации поступил положительный отзыв профессора К. Циммерманна, хабилитированного доктора инженерных наук, заведующего кафедрой технической механики машиностроительного факультета Технического университета Ильменау, Германия. Отзыв содержит следующее замечание: «По динамике механических систем с роликонесущими колёсами (Mecanum) существует большое количество работ, ссылки на которые отсутствуют». В отзыве отмечается, что «основным теоретическим результатом работы является доказательство того факта, что введение неголономных связей позволяет получить новые классы решений, не содержащихся в первоначальной постановке».

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в исследуемой области (имеются работы, близкие к теме диссертации).

Выбор ведущей организации обусловлен широкой известностью достижений работающих в ней специалистов, в том числе и в области науки, соответствующей тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что выполненные соискателем исследования можно рассматривать как научно-квалификационную работу, результаты которой могут быть использованы при решении задач управления и стабилизации движения, идентификации параметров мехатронных систем, управления платформами всенаправленного движения, оснащёнными роликонесущими колёсами. Впервые были получены алгоритмы идентификации параметров системы с линейной параметризацией с использованием принципа наименьшего принуждения при выводе определяющих соотношений для оценок параметров, а также представления ограничений на оценки параметров в виде неинтегрируемых уравнений связей (уравнений в псевдоскоростях). С использованием представления ограничений на оценки параметров в виде неинтегрируемых уравнений связей (в псевдоскоростях) получены алгоритмы идентификации параметров, оптимальные по методу наименьших квадратов с ограничениями в виде равенств. Предложена модификация интегрального квадратичного функционала ошибки, позволяющая получить более компактные алгоритмы идентификации параметров с ограничениями в виде равенств как в непрерывном, так и в дискретном времени. Разработаны алгоритмы идентификации параметров математической модели платформы всенаправленного движения youBot. Выявлены особенности динамики робота youBot при организации управления в виде реакций неголономных связей, согласующихся с заданным программным движением.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что в результате его выполнения показано, что применение методов аналитической механики в задаче

идентификации параметров с ограничениями в виде равенств приводит к уменьшению её размерности, и, следовательно, количества необходимых вычислений. В работе получены новые классы решений задач, в первоначальной постановке которых связи не фигурируют (задача стабилизации аффинных управляемых систем и задача оценивания для нелинейно параметризованных систем). Разработанные алгоритмы идентификации применены для определения характеристик установившихся нелинейных колебаний упругого резонатора гироскопа, а также для идентификации параметров колёсной платформы с податливыми элементами механических передач и неполным вектором наблюдения.

Получена математическая модель движения мобильной всенаправленной платформы KUKA youBot, учитывающая трение в сочленениях тел и податливость элементов механических передач колёс. Разработаны алгоритмы адаптивной идентификации параметров мобильного робота youBot. Построен алгоритм управления мобильной платформой с целью реализации требуемого закона изменения компонент вектора скорости её произвольной точки. Алгоритм применён в для реализации равномерного перемещения точки мобильного робота вдоль окружности. Исследованы стационарные вращения платформы, возникающие в процессе выполнения такого управляемого движения.

Полученные результаты достоверны и прошли апробацию в ходе выступлений автора на научных семинарах и конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в получении решений поставленных задач: построении алгоритмов идентификации параметров с ограничениями на в виде равенств с использованием математического аппарата неголономной механики и обосновании работоспособности полученных алгоритмов; построении алгоритмов идентификации параметров нелинейной математической модели резонатора гироскопа и оценивания характеристик его установившихся колебаний; разработке математической модели мобильной роботизированной платформы всенаправленного движения youBot, построении алгоритмов идентификации параметров системы, разработке алгоритмов управления роботом, исследовании

свойств управляемого движения. Постановки задач принадлежат научному руководителю.

На заседании 16 декабря 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Адамову Борису Игоревичу ученую степень кандидата физико-математических наук. Из 21 члена диссертационного совета в заседании участвовало 14, среди которых 13 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации. При проведении тайного голосования в составе 14 человек проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет, нерозданных бюллетеней – 7.

Председатель

диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
профессор



Карапетян
Александр Владиленович

Ученый секретарь

диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук,
доцент



Прошкин
Владимир Александрович

Подписи удостоверяю:

И.о. декана механико-математического
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук,
профессор

Чубариков
Владимир Николаевич