

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.242.04 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.» МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14 февраля 2017 г. № 1

О присуждении Нелаевой Екатерине Игоревне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

- Диссертация «Развитие бикватернионной теории кинематического управления и ее приложение к решению обратной задачи кинематики роботоманипуляторов» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технической отрасли) принята к защите 29 ноября 2016 г., протокол № 15, диссертационным советом Д 212.242.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Министерство образования и науки Российской Федерации, 410054, Саратов, ул. Политехническая. 77, приказ о создании диссертационного совета № 105 НК от 11 апреля 2012 г.

Соискатель Нелаева Екатерина Игоревна, 1990 года рождения. В 2012 году с отличием окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по специальности «Механика». В 2015 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». Работает младшим научным сотрудником лаборатории механики, навигации и управления движением Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем точной механики и управления» Российской академии наук, г. Саратов.

Диссертация выполнена в лаборатории механики, навигации и управления движением Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем точной механики и управления» Российской академии наук, г. Саратов.

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, профессор Челноков Юрий Николаевич, заведующий лабораторией механики, навигации и управления движением Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем точной механики и управления» Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Асланов Владимир Степанович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»,

Депутатова Екатерина Александровна, кандидат технических наук, ведущий инженер-программист научно-исследовательской лаборатории программно-математического обеспечения №230 конструкторского бюро филиала ФГУП «НПЦ Автоматики и приборостроения им. академика Н.А.Пилогина» - Производственное объединение «Корпус»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», г. Самара, в своем положительном заключении, подписанном Сомовым Евгением Ивановичем, кандидатом технических наук, доцентом, начальником отдела навигации, наведения и управления движением НИИ ПНМС, доцентом кафедры электропривода и промышленной автоматики и Кузнецовым Павлом Константиновичем, доктором технических наук, профессором, директором НИИ ПНМС, профессором кафедры электропривода и промышленной автоматики, указала, что диссертация удовлетворяет требованиям Положения ВАК Министерства образования и науки РФ о присуждении ученых степеней, а её автор - Нелаева Екатерина Игоревна - заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (в технической отрасли)».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 10 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5, 3 публикации в виде материалов Всероссийских и Международных конференций, 2 статьи в сборниках научных трудов. Общий объем работ составляет 3,75 печатных листа, авторский вклад – 2,55 печатных листа.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Ломовцева (Нелаева) Е. И. Дуальные матричные и бикватернионные методы решения прямой и обратной задач кинематики роботоманипуляторов на примере стэнфордского манипулятора. I / Е. И. Ломовцева, Ю. Н. Челноков // Известия Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2013. – Т. 13. – Вып. 4. – С. 82-89.

2. Ломовцева (Нелаева) Е. И. Дуальные матричные и бикватернионные методы решения прямой и обратной задач кинематики роботоманипуляторов на примере стэнфордского манипулятора. II / Е. И. Ломовцева, Ю. Н. Челноков // Известия Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2014. – Т. 14. – Вып. 1. – С. 88-95.

3. Нелаева Е. И. Решение прямых и обратных задач кинематики роботоманипуляторов с использованием дуальных матриц и бикватернионов на примере стэнфордского манипулятора. Ч. 1 / Е. И. Нелаева, Ю. Н. Челноков // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2015. – Т. 16. – №6. – С. 373-380.

4. Нелаева Е. И. Решение прямых и обратных задач кинематики роботоманипуляторов с использованием дуальных матриц и бикватернионов на примере стэнфордского манипулятора. Ч. 2 / Е. И. Нелаева, Ю. Н. Челноков // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2015. – Т. 16. – №7. – С. 456-463.

5. Нелаева Е.И. Бикватернионное решение кинематической задачи оптимальной нелинейной стабилизации произвольного программного движения свободного твердого тела / Ю.Н. Челноков, Е.И. Нелаева // Известия Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2016. – Т. 16. – Вып. 2. – С. 198-207.

На автореферат и диссертацию поступило 12 положительных отзывов от:

Голована А.А., д.т.н., профессора, зав. лабораторией управления и навигации механико-математического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; Жбанова Ю.К., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника ФГБУН «Институт проблем механики имени А.Ю. Ишлинского» РАН; Маланина В.В., д.т.н., профессора, президента ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», заслуженного деятеля науки РФ и Стрелковой Н.А., к.ф.-м.н., доцента, доцента кафедры процессов управления и информационной безопасности ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»; Малышева В.В., д.т.н., профессора, зав. кафедрой системного анализа и управления ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», заслуженного деятеля науки РФ; Переляева С.Е., д.т.н., ведущего научного сотрудника ФГУП «Научно-исследовательский институт стандартизации и унификации»; Уткина В.А., д.т.н., профессора, главного научного сотрудника ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» РАН; Опарина Г.А., д.т.н., профессора, заместителя директора по научной работе, зав. отделением «Логических и оптимизационных методов автоматизации решения задач» ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова» Сибирского отделения Российской академии наук; Сергеева А.Н., д.ф.-м.н., профессора кафедры геометрии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный государственный исследовательский университет имени Н.Г. Чернышевского»; Блинкова Ю.А., д.ф.-м.н., зав. кафедрой математического и компьютерного моделирования, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный государственный исследовательский университет имени Н.Г. Чернышевского»; Роднищева Н.Е., д.т.н., профессора, зав. кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева - КАИ»; Чернодарова А.В., д.т.н., доцента, главного научного сотрудника лаборатории навигации и управления ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт»; Бирюкова В.Г., к.ф.-м.н., ведущего инженера-программиста ООО «КАРСАР».

В отзывах отмечены актуальность работы, ее научная и практическая ценность, а также новизна полученных результатов.

Основные замечания по автореферату:

рекомендуется управлениями считать ограниченные по модулю ускорения по степеням подвижности роботов; в автореферате отсутствуют рекомендованные числовые значения коэффициентов усиления обратных связей; в автореферате отсутствуют числовые значения коэффициентов функционалов оптимизации, использованные при численном решении задач; из автореферата не ясно, исследовались ли вопросы существования естественных сингулярных конфигураций стэнфордского манипулятора по степеням подвижности, и как доказана единственность решения обратной задачи кинематики робота разработанным методом; программный комплекс реализован на языке Java, а не в широко используемой системе MATLAB; отсутствует обзор и сравнение эффективности решения прямой задачи кинематики роботов-манипуляторов в классических углах Эйлера и направляющих косинусах и применяемых автором новых кинематических параметрах; не указано, какими инерциальными сенсорами (датчиками) измеряются линейные и угловые скорости; при синтезе кинематического управления роботом-манипулятором по двум функционалам (23) следует рассматривать паретовское множество решений двухкритериальной задачи; в работе недостаточно полно отражены обзорные материалы по задачам обратной кинематики и динамики, в частности, не упомянуты работы Крутько П.Д., Галиуллина А.С. и др.; было бы естественным рассмотреть вопросы робастного управления (при параметрической неопределенности модели объекта управления); не показано, как учитываются в функционале минимизации (19) ограничения (17) и граничные условия (18); не ясно, из каких соображений формируется коэффициент усиления в обратной связи по управлению при моделировании движения стэнфордского манипулятора.

На все замечания автором даны исчерпывающие ответы. Часть замечаний обусловлена ограниченным объемом автореферата, и ответы на них имеются в диссертации, некоторые замечания носят характер пожеланий. В отзывах отмечено, что указанные замечания не ставят под сомнение результаты диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью, большим опытом работы в области теории управления и механике роботов-манипуляторов, что подтверждается представленными ими списками публикаций.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны

– бикватернионные модели и методики решения кинематических задач оптимального программного и оптимального стабилизирующего управлений движением свободного твердого тела в нелинейных постановках для интегральных квадратичных функционалов качества;

– методика решения обратной задачи кинематики роботов-манипуляторов с использованием бикватернионов Клиффорда и бикватернионной теории кинематического управления движением, отличающаяся универсальностью, неитерационностью, высоким быстродействием и единственностью решения

(если оно существует) для выбранного закона кинематического управления и заданного начального положения манипулятора;

предложены

– оптимальный программный бикватернионный кинематический закон управления движением свободного твердого тела, минимизирующий интегральный функционал качества от суммы квадратов управлений;

– бикватернионный кинематический стабилизирующий закон управления движением свободного твердого тела, оптимальный в смысле минимизации интегрального функционала качества от суммы квадратов управлений и среднеквадратичных отклонений фазовых координат от их программных значений;

– аналитические соотношения, определяющие изменение дуальных параметров Эйлера (Родрига-Гамильтона) в процессе движения тела под действием построенных оптимальных программного и стабилизирующего управлений;

доказана

– перспективность использования развитой в диссертации бикватернионной теории кинематического управления движением свободного твердого тела для решения обратных задач кинематики роботов-манипуляторов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно использованы

– кватернионный и бикватернионный аппараты, методы теории управления, принцип максимума Понтрягина, принцип перенесения Котельникова-Штуди, численные методы;

изложены

– в нелинейных бикватернионных кинематических постановках аналитические решения двух актуальных задач построения оптимального программного и оптимального стабилизирующего управлений движением свободного твердого тела и оптимальных траекторий движения тела;

– методика решения прямой задачи кинематики роботов-манипуляторов с использованием матриц дуальных направляющих косинусов и параболических бикватернионов Клиффорда на примере стэнфордского манипулятора;

– алгоритмы решения обратной задачи кинематики роботов-манипуляторов с помощью бикватернионной теории кинематического управления для четырех предложенных в диссертации законов управления;

изучены

– влияние коэффициента усиления обратной связи и шага интегрирования кинематических уравнений движения манипулятора на характер переходного процесса при решении обратной задачи кинематики стэнфордского манипулятора с использованием стабилизирующих законов управления в нормированных и ненормированных бикватернионах;

– влияние отношения весовых коэффициентов функционала оптимизации на характер переходного процесса при решении обратной задачи кинематики

стэнфордского манипулятора с использованием построенного в диссертации оптимального стабилизирующего управления;

– влияние заданного времени решения задачи на динамику переходного процесса при решении обратной задачи кинематики стэнфордского манипулятора с использованием построенного в диссертации оптимального программного управления.

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

– **разработаны и внедрены** в виде разделов отчетов лаборатории механики, навигации и управления движением ИПТМУ РАН по научно-исследовательской работе «Исследование проблем механики, навигации и управления движением с использованием кватернионных и бикватернионных моделей и методов пространства состояний» алгоритмы и результаты численного решения обратной задачи кинематики роботов-манипуляторов с помощью бикватернионной теории кинематического управления, а также решение задач кинематического оптимального управления пространственным движением твердого тела;

– **определены** перспективы использования бикватернионной теории кинематического управления движением свободного твердого тела для решения обратных задач кинематики роботов-манипуляторов;

– **представлены** рекомендации по выбору коэффициентов усиления обратной связи для законов управления, построенных по принципу обратной связи, и шага интегрирования кинематических уравнений движения манипулятора при решении обратной задачи кинематики роботов-манипуляторов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория основана на известных бикватернионных методах и моделях описания движения свободного твердого тела;

идея базируется на анализе современного состояния бикватернионной теории кинематического управления движением и механики роботов-манипуляторов, проведенном путем изучения отечественных и зарубежных публикаций, посвященных теории кинематического управления и решению обратной задачи кинематики роботов-манипуляторов;

установлено совпадение полученных бикватернионных законов управления в случае вращательного движения свободного твердого тела с кватернионными законами кинематического управления, полученными ранее Челноковым Ю.Н., Бирюковым В.Г. и Молоденковым А.В., а также, соответствие теоретических результатов результатам численного моделирования.

Личный вклад автора состоит в непосредственном участии во всех этапах исследования, а именно: в построении (в нелинейных постановках) аналитических решений задач оптимального программного и оптимального стабилизирующего управлений с использованием бикватернионов Клиффорда, в построении алгоритмов решения обратной задачи кинематики роботов-манипуляторов с использованием бикватернионной теории

кинематического управления, решении прямой задачи кинематики стэнфордского манипулятора и получении его кинематических уравнений с использованием дуальных матриц направляющих косинусов, в моделировании управляемого движения манипулятора и численном решении обратной задачи кинематики стэнфордского манипулятора с помощью разработанного метода, анализе полученных результатов, подготовке 10-и работ к публикации, а также апробации результатов.

Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, охватывает основные вопросы поставленной научной задачи построения новых биватернионных законов кинематического управления и приложения бикватернионной теории кинематического управления к решению обратной задачи кинематики роботов-манипуляторов и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием основной идейной линии, последовательного плана исследования и взаимосвязи выводов.

На заседании 14 февраля 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Нелаевой Екатерине Игоревне ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технической отрасли) за существенный вклад в разработку методик, моделей и алгоритмов решения задач управления движением твердого тела и роботов-манипуляторов.

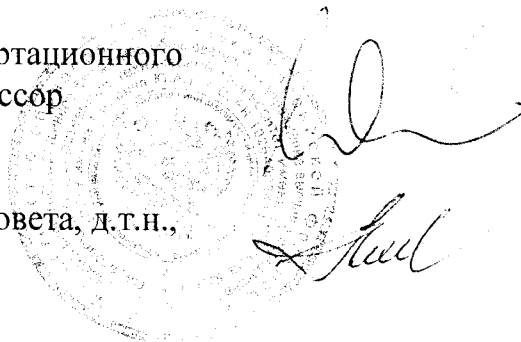
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 13, против присуждения ученой степени – 1, недействительный бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета, д.т.н., профессор

Чеботаревский
Юрий Викторович

Ученый секретарь диссертационного совета, д.т.н., доцент

Алешкин
Валерий Викторович



«15» февраля 2017 г.