

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.231.02  
НА БАЗЕ ДВУХ ОРГАНИЗАЦИЙ: ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ,  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета № 22/10 от 15.09.2022 г.

О присуждении Рыжкову Александру Игоревичу, гражданство РФ, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Моделирование динамики целенаправленного движения объектов с упругими элементами» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 28.06.2022 г. (протокол заседания №22/7) Объединенным Диссертационным советом Д 999.231.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт природно-технических систем» (почтовый адрес: 299011, г. Севастополь, ул. Ленина, 28, тел. 8(8692) 54-44-10) и Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет» (почтовый адрес: 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, тел. 8(8692) 43-50-02) Приказом Минобрнауки России о создании диссертационного совета № 970/нк от 17.10.2019 г., Приказом Минобрнауки России о частичных изменениях в составе совета № 679/нк от 24.06.2022 г.

Соискатель Рыжков Александр Игоревич, 1991 года рождения.

В 2013 г. окончил Севастопольский национальный технический университет по специальности «Компьютерно-интегрированные технологические процессы и производства», а также Университет Оксфорд Брукс (г. Оксфорд, Великобритания) по специальности «Передовое инженерное проектирование», получив степень магистра. В 2017 г. окончил аспирантуру СевГУ по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника».

Решением государственной экзаменационной комиссии ему присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь» (диплом об окончании аспирантуры 108118 0621002, регистрационный номер 0902617-2, дата выдачи 01 ноября 2017 г.). С сентября 2014 года по июль 2015 года проходил стажировку в Чешском техническом университете (г. Прага, Чехия, Erasmus Mundus Action 2 EWENT, «East-West European Network on higher Technical education», Agreement No. 2011-4049/002-001-EMA2) на кафедре Механики, биомеханики и мехатроники (Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky) Машиностроительного факультета (Fakulta strojní). С октября 2015 по сентябрь 2017 работал в ГБОУ «Средняя общеобразовательная школа №45 им. В.И. Соколова с углубленным изучением испанского языка» как учитель информатики и инженер по обслуживанию технических систем. С сентября 2018 г. по июнь 2022 г. работал в СевГУ ассистентом кафедры «Цифровое проектирование» (ранее – «Техническая механика и машиноведение»), с июля 2022 г. по настоящее время является старшим преподавателем данной кафедры.

Кандидатский экзамен по истории и философии науки (технические науки) сдан на оценку «хорошо». Кандидатские экзамены по специальности 05.13.18 и по иностранному языку (английскому) сданы на оценку «отлично».

Диссертация выполнена на базе ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – Бохонский Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Цифровое проектирование» Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет».

**Официальные оппоненты:**

1) Жуков Иван Алексеевич, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Машиностроение», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург;

2) Сухоруков Андрей Львович, д-р техн. наук, заместитель начальника проектного отдела АО «ЦКБ МТ «Рубин», г. Санкт-Петербург;

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация:** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, в своем положительном заключении, подписанном Степановым Андреем Валерьевичем, д-ром техн.

наук, профессором, заведующим кафедрой «Системный анализ и информатизация» Физико-технического института и утвержденным Андреем Павловичем Фалалеевым, д-ром техн. наук, профессором, ректором ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», указала, что диссертационная работа Рыжкова Александра Игоревича является завершённым, самостоятельно выполненным научным исследованием, в котором решены актуальные научные задачи по проблеме моделирования управляемого движения конструкций с элементами конечной жесткости с использованием комплекса разработанных программ и результатов натурного эксперимента. Основные научные результаты диссертации изложены в 26 работах: 2 индексируются в базе Scopus, 1 - в Web of Science, 23 - в иных отечественных изданиях (перечень ВАК и РИНЦ по техническим специальностям); получено 1 свидетельство о регистрации программы на ЭВМ и 1 патент на изобретение. Тема и содержание диссертации соответствуют формуле и области исследования, приведённой в паспорте специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по пунктам: п.1. «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений»; п.3 «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий»; п.5 «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента»; п.6 «Разработка новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей объектов на основе данных натурного эксперимента». Научные результаты работы соответствуют отрасли технических наук. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Рыжков Александр Игоревич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

**Соискатель имеет** 26 опубликованных работ по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях и материалах международных отечественных и зарубежных конференций, в том числе 3 – в изданиях, индексируемых в Scopus/Web of Science; опубликовано 8 статей в журнале из перечня ВАК по техническим специальностям, а также 15 работ в рецензируемых научных

изданиях (РИНЦ) и в сборниках трудов отечественных и международных конференций. По результатам работы был получен 1 патент на изобретение и 1 свидетельство на регистрацию программы для ЭВМ. Материалы исследований вошли в учебное пособие «Программное управление оборудованием», рекомендованное Ученым советом Политехнического института СевГУ для студентов специальностей 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 15.03.06 «Мехатроника и робототехника». Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 18,13 п. л., авторский вклад –70 %. Недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя в диссертации отсутствуют.

Наиболее значимые научные работы по теме отражены в публикациях:

- 1) Bokhonsky A. Experimental test of the optimal rotation for the finite stiffness cantilever rod / A. Bokhonsky, M. Maistrishin, **A. Ryzhkov** // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017) // MATEC Web of Conferences. 2017. №129. Art. № 03021. (Вклад соискателя 70%).
- 2) Bokhonsky, A. Reducing of energy consumption for the object's motion with designed optimum control / A. Bokhonsky, N. Varminskaya, **A. Ryzhkov** // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science // MATEC Web Conferences. 2020. V.329, P.03064. (Вклад соискателя 65%).
- 3) Bokhonsky, A. Minimum energy capacity for «acceleration-braking» control / A. Bokhonsky, N. Varminskaya, M. Maistrishin, **A. Ryzhkov** // 2021 International Conference on Artificial Intelligence & Information Systems. 2021. P.3. (Вклад соискателя 65%).
- 4) Свидетельство № 2022617104 РФ. Программа «Моделирование динамики вращения консольного элемента конечной жесткости»: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / **А.И. Рыжков**; заявитель и правообладатель **А.И. Рыжков**; № 2022616041; заявл. 06.04.2022, опубл. 18.04.2022; Бюл. № 4. (Вклад соискателя 100%).
- 5) Бохонский А.И. Использование телескопического манипулятора для оптимального перемещения объекта по прямой в пространстве / А.И. Бохонский, **А.И. Рыжков** // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. Орёл: ФГБОУ ВО Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2018. №3(329). С.29–35. (Вклад соискателя 70%).
- 6) Бохонский А.И. Алгоритм конструирования оптимального движения

упругого объекта / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская, Т.В. Мозолевская Т.В., **А.И. Рыжков** // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. Орёл: ФГБОУ ВО Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2021. № 4 (348). С. 33–38. (Вклад соискателя 55%).

7) Патент 2655118 Российская федерация, МПК В29С 64/118 (2017.01), В33У 10/00 (2015.01), В29С 31/00 (2006.01). Способ изготовления вентиляционной панели, экранирующей электромагнитное излучение / В.А. Якунин, **А.И. Рыжков**; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Группа Компаний «ЗАИН» (RU); № 2017119733, заявл. 06.06.2017, опубл. 23.05.2018; Бюл. № 15. – 12 с. (Вклад соискателя 85%).

На автореферат диссертации поступило **девять** отзывов, **все положительные**. В отзывах отмечается актуальность диссертационного исследования, научная новизна, адекватность и оригинальность использованных методов, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Отмечено, что диссертационная работа выполнена на достаточно высоком научном уровне, выводы по диссертации достоверны и полностью отражают поставленные задачи.

Замечания содержатся в следующих отзывах:

1. от Кузнецова Сергея Викторовича, канд. техн. наук, доцента, заведующего кафедрой «Машиностроительные технологические комплексы», зам. директора ИПТМ ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород). В отзыве отмечено, что в экспериментальной проверке не учитывается сопротивление воздуха, а также влияние датчика (сосредоточенной массы) на конце стержня.
2. от Сатыги Олега Герасимовича, канд. техн. наук, заведующего кафедрой математики и начертательной геометрии ЧВВМУ им. П.С. Нахимова (г. Севастополь). Указано, что в автореферате следовало бы использовать интегральную количественную оценку погрешности между экспериментальным и теоретическим ускорением конца стержня.
3. от Анцифорова Алексея Анатольевича, канд. техн. наук, доцента кафедры «Технологии обработки давлением» МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва). В отзыве указано на несоответствие длительности поворота упругого консольного стержня и общего времени его движения в разных главах диссертационной работы; также указано на отсутствие учета влияния случайных возмущений при

моделировании целенаправленных движений.

4. от Абдулагзиса Умера Абдуллаевича, д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Автомобильный транспорт» ГБОУ ВО РК КИПУ им. Февзи Якубова (г. Симферополь). Указано на отсутствие четкой формулировки конкретного инженерного результата проведенных исследований, понятного для пользователя.

5. от Дударева Александра Сергеевича, канд. техн. наук, доцента кафедры «Инновационные технологии машиностроения» Пермского национального исследовательского института (г. Пермь). В отзыве отмечена неясность в постановке одной из задач, а именно, отсутствие уточнения для каких частот собственных колебаний была разработана лабораторная установка, а также у какого именно объекта исследования были проведены замеры. По мнению Дударева А.С. также требуется пояснение, каким образом при экспериментальной проверке оптимальных вращений вокруг неподвижной оси консольного стержня конечной жесткости с распределенной массой с использованием робота Mitsubishi Robot RV-1A была исключена роль конечной жесткости плеча самого робота.

6. от Пряшниковой Полины Федоровны, канд. техн. наук, старшего преподавателя кафедры «Прикладная математика» филиала Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в городе Севастополе (г. Севастополь). В отзыве содержатся замечания относительно отсутствия информации о влиянии погрешности воздействия на конечный результат – достижение цели движения. Также не указано какой вид имеет функция переносной скорости и ускорения, если степень ( $n$ ) используемого полинома стремится к бесконечности ( $n \rightarrow \infty$ )?

7. от Михайлова Александра Николаевича, д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Технология машиностроения» Донецкого национального технического университета, (г. Донецк, ДНР). В отзыве отмечено, что целесообразно более детально сравнить известный зарубежный и отечественный опыт реализации подходов к моделированию движения систем с конечной жесткостью, а также, что кроме графического метода поиска общих корней системы трансцендентных уравнений следовало бы указать и другие способы.

8. от Гируцкого Ольгерта Ивановича, д-ра техн. наук, профессора, заслуженного машиностроителя РФ, лауреата Государственной премии РФ, лауреата премии Правительства РФ, зам. председателя Экспертного совета ФГУП

«НАМИ», Фисенко Игоря Александровича, канд. техн. наук, ведущего эксперта Экспертного совета ФГУП «НАМИ», утвержденного Бахмутовым Сергеем Васильевичем, д-ром техн. наук, профессором, зам. Генерального директора по науке ФГУП «НАМИ»; (г. Москва). В отзыве отмечено, что в автореферате время оптимального движения упругого объекта с одной степенью свободы находится как общий корень трансцендентных уравнений, однако для системы с двумя степенями свободы требуется дополнительное пояснение алгоритма поиска общих корней системы трансцендентных уравнений.

9. Отзыв Белоножко Павла Петровича, канд. техн. наук, доцента кафедр «Системы автоматизированного проектирования», «Теория механизмов и машин» МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва) замечаний не содержит.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается высокой квалификацией оппонентов и сотрудников, ведущей организации, опытом проведения научно-исследовательских работ и тем, что направление их научной деятельности в значительной степени пересекается с тематикой диссертации, посвященной моделированию динамических процессов при быстрых перемещениях объектов конечной жесткости, порождающих упругие свободные и вынужденные колебания.

Первый оппонент, д-р техн. наук, доцент Жуков Иван Алексеевич является одним из ведущих специалистов по математическому и компьютерному моделированию управляемых воздействий техническими упругими системами, для которых на основании результатов оценки напряженно-деформированного состояния приводятся рекомендации по совершенствованию конструкции. Работы И.А. Жукова посвящены применению аналитических и численных методов для: моделирования динамических процессов в ударных системах, разработки численных методов расчета и анализа воздействий, генерируемых в технических системах, проведения экспериментальной проверки достоверности теоретических результатов, создания и совершенствования комплексов программ для решения задач определения и оценки форм импульсов (воздействий).

Второй оппонент, д-р техн. наук, профессор Сухоруков Андрей Львович является известным специалистом в области моделирования динамики технических систем, имеет публикации в ведущих отечественных изданиях и в зарубежных сборниках трудов. Основные достижения научной деятельности А.Л. Сухорукова связаны с разработкой и верификацией расчетных моделей

технических систем на основании результатов аналитического и численного моделирования. Он является автором программ расчета гидроупругих и вибропрочностных характеристик технических систем при учете влияния случайных воздействий.

Ведущая организация, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь обладает признанным научным авторитетом в области моделирования объектов и явлений, обладает обширной и уникальной материальной базой управляемых объектов конечной жесткости. Структурным подразделением ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» является Физико-технический институт, включающий в себя следующие кафедры: «Дифференциальные уравнения и геометрия», «Высшая математика», «Прикладная математика», «Компьютерная инженерия и моделирование», «Алгебра и функциональный анализ», «Системный анализ и информатизация». Функционируют лаборатории 3D моделирования и прототипирования, имеющие 3D-принтеры, в состав которых входят упругие элементы, передающие движение от двигателей исполнительным элементам. Сотрудники Физико-технического института являются ведущими учеными в области моделирования технических систем с использованием численных методов и комплексов программ. В особенности, это относится к профессору кафедры системного анализа и информатизации, д-р. техн. наук, проф. А.В. Степанову.

В медицинском центре имени Святителя Луки на базе ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» функционирует медицинский манипулятор-ассистент SoloAssist II для проведения лапароскопических операций, для которого актуальна как реализация целенаправленных движений (при минимизации колебаний по достижению заданной хирургом позиции), так и снижение энергии на реализацию движений с минимизацией травматизма. ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» является учредителем журнала «Таврический Вестник Информатики и Математики», включенного в Перечень ВАК (№2289, с 01.02.2022), в частности, по научной специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют за последние 5 лет статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах в областях, связанных с темой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных



соискателем исследований:

**разработан** новый метод компьютерного моделирования целенаправленных переносных поступательных и вращательных ускорений (управлений) упругих объектов при линейных либо угловых перемещениях за время, определяемое из моментных соотношений;

**разработаны** и исследованы методы реверсионного конструирования и оценки энергоемкости целенаправленных переносных ускорений типа «разгон – торможение» с использованием пакетов прикладных программ;

**выполнены** аналитические и численные эксперименты для обоснования кососимметричных ускорений, обеспечивающих достижение цели движения; обобщение результатов комплексных исследований привело к разработке универсальных аналитических зависимостей, описывающих динамику целенаправленного переносного движения;

**разработаны** пакеты прикладных программ, использующие аналитические и численные методы вычислительной математики, методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений (Maple) для анализа динамики управляемых объектов с упругими элементами;

**получено** экспериментальное подтверждение корректности разработанного нового метода математического моделирования динамики упругого консольного объекта (руки манипулятора) при быстром вращении с последующей проверкой адекватности модели;

**доказана перспективность использования** в манипуляторах и других управляемых объектах конструируемых кососимметричных ускорений упругих элементов для перемещения из исходного состояния покоя в конечное состояние, близкое к абсолютному покою, за время, найденное из системы трансцендентных уравнений (моментных соотношений).

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

**доказано** существенное снижение энергетических затрат на реализацию движений без потери производительности и точности позиционирования с возрастанием степени задаваемого полинома ускорения при решении полной обратной задачи вариационного исчисления с учетом итерационной процедуры поиска приемлемого времени движения из числа общих корней системы трансцендентных уравнений;

**применительно к проблематике диссертации результативно**

**использованы** аналитические и численные методы вычислительной математики, методы вариационного исчисления, фундаментальные теоремы теоретической и прикладной механики;

**доказано** преимущество использованного метода синтеза целенаправленных движений объектов с упругими элементами по сравнению с ранее применяемыми методами;

**изучены** метод моментов, метод решения задачи Лагранжа, достаточные условия слабого и сильного экстремума (условий Лежандра, Якоби, Вейерштрасса), метод Ритца, принцип максимума Понтрягина, элементы теории механических колебаний, аналитической механики и механики деформируемого твердого тела, аналитические и численные методы вычислительной математики;

**дано** обобщение результатов комплексных исследований, приведшее к появлению универсальных аналитических зависимостей, описывающих динамику целенаправленного движения и подтверждающих снижение энергетических затрат на реализацию целенаправленных движений.

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

**разработана и внедрена** в учебный процесс кафедры «Приборостроительные системы и автоматизация технологических процессов» Политехнического института ФГАОУ ВО «СевГУ» методика эксперимента по реализации целенаправленного движения; результаты отражены в учебном пособии «Программное управление оборудованием» (Севастополь, 2020), рекомендованном для студентов очной формы обучения Ученым советом Политехнического института СевГУ (протокол № 5 от 15.10.2020 г.) по специальностям 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»;

**зарегистрирована** программа для ЭВМ и **определена** возможность использования полученных в результате ее работы ускорений типа «разгон-торможение» при реализации целенаправленных движений в управляемых объектах с упругими элементами с последующей оценкой адекватности модельных представлений о колебательном процессе при осуществлении экспериментального переносного движения;

на основе проведенных исследований **запатентован** способ изготовления вентиляционной панели, экранирующей электромагнитное излучение,

основанный на задании допустимых перемещений исполнительным органом, движение которого осуществляется через ременную передачу; способ прошел апробацию и внедрен в производство ООО «Группа компаний «ЗАИН» (г. Москва).

**Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:**

**для экспериментальных работ** результаты получены с применением современных аппаратно-программных средств вычислительной техники, осуществляющих фильтрацию данных; экспериментальная установка реализована на базе современного манипулятора с программным управлением;

**теория** конструирования целенаправленных движений построена на разделении движения объекта на переносное и относительное; для переносного движения найдено решение полной обратной задачи вариационного исчисления с проверкой экстремума полученного функционала-критерия (использованы условия Лежандра, Якоби, Вейерштрасса); тенденция снижения затрат энергии подтверждается в том числе уменьшением численного значения действия (в форме Мопертюи-Лагранжа); теоретические результаты исследований подтверждены экспериментальными данными, полученными в результате натуральных испытаний;

**идея базируется** на использовании известных методов аналитической механики и механики деформируемого твердого тела, аналитических и численных методах вычислительной математики, вариационного исчисления;

**установлено** статистически приемлемое расхождение между результатами численных расчетов и экспериментальными данными, полученными на лабораторном стенде и при натуральных испытаниях;

**использованы** и развиты методы моделирования динамики объектов с упругими элементами.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном активном участии в решении всех поставленных задач, подготовке и проведении экспериментов, интерпретации полученных результатов, формулировке выводов, подготовке научных публикаций и докладов при непосредственном участии в конференциях.

**Общая оценка диссертационного исследования:** диссертационная работа Рыжкова А.И. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится ряд новых результатов, направленных на решение

актуальной задачи, направленной на разработку и развитие математических моделей и методов, позволяющих моделировать управляемое движение конструкций с элементами конечной жесткости. Диссертация Рыжкова А.И. удовлетворяет всем требованиям пунктов 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013г. №842, установленным для кандидатских диссертаций. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ по следующим пунктам:

пункту 1. «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений» – в части разработки нового метода конструирования и компьютерного моделирования ускорений объектов, основанного на разделении сложных движений на переносное и относительное, приемлемое время движения в случае упругих объектов определяется из моментных соотношений в относительном движении (как один из общих корней системы трансцендентных уравнений);

пункту 3. «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий» – в части разработки новых пакетов прикладных программ, реализующие метод конструирования целенаправленных переносных ускорений типа «разгон-торможение», обеспечивающих снижение энергетических затрат на достижение цели движения;

пункту 5. «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента» – в части результатов комплексных исследований с привлечением алгоритма решения полной обратной задачи вариационного исчисления;

пункту 6. «Разработка новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей объектов на основе данных натурального эксперимента» – в части выполнения проверки адекватности математической модели путем экспериментального исследования оптимального быстрого вращения консольного элемента конечной жесткости (руки манипулятора) для достижения абсолютного покоя в конечном состоянии.

Соответствие отрасли технических наук подтверждается разработкой программно-технического комплекса для проведения аналитических и численных экспериментов с последующей натурной верификацией на базе промышленного робота Mitsubishi MELFA; показаны пути использования результатов в различных областях техники.

В диссертации не использованы заимствованные материалы без ссылки на автора или источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылок на соавторов.

На заседании 15 сентября 2022 года диссертационный совет за разработку новых математических моделей с использованием алгоритма решения обратной задачи вариационного исчисления и созданного комплекса программ для конструирования управляемого движения объектов с элементами конечной жесткости, принял решение **присудить** Рыжкову Александру Игоревичу ученую степень **кандидата технических наук**.

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве **18** человек, из них **7** докторов наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, участвовавших в заседании, из **двадцати шести** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **ноль** человек, проголосовали: «за» – **18**, «против» – **нет**.

Председатель объединенного диссертационного совета,  
член-корреспондент РАН, д-р геогр. наук, профессор

\_\_\_\_\_ А.Б. Полонский

Ученый секретарь объединенного диссертационного  
совета, канд. физ.-мат. наук

\_\_\_\_\_ В.П. Евстигнеев

Дата оформления Заключения 16.09.2022 г.

Подписи А.Б. Полонского и В.П. Евстигнеева заверяю  
ученый секретарь ФГБНУ ИПТС

\_\_\_\_\_ О.Ю. Сухонос