

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ПДС 0200.007
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ ИМЕНИ ПАТРИСА
ЛУМУМБЫ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26.10.2023г., протокол № 8

О присуждении Каспировичу Ивану Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «**Использование модификаций метода стабилизаций связей для решения задач динамики физических систем**» по специальности 1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин, в виде рукописи принята к защите от 14 сентября 2023г., протокол №7, диссертационным советом ПДС 0200.007 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.; приказ от 05.12.2022 года №720).

Соискатель **Каспирович Иван Евгеньевич** 1993 года рождения, в 2017 году (с отличием) окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» по направлению 03.04.02 Физика.

С 2017 по 2021 гг. обучался в аспирантуре РУДН по программе подготовки научно-педагогических кадров по направлению, соответствующему научной специальности «Физика и астрономия, по которой подготовлена диссертация.

В период подготовки диссертации являлся ассистентом института физических исследований и технологий РУДН, где и работает по настоящее время.

Диссертация выполнена в институте физических исследований и технологий факультета физико-математических и естественных наук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы" Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – **Мухарлямов Роберт Гарабшевич**, гражданин Российской Федерации доктор физико-математических наук, профессор (1.1.7., физико-математические науки), профессор института физических исследований и технологий факультета физико-математических и естественных наук Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы

Официальные оппоненты:

– **Гутник Сергей Александрович**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (01.02.01 – Теоретическая механика), профессор, доцент кафедры математики, эконометрики и информационных технологий факультета международных экономических отношений Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного института международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации»

- **Холостова Ольга Владимировна**, гражданин Российской Федерации, профессор физико-математических наук (01.02.01 – Теоретическая механика), доцент, профессор кафедры мехатроники и теоретической механики Института № 8 «Компьютерные науки и прикладная математика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

- **Кончина Лариса Владимировна**, гражданин Российской Федерации, кандидат физико-математических наук (01.02.01 – Теоретическая механика), доцент кафедры «Технологические машины и оборудование» филиала Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет МЭИ» в г. Смоленск. дали положительные (отрицательные) отзывы о диссертации.

Соискатель имеет 3 опубликованные работы в печатных изданиях, рекомендованных «Перечнем РУДН» и «Перечнем ВАК» В наукометрическую международную базу данных «Scopus» входит 10 работ, из которых 4 напечатаны в изданиях, индексируемых базой «Web of Science». Общий объем публикаций 7.5 п.л.

Авторский вклад 90%.

Наиболее значимые публикации:

В журналах SCOPUS, Web Of Science

1. *Borisov A. V., Blinov A., Kaspirovich I. E. and other* Electromechanical Model of Variable-Length Link for Exoskeleton or Prosthesis // Lecture Notes in Networks and Systems – 2023. – P. 1344-1353.

2. *Borisov A. V., Kaspirovich I. E., Mukharlyamov R. G., Filippenkov K. D.* Robotic Controlled Electromechanical Model of Two Links of Variable Length for Aerospace Purposes // Russian Aeronautics. – 2022. – Vol. 65. – No 1. – P. 68-80.

3. *Matukhina O. V., Kaspirovich I. E., Mukharlyamov R. G.* On a Problem of Programming the Movement of a Mobile Robot // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – IEEE, 2020. – P. 1-5.

4. *Borisov A. V., Kaspirovich I. E., Mukharlyamov R. G.* On Mathematical Modeling of the Dynamics of Multilink Systems and Exoskeletons // Journal of

Computer and Systems Sciences International. – 2021. – Vol. 60. – No 5. – P. 827-841.

5. *Borisov A. V., Kaspirovich I. E., Mukharlyamov R. G.* Dynamic Control of Compound Structure with Links of Variable Length // *Mechanics of Solids*. – 2021. – Vol. 56. – No 2. – P. 197-210.

6. *Kaspirovich I. E., Mukharlyamov R. G.* Possible solutions of inverse dynamical problems with regards for nonlinear constraint stabilization function // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – Vol. 1705. – P.1-5.

7. *Kaspirovich I. E., Askarova K.Z., Mukharlyamov R. G.* Determination of constraint stabilization parameters with multiple roots of characteristic equation // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – Vol. 1301. – P. 1-4.

8. *Kaspirovich I. E., Mukharlyamov R. G.* On Constructing Dynamic Equations Methods with Allowance for Atabilization of Constraints // *Mechanics of Solids*. – 2019. – Vol. 54. – No 4. – P. 589-597.

9. *Kaspirovich I. E.* Constraint stabilization of two-wheeled sleigh // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2018. – Vol. 468. – P. 1-7.

10. *Kaspirovich I. E., Mukharlyamov R. G.* Constraint Stabilization Application to Chaplygin Systems // 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – 2018. – С. 1-4.

В изданиях перечней ВАК РФ, РУДН

1. Каспирович И. Е. Управление динамикой составной конструкции со звеньями переменной длины / А. В. Борисов, И. Е. Каспирович, Р. Г. Мухарлямов // *Известия Российской академии наук. Механика твердого тела*. – 2021. – № 2. – С. 72-87.

2. Каспирович И. Е. О математическом моделировании динамики многосвязных систем и экзоскелетов / А. В. Борисов, И. Е. Каспирович, Р. Г. Мухарлямов // *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. – 2021. – № 5. – С. 162-176.

3. Каспирович И. Е. О методах построения уравнений динамики с учетом стабилизации связей / И. Е. Каспирович, Р. Г. Мухарлямов // *Известия Российской академии наук. Механика твердого тела*. – 2019. – № 3. – С. 124-135.

На автореферат диссертации поступили положительные, не содержащие критических замечаний отзывы:

1. **Бардин Борис Сабирович**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (01.02.01 – Теоретическая механика), заведующий кафедрой мехатроники и теоретической механики Института № 8 «Компьютерные науки и прикладная математика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

2. **Шкапов Павел Михайлович**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (01.02.01 – Теоретическая механика), заведующий кафедрой теоретической механики факультета “Фундаментальные науки” Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
3. **Киргизбаев Жузбай Киргизбаевич**, гражданин Республики Казахстан, кандидат физико-математических наук (01.02.01 – Теоретическая механика), профессор кафедры высшей математики физико-математического факультета Южно-Казахстанского государственного педагогического университета.
4. **Юденков Алексей Витальевич**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор, профессор кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин Смоленского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией, наличием научных трудов и публикаций, соответствующих теме оппонируемой диссертации:

Основные публикации официального оппонента **Гутника Сергея Александровича** по тематике диссертационного исследования:

1. Гутник С. А. Символьные методы вычисления положений равновесия системы двух связанных тел на круговой орбите / С. А. Гутник, В. А. Сарычев // Программирование. – 2022. – № 2. – С. 16-22.

2. Гутник С. А. Символьно-аналитические методы исследования положений равновесия спутника на круговой орбите / С. А. Гутник, В. А. Сарычев // Программирование. – 2021. – № 2. – С. 28-33.

3. Гутник С. А. Исследование стационарных движений системы двух связанных тел на круговой орбите с применением методов компьютерной алгебры / С. А. Гутник, В. А. Сарычев // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2020. – Т. 60. – № 1. – С. 80-87.

4. Гутник С. А. Математическое моделирование движения спутника с аэродинамической системой ориентации при действии активных демпфирующих моментов / С. А. Гутник, В. А. Сарычев // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2020. – Т. 60. – № 10. – С. 1777-1786.

5. Гутник С. А. Применение методов компьютерной алгебры для исследования динамики системы двух связанных тел на круговой орбите / С. А. Гутник, В. А. Сарычев // Программирование. – 2019. – № 2. – С. 32-40.

Основные публикации официального оппонента **Холостовой Ольги Владимировны** по тематике диссертационного исследования:

1. Холостова О. В. О движениях близкой к автономной гамильтоновой системы в случаях двух нулевых частот / О. В. Холостова // Вестник удмуртского университета. математика. механика. компьютерные науки – 2020. – Т. 30. – № 4. – С. 672-695.

2. Kholostova O. V. On the Dynamics of a Rigid Body in the Hess Case at High-Frequency Vibrations of a Suspension Point / O. V. Kholostova // Nelineinaya Dinamika. – 2020. – Vol. 16. – No 1. – pp. 59-84.

3. Холостова О. В. О периодических движениях близкой к автономной системы в случаях двойного параметрического резонанса / О. В. Холостова // Прикладная математика и механика. – 2019. – Т. 83. – № 2. – С. 175-201.

4. Kholostova O. V. On the Motions of One Near-Autonomous Hamiltonian System at a 1:1:1 Resonance / O. V. Kholostova // Regular and Chaotic Dynamics. – 2019. – Vol. 24. – No 3. – pp. 235-265.

5. Kholostova O. V. Nonlinear Stability Analysis of Relative Equilibria of a Solid Carrying a Movable Point Mass in the Central Gravitational Field / O. V. Kholostova // Nelineinaya Dinamika. – 2019. – Vol. 15. – № 4. – pp. 505-512.

Основные публикации официального оппонента **Кончиной Ларисы Владимировны** по тематике диссертационного исследования:

1. Кончина Л.В. Модель опорной ноги антропоморфного робота или экзоскелета с двумя подвижными звеньями с учетом динамики электропривода / А. О. Блинов, А. В. Борисов, Л. В. Кончина, К. С. Маслова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т.24. - № 2. – С.147-159.

2. Кончина Л.В. Пространственные модели управляемых шарнирных механизмов со звеньями переменной длины для экзоскелетов человека / А. В. Борисов, Г. М. Розенблат, Л. В. Кончина [и др.] // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2021. – № 6. – С. 73-87.

3. Кончина Л.В. Моделирование движения опорной ноги экзоскелета с двумя звеньями переменной длины в 3D-пространстве / А. О. Блинов, А. В. Борисов, Л. В. Кончина, М.Г. Куликова, К. С. Маслова // Прикладная информатика. – Т.16. - №4. – С. 122-134.

4. Кончина Л.В. Пассивно-активный экзоскелет со звеньями переменной длины и пружинными элементами двух типов / А. В. Борисов, Ю. Е. Волкова, Л. В. Кончина, К. С. Маслова // Справочник. Инженерный журнал. – 2020. – № 282. – С. 54-64.

5. Кончина Л.В. Моделирование движения человека в защитном пассивном экзоскелете с пружинными элементами двух типов / А.В. Борисов, Л.В. Кончина, М.Г. Куликова, К.С. Маслова // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. – 2020. – № 9-10 (147-148). - С. 23-31.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- впервые приведено решение системы дифференциально-алгебраических уравнений движение динамической системы со связями с учетом модификаций метода стабилизации связей;

- впервые показана зависимость оценки величины отклонений от уравнений связей и структуры функции возмущений связей в модификациях метода стабилизации связей;

- впервые предложено использовать метод стабилизации связей для обхода сингулярных точек в задачах динамики твердого тела;

- впервые использован метод стабилизации частных интегралов в задаче движения космического аппарата переменной массы.

Теоретическая значимость работы заключается в предложении использования метода стабилизации связей при решении задач управления динамикой систем твердых тел. Практическая значимость работы состоит в использовании метода стабилизации частных интегралов для получения устойчивого численного решения уравнений движения ракеты переменной массы. Также стоит отметить предложенный соискателем алгоритма обхода точек сингулярности с использованием стабилизации связей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- теория диссертационного исследования основана на корректном использовании математического аппарата тензорного анализа, метод численного интегрирования, аналитической механики.

- результаты, полученные соискателем в результате численного интегрирования с использованием модификаций метода стабилизации связей, согласуются с известными результатами, полученными сторонними приложениями, обеспечивающими устойчивыми относительно уравнений связей численными решениями.

Положения, выносимые на защиту:

1. Установлена функциональная зависимость между величиной максимального отклонения численного решения от уравнений связей и величинами коэффициентов линейной формы в функции стабилизации связей.
2. Предложен алгоритм по обходу точек сингулярности путем искусственного внедрения отклонений около сингулярной точки при численном интегрировании систем уравнений движения.
3. Установлена функциональная зависимость между функцией стабилизации связей и диссипативной функцией при решении обратной задачи динамики с учетом стабилизации связей.

Личный вклад соискателя состоит в

1. определении выражения для оценки величины погрешности численного решения при заданной функции стабилизации связи;
2. разработке метода решения задачи стабилизации динамики многозвенной системы, описывающей динамику робототехнических и биомеханических систем;
3. стабилизации первых интегралов в задаче стабилизации оптимальной траекторий движения космического аппарата переменной массы;
4. установлении функциональной зависимости между диссипативной функцией и функцией стабилизации при решении обратных задач динамики;
5. разработке алгоритма решения задач об обходе точек сингулярности с использованием метода стабилизации связей.

Заключение диссертационного совета подготовлено:

доктором физико-математических наук, профессором, профессором математического института имени С.М. Никольского РУДН **Ланевым Евгением Борисовичем**;

доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры высшей математики Смоленского филиала МЭИ **Борисовым Андреем Валерьевичем**;

доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой 811 «Моделирование динамических систем» МАИ **Красильниковым Павлом Сергеевичем**;

На заседании 26.10.2023 года диссертационный совет ПДС 0200.007 принял решение присудить Каспировичу Ивану Евгеньевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0, проголосовали: за – 12, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Дата заседания

26.10.2023

Председательствующий
на заседании диссертационного
совета ПДС 0200.007
д.ф.-м.н. Рыбаков Ю.П.

Ученый секретарь
заседания диссертационного
совета ПДС 0200.007
к.ф.-м.н. Будочкина С.А

