

Заключение диссертационного совета МГУ.011.8
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «29» апреля 2026 г. № 2

О присуждении **Чистякову Ивану Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Методы приближённого решения задач управления нелинейными системами за счёт их кусочной линеаризации» по специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика Геометрия и топология принята к защите диссертационным советом «13» февраля 2025 г., протокол № 2. Соискатель **Чистяков Иван Александрович** 1996 года рождения, в 2020 году соискатель окончил ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет вычислительной математики и кибернетики по кафедре системного анализа, специальность 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика. Поступил в аспирантуру факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ в 2020 году и окончил ее в 2024 году по специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика. Был прикреплен к кафедре системного анализа ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова для подготовки диссертации с 01.10.2025 г. по 30.09.2026 г.

На данный момент соискатель трудоустроен в ООО «Техкомпания Хуавэй» на должность ведущего инженера, а также работает на кафедре системного анализа факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова в должности младшего научного сотрудника (по совместительству).

Диссертация выполнена на кафедре системного анализа факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель:

Точилин Павел Александрович, кандидат физико-математических наук, кафедра системного анализа факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова, доцент.

Официальные оппоненты:

Гусев Михаил Иванович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения РАН, отдел оптимального управления, ведущий научный сотрудник,

Селюцкий Юрий Дмитриевич, доктор физико-математических наук, доцент, Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова, лаборатория общей механики, ведущий научный сотрудник,

Фурсов Андрей Серафимович, доктор физико-математических наук, МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет вычислительной математики и кибернетики, кафедра нелинейных динамических систем и процессов управления, профессор,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что оппоненты являются известными специалистами в области дифференциальных уравнений и теории управления и имеют работы, близкие к теме диссертационного исследования, в центральных математических журналах.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ, из них 6 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика (физико-математические науки).

1. Чистяков И. А. О гарантированной оценке отклонения от целевого множества в задаче управления при обучении с подкреплением // Автоматика и телемеханика. — 2025. — № 1. — С. 80—98. — EDN: JQKKTQ. — Входит в RSCI, импакт-фактор 0,885 (РИНЦ); 1.2 п.л.

Перевод: Chistiakov I. A. On Guaranteed Estimate of Deviations from the Target Set in a Control Problem under Reinforcement Learning // Automation and Remote Control. — 2025. — Vol. 86, no. 1. — P. 61–73. — DOI: 10.31857/S0005117925010055. — 0.8 п.л.

2. Чистяков И. А., Точилин П. А. Приближённое решение задачи целевого управления в случае нелинейности по одной переменной // Дифференциальные уравнения. — 2019. — Т. 55, № 11. — С. 1560—1571. — EDN: WCRMWX. — Входит в RSCI, импакт-фактор 0,73 (РИНЦ); 80%; 0.8 п.л.

Перевод: Chistyakov I. A., Tochilin P. A. Approximate Solution of the Target Control Problem with a Nonlinearity Depending on One State Variable // Differential Equations. — 2019. — Vol. 55, no. 11. — P. 1518–1530. — EDN: ZJBXMH. — RSCI, Scopus, Web of Science, импакт-фактор 0,8 (JIF); 80%; 0.8 п.л.

3. Чистяков И. А., Точилин П. А. Применение кусочно-квадратичных функций цены для приближённого решения нелинейной задачи целевого управления // Дифференциальные уравнения. — 2020. — Т. 56, № 11. —

С. 1545—1554. — EDN: MAEWVF. — Входит в RSCI, импакт-фактор 0,73 (РИНЦ); 75%; 0.6 п.л.

Перевод: Chistyakov I. A., Tochilin P. A. Application of Piecewise Quadratic Value Functions to the Approximate Solution of a Nonlinear Target Control Problem // Differential Equations. — 2020. — Vol. 56, no. 11. — P. 1513—1523. — EDN: YROAKL. — RSCI, Scopus, Web of Science, импакт-фактор 0,8 (JIF); 75%; 0.7 п.л.

4. Чистяков И. А., Точилин П. А. Построение разрывных кусочно-квадратичных функций цены в задаче целевого управления // Труды Института математики и механики УрО РАН. — 2022. — Т. 28, № 3. — С. 259—273. — EDN: RBYIYL. — Входит в RSCI, Scopus, Web of Science, импакт-фактор 0,3 (JIF); 80%; 0.9 п.л.

Перевод: Chistyakov I. A., Tochilin P. A. Construction of Discontinuous Piecewise Quadratic Value Functions in a Target Control Problem // Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics. — 2022. — Vol. 319, no. 1. — P. 98—111. — EDN: FHDAVK. — RSCI, Scopus, Web of Science, импакт-фактор 0,4 (JIF); 80%; 0.8 п.л.

5. Точилин П. А., Чистяков И. А. О построении разрывного кусочно-аффинного синтеза в задаче целевого управления // Труды Института математики и механики УрО РАН. — 2021. — Т. 27, № 3. — С. 194—210. — EDN: VXMONV. — Входит в RSCI, Scopus, Web of Science, импакт-фактор 0,3 (JIF); 25%; 1.1 п.л.

6. Точилин П. А., Чистяков И. А. О кусочно-кубических оценках функции цены в задаче целевого управления нелинейной системой // Дифференциальные уравнения. — 2024. — Т. 60, № 5. — С. 672—685. — EDN: LBIBKJ. — Входит в RSCI, импакт-фактор 0,73 (РИНЦ); 25%; 0.9 п.л.

Перевод: Tochilin P. A., Chistyakov I. A. On Piecewise Cubic Estimates of the Value Function in a Target Control Problem for a Nonlinear System // Differential Equations. — 2024. — Vol. 60, no. 5. — P. 642—654. — EDN: MMYOXZ. — RSCI, Scopus, Web of Science, импакт-фактор 0,8 (JIF); 25%; 0.8 п.л.

Дополнительных отзывов на диссертацию и автореферат нет.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой автором рассматриваются задачи построения множеств разрешимости и задачи синтеза управлений: требуется перевести систему обыкновенных дифференциальных уравнений из известного начального состояния в заданное множество конечных состояний, при ограничениях на управляющее воздействие.

Используемый соискателем метод основан на комбинации идей из разных областей математики: динамическое программирование, принцип сравнения, методы линеаризации функций и некоторые методы выпуклого анализа. Автором диссертационной работы осуществлён переход к вспомогательной задаче управления для кусочно-линейной системы с ограниченной помехой и рассмотрены различные кусочно-заданные аппроксимации вспомогательной функции цены. Эта функция позволяет построить внутреннюю оценку множества разрешимости исходной нелинейной системы и вместе с тем задаёт решение задачи синтеза управлений. Следует отметить, что разработанная автором диссертации методика может быть использована и для других важных задач управления: в задачах достижимости, верификации, задачах стабилизации систем с нелинейной динамикой.

Для каждого из рассмотренных классов кусочно-заданных аппроксимаций автором была сформулирована и доказана теорема о верхних гарантированных оценках функции цены. Кроме того, в случае кусочно-аффинной аппроксимации системы на совокупности параллельных гиперполос автором расширен класс рассматриваемых нелинейных систем, поскольку предложенный численный метод не требует выполнения условий односторонней проницаемости либо непрерывного сопряжения на смежных границах гиперполос; показано, что возникающие подзадачи для поиска управлений и устранения разрывов кусочно-заданных функций допускают эффективные численные решения путём их сведения к задачам выпуклого программирования; впервые предложено применять указанный подход для гарантированного оценивания функционала качества при использовании внешних алгоритмов управления; разработан метод построения оценок функции цены на основе результатов обучения с подкреплением.

Эти результаты вносят существенный вклад в теорию управления системами обыкновенных дифференциальных уравнений и могут быть использованы в таких прикладных областях, как управление механическими системами, автоматизация транспортных средств, математическое моделирование экономических и биологических процессов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Предложена модификация метода построения внутренних аппроксимаций множеств разрешимости для нелинейных систем дифференциальных уравнений, аффинных по управляющему параметру, на основе вычисления кусочно-квадратичных верхних оценок функции цены, заданных на совокупности симплексов в фазовом пространстве.
2. Предложена модификация метода построения внутренних аппроксимаций множеств разрешимости для систем дифференциальных уравнений, имеющих нелинейность по единственной координате, на основе вычисления

кусочно-кубических оценок функции цены, заданных на совокупности множеств, разделённых набором параллельных гиперплоскостей.

3. Доказано, что непрерывные и разрывные позиционные управления на основе полученных оценок функции цены переводят систему в окрестность целевого множества с гарантированной априорной оценкой погрешности.
4. Доказано, что указанные априорные оценки погрешности попадания траектории в целевое множество являются гарантированными при использовании кусочно-аффинной аппроксимации произвольной непрерывной позиционной стратегии управления.

Результаты диссертации имеют законченный характер и снабжены строгими математическими доказательствами, являются новыми, прошли апробацию на международных конференциях и научных семинарах. Основные результаты диссертационной работы изложены в работах, которых опубликованы в центральных научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus, RSCI и рекомендованных для защиты из списка МГУ.

На заседании 29.04.2026 диссертационный совет принял решение присудить Чистякову И.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 12 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за — 10, против — нет, недействительных бюллетеней — 2.

Зам. председателя
диссертационного совета,
д.ф.-м.н., профессор

Асташова И.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.ф.-м.н., профессор

Чечкин Г.А.

Дата 29.04.2026