

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.02

Соискатель: Ибрагимов Данис Наилевич

Тема диссертации: Методы и алгоритмы построения оптимальных по быстродействию процессов для линейных дискретных систем с ограничениями на управление

Специальность: 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 27 июня 2025 года (протокол № 37) диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Ибрагимова Даниса Наилевича «Методы и алгоритмы построения оптимальных по быстродействию процессов для линейных дискретных систем с ограничениями на управление» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Ибрагимову Данису Наилевичу ученую степень доктора физико-математических наук.

Присутствовали: Наумов А. В. – *председатель*, Кибзун А. И. – *зам. председателя*, Рассказова В. А. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Бардин Б. С., Битюков Ю. И., Борисов А. В., Гидаспов В. Ю., Грумондз В. Т., Иванов С. В., Колесник С. А., Котельников М. В., Красильников П. С., Красинский А. Я., Кузнецов Е. Б., Кузнецова Е. Л., Кулагин Н. Е., Куравский Л. С., Пантелеев А. В., Ревизников Д. Л., Сеницин В. И., Формалев В. Ф.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.02, д.ф.-м.н., профессор

А. В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.327.02, к.ф.-м.н.

В. А. Рассказова

Проректор по научной работе,
д.т.н., доцент



А. В. Иванов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.06.2025 № 37

О присуждении Ибрагимову Данису Наилевичу, гражданину РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Методы и алгоритмы построения оптимальных по быстродействию процессов для линейных дискретных систем с ограничениями на управление» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» принята к защите 24 марта 2025 года (протокол заседания № 34) диссертационным советом 24.2.327.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы Минобрнауки России: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012, об изменении состава диссертационного совета № 628/нк от 07.10.2013, 574/нк от 15.10.2014, № 1339/нк от 29.10.2015, № 710/нк от 21.06.2016, № 1403/нк от 01.11.2016, № 1017/нк от 20.10.2017, № 272/нк от 27.03.2019, № 1097/нк от 03.10.2022, № 1215/нк от 12.10.2022.

Соискатель Ибрагимов Данис Наилевич, 1991 года рождения, в марте 2014 года окончил с отличием специалитет по специальности «Прикладная математика», в августе 2017 года окончил аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский

университет)», в 2017 году защитил диссертацию на соискание степени кандидата физико-математических наук, работает в должности доцента кафедры 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» института «Информационные технологии и прикладная математика» «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» института «Информационные технологии и прикладная математика» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – заведующий кафедрой 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доктор физико-математических наук, профессор Кибзун Андрей Николаевич.

Официальные оппоненты:

1. Дмитриев Михаил Геннадьевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник 71 отдела интеллектуальных динамических систем и когнитивных исследований Института проблем искусственного интеллекта Федерального государственного учреждения «Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук»,
2. Пакшин Павел Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики Арзамасского политехнического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
3. Хлебников Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник лаборатории № 7 «Адаптивных и робастных систем им. Я. З. Цыпкина» федерального

государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук», дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Екатеринбург – в своем положительном отзыве, подписанным заведующей кафедрой «Естественнонаучные дисциплины» доктором физико-математических наук, профессором Тимофеевой Галиной Адольфовной и утвержденным и.о. проректора по научной работе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения», кандидатом технических наук, доцентом Бушуевым Сергеем Валентиновичем, указала, что представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, содержит новые подходы к решению важной научной задачи, имеющей теоретическую и практическую значимость, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Результаты, выносимые на защиту, являются обоснованными и достоверными, все полученные выводы научно обоснованы. Основные положения достаточно полно представлены в научных публикациях. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы. Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Замечания по диссертации:

1. Для систем с суммарными ограничениями не разработан метод априорной оценки времени быстродействия.
2. В случае суммарных ограничений первого порядка при сведении задачи быстродействия к ряду задач линейного программирования не обсуждается итоговая сложность данных задач, а также не предлагаются методы снижения их размерности.

3. В третьей главе при изучении вопросов построения множеств достижимости и 0-управляемости для линейных стационарных систем с дискретным временем и суммарными ограничениями на управление рассмотрен случай скалярного управления. Не вполне ясно, чем обусловлено такое сужение класса рассматриваемых задач.

Отзыв ведущей организации принят по результатам обсуждения диссертационной работы Ибрагимова Даниса Наилевича «Методы и алгоритмы построения оптимальных по быстродействию процессов для линейных дискретных систем с ограничениями на управление» на научном семинаре кафедры «Естественнонаучные дисциплины» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» 09.04.2025г., протокол № 8.

Соискатель имеет 30 опубликованных научных работ по теме диссертации, из которых 10 статей в журналах, индексируемых в Web of Science или Scopus, 3 статьи в трудах конференций, индексируемых в Scopus, 7 статей в журналах из перечня рецензируемых научных изданий ВАК по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Получено 1 государственное свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. В других научных изданиях и материалах конференций опубликовано 10 работ.

Содержание данных работ в полной мере отражает содержание диссертационной работы, в которой отсутствуют некорректные и недостоверные ссылки, соискателем в данных работах получены основные теоретические и практические результаты.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации.

Статьи в журналах, индексируемых в Web of Science или Scopus:

1. Ибрагимов Д.Н. О задаче быстродействия для класса линейных автономных бесконечномерных систем с дискретным временем, ограниченным управлением и вырожденным оператором // *АиТ*. 2019. № 3. С. 3–25.
2. Ибрагимов Д.Н., Новожилин Н.М., Порцева Е.Ю. О достаточных условиях оптимальности гарантирующего управления в задаче быстродействия для линейной нестационарной дискретной системы с ограниченным управлением // *АиТ*. 2021. № 12. С. 48–72. *Личный вклад автора заключается в получении критерия оптимальности гарантирующего управления при использовании алгоритмов полиэдральной аппроксимации, в исследовании вопросов сходимости множеств 0-управляемости вспомогательных систем в смысле расстояния Хаусдорфа, в решении задачи наискорейшего демпфирования высотного сооружения.*

3. Ибрагимов Д.Н., Осокин А.В., Сиротин А.Н., Сыпало К.И. О свойствах предельных множеств управляемости для класса неустойчивых линейных систем с дискретным временем и H_2 -ограничениями // Известия РАН. Теория и системы управления. 2022. № 4. С. 3–21. *Личный вклад автора заключается в получении достаточных условий ограниченности предельных множеств достижимости и H_2 -управляемости, описании полиэдральной структуры аналогичных множеств для линейных систем с дискретным временем и суммарными ограничениями на управление первого порядка.*
4. Берендакова А.В., Ибрагимов Д.Н. О методе построения внешних оценок предельного множества управляемости для линейной дискретной системы с ограниченным управлением // АиТ. 2023. № 2. С. 3–34. *Личный вклад автора заключается в разработке методики оценивания предельных множеств H_2 -управляемости линейных систем с дискретным временем.*
5. Ибрагимов Д.Н., Сиротин А.Н. О некоторых свойствах множеств ограниченной управляемости для стационарных линейных дискретных систем с суммарным ограничением на управление // Известия РАН. Теория и системы управления. 2023. № 6. С. 3–32. *Личный вклад автора заключается в построении описания множеств достижимости и H_2 -управляемости для линейных систем с дискретным временем и суммарными ограничениями на управление за конечное и бесконечное число шагов, в получении необходимых и достаточных условий их ограниченности.*
6. Ибрагимов Д.Н., Подгорная В.М. Формирование оптимального по быстродействию ограниченного управления для линейных дискретных систем на основе метода суперэллипсоидальной аппроксимации // АиТ. 2023. № 9. С. 37–67. *Личный вклад автора заключается в разработке методики регуляризации дискретного принципа максимума для решения задачи быстродействия в случае геометрических ограничений на управление.*
7. Ибрагимов Д.Н. О внешнем оценивании предельных множеств достижимости и H_2 -управляемости для линейных дискретных систем с суммарным ограничением на скалярное управление // АиТ. 2024. № 4. С. 3–30.
8. Simkina A.V., Ibragimov D.N., Kibzun A.I. On the Method of Numerical Simulation of Limit Reachable Sets for Linear Discrete-Time Systems with Bounded Control // Вестник ЮУрГУ ММП. Т. 17. № 3. С. 46–56. *Личный вклад автора заключается в разработке принципов оценивания предельных множеств достижимости для линейных систем с дискретным временем.*
9. Ибрагимов Д.Н. О методе построения множеств H_2 -управляемости для линейных систем с дискретным временем и суммарными ограничениями на управление // Мехатроника, автоматизация, управление. 2024. Т. 25. № 10. С. 503–512.
10. Ибрагимов Д.Н., Царьков К.А. Об одном подходе к решению задачи быстродействия для линейных систем с дискретным временем на основе метода Кротова // АиТ. 2024. № 11. С. 3–35. *Личный вклад автора заключается в разработке методов априорного оценивания времени быстродействия для линейных систем с дискретным временем и геометрическими ограничениями на управление.*

Статьи в трудах конференций, индексируемых в Web of Science или Scopus:

11. Ibragimov D.N., Novozhilkin N.M. On the Speed-in-Action Problem for the Class of Linear Non-stationary Infinite-Dimensional Discrete-Time Systems with Bounded Control and Degenerate Operator // MOTOR 2021. CCIS. V. 1476. P. 327–341. *Личный вклад автора заключается в определении необходимых и достаточных условий оптимальности процесса по*

быстродействию для линейных нестационарных систем с геометрическими ограничениями на управление в терминах регуляризованного принципа максимума.

12. Ibragimov D.N., Guseva S.R. A Priori Estimates of the Objective Function in the Speed-in-Action Problem for a Linear Two-Dimensional Discrete-Time System // MOTOR 2023. LNCS. V. 13930. P. 378–393. *Личный вклад автора заключается в разработке методов априорного оценивания времени быстродействия для двумерных линейных систем с геометрическими ограничениями на управление.*
13. Ibragimov D.N. On the Method for Refining A Priori Estimates of the Objective Function in the Speed-in-Action Problem for a Linear Discrete-Time System // MOTOR 2024. CCIS. V. 2239. P. 199–213.

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий ВАК:

14. Берендакова А.В., Ибрагимов Д.Н. Метод построения и оценивания асимптотических множеств управляемости двумерных линейных дискретных систем с ограниченным управлением // Тр. МАИ. 2022. № 126. *Личный вклад автора заключается в разработке методики оценивания предельных множеств θ -управляемости двумерных линейных систем с дискретным временем и геометрическими ограничениями на управление.*
15. Ибрагимов Д.Н., Подгорная В.М. Суперэллипсоидальные аппроксимации в задаче быстродействия для двумерной линейной дискретной системы с ограниченным управлением // Моделирование и анализ данных. 2023. Т. 13. № 2. С. 151–179. *Личный вклад автора заключается в разработке методики регуляризации дискретного принципа максимума для решения задачи быстродействия в случае геометрических ограничений на управление для двумерных линейных систем.*
16. Ибрагимов Д.Н., Герасимова К.В., Мохначева А.А. Методы численного моделирования множеств θ -управляемости линейной дискретной динамической системы с ограниченным управлением на основе алгоритмов полиэдральной аппроксимации // Моделирование и анализ данных. 2023. Т. 16. № 4. С. 84–110. *Личный вклад автора заключается в разработке алгоритмов полиэдральной аппроксимации множеств θ -управляемости для линейной системы с дискретным временем и методов решения задачи быстродействия на их основе, в исследовании их вычислительной сложности.*
17. Ибрагимов Д.Н. Коррекция орбиты спутника при ограничении на суммарный запас топлива // Тр. МАИ. 2025. № 140.
18. Ибрагимов Д.Н., Кибзун А.И. Программная реализация алгоритмов решения задачи быстродействия для линейных систем с дискретным временем // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2025. Т. 22. № 3. С. 12–20. *Личный вклад автора заключается в разработке алгоритмов решения задачи быстродействия для линейных систем с суммарными и геометрическими ограничениями на управление, разработке программы для ЭВМ, реализующей данные методы.*
19. Ибрагимов Д.Н., Самонов С.С. Об условиях ограниченности множеств достижимости и управляемости для линейных систем с дискретным временем и суммарными ограничениями первого порядка на скалярное управление // Моделирование и анализ данных. 2025. Т. 15. № 1. С. 41–64. *Личный вклад автора заключается в построении необходимых и достаточных условий ограниченности предельных множеств достижимости и θ -управляемости для линейных систем с дискретным временем и суммарными ограничениями на управление первого порядка, а также в разработке метода их построения.*
20. Гусева С.Р., Ибрагимов Д.Н. Оценка оптимального времени быстродействия для линейных дискретных систем с ограниченным управлением на основе аппарата собственных

множеств // Моделирование и анализ данных. 2025. Т. 15. № 1. С. 96–115. *Личный вклад автора заключается в разработке аппарата собственных множеств и получении на его основе априорных оценок времени быстрогодействия для линейной системы с дискретным временем и геометрическими ограничениями на управление.*

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

21. Ибрагимов Д.Н. Программа для решения задачи быстрогодействия для линейных систем с дискретным временем и суммарными или геометрическими ограничениями первого порядка // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024687521 от 19 ноября 2024 г.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., профессора Дмитриева Михаила Геннадьевича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

- 1) Рассмотрение бесконечномерного фазового пространства в главе 1 осложняет прикладное использование ее результатов. Следовало бы снабдить ее конструктивными следствиями для частного случая конечномерных систем.
- 2) Для алгоритмов снижения размерности задач линейного программирования из раздела 2.4.3 отсутствуют априорные оценки точности приближения в зависимости от числа вершин результирующего многогранника.
- 3) Предположение об обратимости матрицы системы в главах 2, 3 и 4 снижает общность рассматриваемой задачи.
- 4) В главе 5 не указана погрешность дискретизации, связанная с переходом от непрерывных моделей к дискретным.
- 5) В работе имеются опечатки. Так на стр. 4 приводятся две ошибочные ссылки на работы А.Н. Тихонова.
- 6) К сожалению, в работе рассматриваются только программные управления. И на фоне 5 главы диссертации очень хотелось бы видеть некоторые рассуждения и попытки использования идей работы для создания приближенных алгоритмов слабо нелинейных, нелинейных, дискретных задач управления с нефиксированным временем в виде обратной связи при наличии ограничений на управление.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., профессора Пакшина Павла Владимировича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

- 1) Работа выдержана в рамках классических моделей управления. Однако в настоящее время активно развивается теория управления сетевыми многоагентными системами и теория управления системами с неоднородной динамикой, в частности, событийно управляемыми (event triggered) системами.

Просматриваются ли перспективы распространения полученных результатов на эти классы систем? Например, существенный интерес представляет задача о минимизации времени достижения консенсуса или синхронизации при сетевом управлении.

2) Результаты первой главы получены для бесконечномерных систем. Являются ли они новыми для конечномерных систем?

3) В главе 2 и далее матрица системы считается невырожденной. Это всегда выполняется, если модель системы является эквивалентной дискретной моделью непрерывной системы (переход осуществляется через фундаментальную матрицу, которая всегда невырождена). Однако, в ряде прикладных задач в системе может присутствовать чисто дискретная динамика, при учете которой матрица системы может вырождаться. Можно ли оценить насколько усложнится теория для этого случая?

4) В главе 3 в теореме об описании полиэдральной структуры предельных множеств достижимости и управляемости (теорема 3.3) предполагается, что матрица системы диагонализуема. Что будет, если эта матрица приводится лишь к жордановой форме?

5) В примерах из главы 5 следует указать, в чем заключается эффективность предложенных методов в сравнении с известными.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., профессора РАН Хлебникова Михаила Владимировича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) В отличие от применения метода динамического программирования для решения задачи быстродействия из Глав II и IV, модификация принципа максимума из Глав I и IV не реализована алгоритмически.

2) Явное описание функции опорной точки в Главах III и IV является избыточным, поскольку она всегда может быть получена как субдифференциал опорной функции.

3) Не вполне понятно, чем мотивировано использование функционала Минковского для описания суммарных ограничений в главе IV. Как выбранная автором постановка связана с классической постановкой?

4) Разработанное в пятой главе ПО производит только аналитическое построение множеств 0-управляемости. Было бы полезно иметь возможность графической визуализации данных множеств для двух- и трехмерных систем.

5) Диссертационная работа содержит некоторое (небольшое) количество неизбежных опечаток и стилистических погрешностей («оба алгоритма построили», стр. 76; «построение оптимального процесса не требует решение матричного уравнения Риккати», стр. 198; «наблюдаемых параметров системы», стр. 219; «наискорейшей», стр. 228 и др.).

6) Наконец, работу заметно бы украсил список используемых обозначений.

Отзывы на автореферат.

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

Отзыв подписан ведущим научным сотрудником лаборатории управления и навигации механико-математического факультета Матасовым Александром Ивановичем, доктором физико-математических наук, профессором. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) Не лишним было бы провести сравнение полученного автором решения задачи оптимального управления спутником с возможно уже известными аналогичными решениями.

2. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Отзыв подписан заведующим кафедрой прикладной математики и механики, доктором физико-математических наук, профессором Сесекиным Александром Николаевичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) Результаты для систем с геометрическими ограничениями в работе выглядят значительно более проработанными, чем аналогичные результаты для систем с суммарными ограничениями. Это отражается в постановке задачи: в случае суммарных ограничений системы полагаются стационарными, а также в общем объёме полученных методов.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации»

Отзыв подписан заведующей кафедрой Вычислительных машин, комплексов, систем и сетей Феокистовой Оксаной Геннадьевной, доктором технических наук, профессором. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) Рассматриваемые линейные уравнения динамики достаточно специфичны для теории управления, так как не предполагают наличия матрицы перед вектором управления. Следует пояснить, как такая постановка задачи соотносится с классической и насколько сильно снижает общность.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук

Отзыв подписан заведующей отделом оптимального управления Филипповой Татьяной Федоровной, доктором физико-математических наук, профессором. Отзыв положительный. Замечаний к автореферату нет.

5. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)»

Отзыв подписан профессором кафедры математического моделирования Четвериковым Владимиром Николаевичем, доктором физико-математических наук, доцентом. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) В работе считается, что вектор управления и вектор состояния принадлежат одному и тому же пространству. Это существенно снижает общность представленных результатов.

2) Полученные утверждения для суммарных и геометрических ограничений сильно схожи, что свидетельствует о том, что результаты 1й, 2й глав и 3й, 4й глав можно обобщить.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области тем, затрагиваемых в диссертационном исследовании.

Официальный оппонент, д.ф.-м.н., профессор Дмитриев Михаил Геннадьевич работает главным научным сотрудником отдела интеллектуальных динамических систем и когнитивных исследований Института проблем искусственного интеллекта Федерального государственного учреждения

«Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук». Область научных интересов – теория оптимального управления, нелинейная оптимизации, синтез управления для непрерывных и дискретных систем. Число научных статей РИНЦ – 86.

Официальный оппонент, д. ф.-м. н., профессор Пакшин Павел Владимирович работает заведующим кафедрой прикладной математики АПИ НГТУ. Область научных интересов – стохастическая теория управления динамическими объектами, стабилизация дискретных систем, управление мультиагентными системами в условиях неопределенности. Число научных статей РИНЦ – 86, число монографий – 3.

Официальный оппонент, д. ф.-м. н., профессор РАН Хлебников Михаил Владимирович работает главным научным сотрудником лаборатории «Адаптивных и робастных систем» ИПУ РАН. Область научных интересов – робастная устойчивость, робастное управление. При участии М. В. Хлебникова разработана единая техника решения задач управления линейными системами с внешними возмущениями, позволяющая учитывать неопределённости как в параметрах модели (робастность), так и во внешних возмущениях, действующих на систему. Число научных статей РИНЦ – 92, число монографий – 2.

Выбор ведущей организации – УрГУПС – обусловлен наличием среди сотрудников специалистов по оптимальному управлению, стохастической оптимизации, выпуклому и математическому программированию, математическому моделированию динамических систем. Направления научной деятельности УрГУПС включают построение математических моделей в технических системах, оптимизацию систем управления транспортными перевозками, применение генетических алгоритмов и методов машинного обучения для синтеза оптимального управления.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие новые научные результаты:

- 1) достаточные условия оптимальности управления в виде регуляризованного принципа максимума в задаче быстрогодействия для линейных нестационарных систем с дискретным временем, бесконечномерным вектором состояния и строго выпуклыми геометрическими ограничениями на управление.

- 2) достаточные условия оптимальности гарантирующего решения задачи быстрогодействия, полученного на основе аппроксимационных алгоритмов, для линейных нестационарных систем с дискретным временем и геометрическими ограничениями на управление.
- 3) математический аппарат собственных множеств линейного преобразования и построен на его основе метод априорного оценивания времени быстрогодействия как функции от начального состояния для линейной стационарной системы с дискретным временем, диагонализированной матрицей и геометрическими ограничениями на управление.
- 4) алгоритмы полиэдральной аппроксимации множеств 0-управляемости линейной стационарной системы с дискретным временем и линейными геометрическими ограничениями на управление и основанный на них метод построения гарантирующего управления в задаче быстрогодействия с полиномиальной вычислительной сложностью.
- 5) необходимые и достаточные условия ограниченности предельных множеств достижимости и 0-управляемости, их описание на основе аппарата опорных функций для случая линейных стационарных систем с дискретным временем и суммарными ограничениями на управление.
- 6) метод построения внешних оценок произвольного порядка точности в смысле расстояния Хаусдорфа предельных множеств достижимости и 0-управляемости для линейных стационарных систем с дискретным временем и суммарными ограничениями на управление.
- 7) достаточные условия оптимальности управления в задаче быстрогодействия для линейных стационарных систем с дискретным временем и относительно строго выпуклыми суммарными ограничениями на векторное управление.
- 8) программное обеспечение, реализующее полученные численные методы и алгоритмы.

Теоретическая значимость состоит в разработке методов решения задачи быстрогодействия и получении критериев оптимальности, разработке аппарата множеств достижимости и управляемости для линейных систем с дискретным временем.

Практическая значимость исследования связана с возможностью применения разработанных методов при проектировании различных систем управления, построения управляющих устройств для стабилизации различных объектов. В частности, в рамках работы решена задача наискорейшей коррекции околокруговой орбиты спутника с ограничениями на запас топлива или на мощность двигателей, произведено численное моделирование множеств достижимости и 0-управляемости для соответствующей динамической системы.

Алгоритмически построено управление, стабилизирующее высотное сооружение, расположенное в зоне сейсмической активности, за минимальное время. Решена задача нормализации уровня глюкозы и инсулина в плазме крови за наименьшее время.

Достоверность полученных результатов обеспечивается доказательствами лемм и теорем. Результаты моделирования и вычислительные эксперименты подтверждают теоретические положения.

Личный вклад. Все результаты диссертации получены лично автором. Из результатов, опубликованных в соавторстве, в диссертацию включен только материал, вклад соискателя в который был определяющим.

Диссертационный совет считает, что диссертационная работа Ибрагимова Даниса Наилевича является самостоятельно выполненной законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области оптимального управления системами с дискретным временем и ограниченным управлением. Диссертация удовлетворяет пунктам 9–14 постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней».

На заседании 27 июня 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Ибрагимову Данису Наилевичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 6 докторов наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 21, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.02, д.ф.-м.н., профессор

А. В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.327.02, к.ф.-м.н.



В. А. Рассказова

27 июня 2025 г.