

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.166.20
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 15 сентября 2022 г.
протокол № 27/22

О присуждении Федюкову Александру Анатольевичу ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Синтез законов управления динамическими системами с ограничениями на управляющие и фазовые переменные» по специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление принята к защите 16 июня 2022 года, протокол №18/22, диссертационным советом Д 212.166.20, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования России, 603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, приказ № 95/нк от 09.02.2015.

Соискатель Федюков Александр Анатольевич, 1977 года рождения, в 1999 г. окончил Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского (присуждена квалификация математик по специальности «Прикладная математика»). В период с 01.10.2017 по 30.09.2021 обучался в аспирантуре ФГАОУ ВО «Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского». Форма обучения очная, направление: 01.06.01 - «Математика и механика», направленность: 01.01.02 - «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление». Справка об обучении в образовательной организации регистрационный номер № 015/22 от 24.03.2022 года выдана ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского». В период подготовки диссертации соискатель Федюков Александр Анатольевич с 2017 год по 2019 год работал в должности ассистента кафедры дифференциальных уравнений, математического и численного анализа Института информационных технологий, математики и

механики ННГУ им. Н.И.Лобачевского. С 2019 года работает в должности преподавателя кафедры дифференциальных уравнений, математического и численного анализа Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И.Лобачевского.

Диссертация выполнена на кафедре дифференциальных уравнений, математического и численного анализа Института информационных технологий, математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Научный руководитель – Баландин Дмитрий Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры дифференциальных уравнений, математического и численного анализа, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

Ананьевский Игорь Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией механики управляемых систем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук»;

Антоновская Ольга Георгиевна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается следующим:

доктор физико-математических наук, профессор Ананьевский Игорь Михайлович является известным специалистом в области теории управления динамическими системами; основные работы последних лет посвящены поиску законов управления механическими системами;

кандидат физико-математических наук, доцент Антоновская Ольга Георгиевна является известным специалистом в области устойчивости непрерывных и дискретных систем; основные её работы последних лет посвящены применению квадратичных функций Ляпунова при решении прикладных динамических задач.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» – в своем

положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой прикладной математики Арзамасского Политехнического Института (филиала) НГТУ им. Р. Е. Алексеева **Пакшиным Павлом Владимировичем** и утвержденном проректором по научной работе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», доктором физико-математических наук **Куркиным Андреем Александровичем**, указала, что диссертация удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление. В отзыве отмечается актуальность темы диссертации, новизна исследований и полученных результатов, теоретическая и практическая значимость работы. В отзыве подчеркивается, что рассматриваемые в диссертационной работе задачи поиска управления системами с ограничениями на управляющие и фазовые переменные являются актуальными и традиционно и небезосновательно считаются весьма трудными для решения. В разделе «Заключение» указывается, что диссертация А.А. Федюкова «Синтез законов управления динамическими системами с ограничениями на управляющие и фазовые переменные» представляет собой законченное научное исследование. Работа носит теоретический характер. Однако результаты диссертации имеют и практическую значимость, т.к. могут быть использованы для решения актуальных задач управления, например, применены в задаче стабилизации вращения ротора в активных магнитных подшипниках, в задаче о движении ферромагнитного тела в электромагнитном подвесе.

Выбор ведущей организации обосновывается высокой квалификацией сотрудников ведущей организации в области теории управления.

Результаты диссертации **опубликованы** в 7 работах в журналах, рекомендованных ВАК РФ при защите по специальности 01.01.02, из которых 4 работы входят в международные базы цитирования Web of Science, Scopus. Три работы выполнены в соавторстве. Все основные результаты, представленные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. Всего по теме диссертации опубликована 21 работа.

Наиболее значимые **научные работы** по теме диссертации:

1. Федюков А.А. Стабилизация по измеряемому выходу двузвенного перевернутого маятника // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. — 2012. — № 2(1). — С. 177-183. (Перечень ВАК)

2. Федюков А.А. Синтез динамических регуляторов, обеспечивающих стабилизацию систем с ограничениями на фазовые переменные // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. — 2013. — № 2 (1). — С. 152–159. (Перечень ВАК)
3. Федюков А.А. Синтез робастного управления с учетом ограничений на фазовые и управляющие переменные // Информатика и системы управления. — 2015. — № 2 (44). — С. 121-130. (Перечень ВАК)
4. Баландин Д.В., Бирюков Р.С., Коган М.М., Федюков А.А. Оптимальная стабилизация тела в электромагнитном подвесе без измерения его положения // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. — 2017. — № 3. — С. 12-24. (Перечень ВАК)

Английский перевод:

Balandin D.V., Biryukov R.S., Kogan M.M., Fedyukov A.A. Optimal Stabilization of Bodies in Electromagnetic Suspensions without Measurements of Their Location // Journal of Computer and Systems Sciences International. — 2017. — V. 56. — № 3. — P. 351–363. (WoS, Scopus)

5. Баландин Д.В., Федюков А.А. Стабилизация линейных динамических объектов по измеряемому с ошибкой состоянию при ограничениях на фазовые и управляющие переменные // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. — 2021. — № 5. — С. 5–17. (Перечень ВАК)

Английский перевод:

Balandin D.V., Fedyukov A.A. Stabilization of Linear Dynamic Objects According to the Measured-Error State Under Constraints on the Phase and Control Variables // Journal of Computer and Systems Sciences International. — 2021. — V. 60. — № 5. — P. 673-685. (WoS, Scopus)

6. Fedyukov A.A. Estimating a Set of the States in the Case of an Error in the Measured Output for Controlled System // Mathematical Modeling and Supercomputer Technologies. — Communications in Computer and Information Science, Springer. — 2021. — V.1413. — P. 273-285. (Scopus)

7. Баландин Д.В., Коган М.М., Кривдина Л.Н., Федюков А.А. Синтез обобщенного H_∞ -оптимального управления в дискретном времени на конечном и бесконечном интервалах // Автоматика и телемеханика. — 2014. — № 1. — С. 3-22. (Перечень ВАК)

Английский перевод:

Balandin, D.V. Design of Generalized Discrete-time H_∞ -Optimal Control over Finite and Infinite Intervals / D.V. Balandin, M.M. Kogan, L.N. Krivdina, A.A. Fedyukov //

На **автореферат** поступил отзыв от **Бортаковского Александра Сергеевича**, доктора физико-математических наук, доцента, профессора кафедры математической кибернетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». **Отзыв положительный**, отмечается, что в «автореферате было бы полезным указать качественные показатели численного решения».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

построена оценка для области притяжения состояния равновесия замкнутой управлением системы, в которой закон управления, полученный как решение в задаче стабилизации по состоянию линейной динамической системы при ограничениях на фазовые и управляющие переменные, будет обеспечивать стабилизацию и в случае, когда измерение состояния системы производится с ошибкой;

решена задача поиска закона управления в виде линейной обратной связи по измеряемому выходу системы, который обеспечивает стабилизацию линейной динамической системы и выполнение заданных ограничений на фазовые переменные. Получена оценка для области притяжения состояния равновесия замкнутой управлением системы, в которой будет обеспечиваться стабилизация и в том случае, когда есть ошибки в измерениях выходных переменных;

решены задачи синтеза динамических регуляторов как полного, так и пониженного порядков, которые обеспечивают стабилизацию линейной динамической системы с заданной степенью устойчивости и выполнение заданных ограничений на фазовые переменные. Получена оценка для области притяжения состояния равновесия замкнутой системы, в которой эти регуляторы будут обеспечивать стабилизацию замкнутой системы с заданной степенью устойчивости и в том случае, когда присутствуют ошибки в измерениях выходных переменных;

решена задача поиска законов управления, которые обеспечивают робастную стабилизацию по состоянию линейных динамических систем с учетом ограничений на фазовые и управляющие переменные;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1) Результаты работы вносят существенный вклад в развитие теории управления динамическими системами с ограничения на фазовые и управляющие

переменные.

2) Для построения законов управления и области притяжения состояния равновесия замкнутой системы предложены новые методы, которые могут быть использованы как при дальнейшем развитии указанной теории, так и в смежных областях.

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

Описанные в диссертации идеи и алгоритмы построения законов управления и оценки для области притяжения замкнутой управлением системы **могут найти практическое применение** при решении конкретных задач управления, например, в задаче стабилизации вращения ротора в активных магнитных подшипниках, в задаче о движении ферромагнитного тела в электромагнитном подвесе.

Результаты диссертации могут быть использованы в научных исследованиях, проводимых в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского, Нижегородском государственном техническом университете им. Р. Е. Алексеева, Институте проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, Институте системного анализа РАН, Санкт-Петербургском государственном университете, Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана и в ряде других профильных организаций.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

результаты являются новыми, строго доказанными, обоснованными и прошедшими многостороннюю апробацию;

при доказательстве теорем использовались классические и современные методы исследования: метод функций Ляпунова (применяемый для исследования устойчивости решений систем обыкновенных дифференциальных уравнений) и методы выпуклого анализа, в частности, аппарат линейных матричных неравенств.

Личный вклад соискателя состоит в:

- **построении** оценки для области притяжения состояния равновесия замкнутой управлением системы, в которой закон управления, полученный как решение в задаче стабилизации по состоянию линейной динамической системы при ограничениях на фазовые и управляющие переменные, будет обеспечивать стабилизацию и в случае, когда измерение состояния системы производится с ошибкой;
- **решении** задачи поиска закона управления в виде линейной обратной

связи по измеряемому выходу системы, который обеспечивает стабилизацию линейной динамической системы и выполнение заданных ограничений на фазовые переменные. В построении оценки для области притяжения состояния равновесия замкнутой управлением системы, в которой будет обеспечиваться стабилизация и в том случае, когда есть ошибки в измерениях выходных переменных;

- **постановке и решении** задач синтеза динамических регуляторов как полного, так и пониженного порядков, которые обеспечивают стабилизацию линейной динамической системы с заданной степенью устойчивости и выполнение заданных ограничений на фазовые переменные. В построении оценки для области притяжения состояния равновесия замкнутой системы, в которой эти регуляторы будут обеспечивать стабилизацию замкнутой системы с заданной степенью устойчивости и в том случае, когда присутствуют ошибки в измерениях выходных переменных;

- **решении** задачи поиска законов управления, которые обеспечивают робастную стабилизацию по состоянию линейных динамических систем с учетом ограничений на фазовые и управляющие переменные;

- а также в подготовке публикаций и участии в международных конференциях с докладами по теме диссертационного исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: недостаточно внимания уделено возможности использования результатов диссертации при решении прикладных задач. Соискатель Федюков А.А. согласился с высказанными замечаниями и привел собственную аргументацию, что работа носит теоретический характер, но полученные в диссертации методы синтеза законов управления вполне могут быть применимы на практике для решения задач управления движением вращающихся роторов в активных магнитных подшипниках.

Диссертация А.А. Федюкова является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для развития теории управления динамическими системами с ограничениями на управляющие и фазовые переменные. Она соответствует всем требованиям, предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, обозначенным в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. (с изменениями на 20.03.2021 г.).

На заседании 15 сентября 2022 года диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно

квалифицировать как научное достижение, присудить Федюкову Александру Анатольевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного
совета Д.212.166.20



Стронгин Роман Григорьевич

Ученый секретарь диссертационного
совета Д.212.166.20

Бирюков Руслан Сергеевич

Дата оформления заключения: 15 сентября 2022 года