

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Таджикского национального университета,
доктор юридических наук, профессор
Насриддинзода Э.С.

«24» 04 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таджикского национального университета

Диссертационная работа Каримзода Мехрубона Маткарима на тему «Методы качественного и приближённого исследования бифуркаций в динамических системах с переключениями», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060200 – Информатика (6D060202 – Системы автоматизации проектирования), выполнена на кафедре информатики механико-математического факультета Таджикского национального университета.

Каримзода Мехрубон Маткарим в 2019 году окончил механико-математический факультет Таджикского национального университета по специальности «Информатика» и получил квалификацию «математик-программист». В 2021 году окончил магистратуру механико-математического факультета Таджикского национального университета по направлению подготовки «Информатика». В период с 2021 по 2024 годы обучался в докторантуре PhD Таджикского национального университета по специальности 6D060200 – Информатика.

Тема диссертации утверждена решением Учёного совета механико-математического факультета Таджикского национального университета (протокол № 9 от 22.02.2022 г.). Таджикским национальным университетом диссертанту выдана академическая справка (транскрипт) об освоении образовательной программы докторантуры PhD № 118 от 16 апреля 2026 года.

Научный руководитель – Нуров Исхокбой Джумаевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры информационно-коммуникационных технологий Таджикского национального университета.

По результатам рассмотрения диссертации принято следующее заключение:

Диссертационная работа посвящена разработке и обоснованию методов качественного и приближённого исследования бифуркаций, периодических решений и предельных циклов в динамических системах с

переключениями. В настоящее время динамические системы с переключениями широко применяются в автоматическом управлении, робототехнике, электронике, механике, энергетике, экономике и биологических процессах. Во многих прикладных задачах функционирование объекта сопровождается сменой режимов работы, пороговыми переходами, релейными воздействиями и структурными переключениями. В связи с этим особую научную и практическую значимость приобретает разработка методов анализа и численного исследования таких систем, позволяющих выявлять устойчивость режимов, предсказывать возникновение периодических колебаний, предельных циклов и бифуркационных переходов. Исследование диссертанта направлено на решение актуальной задачи современной информатики и математического моделирования, связанной с созданием методов качественного и приближённого исследования бифуркаций в динамических системах с переключениями.

Личный вклад автора в выполнение диссертационного исследования является существенным и определяется самостоятельным получением основных научных результатов, разработкой математических моделей, проведением теоретического анализа, построением алгоритмов численного исследования и реализацией программного комплекса. Постановка основных задач исследования осуществлялась при научном руководстве научного руководителя. Из совместных публикаций в диссертацию включены результаты, принадлежащие лично соискателю.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что для двумерной динамической системы с главной однородной частью, с использованием принципа смены топологического индекса особой точки вполне непрерывного векторного поля, получены необходимые и достаточные условия бифуркации периодических решений. Для динамической системы в трёхмерном фазовом пространстве с помощью топологических методов, в частности принципа смены индекса, при условии непрерывной зависимости от параметра линейной части системы, в терминах поведения коэффициентов найдены условия возникновения бифуркации Андронова–Хопфа. Предложен новый подход к аналитическому и численному исследованию периодических явлений в негладких системах, описываемых модульными и кусочно-линейными функциями, который обеспечивает построение фазовых портретов для основных типов негладких динамических систем. Получены расчётные

формулы, описывающие периодические явления, возникающие в окрестности состояний равновесия динамических систем, модели которых включают модульные и кусочно-линейные функции. Создан новый программный комплекс, предназначенный для компьютерного моделирования и анализа предельных циклов динамических систем с переключениями.

Практическая значимость диссертационного исследования определяется тем, что разработанные методы и алгоритмы позволяют эффективно исследовать динамические системы, содержащие переключения, релейные элементы и пороговые нелинейности. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании систем автоматического управления, в задачах механики и вибродинамики, в электронных и энергетических системах, в биологических моделях популяционной динамики, в экономических моделях циклических процессов, а также в учебном процессе по дисциплинам, связанным с математическим моделированием. Разработанный программный комплекс внедрён в научно-образовательную практику и подтверждён соответствующими актами внедрения.

Достоверность полученных результатов обеспечивается строгим математическим обоснованием с использованием методов качественной теории дифференциальных уравнений, математического моделирования, топологического анализа и теории негладких динамических систем, а также их численной верификацией посредством разработанного программного комплекса. Все теоретические выводы подтверждены компьютерными экспериментами и согласуются с известными результатами для классических случаев, что обеспечивает надёжность и воспроизводимость результатов как для гладких, так и для негладких динамических систем.

Содержание диссертации соответствует специальности 6D060200 – Информатика (6D060202 – Системы автоматизации проектирования). Основные научные результаты диссертации охватывают разработку новых математических методов моделирования объектов, систем и процессов, развитие аналитических и численных методов исследования моделей, создание алгоритмов автоматизированного анализа, а также разработку программных комплексов моделирования и проектирования.

Основные положения диссертации опубликованы в научных работах автора. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей

аттестационной комиссией, а также материалы международных конференций. Содержание публикаций полностью отражает основные результаты диссертационного исследования.

**Статьи, опубликованные в рецензируемых журналах,
рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан:**

- [1 - А]. Каримов М.М. О применении методов функционального анализа в задаче исследования бифуркаций нелинейной трехмерной системы. [Текст] / М.М. Каримов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. -2023. -№1. - С. 104-115.
- [2 - А]. Каримов М.М. Исследование бифуркации периодических решений для двумерной динамической системы с главной однородной частью [Текст] / Э.М. Мухамадиев, М.М. Каримов, И.Д. Нуров // ДАН РТ. -2023. -Т.66. -№3-4. -С. 162-169.
- [3 - А]. Каримов М.М. Приложение принципа смены индекса к исследованию бифуркации Андронова – Хопфа [Текст] / М.М. Каримов // ДАН РТ. -2023. -Т.66. -№11-12. -С. 650-658.
- [4 - А]. Каримов М.М. О новом программном пакете для задач моделирования предельных циклов дифференциального уравнения второго порядка с переключением [Текст] / М.М. Каримов // Вестник Бохтарского государственного университета. Серия естественных наук. -2025. -№2. -С. 11-17.
- [5 - А]. Каримзода М.М. Компьютерные методы управления и автоматизации систем с переключением. [Текст] / М.М. Каримзода // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. -2026. -№1. -С. 58-68.

Публикации в других изданиях:

- [6 - А]. Каримов М.М. Моделирование возникновения предельного цикла дифференциального уравнения второго порядка с линией переключения [Текст] / М.М. Каримов, Э.М. Мухамадиев, И.Д. Нуров // Материалы международной конференции Воронежская зимняя математическая школа. -30 января – 4 февраля 2025 г. -С. 168-172.
- [7 - А]. Каримов М.М. Качественный анализ и фазовые траектории динамики раковых клеток [Текст] / М.М. Каримов, Э.М. Мухамадиев, И.Д. Нуров // Международная конференция по дифференциальным уравнениям, математическое моделирование и вычислительные

- алгоритмы., посвящённая 100-летию чл. корр. АН СССР А.Ф. Леонтьева. -Уфа, 2021. -С. 170-171.
- [8 - А]. Каримов М.М. Об одном доказательстве теоремы Андронова – Хопфа методами функционального анализа [Текст] / Э.М. Мухамадиев, М.М. Каримов, И.Д. Нуров // Материалы международной конференции Воронежской зимней математической школы, посвященной памяти В.П. Маслова. Воронеж, - 2024. -С. 172-174.
- [9 - А]. Каримов М.М. Топологические методы исследования бифуркаций в трёхмерном пространстве [Текст] / М.М. Каримов, Э.М. Мухамадиев, И.Д. Нуров // Материалы международной конференции Воронежской зимней математической школы “Современные методы теории функций и смежные проблемы”. Воронеж, - 2023. -С. 188-190.
- [10 - А]. Каримов М.М. Об одном аналоге теоремы Лиувилля – Остроградского для кусочно – линейного дифференциального уравнения второго порядка [Текст] / Э.М. Мухамадиев, М.М. Каримов, И.Д. Нуров // Материалы международной конференции “Современные методы теории краевых задач”. ВоГУ, МГУ имени М.В. Ломоносова, Математический институт имени В.А. Стеклова РАН. Воронеж, - 2022. -С. 211-213.
- [11 - А]. Каримов М.М. Анализ предельных циклов и численное моделирование в кусочно – линейных динамических системах [Текст] / М.М. Каримов, И.Д. Нуров, Р.И. Азизов // Материалы международной научно – практической конференции «Современные проблемы математического моделирования и её применения», посвящённая «2020-2040 годы, 20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в области науки и образования» и «75–летию Таджикского национального университета». Душанбе, - 2024. -С. 59-62.
- [12 - А]. Каримов М.М. Обобщенная теорема Хопфа для системы дифференциальных уравнений третьего порядка [Текст] / М.М. Каримов, И.Д. Нуров // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования», «75- летию заслуженного работника Таджикистана, чл. корр.НАНТ, д.ф.-м.н., профессора И.К.

Курбанова» и «70-летию д.ф.-м.н., профессора Дж. С. Сафарова». г. Бохтар, - 2022. С. 97-98.

- [13 - А]. Каримов М.М. Качественный анализ существования циклов кусочно-линейных дифференциальных уравнений второго порядка [Текст] / Э.М. Мухамадиев, И.Д. Нуров, М.М. Каримов, М.З. Убайдов // Материалы международной научной конференции «Уфимская осенняя математическая школа». Уфа, - 2025. С. 46-49.

Диссертационная работа Каримзода Мехрубона Маткарима на тему «Методы качественного и приближённого исследования бифуркаций в динамических системах с переключениями» является завершённым научно-квалификационным исследованием, выполненным на актуальную тему, содержит новые научные результаты и имеет существенное значение для развития информатики, математического моделирования и систем автоматизированного проектирования. Поставленная цель достигнута, задачи исследования решены в полном объёме. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD).

Постановили:

1. Диссертационную работу Каримзода Мехрубона Маткарима на тему «Методы качественного и приближённого исследования бифуркаций в динамических системах с переключениями» рекомендовать к дальнейшему рассмотрению как завершённое научное исследование.

2. С целью более полного отражения содержания работы, её прикладной направленности, разработанных методов моделирования и программного проектирования рекомендовать изменить название диссертации и изложить его в следующей редакции: «Методы анализа и проектирования динамических систем с переключениями в задачах исследования циклических явлений».

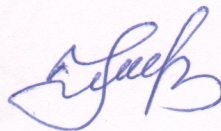
3. Рекомендовать диссертацию Каримзода Мехрубона Маткарима к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности: 6D060200 – Информатика (6D060202 – Системы автоматизации проектирования) с указанным уточнённым названием.

Присутствовало на заседании: 18 человек. Результаты голосования: «за» – 18 человек, «против» – нет, «воздержались» – нет. Протокол №10 от 23.04.2026 г.

Заключение принято на объединённом заседании кафедр информатики, математического и компьютерного моделирования, информационно-коммуникационных технологий механико-математического факультета Таджикского национального университета.

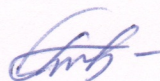
Председатель заседания:

кандидат технических наук, заведующий кафедрой информатики Таджикского национального университета



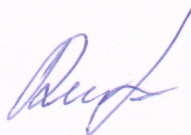
И.Л. Косимов

Заведующий кафедрой математического и компьютерного моделирования Таджикского национального университета, кандидат физико-математических наук



А.Б. Гафоров

Заведующая кафедрой информационно-коммуникационных технологий Таджикского национального университета, кандидат экономических наук



Х.Р. Рустамова

Секретарь заседания:

кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики Таджикского национального университета



Ш.Х. Тагоев

Подписи Косимова И.Л., Гафорова А.Б., Рустамовой Х.Р. и Тагоева Ш.Х. подтверждаю.

Начальник УК и СР ТНУ



Э.Ш.Шодихонзода