

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 01.01.07
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК**

от «18» ноября 2020 г. № 11

о присуждении Башкирцевой Ирине Адольфовне, гражданство Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Нелинейные стохастические системы в зонах порядка и хаоса: математическое моделирование, анализ и управление» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите диссертационным советом УрФУ 07 сентября 2020 г. протокол № 8.

Соискатель Башкирцева Ирина Адольфовна, 1965 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Применение характеристических рядов для решения нелинейных уравнений гиперболического типа» защитила в 1997 г. в диссертационном совете, созданном на базе Уральского государственного университета им. А.М. Горького. Работает в должности доцента кафедры теоретической и математической физики Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Диссертация выполнена на кафедре теоретической и математической физики Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Ананьев Борис Иванович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт математики и механики им. Н.Н.

Красовского» Уральского отделения РАН, отдел оптимального управления, ведущий научный сотрудник,

Дубков Александр Александрович, доктор физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», кафедра «Математические методы в радиофизике», заведующий,

Соловьева Ольга Эдуардовна, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии» Уральского отделения РАН, директор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 96 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 60 работ, из них 49 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ и проиндексированных в базах цитирования Scopus и WoS. Другие публикации по теме диссертационной работы представлены в виде 11 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ. Общий объем опубликованных работ – 30,29 п.л., авторский вклад – 20,67 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

статьи в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ:

1. Bashkirtseva I., Ryashko L. Constructive analysis of noise-induced transitions for coexisting periodic attractors of Lorenz model. // Phys. Rev. E, 2009. V. 79. P.041106. (0.56 п.л. / 0.4 п.л.) (Scopus, WoS)

2. Башкирцева И.А., Ряшко Л.Б. Об управлении стохастической чувствительностью дискретных систем. // Автоматика и телемеханика, 2010. № 9. С. 103-119. (1.06 п.л. / 0.7 п.л.) (Scopus, WoS)

3. Ryashko L., Bashkirtseva I. Analysis of excitability for the FitzHugh-Nagumo model via a stochastic sensitivity function technique. // *Phys. Rev. E*, 2011. V. 83. P. 061109. (0.5 п.л. / 0.3 п.л.) (Scopus, WoS)
4. Bashkirtseva I., Ryashko L. Sensitivity analysis of stochastic attractors and noise-induced transitions for population model with Allee effect. // *Chaos*, 2011. V. 21. P. 047514. (0.5 п.л. / 0.3 п.л.) (Scopus, WoS)
5. Bashkirtseva I., Ryashko L. Stabilization of stochastic cycles and chaos suppression for nonlinear discrete-time systems. // *Nonlinear Dynamics*, 2012. V. 67. P. 2505-2517. (0.81 п.л. / 0.5 п.л.) (Scopus, WoS)
6. Bashkirtseva I., Ryashko L., Stikhin P. Noise-induced chaos and backward stochastic bifurcations in the Lorenz model. // *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 2013. V. 23, № 5. P. 1350092. (0.87 п.л. / 0.4 п.л.) (Scopus, WoS)
7. Bashkirtseva I., Neiman A. B., Ryashko L. Stochastic sensitivity analysis of the noise-induced excitability in a model of a hair bundle. // *Phys. Rev. E*, 2013. V. 87. P. 052711. (0.56 п.л. / 0.2 п.л.) (Scopus, WoS)
8. Bashkirtseva I. Mean-square analysis of stochastic cycles in nonlinear discrete-time systems with parametric noise. // *Journal of Difference Equations and Applications*, 2014. V.20, № 8. P. 1178–1189. (0.75 п.л. / 0.75 п.л.) (Scopus, WoS)
9. Bashkirtseva I., Ryashko L. Stochastic sensitivity of the closed invariant curves for discrete-time systems. // *Physica A*, 2014. V. 410. P. 236--243. (0.5 п.л. / 0.3 п.л.) (Scopus, WoS)
10. Alexandrov D. V., Bashkirtseva I. A., Ryashko L. B. Stochastically driven transitions between climate attractors. // *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 2014. V. 66, № 1. P. 23454. (0.7 п.л. / 0.3 п.л.) (Scopus, WoS)
11. Bashkirtseva I., Neiman A. B., Ryashko L. Stochastic sensitivity analysis of noise-induced suppression of firing and giant variability of spiking in a Hodgkin-Huxley neuron model. // *Phys. Rev. E*, 2015. V. 91. P. 052920. (0.7 п.л. / 0.4 п.л.) (Scopus, WoS)

12. Bashkirtseva I. Method of stochastic sensitivity synthesis in a stabilisation problem for nonlinear discrete systems with incomplete information. // International Journal of Control, 2017. V. 90, № 8. P. 1652–1663. (0.75 п.л. / 0.75 п.л.) (Scopus, WoS)
13. Bashkirtseva I. Controlling the stochastic sensitivity in thermochemical systems under incomplete information. // Kybernetika, 2018. V. 54. P. 96–109. (0.87 п.л. / 0.87 п.л.) (Scopus, WoS)
14. Bashkirtseva I., Ryashko L. Generation of mixed-mode stochastic oscillations in a hair bundle model. // Phys. Rev. E, 2018. V. 98. P. 042414. (0.37 п.л. / 0.2 п.л.) (Scopus, WoS)
15. Bashkirtseva I., Ryashko L. Stochastic sensitivity analysis of chaotic attractors in 2D non-invertible maps. // Chaos, Solitons & Fractals, 2019. V. 126. P. 78–84. (0.44 п.л. / 0.3 п.л.) (Scopus, WoS)

Свидетельства о регистрации программ

1. Башкирцева И. А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013611497 «Стохастическая чувствительность». Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Зарегистрировано 22.01.2013.
2. Башкирцева И. А., Слепухина Е. С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015616550 «Стохастическая возбудимость модели Фитцхью-Нагумо». Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Зарегистрировано 15.06.2015.
3. Башкирцева И. А., Слепухина Е. С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018616082 «Анализ мультимодальных динамических режимов в двумерной модели Хиндмарш-Роуз со случайными возмущениями». Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Зарегистрировано 22.05.2018.
4. Башкирцева И. А., Зайцева С. С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019661992 «Анализ стохастической

динамики двумерной модели Голдбетера». Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Зарегистрировано 12.09.2019.

5. Башкирцева И. А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020616063 «Управление стохастическими системами при неполной информации». Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Зарегистрировано 14.05.2020.

На автореферат поступили положительные отзывы от:

Храмова Александра Евгеньевича, доктора физико-математических наук, профессора, руководителя лаборатории нейронауки и когнитивных технологий АНО ВО «Университет Иннополис», г. Иннополис, Республика Татарстан. Отзыв не содержит замечаний и вопросов.

Ушакова Владимира Николаевича, доктора физико-математических наук, члена-корреспондента РАН, главного научного сотрудника ФГБУН «Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского» Уральского отделения РАН. Отзыв не содержит замечаний и вопросов.

Анищенко Вадима Семеновича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой радиофизики и нелинейной динамики, и *Вадивасовой Татьяны Евгеньевны*, доктора физико-математических наук, профессора кафедры радиофизики и нелинейной динамики, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». В отзыве содержатся следующие замечания:

1) В автореферате не отражены ограничения метода стохастической чувствительности при сильной интенсивности шума или сильной нелинейности системы. В этих случаях распределение случайных траекторий нельзя считать гауссовым. С учетом отклонения распределения от гауссова, возможны ошибки при оценке доверительных интервалов.

2) В автореферате ничего не говорится о том, может ли предложенный метод стохастической чувствительности быть распространен на случай негауссовых источников шума.

3) В диссертации на многих примерах показано, что пересечение доверительных интервалов с сепаратрисами приводит к качественному изменению реакции системы на шум. Из текста автореферата не ясно, наблюдаются ли при этом стохастические Р-бифуркации (феноменологические стохастические бифуркации).

Выбор официальных оппонентов обосновывается известностью их научных достижений, большим научным вкладом и авторитетом в разделах математического моделирования, с которыми связана диссертация: нелинейные динамические системы, стохастическая динамика, методы вероятностного анализа, стохастические модели естествознания, а также наличием цитируемых публикаций и научным уровнем, позволяющим оценить значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ и является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны новые теоретические построения и решён ряд задач, что в совокупности можно квалифицировать как научное достижение.

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

– Получены спектральные критерии существования устойчивых стационарных вторых моментов стохастических линейных расширений

нелинейных дискретных динамических систем с параметрическими шумами в случае равновесий и циклов. Построены конструктивные алгоритмы для отыскания этих моментов.

– Разработана теория стохастической чувствительности для замкнутых инвариантных кривых и хаотических аттракторов дискретных динамических систем.

– Разработана теория стохастической чувствительности равновесий непрерывных динамических систем с цветными шумами.

– Построена теория стохастической чувствительности циклов неавтономных непрерывных динамических систем с периодическими возмущениями.

– Разработана техника математического моделирования распределений случайных состояний регулярных и хаотических аттракторов в форме доверительных областей с привлечением техники функций стохастической чувствительности, метрики Махаланобиса и метода главных направлений.

– На основе разработанной теории стохастической чувствительности построена общая методика и разработан комплекс алгоритмов и программ для исследования широкого круга индуцированных шумом явлений, таких как стохастические переходы между сосуществующими аттракторами и их частями, обратные стохастические бифуркации, стохастическая генерация новых режимов в зонах седло-узловых, касательных и кризисных бифуркаций, а также бифуркаций Андронова–Хопфа, Неймарка–Сакера, и удвоения периода, стохастическая возбудимость и генерация мультимодальных колебаний в моностабильных динамических системах, бифуркация стохастического расщепления предельных циклов, индуцированная шумом генерация и подавление хаоса, стохастическая генерация фантомного аттрактора.

– Построена теория и разработаны алгоритмы решения новых задач синтеза динамических систем с заданными вероятностными характеристиками равновесных и осцилляционных режимов, в том числе и при неполной

информации. Получены критерии управляемости и достижимости в зависимости от геометрии управляющих воздействий в задаче синтеза стохастической чувствительности. Предложены конструктивные методы регуляризации в некорректной задаче управления стохастическим циклом. Разработана новая техника управления доверительными областями в задаче структурной стабилизации и подавления хаоса.

– На основе разработанной теории стохастической чувствительности и метода доверительных областей решен ряд актуальных задач в нелинейных стохастических моделях современного естествознания:

проведен анализ индуцированных шумом осцилляций в модели течения сложной жидкости,

исследованы механизмы стохастической возбудимости и решена задача стабилизации в модели проточного химического реактора,

проведен анализ явления стохастической генерации осцилляций в модели Селькова кинетики гликолиза,

исследованы вероятностные механизмы стохастической возбудимости в непрерывных моделях нейронной активности Фицхью–Нагумо, Юлихера, Ходжкина–Хаксли и дискретных моделях Рутькова,

проведен анализ вызванных шумами экологических сдвигов и предложены способы их предотвращения в дискретных и непрерывных моделях популяционной динамики,

выявлены вероятностные механизмы нелинейных стохастических явлений в моделях геофизики, связанных с динамикой климата и вулканической активностью.

Диссертационная работа «Нелинейные стохастические системы в зонах порядка и хаоса: математическое моделирование, анализ и управление» полностью соответствует паспорту специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. В работе получены новые численные методы и на их основе представлены новые техники

математического моделирования стохастических явлений, разработан ряд комплексов программ, реализующих представленные подходы. Полученные в диссертации результаты следует квалифицировать как научное достижение.

На заседании 18 ноября 2020 г. диссертационный совет УрФУ 01.01.07 принял решение присудить Башкирцевой Ирине Адольфовне ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет УрФУ 01.01.07 в количестве 18 человек, из них 12 членов совета в удаленном интерактивном режиме, в том числе 11 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, воздержались – нет.

Председатель
диссертационного совета
УрФУ 01.01.07

И.о. ученого секретаря
диссертационного совета
УрФУ 01.01.07
(приказ ректора УрФУ
№541/09 от 17.11.2020г.)



Пименов Владимир Германович

Елфимова Екатерина Александровна

18.11.2020 г.