

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НИР ФГБОУ ВО
«СГУ имени Н.Г. Чернышевского»
доктор физико-математических наук,
профессор



Алексей Александрович Короновский

А. Короновский 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»
по диссертации Ишбулатова Юрия Михайловича **«Нелинейная динамика
контуров автономного контроля кровообращения: анализ временных рядов,
радиофизический эксперимент, реконструкция уравнений»** на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 –
«Радиофизика» и 03.01.02 — «Биофизика», выполненной на кафедре динамического
моделирования и биомедицинской инженерии факультета нано- и биомедицинских
технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертации переутверждена приказом ректора СГУ от 16.09.2020 г. № 126-Д.
Ишбулатов Юрий Михайлович в 2015 году с отличием окончил бакалавриат ФГБОУ
ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 12.03.04
«Биотехнические системы и технологии». В 2017 году с отличием завершил обучение в
магистратуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки
12.04.04 «Биотехнические системы и технологии».

В период подготовки диссертации с 01.10.2017г. (приказ о зачислении № 455-П от
25.08.2017 г.) по настоящее время соискатель является аспирантом очной формы обучения
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 03.06.01
«Физика и астрономия», направленности «Радиофизика»

Справка об обучении № 76-2020 выдана 21.09.2020 г. Федеральным
государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.
Чернышевского».

Научные руководители - Караваев Анатолий Сергеевич, доктор физико-
математических наук, профессор кафедры динамического моделирования и
биомедицинской инженерии факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО
«СГУ имени Н.Г. Чернышевского», Киселев Антон Робертович, доктор медицинских
наук, профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии
факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г.
Чернышевского», утвержденные приказом ректора СГУ от 16.09.2020 г. № 126-Д,
представили положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры
динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета нано- и
биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с

приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» и из других организаций.

На заседании присутствовали:

1. Селезнёв Евгений Петрович, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета nano- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
2. Безручко Борис Петрович, д.ф.-м.н., профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета nano- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
3. Астахов Владимир Владимирович, д.ф.-м.н., профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета nano- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
4. Шабунин Алексей Владимирович, д.ф.-м.н., профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики физического факультета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
5. Вадивасова Татьяна Евгеньевна, д.ф.-м.н., профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики физического факультета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
6. Постнов Дмитрий Энгелевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры оптики и биофотоники физического факультета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
7. Павлов Алексей Николаевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры физики открытых систем факультета нелинейных процессов ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
8. Ульянов Сергей Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры медицинской физики факультета nano- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
9. Москаленко Ольга Игоревна, д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры физики открытых систем факультета нелинейных процессов ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
10. Пономаренко Владимир Иванович, д.ф.-м.н., профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета nano- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
11. Караваев Анатолий Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета nano- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
12. Киселев Антон Робертович, д.м.н., профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета nano- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
13. Куркин Семен Андреевич, д.ф.-м.н., профессор лаборатории нейронауки и когнитивных технологий Центра технологий компонентов робототехники и мехатроники, АНО ВО "Университет Иннополис".
14. Сысоев Илья Вячеславович, д.ф.-м.н., профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета nano- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».
15. Храмов Александр Евгеньевич, д.ф.-м.н., руководитель лаборатории нейронауки и когнитивных технологий Центра технологий компонентов робототехники и мехатроники, АНО ВО "Университет Иннополис".
16. Клиньшов Владимир Викторович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник » отделу нелинейной динамики ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук».

17. Сагайдачный Андрей Александрович, к.ф.-м.н., доцент кафедры медицинской физики факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

18. Слепнев Андрей Вячеславович, к.ф.-м.н., доцент кафедры радиофизики и нелинейной динамики физического факультета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»; заведующий научной лабораторией «Умного сна» ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»; ответственный за научную работу физического факультета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

19. Сергеев Константин Сергеевич, к.ф.-м.н., доцент кафедры радиофизики и нелинейной динамики физического факультета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»; инженер научной лаборатории «Умного сна» ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

20. Иноземцева Ольга Александровна, к.х.н., старший научный сотрудник Лаборатории дистанционно управляемых системы для тераностики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Рецензенты диссертации:

Вадивасова Татьяна Евгеньевна, д.ф.-м.н., профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики физического факультета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представила положительный отзыв.

Шабунин Алексей Владимирович, д.ф.-м.н., профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики физического факультета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

Безручко Борис Петрович, д.ф.-м.н., профессор кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

Постнов Дмитрий Энгелевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры оптики и биофотоники физического факультета ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

Павлов Алексей Николаевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры физики открытых систем факультета нелинейных процессов ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

Ульянов Сергей Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры медицинской физики факультета нано- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Диссертация Ишбулатова Ю.М. посвящена развитию построенных из физических соображений математических моделей, позволяющих объяснять динамику контуров автономного контроля кровообращения, исследование сложной нелинейной (в том числе, хаотической) динамики таких моделей на основе использования методов радиофизики и теории колебаний в том числе, при изменении управляющих параметров, использование модели для апробации и уточнения параметров методов диагностики фазовой синхронизации и направленных связей и решение задачи реконструкции параметров элементов такой колебательной системы по временным рядам, что является шагами в направлении изучения фундаментальных закономерностей функционирования сложных колебательных систем и разработки персонифицированной модели элементов регуляции кровообращения.

Личный вклад соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в формулировании цели, задач, плана работы, структуры математических моделей, результатов и обобщающих выводов совместно с научными руководителями, в интерпретации результатов также приняли участие соавторы научных публикаций. Натурные эксперименты с регистрацией сигналов здоровых испытуемых

проводились соискателем под руководством коллег – медицинских специалистов, являющихся соавторами публикаций. Соискатель разработал компьютерные программы, реализующие развиваемые математические модели и методы, создал лабораторную установку – гибридный генератор с запаздывающей обратной связью с квадратичной нелинейностью, провел численные и радиофизические эксперименты, и выполнил статистическую обработку результатов.

Достоверность результатов исследования при построении развиваемых моделей обусловлена записью их уравнений на основе физических соображений с использованием известных опубликованных результатов, тем, что внесенные в модель модификации не противоречат известным из литературы выводам о структуре и характере динамики системы кровообращения, соответствием результатов анализа временных реализаций моделей и экспериментальных данных друг другу и опубликованным другими авторами экспериментальным результатам и подкрепляются статистическим анализом ансамблей реализаций, использованием известных методов реконструкции параметров модельных уравнений генераторов с запаздывающей обратной связью и зарекомендовавших себя при исследованиях экспериментальных данных и эталонных колебательных систем подходов к обработке и анализу сигналов

Научная новизна исследования.

1. Установлено, что значения оценок старшего Ляпуновского показателя и корреляционной размерности, сделанные по хаотическим временным рядам предложенной модели кровообращения, разработанной в виде неавтономного нелинейного генератора с запаздывающей обратной связью 4 порядка, соответствуют оценкам этих мер сложности, сделанным по экспериментальным временным реализациям последовательности интервалов между сердечными сокращениями здоровых испытуемых.

2. Показано, что процесс дыхания не оказывает в предложенной модели статистически значимого влияния на значения мер сложности, при использовании в качестве дыхания сигналов гармонического осциллятора, стохастического осциллятора и экспериментальных временных рядов

3. Показано, что вариация управляющего параметра, имеющего смысл гидростатического давления крови, в предложенной модели кровообращения приводит к увеличению амплитуды автоколебаний и изменению относительного времени фазовой синхронизации контуров, входящих в ее состав, причем свойства колебаний временных рядов модели оказываются количественно близки к свойствам сигналов, зарегистрированных в экспериментах с изменением положения тела человека.

4. Показано, что изменение управляющего параметра предложенной модели, имеющего физический смысл гидростатического давления крови, при моделировании изменения положения тела человека из горизонтального в вертикальное приводит к увеличению амплитуды автоколебаний ее контуров, которые могут рассматриваться, как модели элементов автономного контроля кровообращения, причем такая динамика контуров объясняет наблюдающееся увеличение относительного времени синхронизации этими контурами.

5. Показано на примере анализа предложенной неавтономной системы с запаздывающей обратной связью 4 порядка, что полученные ранее в известных работах значения длительности временных реализаций эталонных нелинейных осцилляторов, обеспечивающие несмещенные оценки коэффициентов направленной связи при использовании метода моделирования фазовой динамики, оказываются значительно занижены в случае анализа реализаций более сложных систем и для этого случая сделаны необходимые оценки требуемой длительности реализаций.

6. Впервые проведенная оценка по временному ряду сигнала фотоакустического отклика циркулирующей в крови частицы меланомы коэффициентов полиномиальной модели, описывающей характерные особенности формы сигнала

фотоакустического отклика, позволяет детектировать клетки меланомы среди нормальных форменных частиц крови.

7. Проведенное сопоставление методов реконструкции модельных уравнений генераторов с запаздыванием первого порядка продемонстрировало, что подход, основанный на использовании вспомогательной системы с синхронным откликом позволяет восстанавливать по коротким периодическим временным рядам длительностью от 4 характерных периодов колебаний время запаздывания, постоянную времени инерционного элемента и параметры нелинейной передаточной характеристики, в том числе, в присутствии стохастических воздействий на динамику системы и/или измерительного шума, что продемонстрировано в ходе реконструкции параметров модельного автогенератора, также показано, что указанный подход имеет преимущества по сравнению с другими известными методами решения обратной задачи, при реконструкции по коротким временным рядам параметров хаотических генераторов с запаздывающей обратной связью, что продемонстрировано в численном эксперименте и при анализе экспериментальных временных реализаций радиофизического генератора.

Научное и практическая значимость исследования. Разработка и исследование динамики математических моделей, а также развитие методов решения обратных задач восстановления параметров нелинейных систем различной природы, представляют фундаментальный интерес для понимания динамики сложных объектов, выявления общих колебательных закономерностей в системах различной природы и дальнейшего развития методов радиофизики. Полученные результаты активно используются при выполнении научных исследований (в том числе, в рамках Мегагрантов, проектов РНФ, РФФИ, государственного задания) и ведения педагогической работы со студентами и аспирантами на базе Саратовского госуниверситета им. Н.Г. Чернышевского и СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Соискатель являлся руководителем НИР № 9002ГУ/2015 Фонда Бортника, являлся и является в настоящее время исполнителем проектов Российского фонда фундаментальных исследований № 19-32-90206, 19-02-00071, 18-07-00205 и других; исполнителем проектов Российского Научного Фонда № 19-12-00201, 14-12-00291, 18-74-10064; исполнителем Мегагрантов 14.Z50.31.0044 и 075-15-2019-1885.

На базе проведенных фундаментальных исследований были получены важные прикладные результаты. Реализованные в виде компьютерных программ модели, методы решения обратных задач и методы диагностики связей используются коллегами из Саратовского государственного медицинского университета им. В.И. Разумовского (научная группа директора НИИ Кардиологии СГМУ им. В.И. Разумовского профессора Гриднева В.И.) и НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева (научная группа профессора, чл.-корр. РАН Бокерия О.Л.) для развития методов медицинской диагностики и терапии патологий сердечно-сосудистой системы. На основе полученных результатов решается важная задача создания персонифицированной математической модели системы кровообращения. В рамках выполнения Мегапроекта совместно с коллегами из клиники Шарите (группа профессора Пензеля Т., Берлин) и из института климата Потсдама (профессор Куртс Ю., Потсдам) решаются задачи математического моделирования и исследования динамики системы кровообращения во время сна в том числе, для пациентов, страдающих нейродегенеративными патологиями.

Ценность научных работ соискателя подтверждена в рамках участия в научных семинарах Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского, на международных научных школах-конференциях: "Нелинейные волны", г. Н.Новгород, 2020, 2018; "Динамика сложных сетей и их применение в интеллектуальной робототехнике (DCNAIR)", г. Иннополис, 2020, 2019; "Волны-2015", г. Москва, 2015; "Нанoeлектроника, нанoфотоника и нелинейная физика", г. Саратов, 2015-2020.

Соответствие диссертации научной специальности. Диссертация Ишбулатова Ю.М. «Нелинейная динамика контуров автономного контроля кровообращения: анализ временных рядов, радиофизический эксперимент, реконструкция уравнений», посвященная развитию методов нелинейной динамики и применению подходов радиофизики к изучению системы биологического происхождения, соответствует научным специальностям 01.04.03 – Радиофизика и 03.01.02 – Биофизика.

Полнота изложения материалов диссертации в научных работах, опубликованных соискателем.

Основные положения диссертационного исследования достаточно полно отражены в 16 научных публикациях, включая 11 статей в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК (включая 11 работ, индексируемых в базах научных публикаций WoS и Scopus). Получено 5 свидетельств об официальной регистрации программ, реализующих модели и методы, развиваемые в диссертационной работе.

Публикации в журналах, рекомендованных ВАК

1. Karavaev A.S., Ishbulatov Yu.M., Ponomarenko V.I., Bezruchko B.P., Kiselev A.R., Prokhorov M.D. Autonomic control is a source of dynamical chaos in the cardiovascular system // **Chaos**. 2019. V. 29. 121101.
2. Karavaev A.S., Ishbulatov J.M., Ponomarenko V.I., Prokhorov M.D., Gridnev V.I., Bezruchko B.P., Kiselev A.R. Model of human cardiovascular system with a loop of autonomic regulation of the mean arterial pressure // **Journal of the American Society of Hypertension**. 2016. V. 10. iss. 3. P. 235-243.
3. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д., Безручко Б.П. Сравнение методов оценки параметров системы барорефлекторного контроля среднего артериального давления // **Известия РАН. Серия физическая**. 2016. Т. 80. №. 2. С. 202-207.
4. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С., Пономаренко В.И., Киселев А.Р., Сергеев С.А., Селезнев Е.П., Безручко Б.П., Прохоров М.Д. Фазовая синхронизация колебаний контуров вегетативной регуляции кровообращения в математической модели сердечно-сосудистой системы // **Нелинейная динамика**. 2017. Т. 13. №. 3. С. 381-397.
5. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д., Безручко Б.П. Модель системы автономной регуляции сердечно-сосудистой системы с контуром барорефлекторного контроля среднего артериального давления в виде автогенератора с запаздыванием // **Известия Саратовского Университета. Новая серия. Серия "Физика"**. 2015. Т. 15. В. 2. С. 32-38.
6. Караваев А.С., Ишбулатов Ю.М., Боровкова Е.И., Кульминский Д.Д., Хорев В.С., Киселев А.Р., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д. Реконструкции модельных уравнений систем с запаздыванием по коротким экспериментальным реализациям // **Известия Саратовского Университета. Новая серия. Серия "Физика"**. 2016. Т. 16. В. 1. С. 35-40.
7. Хорев В.С., Ишбулатов Ю.М., Лапшева Е.Е., Киселев А.Р., Гриднев В.И., Безручко Б.П., Бутенко А.А., Пономаренко В.И., Караваев А.С. Диагностика направленной связи контуров регуляции кровообращения по временным рядам математической модели сердечно-сосудистой системы человека // **Информационно-управляющие системы**. 2018. №. 1. С. 42-48.
8. Ishbulatov Yu.M., Kiselev A.R., Mureeva E.N., Popova Yu.V., Kurbako A.V., Gridnev V.I., Bezruchko B.P., Simonyan M.A., Borovkova E.I., Posnenkova O.M., Panina O.S., Chernenkov Yu.V., Karavaev A.S. Diagnostics of coupling between low-frequency loops in cardiovascular autonomic control in adults, newborns and mathematical model using cross-recurrence analysis // **Russian Open Medical Journal**. 2019. V. 8. Iss. 4. e0405.
9. Ishbulatov Yu.M., Posnenkova O.M., Borovkova E.I., Popova Yu.V., Kulminsky D.D., Navrotskaya E.V., Khorev V.S., Kudryashova V.V., Kiselev A.R., Karavaev A.S. Application of cross-recurrent analysis to coupling detection in mathematical model of circulation autonomic control // **Proceedings of SPIE. «Saratov fall meeting 2019»**. 2020. V. 11459. 114590T.

10. Ishbulatov Yu.M., Skazkina V.V., Karavaev A.S., Inozemtseva O.A., Bratashov D.N., Abdurashitov A.S., Grishin O.V., Hramkov A.N., Zharov V.P. Comparing the spectral properties of the laser-induced acoustic responses from blood and cancer cells in vitro // **Russian Open Medical Journal**. 2020. V. 9. Iss. 2. e0209.
11. Ishbulatov Yu.M., Kiselev A.R., Karavaev A.S. Numerical modeling of dynamics of heart rate and arterial pressure during passive orthostatic test // **Proceedings of SPIE. «Saratov fall meeting 2017»**. 2018. V. 10717. 1071726.

Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ

1. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д., Безручко Б.П. Программа для моделирования активности сердечно-сосудистой системы человека с двумя автоколебательными контурами барорефлекторной регуляции артериальных сосудов и частоты сердечных сокращений (CVSmodel-2SE). №2017618299.
2. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С., Шварц В.А., Киселев А.Р., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д., Лапшева Е.Е., Бокерия О.Л. Программа для диагностики фазовой синхронизации автоколебательной системы внешним сигналом с изменяющейся частотой с помощью вейвлетного анализа (PSynch-VF). №2016617600.
3. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С., Киселев А.Р., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д., Шварц В.А., Бокерия О.Л., Безручко Б.П. Программа для моделирования активности сердечно-сосудистой системы человека с автоколебательным контуром барорефлекторной регуляции тонуса артериальных сосудов (CVSmodel-SE). №2016617540.
4. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С., Пономаренко В.И., Безручко Б.П., Киселев А.Р., Шварц В.А. Программа для реконструкции по временным реализациям параметров систем с запаздыванием методом вспомогательной системы (Time-Delay Recovery – S2)” №2015662786.
5. Ишбулатов Ю.М., Бутенко А.А., Шварц В.А., Караваев А.С., Киселев А.Р. “Программа – генератор суррогатного сигнала дыхания (Breather-S)” №2015662787.

Прочие публикации по теме диссертации

1. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С. Частотная синхронизация контуров регуляции кровообращения в математической модели сердечно-сосудистой системы // Тезисы докладов молодых ученых XVIII научной школы “Нелинейные волны – 2018”. 2018. С. 56-58.
2. Karavaev A.S., Ishbulatov J.M., Kiselev A.R., Ponomarenko V.I., Prokhorov M.D. Synchronization of autonomic control loops in mathematical model of cardiovascular system // Abstract book of the 10th European Study Group for Cardiovascular Oscillations (ESGCO) 2018. P. 46.
3. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С. Математическая модель вегетативной регуляции частоты сердечных сокращений и артериального давления // Сборник материалов 1 Международной школы-конференции молодых ученых “Динамика сложных сетей и их применения в интеллектуальной робототехнике”. 2017. С. 45-47.
4. Ишбулатов Ю.М., Караваев А.С., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д., Безручко Б.П. Сопоставление методов восстановления параметров системы барорефлекторной регуляции артериального давления // Труды школы-семинара «Волны-2015». Спектроскопия, диагностика и томография. 2015. С. 40-43.
5. Ишбулатов Ю.М., Сказкина В.В., Караваев А.С., Иноземцева О.А., Браташов Д.Н., Абдурашитов А.С., Гришин О.В., Шушунова Н.А., Храмков А.Н., Жаров В.П. Детектирование акустических откликов клеток меланомы в установке проточной фотоакустической цитометрии на основе построения полиномиальных моделей // Тезисы докладов XV Всероссийской конференции молодых ученых «Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика». 2020. С. 103-104.

Опубликованные научные работы полностью отражают проблематику диссертационного исследования.

Таким образом, тема диссертации, ее структура и содержание позволяют говорить об актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости проведенного исследования.

Диссертационная работа Ишбулатова Ю.М. «Нелинейная динамика контуров автономного контроля кровообращения: анализ временных рядов, радиофизический эксперимент, реконструкция уравнений» представляет собой целостное исследование важных научных проблем и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – «Радиофизика» и 03.01.02 — «Биофизика», как удовлетворяющая критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание учёной степени кандидата наук.

Присутствовало на заседании 15 докторов наук и 5 кандидатов наук по профилю диссертации.

Результаты голосования: «за»- 20 чел.; «против»- нет; «воздержалось» - нет; (протокол №10 расширенного заседания кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» от «25» сентября 2020 г.).

Заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии факультета nano- и биомедицинских технологий ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»,
д.ф.-м.н.

Евгений Петрович Селезнёв

