

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.224.01,  
созданного на базе Федерального государственного учреждения  
Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»  
Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН), по диссертации  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от «09» декабря 2025 №8

О присуждении Горбунову Дмитрию Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Методы и алгоритмы анализа и воспроизведения динамики движения конечности человека» по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» принята к защите 2 октября 2025 г., протокол № 6, диссертационным советом 24.1.224.01 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН), 119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2, приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 747/нк от 22 июня 2016 г.

**Соискатель** Горбунов Дмитрий Владимирович, 1991 года рождения, в 2014г. окончил Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» по специальности «Математик, системный программист». В 2018 г. окончил с отличием магистратуру Бюджетного учреждения высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет» по специальности «Менеджмент». В 2018 году завершил обучение в аспирантуре Бюджетного учреждения высшего

образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет» по программе подготовки научно-педагогических кадров по специальности «Биофизика» (физико-математические науки). 15 июня 2021 года прикреплен путем зачисления (приказ от 15 июня 2021 года №1381-с) в аспирантуру Сургутского государственного университета для сдачи кандидатских экзаменов без освоения профессиональной программы высшего образования подготовки научно-педагогических кадров по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Сдал кандидатские экзамены, справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2021 г. бюджетным учреждением высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет».

**В период подготовки диссертации** соискатель Горбунов Дмитрий Владимирович работал в бюджетном учреждении высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет» в должности: инженер кафедры биофизики нейрокибернетики с 2014г. по 2017г., инженер кафедры безопасности жизнедеятельности с 2017г. по 2018г., преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности с 2018г. по 2019г., преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления с 2018г. по 2020г., старший преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления с 2020г. по настоящее время. С февраля 2025г. работает младшим научным сотрудником в Сургутском филиале НИЦ «Курчатовский институт» - НИИСИ.

**Диссертация выполнена** в Сургутском филиале федерального государственного автономного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

**Научный руководитель** – кандидат технических наук, доцент, Гавриленко Тарас Владимирович, заместитель директора Сургутского филиала федерального государственного автономного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

**Официальные оппоненты:**

1. **Старков Сергей Олегович**, доктор физико-математических наук, начальник отделения интеллектуальных кибернетических систем Обнинского института атомной энергетики — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ).

Отзыв оппонента **положительный**, имеются следующие замечания по содержанию диссертации:

1) В тексте диссертации указывается, что исследование включало в себя и анализ амплитудно-частотных характеристик сигналов. Данному подходу следовало бы уделить больше внимания.

2) Для анализа квазиаттракторов в качестве дополнительной метрики целесообразно было бы использовать формализм размерностей аттракторов, часто используемых для получения и сравнительного анализа количественных характеристик хаотического движения.

3) Алгоритм модели для произвольных и непроизвольных движений человека на фоне сложной структуры (рис. 3.8-3.12) сложны для визуального восприятия и требуют дополнительного текстового описания.

4) К сожалению, интерфейс ПО (п.3.4, рис. 3.13, 3.14, 3.15) англоязычный. Дальнейшее использование программного комплекса все же требует русскоязычной версии пользовательского интерфейса.

2. **Черноверская Виктория Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Института радиоэлектроники и информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА).

Отзыв оппонента **положительный**, имеются следующие замечания по диссертации:

1) Модель описывает произвольные и непроизвольные движения. Произвольные движения реализуются с помощью управляющих воздействий - в диссертации это явно не указано.

2) Симуляционная модель описывает динамику на относительно коротких интервалах. В диссертации не указано, проводились ли эксперименты на более длительных интервалах. Не происходит ли накопление ошибок.

3) В третьей главе формулы 47, 51, 53 и 57 имеют громоздкий вид, что затрудняет их восприятие, следовало бы продумать более компактный вид.

**Ведущая организация** – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет) – в своем **положительном** отзыве, подписанном Куприяновым Александром Викторовичем, доктором технических наук, директором института информатики и кибернетики, заведующим кафедрой технической кибернетики, указала, что

«Диссертационная работа выполнена на достаточно высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Область исследования по содержанию, объекту и предмету соответствует направлениям исследования паспорта научной специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

(технические науки). Диссертация Горбунова Д.В. является самостоятельным исследованием, содержащим решение научной задачи, имеющей значение для соответствующей отрасли знаний.

Диссертационная работа «Методы и алгоритмы анализа и воспроизведения динамики движений конечности человека» удовлетворяет критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп.9-14 Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842), а ее автор, Горбунов Д.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Отзыв обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры технической кибернетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» «27» октября 2025г., протокол заседания №4.

Замечания ведущей организации:

1) В работе встречаются формулировки, которые могут затруднить чтение материала. В частности, это относится к использованию большого количества аббревиатур.

2) В целях повышения терминологической строгости работы следовало бы уточнить физическую интерпретацию неравенства (9). Как следует из содержания диссертации, данное неравенство устанавливает детерминированные ограничения системы. Проводимая аналогия с принципом неопределенности Гейзенберга, хотя и интересна, может отвлекать внимание от сути полученных результатов.

3) В работе используется одно из возможных сторонних определений квазиаттрактора, носящее существенно общий характер, что по сути сводится к описанию квазиаттрактора как области возможных значений фазовых

параметров. Для придания термину большей строгости и содержательности в работе следовало бы более четко указать, какие именно свойства квазиаттрактора рассматриваются и учитываются в диссертационном исследовании.

4) В диссертации представлен метод построения математического обеспечения на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью. В работе стоило бы дополнительно использовать какой-либо существующий и апробированный «типовой» метод в интересах сравнительного сопоставления результатов его применения с результатами разработанного в диссертации авторского метода. Возможно в работе следовало бы позиционировать разработанный метод в форме алгоритма.

5) В диссертации представлены рассчитанные значения энтропии для анализа динамики биомеханической системы, однако не совсем понятно какие можно сделать выводы, отталкиваясь от этих конкретных величин энтропии.

6) Разработанный метод оценки эффективности симуляционной модели является важным результатом, однако весьма востребовано его расширение в части формализации набора конкретных количественных метрик. Это содействовало бы более четкому критериальному описанию при внедрении симуляционной модели в практику решения прикладных задач биомеханики, спортивной медицины и реабилитации.

**Соискатель имеет 17 опубликованных научных работ по теме диссертации,** в том числе 8 работ в журналах, рекомендованных ВАК и приравненных к ним, включая 5 в изданиях категории К3 и 3 статьи в научных журналах, индексируемых в БД Web of Science, Scopus, MathSciNet и zbMATH, приравненных к категории К1, 5 статей в других научных журналах, рекомендованных ВАК, 4 работы в трудах конференций, всего 6 публикаций в изданиях категории К1 и К2 и приравненных к ним. Получено 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Недостовверных сведений об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, не обнаружено. Диссертация не нарушает п. 14 Положения о присуждении ученых степеней. Автор указал личный вклад в опубликованные с соавторами работы.

Список публикаций:

***В изданиях, рекомендованных ВАК:***

1. Горбунов, Д. В. Математическое моделирование динамических процессов организма человека на основе дифференциальных уравнений с разрывной правой частью / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко // Успехи кибернетики. – 2023. – № 1. – С. 15–20. – DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-02. **(КЗ)**

2. Горбунов, Д. В. Математическое моделирование движений конечности человека с хаотической динамикой / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко // Успехи кибернетики. – 2022. – № 4. – С. 24–32. – DOI 10.51790/2712-9942-2022-3-4-03. **(КЗ)**

3. Однородность треморограмм в рамках термодинамики неравновесных систем I. R. Prigogine и неоднородность в рамках теории хаоса-самоорганизации / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, Д. В. Белощенко, М. Н. Горбунова // Вестник кибернетики. – 2018. – № 4(32). – С. 95–99. **(КЗ)**

4. Расчет квазиаттракторов для параметров движений человека / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, Д. В. Белощенко, Ю. В. Башкатова // Вестник кибернетики. – 2018. – № 3(31). – С. 195–199. **(КЗ)**

5. Теория Н. А. Бернштейна об организации движений и кибернетические механизмы регуляции / О. Е. Филатова, В. А. Галкин, Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов // Вестник кибернетики. – 2018. – № 3(31). – С. 217–221. **(КЗ)**

***В изданиях, индексируемых Scopus, WoS, MathSciNet, zbMATH:***

6. Энтропия Шеннона в изучении стационарных режимов и эволюции complexity / В. М. Еськов, В. В. Еськов, Д. В. Горбунов [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. – 2017. – № 3. – С. 90–98. **Scopus (Q4)**

7. Хаотическая динамика параметров нервно-мышечной системы и проблема эволюции complexity / В. В. Еськов, О. Е. Филатова, Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов // Биофизика. – 2017. – Т. 62. – № 6. – С. 1167–1173. **Scopus (Q4)**

8. Горбунов, Д. В. Симуляционное моделирование произвольных движений человека / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2019. – Т. 29. – № 4. – С. 67–76. – DOI 10.26117/2079-6641-2019-29-4-67-76. **MathSciNet, zbMATH (K1)**

***Статьи в других научных журналах, рекомендованных ВАК***

9. Горбунов, Д. В. Симуляционное моделирование движения конечности человека / Д. В. Горбунов // Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2020. – Т. 23. – № 1. – С. 32–43. – DOI 10.15688/mpcm.jvolsu.2020.1.4. **MathSciNet (K1)**

10. Граница применимости теоремы Гленсдорфа-Пригожина в описании биомеханических систем / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, Б. Р. Гимадиев, А. А. Чертищев // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2017. – № 1. – С. 68–73. – URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-1/1-9.pdf> (дата обращения: 16.10.2019). **(K2)**

11. Теорема Гленсдорфа-Пригожина в оценке параметров треморограмм / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, Д. В. Белощенко, А. А. Чертищев // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 16–21. – DOI 10.12737/article\_5947ca1ae38667.30772161. **(K2)**

12. Энтропии в оценке параметров тремора с позиции теории хаоса и самоорганизации / Д. В. Горбунов, Д. К. Берестин, Н. А. Черников, Т. В.

Стрельцова // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2016. – № 1. – С. 206-211. – DOI 10.12737/18451. – URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-1/3-2.pdf> (дата обращения 15.04.2019). **(К2)**

13. Эффект Еськова-Зинченко в оценке параметров теппинга / Т. В. Гавриленко, Е. В. Якунин, Д. В. Горбунов [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 9-14. **(К2)**

***В трудах конференций:***

14. Limit of applicability the theorem of Glansdorf–Prigogine in the describing homeostatic system / G. R. Garaeva, D. V. Gorbunov, D. V. Sinenko, V. V. Grigorenko. // Russian conference with international participation in memory of professor Vladimir S. Markhasin «Experimental and Computational Biomedicine». – Ekaterinburg : Издательство Уральского университета, 2016. – С. 54.

15. Теорема Гленсдорфа–Пригожина в описании треморограмм при физических возмущениях / Д. В. Горбунов, Т. В. Стрельцова, А. А. Пахомов, И. Н. Самсонов. // Хаотические автоколебания и образование структур: материалы XI Международной школы-конференции. – Саратов : ООО «Издательский центр «Наука», 2016. – С. 145–146.

16. Энтропийный подход в оценке параметров тремора и теппинга / Д. В. Горбунов, К. А. Эльман, Д. С. Горбунова, М. А. Срыбник // Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук : II международная научно-практическая конференция, Praha, 25 февраля 2016 года. Том 1. – Praha: Publishing House, 2016. – С. 100–106.

17. Справедливость теоремы Гленсдорфа-Пригожина в описании параметров произвольных движений при холодовом воздействии / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко, И. Н. Самсонов, Т. В. Стрельцова // Север России: стратегии и перспективы развития : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Сургут, 27 мая 2016 года. Том 4. –

Сургут: Сургутский государственный университет, 2016. – С. 85–89.  
***Патенты и свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:***

18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615959 Российская Федерация. Моделирование динамики движений биомеханической системы человека : № 2023614686 : заявл. 03.03.2023 : опубл. 21.03.2023 / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко, С. А. Смородинов.

19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016617594 Российская Федерация. Программа расчета матриц парных сравнений условно одинаковых выборок в идентификации гомеостаза : № 2016614814 : заявл. 12.05.2016 : опубл. 07.07.2016 / В. М. Еськов, Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов [и др.].

20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016617606 Российская Федерация. Программа проверки равномерного распределения хаотических выборок : № 2016615292 : заявл. 12.05.2016 : опубл. 08.07.2016 / В. М. Еськов, Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов [и др.].

**На автореферат поступило четыре положительных отзыва, которые подписали:**

1. Лаврентьев Михаил Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, профессор федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет».

Замечание:

На с. 15 при анализе рис. 3 не указано, каким образом определяется «траектория уровня удержания» – по скользящему среднему или иным методом фильтрации.

2. Битюков Владимир Ксенофонович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиоволновых процессов и технологий

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет».

Замечания:

1) Приведены характеристики матриц парных сравнений, а сами эти матрицы не представлены.

2) Следовало бы более развернуто изложить ключевые этапы симуляционного моделирования, в частности, уделить больше внимания процедуре перехода от дифференциальных уравнений с разрывной правой частью к их дискретной форме и далее – к вычислительным алгоритмам.

3) Алгоритм моделирования произвольных движений представлен в полном виде. Однако, его описание недостаточно подробно.

3. Григорьев Сергей Георгиевич, доктор технических наук, член-корреспондент РАО, профессор, профессор государственного автономного образовательного учреждения высшего образования города Москвы «Московский городской педагогический университет».

Замечание:

На с. 12 в формуле (8) не указано явно, что символы  $m$  и  $M$  обозначают нижнюю и верхнюю границы соответственно, что может вызвать неоднозначность трактовки.

4. Бодин Олег Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биомедицинская инженерия» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный технологический университет».

Замечания:

1) В автореферате используется словосочетание «повышение эффективности воспроизведения динамики движений», однако не указано насколько в результате диссертационного исследования повысилась «эффективность воспроизведения динамики движений».

2) Из автореферата не ясно, каким образом подобраны значения параметров симуляционной модели? Также не приводится информация о виде конечности человека, что затрудняет понимание обобщения автора на эффективное моделирование параметров биомеханической системы человека.

3) В автореферате на рис. 3 не различимы «черные» и «серые» линии. При этом в описании не указано, как именно строится «серая линия», по какому алгоритму или фильтру.

4) В автореферате символом «k» на стр. 18 обозначено «Количество элементов k матрицы», а на с. 20 символом «k» обозначено «число k пар совпадений».

5) Не понятно, почему автор в разделе автореферата «Соответствие паспорту специальности» не включил пункт 11 паспорта специальности: «11. Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества, надежности функционирования сложных систем управления и их элементов»?

**Имеется два акта** об использовании результатов диссертационных исследований Горбунова Д.В., которые утвердили:

1. Бурыкин Юрий Геннадьевич, кандидат биологических наук, заведующий отделом бионики, медицинской биофизики и человеко-машинного взаимодействия;

2. Бушмелева Кия Иннокентьевна, доктор технических наук, заведующий кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления;

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их компетентностью в областях моделирования и системного анализа, что подтверждается их исследованиями и публикациями в высокорейтинговых научных изданиях.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

1. **Разработан** новый метод построения математического обеспечения на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью с учетом закономерностей в динамике движений биомеханической системы. Метод учитывает границы стационарного состояния системы, а также границы области, внутри которой осуществляется определение траектории движения конечности, что максимально приближено к биофизической составляющей воспроизведения динамики движений конечности человека.

2. **Разработано** математическое и алгоритмическое обеспечение, а также реализована симуляционная модель по воспроизведению динамики движений конечности человека на их основе. Показано, что разработанное обеспечение позволяют повысить эффективность воспроизведения динамики движений биомеханической системы человека с учетом установленных закономерностей в натурных экспериментах.

3. **Разработан** метод оценки эффективности симуляционной модели для биомеханической системы на основе математической статистики и теории хаоса-самоорганизации. Показано, что совместное использование методов математической статистики и теории хаоса-самоорганизации позволяет оценить результаты моделирования параметров системы в соответствии с выявленными особенностями динамики изменения параметров движений конечности человека. Метод позволяет комплексно оценить адекватность модели.

**Теоретическая значимость** работы состоит следующем:

- предложен метод построения математического обеспечения на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью для биологических систем;

- предложено математическое и алгоритмическое обеспечение на основе нового метода построения математического обеспечения для

моделирования динамики движений биомеханической системы человека, которые могут быть адаптированы для моделирования других функциональных систем организма человека;

- предложен метод оценки эффективности для разработанной симуляционной модели биомеханической системы человека, который можно распространить на другие модели, в которых затруднительно использовать стандартные методы оценки адекватности.

**Практическая значимость** состоит в следующем:

- разработанная симуляционная модель на основе реализованном математическом и алгоритмическом обеспечении может использоваться для решения инженерно-технических задач, в частности для тонкой настройки систем управления в составе человеко-машинных интерфейсов, что в значительной степени повысит точность и адаптивность взаимодействия оператора с техническими устройствами;

- предложенные методы и симуляционная модель по воспроизведению динамики движений конечности применимы в спортивной науке для анализа и оптимизации двигательных навыков спортсменов, особенно в тех видах спорта где требуется высокая точность выполнения движения, а также могут использоваться при разработки тренажерных и симуляционных комплексов;

- полученные результаты моделирования могут воспроизвести патологические состояния за счет варьирования биофизических параметров мышечных сокращений, что можно использовать для диагностики, прогнозирования и разработки новых методов реабилитации в персонифицированной медицине.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- результаты работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях и прошли апробацию на международных профильных научных конференциях;

– результаты согласованы между собой, согласуются с результатами других исследователей и могут быть воспроизведены.

**Личный вклад** соискателя состоит в:

– проведении натурных экспериментов, а также обработке и анализе полученных данных с целью выявить и верифицировать закономерности в динамике произвольных и непроизвольных движений;

– разработке нового метода построения математического обеспечения на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью;

– разработке математического и алгоритмического обеспечения для реализации симуляционной модели по воспроизведению динамики движений конечности;

– подборе параметров симуляционной модели для моделирования различных состояний организма человека в том числе и паталогического процесса (болезнь Паркинсона);

– проведении численных экспериментов и обработке их результатов;

– апробации результатов исследования и публикации результатов в рецензируемых научных изданиях.

Соискатель Горбунов Д.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, удовлетворившую авторов вопросов.

На заседании «09» декабря 2025 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013г., и принял решение присудить Горбунову Д.В. ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи разработки метода построения математического обеспечения для симуляционной модели

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 30 человек, из них 8 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 36 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» присуждение ученой степени – 29, «против» присуждения ученой степени – 1, недействительных бюллетеней – 0.

диссертационного совета 24.1.224.01

Ю.С. Попков

Ученый секретарь диссертационного  
совета 24.1.224.01

Д.Т.Н., ДОЦЕНТ

Completed

И.В. Смирнов

16