

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.379.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 9 октября 2026 г. №7
о присуждении Иванову Дмитрию Владимировичу, гражданину Российской
Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Методы идентификации моделей динамических систем
дробного порядка по неполным данным» по специальности
1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
принята к защите 29 июня 2026 г. (протокол заседания № 6) диссертационным
советом 24.2.379.08, созданным на базе федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский
национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (443086, г.
Самара, Московское шоссе, 34), приказом Министерства науки и высшего
образования Российской Федерации от 26.01.2023 №70/нк, с изменениями,
внесенными приказами Минобрнауки России от 22.06.2023 №1326/нк, от
15.04.2024 №377/нк, от 17.04.2025 №357/нк, от 25.11.2025 №1140/нк, от
10.06.2026 №495/нк.

Соискатель Иванов Дмитрий Владимирович, 5 июня 1985 года рождения. В
2011 году защитил диссертацию «Рекуррентный алгоритм моделирования
многомерных по входу линейных динамических систем с помехами во входных и
выходных сигналах» на соискание учёной степени кандидата физико-
математических наук по специальности 05.13.18 Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ в диссертационном совете
Д 212.264.03, созданном при Тольяттинском государственном университете.
Соискатель с 11.01.2022 года по настоящее время работает в должности доцента
кафедры безопасности информационных систем федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский
национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре безопасности информационных систем

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор Жданов Александр Иванович, профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

Ташлинский Александр Григорьевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет», директор научно-исследовательского центра обработки цифровых изображений и сигналов «Сигнал»;

Цыганова Юлия Владимировна, доктор физико-математических наук, доцент, автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис», профессор Центра образовательных программ топ-уровня в сфере искусственного интеллекта;

Щербаков Павел Сергеевич, доктор физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук», главный научный сотрудник Лаборатории № 7 «Адаптивных и робастных систем им. Я. З. Цыпкина», -

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, **в своем положительном заключении**, подписанном деканом математического факультета, заведующим кафедрой математического анализа, доктором физико-математических наук Бурлуцкой Марией Шаукатовной, утвержденном проректором по науке, инновациям и цифровизации доктором физико-математических наук Костиным Дмитрием Владимировичем, указала, что диссертационная работа Иванова Д.В. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена крупная научная проблема заключающаяся в том, что разработаны новые модели дискретных стохастических систем дробного порядка и вычислительно устойчивые методы их идентификации при неполных данных, имеющие существенное значение для математического моделирования и теории идентификации. Полученные в диссертации результаты

рекомендуются к использованию в научно-исследовательских организациях и высших учебных заведениях, специализирующихся в области идентификации систем, математического моделирования и обработки сигналов. Разработанные методы и программный комплекс применимы при решении практических задач параметрической идентификации в машиностроении, электроэнергетике и на предприятиях железнодорожного транспорта, в частности при диагностике рельсовых цепей, оценивании параметров тяговых электродвигателей и линий электропередачи по зашумлённым измерениям. Результаты работы также могут быть использованы в учебном процессе при подготовке специалистов по направлениям, связанным с математическим моделированием, вычислительными методами и теорией идентификации. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, обоснованности и достоверности полученных результатов диссертация соответствует паспорту научной специальности, по форме и содержанию отвечает требованиям пп. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года. Автор, Иванов Д.В., заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет 197 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 120 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 34 работы (9 в изданиях, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science, 25 работ в рецензируемых изданиях, входящих в Перечень ВАК), 28 работ опубликованы в материалах конференций, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus, получено 5 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ. Суммарный объём опубликованных работ составляет 57,75 п.л., из них на личную долю соискателя приходится 29,37 п.л.

Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат: разработка новых моделей дискретных динамических систем дробного порядка, обобщающих ранее известные модели, включая модель билинейной дискретной системы дробного порядка и модели с новыми классами возмущений; создание и теоретическое обоснование метода на основе обобщённых полных наименьших квадратов для идентификации параметров моделей линейных и некоторых классов нелинейных систем, описываемых уравнениями с разностями дробного порядка, с доказательством сильной состоятельности получаемых оценок; создание метода на основе обобщённых инструментальных переменных для случая неполной информации об автокорреляционных функциях помех; разработка рекуррентных алгоритмов идентификации и численно устойчивых вычислительных схем на основе расширенной эквивалентной системы уравнений и неявной итерационной схемы регуляризации задачи полных наименьших квадратов; разработка программного комплекса, реализующего предложенные модели и методы.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Наиболее значимые работы:

1. Ivanov D.V. Symmetrical augmented system of equations for the parameter identification of discrete fractional systems by generalized total least squares / D.V. Ivanov, A.I. Zhdanov // Mathematics. – 2021. – Vol. 9, No. 24. – P. 3250 (научная статья, [1.50 п.л. / 0.75 п.л.])
2. Ivanov D.V. Identification of Fractional Models of an Induction Motor with Errors in Variables / D.V. Ivanov // Fractal and Fractional. – 2023. – Vol. 7, No. 6. – P. 485 (научная статья, [1.73 п.л.])
3. Yakoub Z. Unbiased Identification of Fractional Order System with Unknown Time-Delay Using Bias Compensation Method / Z. Yakoub, O. Naifar, D.V. Ivanov // Mathematics. – 2022. – Vol. 10, No. 16. – P. 3028 (научная статья, [2.19 п.л. / 0.73 п.л.])
4. Ivanov D.V. Overview of Identification Methods of Autoregressive Model in Presence of Additive Noise / D.V. Ivanov, Z. Yakoub // Mathematics. – 2023. – Vol. 11, No. 3. – P. 607 (научная статья, [2.42 п.л. / 1.21 п.л.])
5. Ivanov D.V. Identification of dynamical systems with time-varying disturbances and fractional errors-in-variables. Application example to a drone model / D.V. Ivanov, A.I. Zhdanov, I.L. Sandler // Cybernetics and Physics. – 2024. – Vol. 13, No. 1. – P. 49–56 (научная статья, [0.92 п.л. / 0.31 п.л.])
6. Ivanov D.V. Implicit iterative algorithm for solving regularized total least squares problems / D.V. Ivanov, A.I. Zhdanov // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки». – 2022. – Т. 26, № 2. – С. 311–321 (научная статья, [1.27 п.л. / 0.63 п.л.])
7. Ivanov D.V. Identification of linear dynamic systems of fractional order with errors in variables based on an augmented system of equations / D.V. Ivanov // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки». – 2021. – Т. 25, № 3. – С. 508–518 (научная статья, [1.27 п.л.])
8. Ivanov D.V. Estimation of parameters of autoregressive models with fractional differences in the presence of additive noise / D.V. Ivanov // Вестник Самарского университета. Естественнаучная серия. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 93–99 (научная статья, [0.81 п.л.])
9. Ivanov D.V. Identification of Fractional Linear Dynamical Systems with Autocorrelated Errors in Variables by Generalized Instrumental Variables / D.V. Ivanov, I.L. Sandler, E.V. Kozlov // IFAC-PapersOnLine. – 2018. – Vol. 51, Is. 32. – P. 580–584 (научная статья, [0.58 п.л. / 0.19 п.л.])

10. Иванов Д.В. Идентификация билинейных динамических систем с помехой в выходном сигнале / Д.В. Иванов, О.А. Кацюба, О.В. Усков // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2015. – № 3. – С. 81–91 (научная статья, [1.27 п.л. / 0.42 п.л.])

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов от организаций:

1. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва, подписан профессором кафедры математической статистики, д.ф.-м.н. Хохловым Ю.С. Замечания: 1) не приводятся комментарии относительно практической проверяемости условий, при которых доказаны теоремы состоятельности, в частности предположения о статистической независимости входного сигнала от помех; 2) в таблицах 1 и 4 приведены сравнительные результаты для разных методов и разных отношений «помеха–сигнал» – возможно, было бы нагляднее составить сводную таблицу по всем предложенным методам, чтобы увидеть общую картину.

2. Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне, г. Шэньчжэнь (КНР), подписан профессором, д.ф.-м.н. Бенингом В.Е. Замечание: при подготовке доклада к защите диссертации имеет смысл показать, даёт ли применение математического аппарата дробных разностей практические преимущества при решении конкретных прикладных задач идентификации, или речь идёт преимущественно о развитии математического аппарата.

3. Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне, г. Шэньчжэнь (КНР), подписан профессором, д.ф.-м.н. Мельниковым Б.Ф. Замечание: в тексте автореферата было бы полезно более наглядно сопоставить вычислительную сложность предложенных алгоритмов с известными аналогами.

4. ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, подписан профессором кафедры математического и компьютерного моделирования, д.ф.-м.н. Гиззатовой Э.Р. Замечание: в автореферате не обсуждается вопрос об идентифицируемости рассматриваемых моделей: не поясняется, при каких условиях на входной сигнал и структуру модели решение задачи оценивания единственно, притом, что для систем с дробными разностями это условие существенно менее очевидно, чем для систем целого порядка.

5. ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет», г. Москва, подписан профессором кафедры математического обеспечения и стандартизации информационных технологий, д.т.н. Красниковым С.А. Замечания: 1) из автореферата не ясно, какие требования предъявляются к организации эксперимента при использовании предложенных методов, чтобы обеспечить условие постоянного возбуждения для моделей с дробными разностями; 2) приведённые во введении сведения о применении разработанных методов к оцениванию параметров электродвигателей, линий электропередачи и

рельсовых цепей в диссертацию не включены – соответствующие результаты представляли бы значительный интерес для инженерной практики и заслуживали бы включения в работу хотя бы в обзорной форме.

6. ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики», г. Москва, подписан профессором кафедры «Математическая кибернетика и информационные технологии», д.т.н. Кулагиным В.П. Замечания: 1) качество предложенных вычислительных схем характеризуется исключительно спектральным числом обусловленности, которое даёт лишь верхнюю границу возможной потери точности – оценка фактической погрешности решения в терминах машинной точности и анализ обратной устойчивости схем в автореферате отсутствуют; 2) не приводится оценка числа арифметических операций разработанных алгоритмов – для дробных разностей, требующих учёта всей предыстории сигнала, вопрос вычислительной сложности при больших объёмах выборки представляется существенным.

7. ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ВНИИ ГОЧС), г. Москва, подписан главным научным сотрудником 1-го научно-исследовательского центра, д.ф.-м.н., профессором Прусом Ю.В. Замечания: 1) рассматриваемые методы предполагают, что структура модели известна априорно; для случая неизвестных порядков предложен итерационный метод с генетическим алгоритмом – остаётся неясным, как погрешность оценивания дробных порядков сказывается на точности оценивания линейных параметров модели и на состоятельности итоговых оценок; 2) предложенные рекуррентные алгоритмы построены на основе процедур стохастической аппроксимации – хотелось бы понять, применимы ли они для идентификации в реальном времени, в частности при медленном дрейфе параметров идентифицируемой системы, и какова вычислительная стоимость одного шага рекуррентной процедуры с учётом необходимости хранения предыстории сигналов

Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечено, что указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Во всех отзывах отмечено, что диссертация соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Иванову Д.В. учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Выбор Ташлинского А. Г. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является известным специалистом в области цифровой обработки сигналов и изображений и методов оценивания

параметров по зашумлённым данным.

Выбор Цыгановой Ю. В. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что она является известным специалистом в области численно устойчивых алгоритмов параметрической идентификации и адаптивной фильтрации дискретных стохастических систем.

Выбор Щербакова П. С. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является известным специалистом в области теории управления, адаптивных и робастных систем и методов оптимизации.

Выбор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» в качестве ведущей организации обосновывается достижениями её специалистов в области математического моделирования, теории функций и численных методов решения некорректно поставленных задач.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований

разработаны: метод на основе обобщённых полных наименьших квадратов для идентификации параметров моделей линейных и некоторых классов нелинейных (Гаммерштейна, Винера, билинейных) дискретных систем, описываемых уравнениями с разностями дробного порядка, применимый для шумов различных классов: мартингал-разностей, белого шума, автокоррелированных и дробных шумов;

метод на основе обобщённых инструментальных переменных для идентификации моделей линейных динамических систем дробного порядка при неполной информации об автокорреляционных функциях помех;

рекуррентные алгоритмы идентификации типа стохастической аппроксимации, минимизирующие предложенные критерии;

алгоритм идентификации параметров авторегрессии с разностями дробного порядка при аддитивном шуме наблюдений в условиях неизвестных дисперсии шума и отношения дисперсий помех;

численно устойчивые вычислительные схемы реализации созданных методов;

программный комплекс, реализующий предложенные модели и методы идентификации и предназначенный для проведения вычислительного эксперимента.

предложены: новые модели дискретных динамических систем дробного порядка, обобщающие известные модели на случай произвольного числа дробных разностей и операторов сдвига, включая впервые введённую модель билинейной дискретной системы дробного порядка и комплекс моделей с

новыми классами возмущений: ARX-модель дробного порядка с ошибками в переменных, линейная модель дробного порядка с дробно-дифференцированными ошибками в переменных, ARX-модель Винера дробного порядка с шумом во входном сигнале;

расширенная система уравнений, эквивалентная смещённой нормальной системе и отличающаяся от известной расширенной системы меньшей размерностью и отсутствием комплексных коэффициентов;

неявная итерационная схема регуляризации задачи полных наименьших квадратов, позволяющая решать более широкий класс задач по сравнению с известными подходами к решению задач полных наименьших квадратов.

доказана сильная состоятельность оценок параметров, получаемых предложенными методами, как в нерекуррентной, так и в рекуррентной формах реализации, для рассмотренных классов моделей и помех;

получены аналитические оценки спектральных чисел обусловленности для вычислительных схем регуляризации задачи полных наименьших квадратов;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложен единый подход к идентификации линейных и нелинейных моделей систем различных классов, описываемых уравнениями с разностями дробного порядка, при наличии помех наблюдения, на основе которого построены и реализованы методы идентификации для различных классов помех, в том числе нестационарных;

доказана сильная состоятельность оценок параметров для предложенных рекуррентных и нерекуррентных методов идентификации;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе методов теории вероятностей и теории оценивания, математической статистики, теории оптимизации и вычислительной линейной алгебры;

показаны преимущества перехода от смещённой нормальной системы уравнений к предложенной расширенной системе уравнений при решении плохо обусловленных задач полных наименьших квадратов;

изучена скорость сходимости неявной итерационной схемы для задачи регуляризации полных наименьших квадратов и ее зависимость от числа обусловленности решаемой задачи.

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

создан программный комплекс, реализующий предложенные модели и методы идентификации моделей динамических систем дробного порядка и включающий блоки генерации исходных данных, идентификации параметров,

обработки и визуализации результатов (получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ);

определены перспективы практического использования разработанных методов и алгоритмов при решении задач идентификации в машиностроении, эконометрике, экологии, геофизических исследованиях, системах передачи информации, анализе временных рядов и автоматизированных системах управления технологическими процессами;

представлены рекомендации по выбору вычислительных схем реализации методов идентификации для плохо обусловленных задач.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теоретические результаты диссертации **обоснованы** строгими математическими доказательствами, в том числе доказательствами сильной состоятельности, получаемых оценок параметров;

теория согласуется с данными вычислительных экспериментов, представленных по теме диссертации;

идея идентификации динамических систем **по неполным данным** базируется на анализе практики и обобщении результатов, полученных ранее в области идентификации систем целого порядка;

использовано сравнение данных исследований, проведённых в рамках диссертационной работы, и данных, полученных ранее по тематике идентификации динамических систем дробного порядка;

установлена воспроизводимость результатов исследования при различных отношениях «помеха–сигнал» и различных классах помех по сериям независимых статистических испытаний;

использованы современные методы теории вероятностей и теории оценивания, математической статистики, теории оптимизации, вычислительной линейной алгебры и прикладного программирования.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задачи, построении новых моделей дискретных динамических систем дробного порядка, разработке и теоретическом обосновании методов их идентификации, доказательстве сильной состоятельности получаемых оценок, созданию численно устойчивых вычислительных схем, разработку и реализацию программного комплекса, постановку вычислительных экспериментов, апробацию результатов исследования, подготовку основных публикаций по выполненной работе.

В диссертации отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора или источник заимствования, результаты научных работ, выполненные соискателем учёной степени в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Рекомендации по использованию результатов исследования

Полученные в диссертации результаты рекомендуются к использованию в

научно-исследовательских организациях и высших учебных заведениях, специализирующихся в области идентификации систем, математического моделирования и обработки сигналов. В частности, в ФГБУН «Институте проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук» (г. Москва), в АНО ВО «Университете Иннополис» (г. Иннополис), в ФГБОУ ВО «Воронежском государственном университете» (г. Воронеж), в ФГБОУ ВО «Ульяновском государственном техническом университете» (г. Ульяновск), в ФГАОУ ВО «Самарском национальном исследовательском университете имени академика С.П. Королева» (г. Самара) и в ФГБОУ ВО «Самарском государственном техническом университете» (г. Самара).

В ходе защиты диссертационной работы не были высказаны критические замечания. Соискатель Иванов Д.В. ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 9 октября 2026 г. диссертационный совет за разработку и теоретическое обоснование методов идентификации параметров линейных и некоторых классов нелинейных моделей систем, описываемых уравнениями с разностями дробного порядка при наличии помех наблюдений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, принял решение присудить Иванову Д.В. учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.379.08

академик РАН, д.т.н., профессор

В. А. Сойфер

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.379.08

д.ф.-м.н., доцент

09.10.2026

А. В. Дорошин

