

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

ЮФУ 801.02.06

созданного на базе Научно-исследовательского института многопроцессорных систем имени академика А.В. Каляева Инженерно-технологической академии

Южного федерального университета,

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_,

решение диссертационного совета

от «25» сентября 2025 г. №3

О присуждении Бурякову Дмитрию Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы и программные средства обеспечения изохронной передачи данных в комплексах цифровой обработки сигналов» по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», технические науки принята к защите 3 июля 2025 г. (протокол заседания №2) диссертационным советом ЮФУ 801.02.06, созданным при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет».

Соискатель Буряков Дмитрий Сергеевич 1989 года рождения.

В 2013 г. окончил специалитет федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению 11.03.03 «Проектирование и технология электронно-вычислительных средств» (диплом КТ №84757 от 11.06.2013).

В настоящее время завершает обучение в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южного федерального университета» по специальности: 2.3.5

«Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

С 2020 года и по настоящее время работает в ООО НИЦ СЭ и НК (г. Таганрог) в должности конструктора 1 категории.

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ) Института компьютерных технологий и информационной безопасности (ИКТИБ) на кафедре «Интеллектуальные и многопроцессорные системы» (ИМС).

Научный руководитель – Левин Илья Израилевич, доктор технических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

1. Атакищев Олег Игоревич, доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по специальным проектам автономной некоммерческой организации «Институт инженерной физики» Атакищев Олег Игоревич, г. Серпухов;

2. Титенко Евгений Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», г. Курск.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в **ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК РФ**, опубликовано 2 статьи. Соискателю выдано свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ по теме диссертации: № 2025660549. Научные результаты диссертации также опубликованы в журнале, не входящем в перечень ВАК, и материалах международных и всероссийских конференций – 9 публикаций общим объемом 27 страниц (89% авторских). В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научной степени работах, виде, авторском вкладе и объеме научных изданий.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Левин, И. И. Система передачи данных на основе программируемых логических интегральных схем в устройствах цифровой обработки сигналов с фазированными антенными решетками / И.И. Левин, Е.А. Семерников, Д. С. Буряков // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2022. – Т. 19, № 3(213). – С. 42-50. – DOI 10.14489/vkit.2022.03.pp.042-050 **(ведущий рецензируемый журнал, входит в перечень ВАК категории К2, 54% авторских)**

*В работе Буряковым Д.С. предложены методы и принципы организации гарантоспособной изохронной передачи данных в системах радиолокации и связи с фазированными антенными решетками, вычислительные узлы которых построены на основе реконфигурируемых вычислительных систем с программируемыми логическими интегральными схемами. Разработан алгоритм переключения опорного канала без прерывания передачи данных в случае аварийного отключения текущего опорного канала.*

2. Левин, И. И. Некоторые методы синхронизации информационных потоков в системах цифровой обработки сигналов / И. И. Левин, Д. С. Буряков // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2024. – № 5(241). – С. 243-254. – DOI 10.18522/2311-3103-2024-5-243-254. **(ведущий рецензируемый журнал, входит в перечень ВАК категории К2, 63% авторских)**

*В работе Буряковым Д.С. разработаны алгоритмы синхронизации различных блоков комплекса цифровой обработки сигналов и процедура динамической компенсации задержек в каналах системы единого машинного времени. Предложен комбинированный метод изохронной передачи, сочетающий использование единого машинного времени и опорной тактовой частоты.*

3. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2025660549, РФ. Программа обработки изохронных потоков данных

/И.И. Левин, Д.С. Буряков, М.Д. Чекина // Зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 24.04.2025 г. Правообладатель: ООО «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров».

*Вклад Буряковым Д.С. в создание зарегистрированной программы для ЭВМ состоит в разработке алгоритмов: синхронизации информационных потоков от множества каналов; алгоритм выбора опорного канала и формирования диапазона допустимого рассогласования задержек данных; алгоритм проверки целостности данных в массивах операндов.*

Публикации в сборниках трудов конференций:

4. Буряков, Д.С. Система передачи данных на основе ПЛИС в устройствах цифровой обработки сигналов с фазированными антенными решетками / Д.С. Буряков, И.И. Левин // Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы: материалы Всероссийской научно-технической конференции (МВУС-2022), Таганрог, 27–30 июня 2022 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2022. – С. 138-142.

*В работе Буряковым Д.С. разработаны алгоритмы: выравнивания задержек в информационных каналах; обнаружения и парирования наиболее вероятных аварийных ситуаций для программного комплекса с изохронной передачей данных.*

5. Буряков, Д.С. Подход к повышению пропускной способности линий связи в комплексах когерентной цифровой обработки сигналов / Д.С. Буряков // Материалы научных мероприятий Всероссийской конференции с международным участием «Угрозы и риски на юге России в условиях геополитического кризиса», г. Ростов-на-Дону, 15-18 марта, 26-29 апреля 2023 г. : материалы докладов ; XIX Ежегодной молодежной научной конференции «Достижения и перспективы научных исследований молодых ученых Юга России», г. Ростов-на-Дону, 17–28 апреля 2023 г. : тезисы докладов / Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук, Российский центр научной информации. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2023. – С. 276.

6. Буряков, Д.С. Организация когерентной обработки сигналов в комплексах ЦОС / Д. С. Буряков // I Всероссийская школа-семинар Национального центра физики и математики для студентов старших курсов, аспирантов, молодых учёных и специалистов "Центр исследования архитектур суперкомпьютеров", Саров, 21–25 августа 2023 года : тезисы / Госкорпорация по атомной энергии "Росатом", Национальный центр физики и математики (НЦФМ), Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский НИИ экспериментальной физики. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2023 – С. 22-23.

7. Буряков, Д. С. Методы повышения пропускной способности линий связи в комплексах когерентной цифровой обработки сигналов / Д. С. Буряков // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023) : материалы мультиконференции, г. Волгоград, Россия, 11-15 сентября 2023 г. : в 4 т. Т. 2 : Управление в распределенных и сетевых системах (УРСС-2023) / Российская академия наук [и др.] ; / редакционная коллегия.: И. А. Каляев (ответственный редактор), В. Г. Пешехонов, С. Ю. Желтов [и др.]. – Волгоград: ВолгГТУ, 2023. – С. 133-136.

8. Буряков, Д. С. Методы повышения гарантоспособности систем передачи данных в комплексах ЦОС / Д. С. Буряков // XIV Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ - 2024, 17-20 июня 2024 г., Москва : сборник научных трудов / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук ; под общей редакцией академика РАН Д. А. Новикова. – Москва: ИПУ РАН, 2024. – С. 2513-2517.

9. Буряков, Д. С. Методы согласованной цифровой обработки сигналов / Д. С. Буряков // Наука Юга России: достижения и перспективы : XX Всероссийская ежегодная молодежная научная конференция с международным участием, г. Ростов-на-Дону, 15–26 апреля 2024 г. : тезисы докладов. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2024. – С. 90.

10. Буряков, Д. С. Обнаружение и устранение аварийных ситуаций в каналах передачи данных систем ЦОС / Д. С. Буряков // Супервычисления и математическое моделирование : XIX международная конференция, 20-24 мая 2024 : тезисы / Российский федеральный ядерный центр-Всероссийский НИИ экспериментальной физики, Госкорпорация по атомной энергии "Росатом". – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2024. – С. 38-39.

11. Буряков, Д. С. Реализация комбинированного метода изохронной передачи данных на РВС / Д. С. Буряков // Наука Юга России: достижения и перспективы : XXI Всероссийская ежегодная молодежная научная конференция с международным участием, г. Ростов-на-Дону, 14–25 апреля 2025 г. : тезисы докладов. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2025. – С. 104. – Режим доступа: <https://clck.ru/3Mj925> (дата обращения 22.06.2025).

Иные публикации:

12. Буряков, Д. С. Подсистема межблочной синхронной передачи данных на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в комплексах цифровой обработки сигналов / Д. С. Буряков, И. И. Левин // Молодой ученый. – 2022. – № 15 (410). – С. 14-20. – URL: <https://moluch.ru/archive/410/90408/>

*В работе Буряковым Д.С. предложены методы и средства обеспечения работоспособной изохронной передачи данных между вычислительными блоками, реализованными на ПЛИС.*

Во всех работах, выполненных в соавторстве, определен личный вклад автора.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

– официального оппонента доктора технических наук, профессора, О.И. Атакищева, 3 замечания;

– официального оппонента кандидата технических наук, доцента, Е.А. Титенко, 4 замечания;

- Вычислительный центр Московского государственного университета (НИВЦ МГУ имени М.В. Ломоносова), г. Москва. Отзыв подписал ведущий

научный сотрудник НИВЦ МГУ имени М.В. Ломоносова, к.ф.-м.н. Антонов Александр Сергеевич, 2 замечания;

- Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону. Отзыв подписал заведующий кафедрой «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Донского государственного технического университета, к.т.н., доцент Долгов Василий Валерьевич, 1 замечание;

- Кабардино-Балкарский Государственный университет им. Х.М. Бербекова г. Нальчик. Отзыв подписала заведующая кафедрой компьютерных технологий и информационной безопасности Института электроники, робототехники и искусственного интеллекта Кабардино-Балкарского Государственного университета, д.т.н., профессор Хаширова Татьяна Юрьевна, 2 замечания;

- АО «Вычислительные решения», г. Москва. Отзыв подписал главный научный сотрудник АО «Вычислительные решения», д.т.н., доцент Мельников Андрей Кимович, 1 замечание;

- Кубанский государственный университет, г. Краснодар. Отзыв подписал д.т.н., доцент, профессор кафедры радиофизики и нанотехнологий ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» Коротков Константин Станиславович, 1 замечание;

- ФГБУН «ЮНЦ РАН», г. Ростов-на-Дону. Отзыв подписал заместитель директора по научной работе ЮНЦ РАН, д.т.н Юрасов Юрий Игоревич, 2 замечания;

- ФГУП «РФЯЦ - ВНИИЭФ», г. Саров. Отзыв подписал д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Российского федерального ядерного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» Степаненко С.А., 2 замечания;

- ФГУП «РФЯЦ - ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина», г. Москва. Отзыв подписал заместитель начальника отделения-начальник отдела ФГУП

«РФЯЦ - ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина», д.т.н. Симонов Алексей Сергеевич, 1 замечание;

- ПАО «Радиофизика», г. Москва. Отзыв подписал к.т.н., заместитель генерального директора, генеральный конструктор предприятия Фролов Сергей Владимирович, 2 замечания;

- Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь. Отзыв подписал заведующий кафедрой математического моделирования факультета математики и компьютерных наук им. Профессора Н.И. Червякова Северо-Кавказского федерального университета, к.ф.-м.н., доцент Ляхов Павел Алексеевич, 9 замечаний.

Все отзывы положительные, во всех отзывах отмечено, что работа соответствует специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», технические науки.

Наиболее существенные замечания:

1. Автором не приведен расчет требуемого размера буферной памяти для хранения операндов, которая является критическим ресурсом в ПЛИС для задач ЦОС;

2. Во второй главе при описании алгоритма проверки целостности данных не указано предельное значение количества ошибок, при котором канал отключается. Неясно, сколько ошибок допустимо пропустить в блоки обработки до отключения канала и как их количество влияет на работу системы.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их достижениями в данной отрасли науки и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Доктор технических наук, профессор Атакищев Олег Игоревич является специалистом в области цифровой обработки сигналов, вычислительной техники, математического и программного обеспечения вычислительных систем, имеет необходимое количество публикаций в

рецензируемых ведущих научных журналах по тематике диссертации, в том числе за последние 5 лет 4 публикаций в журналах из списка ВАК и в изданиях, индексируемых в базах SCOPUS и Web of Science. Д.т.н., доцент Атакищев О.И. не является членом аттестационной комиссии ЮФУ и членом диссертационного совета ЮФУ 801.02.06.

Кандидат технических наук, доцент Титенко Евгений Анатольевич является специалистом в области вычислительной техники, математического и программного обеспечения вычислительных систем, имеет необходимое количество публикаций в рецензируемых ведущих научных журналах по тематике диссертации, в том числе за последние 5 лет 10 публикаций в журналах из списка ВАК и в изданиях, индексируемых в базах SCOPUS и Web of Science. К.т.н., доцент Титенко Е.А. не является членом аттестационной комиссии ЮФУ и членом диссертационного совета ЮФУ 801.02.06.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие научные результаты, обладающие новизной и свидетельствующие о личном вкладе соискателя в науку:**

1) комбинированный метод изохронной передачи данных, сочетающий использование единого машинного времени и опорной тактовой частоты, **отличающийся** от известных введением служебных промежутков при передаче массивов операндов;

2) алгоритм выбора опорного канала и формирования диапазона допустимого рассогласования задержек данных, **отличающийся** от известных процедурой назначения опорного канала, у которого задержка данных наиболее близка к математическому ожиданию задержек данных всех каналов;

3) модернизированный метод изохронной передачи данных, **отличающийся** от известных процедурами переключения опорных каналов, предварительной проверкой контрольных сумм и нумерацией массивов операндов;

4) алгоритм переключения опорного канала без прерывания передачи данных, **отличающийся** процедурой автоматического назначения нового опорного канала, у которого задержка данных максимально приближена к задержке данных текущего опорного канала, в случае его аварийного отключения.

Все научные результаты диссертации получены автором лично.

**Теоретическая значимость исследования** заключается в развитии методов параллельного программирования реконфигурируемых вычислительных систем. Автором показано, что комбинирование методов синхронизации с использованием единого машинного времени и опорной тактовой частоты обеспечивает необходимую точность для обеспечения когерентной обработки данных в комплексах ЦОС. Автором показано, что при увеличении числа каналов в комплексе ЦОС для традиционных средств обеспечения изохронной передачи данных значительно снижается гарантоспособность. Автором доказано, что совокупность разработанных методов обеспечения изохронной передачи данных и алгоритмов обнаружения и парирования аварийных ситуаций обеспечивает заданный уровень гарантоспособности программных инструментальных средств для РВС при когерентной обработке информации от множества антенных элементов фазированной антенной решетки при высокой частоте дискретизации.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего совершенствования методов параллельного программирования реконфигурируемых вычислительных систем, ориентированных на многоканальную обработку потоков данных в режиме реального времени.

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

- разработанный автором комбинированный метод изохронной передачи данных позволяет до 3,8 раз повысить гарантоспособность прикладных программ РВС, по сравнению с известными методами;

- разработанный автором модернизированный метод изохронной передачи данных позволяет до 2,5 раз повысить гарантированность прикладных программ РВС для комплексов ЦОС, по сравнению с комбинированным методом;

- разработанный алгоритм переключения опорных каналов позволяет сохранить корректное функционирование программы для обеспечения изохронной передачи данных при аварийном отключении текущего опорного канала без прерывания процесса передачи данных;

- созданная инструментальная программа, реализующая комбинированный метод для ПЛИС Xilinx XC7VX485T (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025660549, РФ), показала повышение гарантированности до 3,8 раз по сравнению с известными решениями и обеспечивала заданный уровень гарантированности 0,95 на доверительном интервале шесть часов при 42100 антенных элементах (информационных каналах).

**Результаты диссертации внедрены** в Научно-исследовательском центре Супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров (ООО «НИЦ СЭ и НК») при выполнении НИОКР «Разработка цифровой диаграммообразующей системы фазированной антенной решетки приемного аппаратурно-антенного комплекса». Результат внедрения отражены в акте внедрения, утверждённом к.т.н., техническим директором ООО «НИЦ СЭ и НК», Доронченко Ю.И. 29 мая 2025 г.

Также результаты диссертации **использованы** в учебном процессе кафедры интеллектуальных и многопроцессорных систем (ИМС) Института компьютерных технологий и информационной безопасности (ИКТИБ) Южного федерального университета (ЮФУ), акт от 30 мая 2025 г., утвержден зам. директором ИКТИБ ЮФУ. Материалы диссертации используются в лекционном курсе по дисциплине «Методы цифровой обработки сигналов, изображений и ситуаций» (тема № 5 «Спектральный анализ. Дискретное преобразование Фурье») и «ПЛИС-технологии и методы создания

эффективных прикладных программ для РВС» (тема № 20 «Параллельные системы» модуля 1 «Основы работы с ПЛИС») для подготовки магистров направления 01.04.02 Прикладная математика и информатика (образовательная программа «Прикладная математика для высокопроизводительных вычислительных систем»).

**Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе научных результатов** подтверждаются корректностью и непротиворечивостью математических выкладок, а также внедрениями в различных организациях, что подтверждается соответствующими актами. Результаты диссертации апробировались и обсуждались на различных всероссийских и международных научных и научно-технических конференциях проходящих в г. Москве, г. Сарове, г. Волгограде, г. Ростове-на-Дону, г. Таганроге, где соискатель выступал с докладами по данной тематике и получил положительный отзыв научной общественности. География апробации и обсуждения работы позволяют сделать вывод о широкой информированности научной общественности о результатах диссертационного исследования.

**Личный вклад соискателя** состоит в выполнении всех этапов диссертационного исследования: постановке и формулировке задач исследования; разработку комбинированного метода изохронной передачи данных, сочетающий использование единого машинного времени и опорной тактовой частоты, отличающийся от известных введением служебных промежутков при передаче массивов операндов; разработку алгоритма выбора опорного канала и формирования диапазона допустимого рассогласования задержек данных, отличающийся от известных процедурой назначения опорного канала, у которого задержка данных наиболее близка к математическому ожиданию задержек данных всех каналов; разработке модернизированного метода изохронной передачи данных, отличающийся от известных процедурами переключения опорных каналов, предварительной проверкой контрольных сумм и нумерацией массивов операндов; разработке

алгоритма переключения опорного канала без прерывания передачи данных, отличающийся процедурой автоматического назначения нового опорного канала, у которого задержка данных максимально приближена к задержке данных текущего опорного канала, в случае его аварийного отключения; подготовки публикаций по результатам выполненных исследований.

На заседании 25 сентября 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Бурякову Д.С. ученую степень кандидата технических наук, так как в его диссертации содержится **решение актуальной научной задачи** - разработки методов создания программных инструментальных средств для реконфигурируемых вычислительных систем, повышающих гарантоспособность программных комплексов с изохронной передачей данных при большом числе каналов и высоких частотах дискретизации. Предложенные автором диссертации решения строго обоснованы и оценены по сравнению с другими известными решениями. В диссертации отсутствуют заимствования без ссылок на авторов или источник заимствования. Приведены ссылки на все использованные в диссертации результаты научных работ, выполненные соискателем лично и в соавторстве. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего совершенствования методов параллельного программирования реконфигурируемых вычислительных систем, ориентированных на многоканальную обработку потоков данных в режиме реального времени.

Результаты научных исследований Бурякова Д.С. могут представлять интерес для ООО «НИЦ СЭ и НК» (г. Таганрог), концерна воздушно-космической обороны «Алмаз-Антей» (г. Москва), ПАО «Радиофизика» (г. Москва) и других организаций при выполнении НИОКР, связанных с разработкой комплексов цифровой обработки сигналов для фазированных антенных решеток.

Диссертация Бурякова Дмитрия Сергеевича на тему «Методы и программные средства обеспечения изохронной передачи данных в комплексах цифровой обработки сигналов» является завершенной научно-квалификационной работой, обладающей теоретической и практической значимостью, внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку и соответствует критериям положения «О присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (в редакции от 29.03.2024 г., приказ № 66-ОД) предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек проголосовали: за присуждение ученой степени 13, против присуждения ученой степени 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета  Каляев Игорь Анатольевич

Ученый секретарь

диссертационного совета  Кухаренко Анатолий Павлович

«25» сентября 2025 г.