

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.398.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 13 февраля 2026 г. № 9

О присуждении Бергерману Максиму Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование высокоскоростного сжатия и восстановления изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования с вычислениями по методу Винограда» по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки) принята к защите 28 ноября 2025 г., протокол № 7, диссертационным советом 24.2.398.02, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, приказ Минобрнауки России № 105/нк от 11 апреля 2012 г. и действующим на основании приказа Минобрнауки России № 561/нк от 03 июня 2021 г.

Соискатель Бергерман Максим Валерьевич, 7 мая 1997 года рождения, в 2025 году окончил аспирантуру в ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» очной формы обучения по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) – 05.13.18 (1.2.2) Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

С 2025 года и по настоящее время работает младшим научным сотрудником регионального научно-образовательного математического центра «Северо-Кавказский центр математических исследований» (РНОМЦ «СКЦМИ»), факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н.И. Червякова (ФМКН) ФГАОУ ВО «СКФУ» и по внутреннему совместительству стажером-исследователем РНОМЦ «СКЦМИ», ФМКН ФГАОУ ВО «СКФУ».

Диссертация выполнена на кафедре математического моделирования ФМКН ФГАОУ ВО «СКФУ».

Научный руководитель – Ляхов Павел Алексеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математического моделирования ФМКН ФГАОУ ВО «СКФУ».

Официальные оппоненты:

Коваленко Анна Владимировна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой анализа данных и искусственного интеллекта факультета компьютерных технологий и прикладной математики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет», г. Краснодар;

Ручай Алексей Николаевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой компьютерной безопасности и прикладной алгебры математического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Челябинский государственный университет», г. Челябинск, дали **положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону) в своем **положительном отзыве**, подготовленном доктором технических наук, профессором кафедры прикладной математики и программирования Анатолием Борисовичем Усовым, подписанном доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой прикладной математики и программирования Угольницким Геннадием Анатольевичем, утвержденном доктором химических наук, первым проректором Метелицей Анатолием Викторовичем, **указала, что диссертационное исследование является актуальным, представляющим теоретический и практический интерес, законченным научным исследованием, написанным на высоком уровне. Исходя из актуальности темы проведенного научного исследования и глубокой проработки общей научной задачи, сделан вывод о том, что диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Бергерман Максим Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.**

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации, среди которых 2 статьи в научных изданиях, входящих в перечень ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, а также 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, внесенных в библиографические и реферативные базы данных Scopus и Web of Science, 3 доклада на конференциях, рецензируемых в научных изданиях Scopus и Web of Science. Получено 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Бергерман, М. В. Анализ влияния точности представления данных на качество вейвлет-обработки изображений с вычислениями по методу Винограда / М. В. Бергерман // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 3. – С. 300-312. – 0,81п.л./ авт.вклад 0,81п.л.
2. Бергерман, М. В. Анализ влияния точности обратного дискретного вейвлет-преобразования изображений методом Винограда для формата JPEG XS / М. В. Бергерман // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 4. – С. 225-236. – 0,75п.л./ авт.вклад 0,75п.л.
3. Nagornov, N. N. Modern Trends in Improving the Technical Characteristics of Devices and Systems for Digital Image Processing / N. N. Nagornov, P. A. Lyakhov, M. V. Bergerman, D. I. Kalita // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 44659-44681. – 1,44п.л./ авт.вклад 0,36п.л.
4. Lyakhov, P. High-Speed Wavelet Image Processing Using the Winograd Method with Downsampling / P. Lyakhov, N. Semyonova, N. Nagornov, M. Bergerman, A. Abdulsalyamova // Mathematics. – 2023. – Vol. 11, No. 22. – P. 4644. – 0,63п.л./ авт.вклад 0,13п.л.
5. Nagornov, N. N. RNS-Based FPGA Accelerators for High-Quality 3D Medical Image Wavelet Processing Using Scaled Filter Coefficients / N. N. Nagornov, P. A. Lyakhov, M. V. Valueva, M. V. Bergerman // IEEE Access. – 2022. – Vol. 10. – P. 19215-19231. – 1,06п.л./ авт.вклад 0,26п.л.
6. Lyakhov, P. Comparison of Approaches to the Circuits Design for DWT with CDF 9/7 Wavelet / P. Lyakhov, N. Nagornov, M. Bergerman // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 424. – P. 1-9. – 0,56п.л./ авт.вклад 0,18п.л.
7. Nagornov, N. N. Comparative Analysis of Various Methods to Circuit Design for DWT with CDF 9/7 Wavelet / N. N. Nagornov, M. V. Bergerman, D. V. Minenkov, D. I. Kaplun // 2022 11th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Budva, Montenegro, 2022. – P. 1-4. – 0,25п.л./ авт.вклад 0,06п.л.

8. Abdulsalyamova, A. S. Comparative Analysis of Computational Complexity of Fast Matrix Multiplication Algorithms / A. S. Abdulsalyamova, D. I. Kalita, P. A. Lyakhov, N. N. Nagornov, M. V. Bergerman // 2023 International Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS), Petrozavodsk, Russian Federation. – 2023. – P. 101-103. – 0,19п.л./ авт.вклад 0,05п.л.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025615105 Российская Федерация. Среда моделирования матриц преобразования метода Винограда для цифровой фильтрации одномерных и многомерных сигналов: заявл. 26.02.2025: опубл. 28.02.2025/ А. Ш. Абдулсалямова, П. А. Ляхов, Н. Н. Нагорнов, М. В. Бергерман [и др.]; заявитель ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020612961 Российская Федерация. Среда аппаратного моделирования дискретного вейвлет-преобразования с квантованными коэффициентами для обработки медицинских изображений: № 2020611741: заявл. 25.02.2020: опубл. 06.03.2020 / Н. И. Червяков, П. А. Ляхов, М. В. Валуева, Н. Н. Нагорнов, М. В. Бергерман [и др.]; заявитель ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Публикации соискателя в полной мере отражают результаты, полученные в ходе подготовки диссертационной работы. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступило 7 положительных отзывов от: доктора технических наук, профессора Лавровой Елены Владимировны, директора «Учебно-научного института информационных технологий» «Приазовского государственного технического университета» – филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»; доктора технических наук, доцента Николаева Александра Викторовича, профессора кафедры «Горная электромеханика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»; доктора технических наук, доцента Тычкова Александра Юрьевича, заведующего кафедрой «Радиотехника и радиоэлектронные системы», заместителя директора Научно-исследовательского института фундаментальных и прикладных исследований федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет»; доктора технических наук, профессора Фионова Андрея Николаевича, профессора кафедры прикладной математики и кибернетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»; доктора технических наук, профессора Бодина Олега Николаевича, заведующего кафедрой «Биомедицинская инженерия» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный технологический университет»; кандидата технических наук, доцента Гришаевой Светланы Андреевны, доцента Образовательного центра Института №11 «Новые материалы и производственные технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»; доктора экономических наук, профессора Гуськовой Марины Федоровны, заведующего кафедрой «Менеджмент качества» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский университет транспорта (Московский институт инженеров транспорта).

Основными замечаниями являются: почему в качестве стандарта выбран именно JPEG XS, а не, например, JPEG XL или другие современные форматы сжатия; как оценивается применимость такого компромисса в таких приложениях, как дроны, AR/VR-устройства, где энергоресурсы строго ограничены; применим ли предложенный подход к другим вейвлет-базисам; в каком формате использовались изображения при проведении программно-аппаратного моделирования; на рисунке 5 автореферата указаны входные данные, но не указаны выходные, показан только процесс их получения; в автореферате недостаточно полно раскрыты вопросы метрологического обеспечения разработанного метода, в частности, не приведена оценка погрешностей восстановления изображения в зависимости от выбранной разрядности и размера фрагмента; к основным недостаткам работы соискателя можно отнести отсутствие сравнения с современными аппаратными ускорителями или алгоритмами на основе глубокого обучения, которые также применяются для ускорения вейвлет-преобразований; в представленном автореферате не обсуждаются ограничения метода Винограда при увеличении размера фрагмента более чем на 5 пикселей, а также потенциальные проблемы с масштабированием на многоядерные или распределенные системы; в работе качество восстановленных изображений оценивается исключительно

метрикой PSNR, что является недостаточным для приложений медицинской визуализации, в которых важны также субъективные оценки и метрики, учитывающие особенности человеческого зрения такие как SSIM, VMAF и др.; несмотря на значительный прирост производительности, целевой показатель в 797 Мпикселей/с для видео 8K с 24 кадрами в секунду не достигнут. автор указывает на возможность масштабирования на более мощном оборудовании, но конкретные пути такого масштабирования раскрыты недостаточно; сильно возрастающие аппаратные затраты и энергопотребление при увеличении размера фрагмента могут ограничить применение в мобильных и встраиваемых системах; автором используется децимация, но не объясняется её назначение и влияние на качество восстановленного изображения; в автореферате слабо отражена возможность адаптации метода для работы с динамическими видео (с учётом межкадровой избыточности); в автореферате можно было бы более кратко сформулировать описание известных методов, сосредоточившись на их сравнительных характеристиках, чтобы ещё больше акцентировать оригинальность предлагаемого подхода; для полноты картины стоило бы чуть подробнее раскрыть, как именно выбор точек Лагранжа в виде степеней двойки приводит к снижению аппаратных затрат на уровне схемотехники; в автореферате подробно рассмотрены технические аспекты реализации метода Винограда для вейвлет-преобразования, однако недостаточно проанализированы границы его эффективности; как метод ведёт себя при работе с изображениями, имеющими высокий уровень шума или специфические текстуры; в автореферате указывается применение разработанного метода в стандарте JPEG XS, но не раскрывается, как именно предложенный алгоритм может быть интегрирован в существующие кодеки; в работе используется фильтр Ле Галла и параметры, соответствующие стандарту JPEG XS. Однако не полностью раскрывается потенциал адаптации метода для других вейвлет-фильтров и форматов сжатия.

Все поступившие отзывы на диссертацию и автореферат положительные. На все поступившие замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор ведущей организации обосновывается наличием в ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» кафедр и научных коллективов, деятельность которых связана с научным направлением диссертации: «кафедра прикладной математики и программирования» с 2 докторами наук в составе, «кафедра интеллектуальных и многопроцессорных систем» и «кафедра вычислительной техники», имеющие в наличии актуальные

публикации в соответствующей и смежных сферах научных исследований, а также способны квалифицированно оценить актуальность, теоретическую значимость и практическую ценность диссертации. Ведущая организация не имеет договорных отношений с соискателем.

Выбор официальных оппонентов доктора технических наук, доцента Коваленко А.В. и доктора технических наук, доцента Ручая А.Н., обосновывается широкой известностью их достижений в отрасли науки, связанной с тематикой диссертации, наличием у них актуальных публикаций в соответствующей и смежных сферах научных исследований, способностью квалифицированно оценить актуальность, теоретическую значимость и практическую ценность диссертации. Общее количество публикаций Коваленко А.В. (по данным РИНЦ) – 507. Общее количество публикаций Ручая А.Н. (по данным РИНЦ) – 142.

Вышеуказанные специалисты не являются соавторами соискателя в опубликованных им работах, не являются работниками организации, где выполнялась диссертация или где работает соискатель, его научный руководитель, а также где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика, или исполнителем (соисполнителем). Занимаемые ими должности и выполняемая работа не влекут за собой конфликт интересов, способный повлиять на принимаемые решения по вопросам государственной научной аттестации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны математические модели сжатия и восстановления изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования с вычислениями по методу Винограда; численный метод составления матриц метода Винограда в задачах сжатия и восстановления изображений; программный комплекс моделирования сжатия и восстановления изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования с вычислениями по методу Винограда;

предложены практические рекомендации по применению разработанных моделей сжатия и восстановления цифровых изображений;

доказана возможность использования разработанного метода для выполнения прямого и обратного дискретного вейвлет-преобразования в задаче сжатия и восстановления цифровых изображений, обеспечивающего высокую скорость вычислений.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что: доказана эффективность разработанных математических моделей сжатия и

восстановления изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования с вычислениями по методу Винограда и численного метода составления матриц преобразования метода Винограда; **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы цифровой обработки сигналов и изображений, алгебры, теории алгоритмов, численных методов и системного анализа, а также методы математического, компьютерного и аппаратного моделирования; **изложены** принципы выполнения сжатия и восстановления цифровых изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования с использованием метода Винограда, применение которого позволяет повысить производительность вычислений; **раскрыто** противоречие в практике, согласно которому, в современных приложениях, используемые известные методы дискретного вейвлет-преобразования, не позволяют достичь высокой скорости сжатия и восстановления изображений; **изучено** влияние числа обработанных пикселей методом Винограда на количество необходимой разрядности значений для достижения высокого качества обработки изображений; **проведена модернизация** математических моделей прямого и обратного дискретного вейвлет-преобразования с использованием метода Винограда для задачи сжатия и восстановления изображений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработанные в рамках исследования результаты диссертационного исследования **внедрены:** в образовательный процесс программы 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Вычислительная математика и информатика» кафедры математического моделирования ФМКН ФГАОУ ВО «СКФУ»; проекты компаний ООО «Онлайн патент» и ООО «Стилсофт»; проекта АПУ-131/МК «Исследование применения системы остаточных классов для адаптивного фильтра с конечной импульсной характеристикой»; проектов Российского научного фонда (РНФ) № 23-71-10013 «Перспективные методы интеллектуальной обработки сигналов на основе глубоких нейронных сетей и модулярных вычислений», № 24-71-10016 «Перспективные методы к нейросетевой обработке сигналов и изображений и их реализация на современных аппаратных устройствах», № 21-71-00017 «Аппаратные ускорители для цифровой обработки трехмерных медицинских изображений с использованием масштабированных фильтров и параллельных модулярных вычислений»; проектов в рамках грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-371.2022.4 «Аппаратные ускорители с параллельными

масштабированными вычислениями для обработки трехмерных медицинских изображений» и МК-3918.2021.1.6 «Высокопроизводительные устройства цифровой обработки медицинских изображений на основе параллельной математики»; проекта «Северо-Кавказский центр математических исследований» по договорам № 075-02-2023-938 и № 075-02-2024-1451 с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что полученные теоретические результаты и формулируемые на их основе выводы подтверждаются корректным и обоснованным применением классических методов исследования, строгими математическими доказательствами и результатами анализа эффективности разработанных методов на базе программируемых пользователем вентильных матриц и интегральных схем специального назначения в системах автоматизированного проектирования Xilinx Vivado Design Suite и OpenLane; использованы методы цифровой обработки сигналов и изображений, алгебры, теории алгоритмов, численных методов и системного анализа, а также методы математического, компьютерного и аппаратного моделирования с использованием математического пакета MATLAB.

Личный вклад соискателя состоит в разработке математических моделей сжатия и восстановления изображений на основе дискретного вейвлет преобразования с вычислениями по методу Винограда и численного метода составления матриц преобразования метода Винограда, в проведенном анализе влияния разрядности на качество получаемых изображений при выполнении прямого и обратного дискретного вейвлет-преобразования, получении результатов программно-аппаратного моделирования сжатия и восстановления изображения на основе прямого и обратного дискретного вейвлет-преобразования с вычислениями по методу Винограда.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не пояснено, почему показатели производительности известных моделей сжатия и восстановления цифровых изображений не являются удовлетворительными; непонятно, почему был рассмотрен только вейвлет Ле Галла и не рассмотрены другие вейвлеты; не указано влияние размера обрабатываемых изображений на результат качества сжатия и восстановления; не объясняется, как может быть внедрен разработанный метод сжатия и восстановления изображений в мобильные системы при высоких аппаратных затратах и энергопотреблении.

Соискатель Бергерман М.В. согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

Диссертационное исследование охватывает основные вопросы поставленной научной задачи, соответствует критериям внутренней целостности, характеризуется логикой решения сформулированных частных научных задач и убедительностью полученных выводов. Учитывая, что диссертация Бергермана Максим Валерьевича «Моделирование высокоскоростного сжатия и восстановления изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования с вычислениями по методу Винограда» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей существенное значение для создания систем сжатия и передачи изображений в режиме близком к реальному времени, и сама работа соответствует п.п. 9 – 11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (в действующей редакции), а недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах отсутствуют, диссертационный совет на заседании 13 февраля 2026 года принял решение присудить Бергерману Максиму Валерьевичу учёную степень кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 4 доктора наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» 12, «против» 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.398.02,
доктор технических наук,
профессор



Сносарев Геннадий Васильевич

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.398.02,
доктор физико-математических наук,
профессор

Шагрова Галина Вячеславовна

Дата оформления заключения
13 февраля 2026 года