

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Павла Алексеевича Ляхова «Методы высокопроизводительной цифровой обработки сигналов на основе вычислений в системе остаточных классов», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Представленная диссертация направлена на решение крупной научно-технической проблемы преодоления ограничений в производительности вычислений традиционных позиционных архитектур при обработке потоков многомерных данных. Выбор системы остаточных классов (СОК) в качестве вычислительного базиса обоснован необходимостью обеспечения параллелизма на уровне арифметических операций.

Тема исследования и полученные результаты полностью соответствуют пунктам 1, 7 и 8 паспорта специальности 2.3.5. В частности, разработанные обобщённая модель и технология создания программно-аппаратных систем относятся к области моделей и методов проектирования и верификации программных систем (п. 1), а также к методам создания средств параллельной обработки данных (п. 8). Разработанные методы вейвлет-фильтрации и архитектуры цифровых фильтров вносят вклад в область обработки изображений и видеоданных (п. 7). Соответствие диссертации паспорту специальности не вызывает сомнений.

Научная новизна работы подтверждена комплексом оригинальных результатов, каждый из которых имеет самостоятельную ценность. Предложенная архитектура цифрового фильтра на базе усечённых блоков умножения с накоплением с модулями специального вида является нетривиальным развитием известных схем и позволяет значительно сократить задержку без потери точности. Методы выполнения немодульных операций на основе Китайской теоремы об остатках с дробями демонстрируют существенное превосходство над классическими подходами по ресурсозатратам устройств, что подтверждено моделированием на платформах FPGA семейств Kintex-7, Virtex-6 и Spartan-6. Алгоритм адаптивного масштабирования коэффициентов вейвлет-фильтров решает важную проблему накопления ошибки квантования в СОК, обеспечивая баланс между производительностью вычислений и качеством обработки данных.

Достоверность результатов подтверждена корректным применением unit-gate модели для теоретической оценки сложности, а также верификацией в промышленных САПР Xilinx Vivado и Synopsys Design Compiler, а также высоким уровнем публикационной активности.

Несмотря на высокий уровень работы, в автореферате имеются следующие моменты, требующие пояснения.

1. При описании метода высокоскоростной вейвлет-фильтрации на основе метода Винограда указано, что повышение производительности до 66% сопровождается ростом энергопотребления до 344%. Для встраиваемых систем и автономных устройств такой рост энергозатрат может быть критичным. Желательно было бы видеть в работе интегральный критерий эффективности, а не только абсолютные значения прироста скорости.

2. При описании перспектив дальнейших исследований направления развития затронуты в виде краткого перечисления без конкретизации этапов, метрик оценки прогресса и ожидаемых технико-экономических показателей.

Указанные замечания носят характер научных дискуссий и рекомендаций по уточнению границ применимости результатов. Они не ставят под сомнение обоснованность защищаемых положений и не снижают значимость выполненного исследования.

Диссертационная работа П.А. Ляхова представляет собой законченное научно-квалификационное исследование, отличается глубокой теоретической проработкой, системностью подхода и подтверждённой практической значимостью. Автор продемонстрировал способность самостоятельно проводить исследования международного уровня, создавать новые математические методы и доводить их до аппаратной реализации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Павла Алексеевича Ляхова соответствует всем требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и программирования
Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича
ФГАОУ ВО "Южный федеральный университет"
Адрес: г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42
Тел: +7(863) 218-40-00 доб. 14013
E-mail: gaugolnickiy@sfsu.ru

Геннадий Анатольевич Угольников
17 сентября 2026 г.

Я, Геннадий Анатольевич Угольников, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Г.А. Угольниченко заверяю:
Зам. директора ИММН ЮФУ

17 сентября 2026 г.