

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зыкова Алексея Андреевича  
«Развитие методов эластографической и ангиографической визуализации в оптической когерентной томографии на основе реалистичного численного моделирования ОКТ-сканов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.4 – Радиофизика

Диссертация Зыкова А.А. посвящена развитию методов визуализации кровеносных сосудов (ОКТ-ангиография) и неинвазивного картирования деформаций (ОКТ-эластография) на основе глубокого анализа комплексных сигналов оптических когерентных томографов (ОКТ). Продемонстрированная в диссертации реализация вычислительно эффективной модели формирования ОКТ-изображений позволяет создавать «цифровые» фантомы биоткани, необходимые для апробирования разработанных методов обработки сигнала, что особенно важно в контексте ангиографии, где необходимо генерировать большое количество трёхмерных данных. Тематика диссертации является актуальной задачей поскольку функциональные расширения ОКТ, такие как ангиография и эластография, признаны ключевыми направлениями развития этой технологии, значительно расширяющими её диагностический потенциал.

Значимым результатом является предложенный автором новый метод компенсации маскирующих движений ткани в ОКТ-ангиографии, основанный на теореме о Фурье-сдвиге. Данный метод, в отличие от традиционных чисто фазовых подходов, эффективно подавляет как амплитудную, так и фазовую декорреляцию, вызванную крупномасштабными неоднородными смещениями, что особенно ценно для контактного режима исследований. Продемонстрированное существенное повышение контраста ангиографических изображений открывает перспективы для клинического применения метода у пациентов, для которых иные методы иммобилизации исследуемой области затруднены.

Интересен и предложенный в диссертации принципиально новый подход к ангиографии, использующий аналогию с эластографией («деформационная» ОКТ-ангиография). Этот метод, выделяющий сосуды как области локально повышенной случайной деформации на фоне гладких смещений окружающей ткани, представляет собой альтернативу классическим подходам и позволяет потенциально сократить время получения данных, что имеет высокую практическую ценность.

Диссертантом также разработаны методы адаптивного выбора параметров обработки ОКТ-сканов для ОКТ-эластографии, позволяющие успешно подавлять аддитивные и спекловые шумы присущие реальным ОКТ-изображениям для типичного на практике неоднородного распределения межкадровых деформаций. Эффективность развитых методов наглядно продемонстрирована не только на численно сгенерированных модельных данных, но и на сканах реальных биологических образцов с использованием ОКТ, разработанных в ИПФ РАН. Также продемонстрировано согласование результатов численного эксперимента с аналитическим исследованием.

Полученные в диссертации результаты представляют значительный интерес, как с научной точки зрения, так и для практических применений. Стоит отдельно отметить, что результаты диссертации хорошо представлены в публикациях

(имеется 7 полноразмерных статей в международных рецензируемых журналах, а также 9 докладов, индексируемых базами знаний Web of Science и Scopus).

Из изложения в автореферате, однако, остается недостаточно ясным следующий важный момент. В реферате подчеркивается вычислительная эффективность модели формирования ОКТ-сканов, что было важно на стадии развития и тестирования предлагаемых методов анализа ОКТ-сканов, но возникает вопрос, каковы вычислительные затраты и потенциальная возможность реализации разработанного адаптивного алгоритма для ОКТ-эластографии и улучшенного метода компенсации маскирующих движений для ангиографии в реальном времени для клинических применений?

Сделанное замечание не снижает общую высокую оценку научной и практической значимости работы. Диссертация удовлетворяет всем требованиям п. 9-14 действующего положения «О порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а соискатель Зыков А.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Доктор технических наук по специальности 05.11.17

– Приборы, системы и изделия медицинского назначения, доцент, ведущий научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники, профессор кафедры приборостроения, метрологии и сертификации института приборостроения, автоматизации и информационных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

Дунаев Андрей  
Валерьевич

Дата: «13» октября 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

Служебный адрес: 302026, Орловская область, г. Орел, ул. Комсомольская 95.

E-mail: dunaev@bmecenter.ru

Телефон: +7 (4862) 41-98-06

Я, Дунаев Андрей Валерьевич, даю согласие на включение обработку своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Дунаева А.В. заверяю

И.о. проректора по научной работе  
и международной деятельности



Радченко  
Сергей Юрьевич