

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Суркова Юрия Игоревича
**«Развитие методов лазерной спекл-визуализации и оптической когерентной томографии
для исследования кровотока и тканевой диффузии»,**
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.5.2 - Биофизика

Исследование кровотока оптическими методами остается одной из наиболее востребованных задач современной биофизики. Лазерная спекл-контрастная визуализация привлекает возможностью бесконтактно и с высоким временным разрешением наблюдать достаточно протяженные участки сосудистого русла, однако количественная интерпретация спекл-контраста существенно осложняется присутствием неподвижных рассеивателей. Для поверхностных и особенно для подповерхностных сосудов один и тот же измеряемый контраст зависит одновременно от скорости движения частиц, глубины залегания сосуда и оптических свойств неподвижной биоткани. Поэтому выбранная Ю.И. Сурковым тема представляется актуальной как в фундаментальном, так и в прикладном отношении.

Ключевая идея работы состоит в том, чтобы рассматривать последовательность исходных спекл-изображений не как промежуточный материал для расчета единственной карты спекл-контраста, а как многомерный сигнал. После разложения методом анализа главных компонент автор реконструирует квазистатическую и динамическую составляющие и рассчитывает взаимодополняющие показатели FSC, SSC и DAC. Такой подход физически мотивирован: SSC преимущественно характеризует вклад неподвижного рассеивающего слоя, тогда как DAC выделяет изменения, ассоциированные с движением рассеивателей. Существенным достоинством является программная реализация метода без усложнения оптической схемы.

Экспериментальная проверка проведена последовательно. На фантоме с контролируемой глубиной залегания капилляра и известной скоростью потока сопоставлены трансмиссионная и рефлективная геометрии освещения, временной, пространственный и пространственно-временной варианты оценки спекл-контраста. Показано, что после АГК-фильтрации средняя корреляция индекса потока со скоростью возрастает с 0.80 до 0.95 в трансмиссионном режиме и с 0.78 до 0.92 в рефлективном. Важно, что улучшение наблюдается не в одной выбранной точке, а в диапазоне глубин примерно от 0.63 до 1.95 мм. Демонстрация на ухе лабораторной мыши подтверждает, что эффект не ограничивается идеализированным оптическим фантомом.

Логичным продолжением стала разработка метода лазерной спекл-контрастной томографии на основе анализа главных компонент - АГК-ЛСКТ. В предложенной реконструкции SSC используется как индикатор относительной глубины залегания сосуда, а DAC - как показатель относительной перфузии. Валидация ультразвуковой томографией дала коэффициенты детерминации 0.90 и 0.88 для трансмиссионной и рефлективной схем соответственно. Для метода, не требующего ни многоракурсной регистрации, ни перестройки аппаратуры, это убедительный результат. Отдельно следует отметить честно сформулированное ограничение: глубинная оценка имеет относительный характер и предполагает макрооднородность оптических свойств среды.

Научная новизна работы связана не с механическим применением известного статистического алгоритма, а с построением методологии разделения спекл-сигнала,

экспериментальной проверкой селективности полученных метрик и переходом к квазитомографическому представлению сосудистой сети. Практическая ценность определяется возможностью встроить разработанные алгоритмы в существующие системы ЛСКВ в виде программного модуля. Основные результаты опубликованы в рецензируемых изданиях и представлены на профильных конференциях; личный вклад соискателя в программную реализацию, постановку экспериментов и обработку данных описан достаточно ясно.

При общей положительной оценке работы следует остановиться на двух уточняющих моментах.

Во-первых, Критерий Гуттмана-Кайзера удобен своей воспроизводимостью, однако его физическая связь с границей между квазистатическим и динамическим подпространствами может быть не универсальной. В автореферате было бы полезно подробнее показать, насколько выбор числа главных компонент устойчив к изменению числа кадров, отношения сигнал/шум и скорости потока. Указанное автором направление дальнейшей разработки адаптивного критерия представляется обоснованным.

Во-вторых, формулировку о глубинной независимости DAC желательно понимать как существенное уменьшение чувствительности к глубине в исследованном диапазоне. При большой глубине и сильном ослаблении динамический вклад, как следует и из моделирования, все же маскируется. Более явное указание границ применимости сделало бы изложение точнее.

Высказанные замечания носят уточняющий характер и не снижают высокой оценки выполненного исследования. По актуальности, научной новизне, объему экспериментального материала и практической значимости диссертационная работа «Развитие методов лазерной спекл-визуализации и оптической когерентной томографии для исследования кровотока и тканевой диффузии» соответствует требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а ее автор, Сурков Юрий Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2 - Биофизика.

доктор физико-математических наук, доцент
старший научный сотрудник научно-образовательного центра
«Фундаментальная и прикладная фотоника. Нанопотоника»
Федеральное государственное учреждение высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила
Канта»
236048, г. Калининград, ул. А. Невского 14
Тел.: 8 (4012) 595595
e-mail: post@kantiana.ru


Зюбин Андрей Юрьевич

«03» сентября 2026 г.

Даю свое согласие на обработку персональных данных и размещение отзыва в открытом доступе (приказ Минобрнауки России от 01.07.2015 № 662). Подпись: 

Подпись Зюбина Андрея Юрьевича, рецензента, удостоверяю:

Заместитель директора департамента кадровой политики Улахович Татьяна Олеговна



«03» сентября 2026 г.