

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Потлова Антона Юрьевича на тему «Методы и средства оптической когерентной эластографии мягких биологических тканей с использованием экзогенных и эндогенных деформирующих воздействий», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.12. «Приборы, системы и изделия медицинского назначения»**

Фотоны являются квантами электромагнитного излучения и самыми распространенными частицами во вселенной. В связи с чем, использование современных достижений фотоники в медицинских измерительных и диагностических системах является вполне логичным. Оптическая когерентная томография и эластография базируются на принципах низкокогерентной интерферометрии. Исследуемый биообъект или его отдельная часть зондируется излучением из терапевтических окон прозрачности биологических тканей (NIR I: 650 – 950 нм., NIR II: 1000 – 1400 нм. или NIR III: 1550 – 1870 нм.) мощностью порядка единиц милливатт. Мягкие биологические ткани, применительно к вышеуказанным диапазонам длин волн, представляют собой сильно рассеивающие среды с явно выраженной анизотропией рассеяния. Поэтому траектории движения фотонов характеризуются сильной нелинейностью, что и соответствует квантовой природе излучения. Обратные отраженные и рассеянные назад (в том числе в результате нескольких актов взаимодействия) фотоны детектируются спектрометром и воспринимаются как источник полезной информации при оптической когерентной томографии. Интерферометрическая схема нужна для учета волновых свойств, в частности обеспечивает в зависимости от относительных фаз конструктивный или деструктивный характер интерференции. Эластография организовывается посредством многократного сканирования исследуемого объекта или его отдельной части в исходном (недеформированном) и совокупности деформированных состояний. Конечным результатом компьютерной обработки являются важные для реальной клинической практики изображения анатомического строения исследуемого объекта, т. е. томограммы в оптическом диапазоне длин волн, и картограммы механических свойств исследуемого биообъекта, т. е. эластограммы по величине модуля Юнга, коэффициента Пуассона, модуля сдвига и т. п.

Из принципа работы систем для оптической когерентной томографии и эластографии видны ключевые преимущества этих методов. Поскольку теоретический предел пространственного разрешения подобных систем составляет половину длины волны, речь идет о сканировании исследуемого объекта с микронной (в идеале, субмикронной) детализацией. Маломощное излучение ближнего инфракрасного диапазона относительно безвредно для человека. Интерферометрические схемы представляют собой хорошо отработанные, коммерчески доступные и относительно недорогие решения. Однако, ожидаема высокая чувствительность к объемным движениям сканируемого объекта и сканирующего зонда друг относительно друга, неровностям внешнего контура сканируемого объекта, эффектам скольжения и прилипания, не изотропности пространственного распределения деформирующего воздействия по сканируемой области. Вышеуказанные недостатки почти полностью устраняются жесткой взаимной фиксацией сканирующего зонда и сканируемого объекта, особенно в сочетании с избыточным по магнитуде деформирующим воздействием. Но такой подход плохо соотносится с реалиями медицинской диагностики. В связи с чем, в диссертационной работе Потлова А.Ю. разрабатывается совокупность методов, а также аппаратных и программных средств для коррекции артефактов объемного движения, реконструкции профиля деформирующего воздействия, селекции сканирующих и деформирующих воздействий, высокоэффективного развертывания фазы и т.п.

Целью диссертационной работы Потлова А.Ю. является повышение достоверности медицинской интроскопии на основе оптической когерентной эластографии с использованием экзогенных и эндогенных деформирующих воздействий.

Для достижения поставленной цели соискателем предложена научная идея оптической когерентной эластографии с заведомо сложной формой профиля деформирующего воздействия и многоуровневой коррекцией артефактов объемного движения. На первом этапе для реализации авторской идеи разработаны: I) уникальная математическая модель процесса формирования интерференционного сигнала в привязке не только к оптическому строению исследуемого объекта, но и деформации его сегментов; II) метод формирования мультимодальных тканемитирующих фантомов для нужд оптической когерентной эластографии. Компьютерные и физические эксперименты позволили подобрать высокоэффективный подход к коррекции артефактов объемного движения на основе «пересборки» исходных комплексных данных (имеются в виду сдвиги и малоугловые повороты) с учетом векторов смещений значимых точек «квенча» на топологических скелетах последовательности обрабатываемых оптических изображений. Реконструкция профиля деформирующего воздействия организована посредством сбора и обработки данных с гибкой тонкопленочной матрицы датчиков давления, синхронизированных с оценкой текущего пространственного положения катетера волоконно-оптического зонда. Авторская методология оценки основных биомеханических характеристик исследуемого объекта в воспроизводимой и сопоставимой форме выгодно отличается от известных решений тем, что расчеты производятся на основе адаптированных к предметной области классических формул теории сопротивления материалов, причем амплитудный и фазовый подходы к оценке абсолютных смещений дополняют друг друга, магнитуа и направление воздействия деформирующей силы для совокупности точек пространства находятся посредством анализа актуального на момент сканирования профиля деформирующего воздействия, размеры деформируемой области вычисляют объединяя проекции векторов смещений на соответствующие координатные оси. Далее для повышения эффективности использования предложенных решений в медицине соискателем предложена совокупность методов поддержки принятия врачебных решений в области ангиологии и интервенционной хирургии.

Достоверность представленных результатов сомнений не вызывает. Теоретическая часть базируется на самых современных представлениях о точном приборостроении, численном моделировании, биомеханике и оптике рассеивающих сред. Постановка экспериментов, поэтапная обработка «сырых» данных, многомерная медицинская визуализация, верификация и валидация полученных картограмм проведены на высоком уровне. Отдельно следует отметить, широкое использование соискателем передовых методов теории обнаружения сигналов и фильтрации шумов, а также методов технического зрения.

Диссертационная работа ориентирована на удовлетворение потребностей отечественной медицины. В частности, получение с использованием оптической когерентной эластографии полезной информации об оптическом строении и биомеханических свойствах исследуемых анатомических структур в диалоговом режиме работы, а также в удобной для корректной интерпретации форме, является важным для практики научным результатом. Это подтверждается 7-ю документами о практическом использовании результатов диссертационного исследования. Теоретическая значимость работы заключается в оригинальных методах натурального (физического) и численного (компьютерного) моделирования, объединяющих передовые достижения в области оптики и биомеханики.

Апробация полученных результатов осуществлена посредством их представления и обсуждения на 42-х тематических научных конференциях. Основные выносимые на защиту научные положения довольно подробно изложены в 126-и представленных в автореферате основных публикациях по теме диссертации.

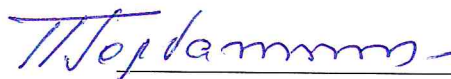
По автореферату докторской диссертации имеется замечание локального характера: в пункте «основное содержание работы» целесообразно было указать сведения о частоте опроса активных элементов в составе гибкой тонкопленочной матрицы датчиков давления.

Замечание не снижает научной и практической ценности диссертационной работы Потлова А.Ю. и не влияет на ее общую положительную оценку.

Считаю, что диссертационная работа выполнена лично Потловым А.Ю., представляет собой целостную и законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная проблема организации оптической когерентной эластографии без жесткой взаимной фиксации сканируемого биообъекта (или его отдельной части) и сканирующего волоконно-оптического зонда. Решение этой проблемы позволяет повысить эффективность ранней диагностики онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний, что способствует социально-экономическому, хозяйственному, политическому и культурному развитию нашей страны.

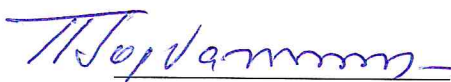
Диссертация Потлова А.Ю. соответствует паспорту специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения и, в целом, критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 № 842 (с учетом всех изменений и дополнений), предъявляемому к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а соискатель Антон Юрьевич Потлов заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Доктор технических наук по научной специальности 05.11.01 «Приборы и методы измерений (по видам измерений)», профессор, заведующий кафедрой «Информационные и измерительные системы и технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»

 / Николай Иванович Горбатенко

**31 марта 2025 г.**

Я, Горбатенко Н.И., даю согласие на обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета 24.2.375.03.

 / Николай Иванович Горбатенко

Подпись профессора Горбатенко Н.И. **заверяю.**

Ученый секретарь Ученого совета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»



/ Нина Николаевна Холодкова

**Юридический и фактический адрес нахождения образовательной организации:** 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132  
**Контактный телефон:** 8(863)525-52-40  
**Адрес электронной почты:** iit@srstu.novoch.ru