

О Т З Ы В

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

Корректная интерпретация биомедицинских сигналов и данных далеко не всегда является рутинной задачей даже для высококвалифицированного медицинского персонала. Например, современные обозначения зубцов на электрокардиограмме были введены Виллемом Эйнтховеном в 1895 году, им же был создан (1903 год) и внедрен в медицинскую практику (1906 год) рабочий прототип прибора для регистрации электрической активности сердца человека. Осознание важности электрокардиографии пришло несколько позже и в 1924 году Виллем Эйнтховен получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине. Однако, лишь в последние несколько десятилетий появилась и была успешно реализована упрощающая интерпретацию заболеваний сердца пространственная реконструкция электрической активности сердца в торсе человека. Аналогичные рассуждения верны для многих других методов медицинской визуализации. Прогресс в материаловедении, биофизике, вычислительной технике и информационных технологиях позволяет в целом поднять медицинскую диагностику на новый, более высокий уровень.

Диссертационная работа Потлова А.Ю. находится в русле вышеуказанных тенденций. Предлагаемые соискателем научные идеи и научно-технические решения помогают создать инструментальный аналог процедуры ручной пальпации. Вместо субъективной информации о форме уплотнения, его размерах, однородности, геометрии границ, спаянности с окружающими тканями и т.п. предлагаются пространственные распределения биомеханических свойств, оцененные на основе модифицированных соискателем методов и средств оптической когерентной эластографии. В частности, диссертантом проработаны актуальные вопросы, связанные с организацией оптической когерентной эластографии свободной от жесткой взаимной фиксации сканирующего зонда и сканируемого биообъекта. Решается крупная научная проблема, связанная с минимизацией негативных эффектов микронного пространственного разрешения при оптической когерентной томографии и эластографии посредством:

реконструкции профиля деформирующего воздействия (как в статике, так и в динамике); многоуровневой коррекции артефактов объемного движения; селекции сканирующих, деформирующих и произвольных (вызванных, в основном, физиологическим тремором) движений; эффективного развертывания фазы для каждого А-скана с использованием всего В-скана в качестве априорной анатомической информации; комбинирования амплитудных и фазовых подходов к оценке абсолютных смещений; оптимизации режимов сканирования на основе авторской математической модели; многомерной визуализации полученных результатов с элементами идентификации структуры и состава сканируемых биообъектов.

Предложенные соискателем аппаратные усовершенствования системы для оптической когерентной эластографии заключаются в следующем: катетер волоконно-оптического зонда дополнен гибкой тонкопленочной матрицей датчиков давления (в эндоскопической версии она окольцовывает торцевую часть, в интраваскулярной – цилиндрическую); торцевая часть интраваскулярной версии волоконно-оптического зонда содержит датчик скорости кровотока; каждый зонд в составе катетера содержит находящиеся по управлению цифрового сигнального процессора микроэлектромеханические акселерометр и гироскоп; система синхронизации работы основных узлов заменена с электрической на оптическую; для получения на спектрометре более устойчивой интерференционной картины интенсивность оптического сигнала в опорном плече масштабируется нейтральным фильтром переменной оптической плотности; предусмотрены многоканальные зонды с дополнительными полой иглой (для прицельной биопсии) или комбинацией вращающегося редуктора и надувного баллона (для ротационной атерэктомии).

С методологической и алгоритмической точек зрения соискателем предложены оригинальные: метод коррекции артефактов объемного движения, отличающийся «пересборкой» по определенным правилам (допустимы только малоугловые повороты и объемные сдвиги) интерференционных сигналов в форме, минимизирующей смещения точек «квенча» на топологических скелетах обрабатываемых оптических изображений; метод реконструкции многомерного профиля деформирующего воздействия, отличающийся кубической интерполяцией преобразованных разреженных данных с использованием триангуляции Делоне; методология оценки основных биомеханических свойств мягких биологических тканей по адаптированным для нужд оптической когерентной эластографии базовым формулам теории сопротивления неомогенных (неоднородных) сред,

отличающаяся учетом формы профиля деформирующего воздействия, упрощением о эквивалентности площади сканирования и площади деформирующего воздействия при «поджатии» зондом, оценкой геометрии деформированной области посредством объединения ортонормированных проекций векторов смещения; методы повышения удобства интерпретации томограмм и эластограмм, отличающиеся совместной идентификацией анатомических структур по оптическим и биомеханическим свойствам. Тематическое программное обеспечение разработано в среде LabVIEW.

Личный вклад соискателя и достоверность полученных результатов находятся вне сомнений. Основные публикации по теме диссертационного исследования представлены более чем 4-мя листами автореферата. У соискателя строго по теме диссертации имеются: 17-ть статей в журналах из перечня ВАК, 34-ре работы в ведущих зарубежных изданиях (индексируемых базами данных Scopus и Web of Science), 21-н патент Российской Федерации и 42-е официально зарегистрированные программы для ЭВМ. Пункт «реализация результатов работы» довольно подробно раскрывает суть 7-и документов о практическом использовании результатов диссертационного исследования. Практическая значимость состоит в упрощении процесса диагностики онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний, снижении риска врачебных ошибок, упрощении интерпретации данных, снижении инвазивности применяемых процедур. С теоретической точки зрения особенно важны авторские численные (математические) и натурные (изготовленные в материале) модели оптических и биомеханических свойств живых тканей, а также метод развертывания фазы отдельного интерференционного сигнала с использованием преобразования Хафа применительно ко всей совокупности интерференционных сигналов. При таком подходе развертывание фазы представляет собой более устойчивый к сбоям процесс, т.к. осуществляется с учетом сведений о геометрии протяженных разрывов фазы.

По автореферату докторской диссертации Потлова А.Ю. имеется замечание: в пункте «основное содержание работы» при изложении материала 6-й главы целесообразно было указать сведения о чувствительности и специфичности разработанных методов оценки и пространственного картирования основных биомеханических свойств живых тканей.

Замечание носит рекомендательный характер и не влияет на общую положительную оценку материалов диссертационного исследования Потлова А.Ю., а также того, как они были изложены, опубликованы и внедрены.

Диссертационная работа А.Ю. Потлова соответствует всем актуальным на момент написания отзыва требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (согласно п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842) к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Антон Юрьевич Потлов заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Профессор кафедры основ радиотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»), доктор технических наук, профессор



Крамм Михаил Николаевич

03.04.2025 года

Шифры и наименования научных специальностей, по которым была защищена диссертация лица, представившего отзыв:

2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения;

2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки).

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



Крамм Михаил Николаевич

Подпись проф. Краммы Михаила Николаевича заверяю:





МЕСТНОСТЬ НАЧАЛЬНИКА
В НАШЕ В ЛЕКСИКОМ
Д.Н. ПОСЛАВА

Адрес местонахождения образовательной организации: 111250, Россия, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1.

Контактный телефон: +7 (495) 362-71-04

E-mail: KrammMN@mpei.ru