

От редакции

В 2002 г. исполнилось 35 лет журналу "Медицинская техника". За это время выросло целое поколение инженеров и врачей, для которых журнал стал одним из основных научно-технических ориентиров.

Редколлегия журнала уделяет значительное внимание консолидации специалистов технического и медицинского профиля, обмену информацией между специалистами исследовательских и образовательных институтов со специалистами из промышленности.

Наряду с традиционно существующими с первого номера разделами "Исследование, конструирование и технология", "Обмен опытом", "Хроника" в журнал включен новый раздел "Портрет предприятия", в котором публикуются статьи обзорного характера о деятельности российских предприятий (фирм), разрабатывающих и выпускающих медицинскую технику. Кроме того, редколлегия систематически готовит тематические выпуски журнала.

Данный выпуск журнала представляет результаты фундаментальных и прикладных медико-технических исследовательских работ кафедры биомедицинских систем Московского государственного института электронной техники (технического университета).

Редколлегия приглашает к сотрудничеству в подготовке следующих тематических выпусков журнала заинтересованные предприятия и учреждения, кафедры вузов и другие разнообразные научно-технические организации медико-технического профиля.

© С. В. СЕЛИЩЕВ, 2004

УДК 615.47:001.8

С. В. Селищев

ИНТЕГРАЦИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ НА КАФЕДРЕ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ МИЭТ

Московский государственный институт электронной техники (технический университет), Зеленоград
E-mail: sersel@miee.ru

Медико-техническая наука как самостоятельная область знаний сформировалась в XX веке [1, 2]. В 2002 г. исполнилось 50 лет международному обществу IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Значительная роль в его становлении и развитии принадлежит нашему выдающемуся соотечественнику — В. К. Зворыкину (1889—1982) [4].

Развитие отечественной медико-технической науки неразрывно связано со становлением и развитием лидера российского медицинского приборостроения — ЗАО "ВНИИМП-ВИТА" (НИИ медицинского приборостроения) РАМН, который берет свое начало от Центральной научно-исследовательской лаборатории медико-инструментальной промышленности, образованной постановлением Совета Народных Комиссаров СССР в 1936 г. В 1977 г. этот институт возглавил выдающийся российский ученый В. А. Викторов, в настоящее время академик РАМН. Под его руководством началась системно-комплексная интеграция фундаментальных и прикладных медико-технических работ, крупномасштабное внедрение их результатов в практическое здравоохранение [3].

Значителен вклад ЗАО "ВНИИМП-ВИТА" РАМН в распространение новых базовых знаний медико-технической науки, подготовку и повышение квалификации специалистов медико-технического профиля. На его базе созданы филиалы кафедр нескольких вузов, ведущих подготовку специалистов в этой области, а также учебно-исследовательский центр с Московским государственным институтом электронной техники (техническим университетом) (МИЭТ).

В 2003 г. исполнилось 10 лет медико-техническому образованию в МИЭТ и 10 лет совместному учебно-исследовательскому центру ЗАО "ВНИИМП-ВИТА" и МИЭТ.

Интеграция фундаментальных и прикладных медико-технических исследовательских работ на кафедре биомедицинских систем МИЭТ опирается на традиции высшего образования России в области биомедицинской электроники и биомедицинской техники, базируется на взаимном проникновении методов, средств электроники, компьютерных технологий, физики и биологии, медицины; потребностей практической медицины и тематики научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Результаты этих работ на декабрь 2001 г. опубликованы в специальном выпуске журнала "Биомедицинские технологии и радиоэлектроника", 2001, № 12.

В 2002—2003 гг. интеграция фундаментальных и прикладных медико-технических исследовательских работ на кафедре биомедицинских систем МИЭТ объединяла два основных направления исследований:

— фундаментальные физические принципы для биомедицинских систем диагностики, терапии, хирургии и специальных применений: оптические и акустические методы визуализации биомедицинских объектов, вычислительная томография, нейронные сети, взаимодействие мощного оптического излучения с нелинейными средами, акустические измерения и визуализация потоков газожидкостных сред, механизмы электрической дефибриляции сердца;

— биомедицинская электроника и биомедицинские компьютерные технологии: анализ и обработка биомедицинских сигналов и изображений, разработка программно-аппаратных комплексов сбора и обработки физиологической информации, фотометрических приборов, внешних электрических дефибрилляторов, высокопоточных генераторов тока с цифровым управлением.

Результаты по направлению "Фундаментальные физические принципы для биомедицинских систем диагностики, терапии, хирургии и специальных применений"

Разработаны математические принципы и алгоритмы совместной реконструкции двух независимых произвольных пространственных распределений коэффициентов рассеяния и поглощения биологической среды для оптической трансмиссионной томографии на основе нестационарной двухпоточковой модели переноса излучения, учтено влияние преломления и отражения света на качество реконструкции изображения, экспериментально подтверждено разделение баллистических и рассеянных фотонов в отдельной рассеивающей среде. Данные результаты открывают перспективы для создания принципиально новых систем для маммографии и диагностики гипоксии мозга новорожденных.

Получены первые теоретические, численные и экспериментальные результаты в области количественной ультразвуковой эластографии, предусматривающей последовательную деформацию ткани во время облучения и выделение информации о механических характеристиках неоднородностей среды с помощью корреляционного анализа пре- и посткомпрессионных ультразвуковых сигналов.

Разработаны математические методы нейронно-сетевой компьютерной сегментации конечных биомедицинских изображений для их постобработки, основанные как на применении классических нейронных сетей, так и нейронных сетей встречного распространения. Точность результатов компьютерной сегментации составляет в среднем 82% по сравнению с сегментацией, осуществленной экспертами.

Исследованы и предложены новые механизмы ограничения мощного оптического излучения в целях защиты органов зрения персонала и чувствительных оптических сенсоров. Найдены эффективные органические соединения с нелинейным механизмом лимитирования — обратным насыщенным поглощением в четырех классах красителей: стирилазамещенных пиранов, цианиновых соединений (кардиогринов), производных порфиринов и фталоцианинов. Выяснена зависимость коэффициента ослабления лазерного излучения от длины волны и интенсивности лазерного излучения.

Предложено применение лимитирования излучения медицинских лазеров с целью экранирования биологических тканей от поражающего действия отраженного и рассеянного мощного излучения вне операционного поля.

Разработаны принципы построения систем сбора, обработки и анализа фотометрических и колориметрических величин, реализованы алгоритмы

усреднения на основе скользящего среднего для фотометрических измерений в условиях слабого сигнала.

Показано, что вычислительные алгоритмы моделирования задач диаметальных и многохордовых акустических измерений позволяют на основе косвенных данных с высокой точностью (~1,5—2%) определить профиль скорости установившегося потока жидкости в сечении трубопровода. Тем самым обеспечивается возможность получения набора прецизионных оценок в измерительных плоскостях и определение на его основе общего количества жидкости или газа, транспортируемого за определенный промежуток времени. Кроме того, эффективное гидродинамическое моделирование жидких и газообразных сред является дополнительным инструментом, позволяющим получать аналогичные оценки также и в том случае, когда производятся ультразвуковые измерения возмущенных потоков.

Разработаны математические алгоритмы мониторинга биомеханической активности сердца человека в условиях космического полета, основанные на измерении пульсовых смещений тела космонавта во время его сна и обусловленные гидродинамическими процессами выброса крови из сердца. В условиях невесомости пульсовые перемещения не искажаются эффектами, связанными с наличием силы тяжести, и регистрируются с помощью датчика акселерометрического типа, закрепляемого на спальном мешке или на одежде космонавта.

Для прогресса в понимании физических принципов электрической дефибрилляции миокарда предложен новый механизм пассивного распространения в миокарде трансмембранного потенциала его клеток, находящихся вдали от стимулирующих электродов. Данный механизм обусловлен наличием у биоэлектролитов миокарда собственных электрических емкостей и связан с возможностью внешнего и внутреннего биоэлектролитов иметь относительно друг друга несбалансированные по абсолютной величине электрические заряды, возможностью этих зарядов достаточно быстро диффундировать по биоэлектролитам и создавать за счет электрической индукции дополнительный вклад в величину трансмембранного потенциала.

Результаты по направлению "Биомедицинская электроника и биомедицинские компьютерные технологии"

Разработаны способы повышения разрешения и улучшения диагностических возможностей медицинской ультразвуковой визуализации, основанные на применении дополнительной компьютерной обработки данных сканирования, реализующей восстановление истинной функции неоднородности ткани путем цифрового экстрагирования зондирующего сигнала из эхо-данных акустического зондирования. Показано, что после применения дополнительной обработки первичных данных ультразвукового сканирования удается не только повысить четкость изображения, но и визуализировать такие структурные элементы, которые являются недоступными для отображения в рамках традиционных подходов. Процедура может быть рекомендована для дополнительной или постобработки ультразвуковых данных визуальной локализованной

области сканирования как средство отображения тонкой структуры объекта.

Разработаны новые алгоритмы реконструкции и синтеза трехмерных биомедицинских объектов с помощью специализированных программных средств. Произведены графическое интерактивное моделирование трехмерных сцен в среде IDL, их дальнейшая постобработка. В качестве входных данных использованы как известные фантомы Шеппа—Логана, так и реальные медицинские данные в формате DICOM, полученные в НИИ онкологии им. П. А. Герцена.

Разработана распределенная компонентно-ориентированная компьютерная система сбора и математической обработки электрофизиологических сигналов реального времени, в которой применены принципы динамического связывания и удаленного распределения вычислений на основе использования компонентной архитектуры промежуточного программного обеспечения COM+.

Разработано семейство многоканальных систем (ЭКГ, ЭЭГ, холтеровский монитор, полиграф) сбора и обработки биомедицинских сигналов на основе сигма—дельта АЦП: аналого-цифровое преобразование параллельно по всем каналам без мультиплексирования; аналого-цифровое преобразование на частотах, во много раз превосходящих максимальную частоту входного сигнала, что снижает требования к ФНЧ; программная реализация ФВЧ; программная реализация схем отведений.

Разработан экспериментальный макет монитора биомеханической активности сердца человека в условиях космического полета, основанный на измерении пульсовых смещений тела космонавта во время его сна и обусловленных гидродинамическими процессами выброса крови из сердца. Монитор обеспечивает непрерывную запись и сохранение данных (баллистокардиограммы) в течение 8 ч. Разработано программное обеспечение для анализа получаемой информации. Проведены наземные испытания экспериментального макета монитора.

Разработана, протестирована и прошла метрологическую аттестацию микропроцессорная информационно-вычислительная система (МИВС) для экспериментального фотометра, работающего в диапазоне длин волн 1000—300 нм и предназначенного для диагностики оптических свойств жидкостей: коэффициенты пропускания, оптическая плотность, скорость изменения оптической плотности, концентраций растворов по шести стандартным растворам, кинетика активности ферментов.

Разработан и изготовлены экспериментальные образцы внешнего электрического дефибрилятора-монитора с формой электрического импульса, не зависящей от изменений сопротивления пациента. Питание дефибрилятора осуществляется от сети 220 В или от аккумуляторной батареи. В дефибриляторе применяется аккумуляторная батарея 12 В емкостью 2,3 Ач. Питание осуществляется через встроенный сетевой источник питания, который одновременно является и зарядным устройством, и монитором состояния для аккумуляторной батареи. Для работы от сети 220 В наличие аккумуляторной батареи не требуется. Функционирование составных частей дефибрилятора определяется блоком управления. Он управляет сетевым источником питания, силовым блоком, блоком

дисплея и терморегистратором электрокардиограммы, осуществляет обмен данными с внешним компьютером по последовательному порту. Блок дисплея осуществляет индикацию электрокардиограммы пациента и режимов работы дефибрилятора. Он также обрабатывает состояние органов управления, с которых производится управление дефибрилятором. Терморегистратор электрокардиограммы выводит электрокардиограммы пациента на термобумагу. Электрокардиограмма может регистрироваться из двух источников: электродов дефибрилятора и внешних кардиоэлектродов, подключаемых через разъем. Силовой блок по команде блока управления формирует импульс дефибрилляции. В блоках дефибрилятора предусмотрена самодиагностика при включении питания, а в силовом блоке — и после готовности к выдаче импульса дефибрилляции. В дефибриляторе предусмотрено измерение энергии, выделившейся в пациенте в результате воздействия импульса дефибрилляции. Дефибрилятор обеспечивает выдачу импульса дефибрилляции с рядом значений энергий 5, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 Дж на пациента в диапазоне сопротивлений от 25 до 150 Ом. При пониженном сопротивлении вплоть до короткого замыкания предусмотрен режим отработки огибающей импульса по току с амплитудой положительной фазы импульса 50 А.

Завершен первый этап (разработка функциональной схемы и моделирование электрических схем силового блока) проектирования малогабаритного внешне носимого электрического кардиовертерадефибрилятора для постоянного ношения пациентом в течение длительного времени. Он должен обеспечивать автоматическое восстановление сердечного ритма пациента при появлении у него угрожающей жизни сердечной аритмии.

Разработан микроэлектронный программируемый генератор сильноточных импульсов, в котором формирование выходных параметров осуществляется методом широтно-импульсной модуляции в блоке силовых ячеек с накопительными конденсаторами и схемой переключения полярности. Блок силовых ячеек подключается к нагрузке через LC-фильтр низких частот, фильтрующий высокочастотные составляющие широтно-импульсной модуляции. Последовательно с блоком силовых ячеек включен резистор, используемый в качестве датчика тока, а параллельно блоку — резистивный делитель напряжения, используемый в качестве датчика напряжения. Через масштабировующие схемы, коэффициент передачи которых переключается в зависимости от заданной энергии импульса, сигналы с датчиков тока и напряжения поступают на входы обратной связи схемы управления блоком силовых ячеек. В схеме управления формируется приведенное значение текущей мощности на выходе блока силовых ячеек, которое сравнивается со значением, поступающим с выхода генератора образцовой огибающей мощности. По результатам сравнения формируются сигналы управления блоком силовых ячеек таким образом, чтобы приблизить приведенное текущее значение мощности к текущему значению мощности на выходе генератора образцовой огибающей мощности. Изменяя форму сигнала генератора образцовой огибающей мощности, можно получать разные формы импульса на выходе генератора.

В заключение выражаю глубокую признательность редколлегии журнала "Медицинская техника" за возможность представить результаты работы кафедры биомедицинских систем МИЭТ в объеме специального выпуска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викторов В. А. // Вестн. РАМН. — 2001. — № 5. — С. 3—7.
2. Викторов В. А., Селищев С. В., Штарк М. Б. // Труды Международной конф. по биомедицинскому приборостроению БИОМЕДПРИБОР-2000, 24—26 окт. 2000 г. — М., 2000. — Т. 1. — С. 10—13.
3. 65 лет в авангарде медико-технической науки // Мед. техника. — 2003. — № 1. — С. 3—11.
4. Nebeker F. // IEEE Eng. Med. Biol. Magazine. — 2002. — Vol. 21, N 3. — P. 17—47.

Поступила 05.02.04

© Д. А. ПОТАПОВ, С. А. ТЕРЕЩЕНКО, 2004

УДК 615.471.03:616-073.766.1:681.71:519.24

Д. А. Потапов, С. А. Терещенко

ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ПРИБЛИЖЕНИИ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Московский государственный институт электронной техники (технический университет), Зеленоград
E-mail:tsa@miee.ru

Трансмиссионная оптическая томография (ТОТ) является новым развивающимся методом медицинской диагностики и привлекает все большее внимание [3, 4]. Перспективность ТОТ по сравнению с рентгеновской и ЯМР-томографией обусловлена меньшей травматичностью оптического излучения и меньшей стоимостью необходимой аппаратуры. Однако оптическое излучение подвергается существенно большему ослаблению в биологических тканях вследствие процессов рассеяния, что приводит к значительным трудностям как при регистрации, так и при математической обработке полученных данных. Наиболее перспективными объектами для медицинской диагностики средствами ТОТ в настоящее время считаются молочная железа и мозг новорожденного младенца.

На рис. 1 приведена блок-схема трансмиссионного оптического томографа: источник излучения — импульсный лазер облучает фантом биологической рассеивающей среды, установленный на системе перемещения, а прошедшее через рассеивающую среду излучение регистрируется детектором на основе фотоэлектронного умножителя. Управление лазером, системой перемещения, сбор и обработка измеренных данных осуществляются с помощью компьютера.

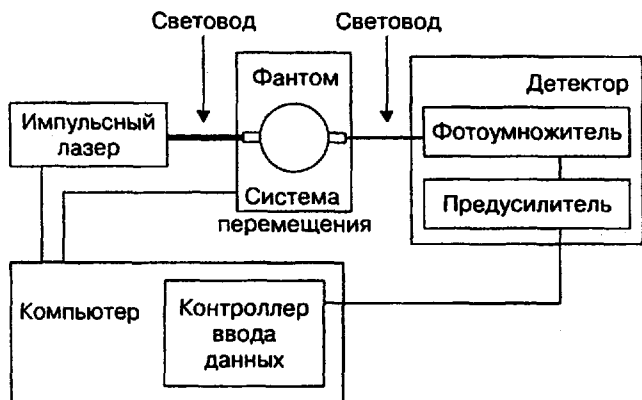


Рис. 1. Блок-схема трансмиссионного оптического томографа.

INTEGRATION OF FUNDAMENTAL AND APPLIED MEDICAL AND TECHNICAL RESEARCH MADE AT THE CHAIR OF BIOMEDICAL SYSTEMS, MOSCOW STATE INSTITUTE OF ELECTRONIC ENGINEERING

S.V.Selishchev

S u m m a r y. The integration results of fundamental and applied medical-and-technical research made at the chair of biomedical systems, Moscow state institute of electronic engineering (technical university - MSIEE), are described in the paper. The chair is guided in its research activity by the traditions of higher education in Russia in the field of biomedical electronics and biomedical engineering. Its activities are based on the extrapolation of methods of electronic tools, computer technologies, physics, biology and medicine with due respect being paid to the requirements of practical medicine and to topical issues of research and design.

работка измеренных данных осуществляются с помощью компьютера.

Так как взаимодействие оптического излучения со средой носит весьма сложный характер (присутствуют процессы рассеяния, преломления, отражения, поляризации и т. д.), традиционный математический аппарат становится неадекватным. В оптической томографии можно говорить о восстановлении трех пространственно неоднородных функций — показателя преломления, коэффициентов поглощения и рассеяния. Так как одновременно восстановление всех трех физических характеристик исключительно сложная задача, то можно выделить две основные более простые задачи. В первой задаче восстанавливают пространственное распределение показателя преломления — для этого используют фазовую томографию с применением интерференционных методов [1]. Это направление применяется в основном для небольших объектов, например отдельных клеток. Во второй задаче, над которой работают большинство исследовательских групп, вос-

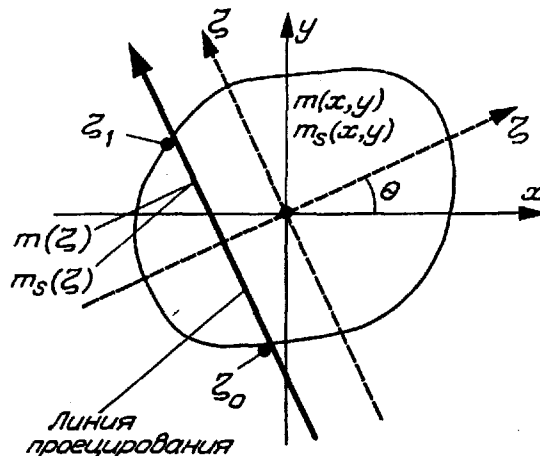


Рис. 2. Геометрическая схема измерений для трансмиссионной оптической томографии.