

УДК 621.38:61

В. Г. ГУСЕВ

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА



**Гусев
Владимир Георгиевич**

проф., зав. каф. ИИТ. Дипл. инж.-электромех. по авиац. приборостроению (УАИ, 1965). Д-р техн. наук по элем. и устр. выч. техники и систем управления (защ. в МИЭТ, 1987). Заслуж. деят. науки РФ, РБ, заслуж. изобретатель РБ. Автор более 400 науч. тр. и изобр., в том числе 12 книг. Иссл. в обл. преобразователей информации и устройств биомед. назначения, электр. преобразователей параметров физич. величин, схемотехники измерит. преобразователей.

В организме человека присутствуют все явления, известные в дисциплинах, составляющих комплекс естественных наук. Идущие в нем процессы частично объясняются законами, полученными в механике, гидравлике, электронике, электричестве, в области электромагнитных и оптических полей, в теплоэнергетике и прочее. Часть того, что наблюдается в жизни, не поддается разумному объяснению с позиций современной науки и относится к паранормальным явлениям. Все это делает справедливым утверждение о том, что в организме человека есть все, что мы знаем об окружающем нас мире, а также присутствует много такого, что пока науке неизвестно и не поддается объяснению при использовании принятой обществом парадигмы знаний. Финансовые затраты на поддержание здоровья общества растут в геометрической прогрессии и во многих случаях достигли таких цифр, что лечебные мероприятия стали доступными только для малого количества его членов.

На кафедре информационно-измерительной техники (ИИТ) на протяжении многих лет проводятся научные работы по созданию технических средств для медицинской диагностики и терапии и делаются попытки дать объяснения некоторых из наблюдаемых явлений с использованием законов, признанных в области естественных наук.

Исследователи в области биологии и медицины давно установили, что свойства отдельных участков на кожном покрове человека характеризуют состояние отдельных органов, систем и подсистем живой материи. Воздействие на них с помощью тех или иных физических, химических или электрохимических факторов позволяет восстановить исходное состояние, которое было до заболевания. Причем, например, считается, что при терапии, проведенной высококлассным специалистом по иглоукалыванию, вылечиваются даже те болезни, которые не поддаются лечению методами медицины, признанной в настоящее время. Это в первую очередь касается тех вопросов, которые находятся в ведении невропатологов. Гомеопатические методы в отдельных случаях дают эффект там, где аллопатические лекарственные средства оказываются бессильными. Но все это требует громадного опыта и знаний, которые при традиционном медицинском образовании врачи не получают. Поэтому возможности тех методов диагностики и терапии, которые человечеством используются свыше двух тысяч лет и в применении которых накоплен огромный опыт в Китае, на Тибете и других странах, скомпрометированы из-за низкой квалификации использующих их людей. И это несмотря на то, что применение их позволяет получить огромные социальные и экономические эффекты.

Нами предпринимаются попытки создания технических средств для диагностики организма по электрическим свойствам отдельных зон на кожном покрове. Наличие их общепризнано. Так, хорошо известно наличие зон Захарина Геда, точек-глашатаев, которые становятся болезненными при заболевании определенных органов. Имеются публикации о научных работах

школы Фолля, который установил, что поля бактерий, штаммов, нозодов, веществ, из-за воздействия которых произошли заболевания, меняют электрические свойства зон организма.

Идея создать приборы, которые позволят объективно выявить заинтересованные меридианы и установить, находятся ли они в нормальном состоянии, полноте или пустоте, была настолько заманчивой, что были разработаны несколько типов приборов диагностического назначения. Они были основаны на оценке разности потенциалов между исследуемой локальной точкой и зоной, взятой за базовую, а также электрического сопротивления между этими зонами и активной и реактивной составляющими сопротивления. Приборы различались принципиальными схемами, сложностью, инструментальными погрешностями и электрическими режимами измерительных цепей. При их испытаниях достаточно быстро выяснилось, что получаемые результаты измерений чрезвычайно переменчивы. Они зависели от большого количества факторов: размеров электродов, уровня нажатия, температуры окружающей среды, влажности кожного покрова, значения электрического тока в измерительной цепи, характера подготовки кожного покрова к проведению измерительной операции, предыстории состояния данной зоны, психофизического состояния организма, материала электродов и качества их подготовки к проведению измерений, длительности процесса измерений, моментов времени в которые выполняются измерительные операции, внешних воздействий которые осуществляются на организм. Из-за влияния этих факторов достоверность оценок состояния локальных зон организма была очень невысокой. И это наблюдалось несмотря на использование самой совершенной элементной базы и современных подходов к построению прецизионных измерительных цепей.

Так, в частности, зоны с аномально малым электрическим сопротивлением, которые относятся к точкам акупунктуры, плохо выявлялись при рабочем токе измерительной цепи в 0,2 мкА и значительно лучше при токе 2 мкА (ток имел синусоидальную форму и частоту 5 кГц). Причем показания прибора в течение периодов времени, оцениваемых десятком секунд, изменялись в ту или другую сторону.

Проведенные исследования и результаты работ, выполненные в других коллективах, убедили нас в том, что при использовании применяемых сейчас отдельных измерительных операций, при которых определяется разность потенциалов или электрическое сопротивление (или проводимость) зон тела, нельзя получить достаточного объема информации и требуемых ее качественных показателей, позволяющих выполнить диагностику состояния такого сложного объекта, которым является организм. Измерительные операции, проводимые при оценке электрических свойств живой материи, были дополнены измерительными операциями, при которых оценивается собственный электрический ток биологической ткани при замыкании между собой электродов, установленных на кожном покрове.

Было предложено оценивать состояние локальных зон по значению электрической мощности, которая у них имеется. При этом живая материя рассматривается как источник электрической энергии. Предложено также оценивать их собственное электрическое сопротивление или проводимость без использования внешнего источника электрической энергии. Эти предложения позволили ввести новые оценки электрических свойств живой материи, которые более инвариантны к видам измерительных операций и внешним воздействиям. Они характеризуют электрические свойства тканей биологического объекта более эффективно, чем используемые в настоящее время. Проведены оценки качественного характера мощностных свойств отдельных локальных зон и их собственного электрического сопротивления для постоянного сигнала. Кроме того, была доказана и обоснована целесообразность оценки электрического сопротивления или проводимости в том режиме, который никогда ранее не использовался для решения подобных задач. Это режим не изменяет значения активной мощности, рассеиваемой в любом по величине сопротивлении нагрузки. Биологическая ткань является сложным нелинейным температурно-зависимым сопротивлением. Оценивать его значения, сравнивать их между собой и делать выводы об имеющихся отклонениях параметров друг от друга в тех или иных зонах можно только тогда, когда в исследуемом объекте рассеиваются одни и те же значения электрической мощности. При использовании любых других источников электрической энергии (источников напряжения, тока) измерительные операции в разных зонах будут проводиться в разных энергетических режимах, которые будут зависеть от физиологического состояния этой зоны. Такие результаты сравнивать между собой не вполне корректно. Нельзя также однозначно оценить закономерности изменений этих параметров.

Так как генераторы заданного значения мгновенной электрической мощности в ряде функциональных узлов электроники до настоящего времени были неизвестны, на кафедре предложены принципы их построения. Исследованы возможные структуры, позволяющие создать соответствующие функциональные узлы. Разработаны аналоговые и цифровые варианты. До практической реализации пока доведены только аналоговые структуры, которые использованы при построении измерительных устройств.

Предложена инновационная технология получения информации об электрических свойствах локальных зон. Сущность ее заключается в том, что на интересующую зону живой материи периодически воздействуют импульсами электрической энергии.

По току, отдаваемому биологической ткани в паузах между импульсами при коротком замыкании электродов, судят об электрических свойствах конкретной локальной зоны. Созданы приборы, в которых воздействующие импульсы имеют форму импульсов напряжения, импульсов электрического тока, импульсов электрической мощности. Обнаружено, что при использовании предложенной технологии электрический ток некоторых локальных зон при их заинтересованности в данный момент времени увеличивается в сто и более раз. Это явление было объяснено с использованием закона полярного возбуждения. Оно базируется на концепции наличия у организма особых зон — точек акупунктуры, которые более чувствительны к изменениям внешнего электрического воздействия. Получаемые результаты укладываются в те закономерности, которые на качественном уровне сформулированы различными исследователями. Разработанные экспериментальные приборы показали хорошие результаты при диагностике по электрическим параметрам ушной раковины заинтересованных органов и позволяют эффективно выявлять заинтересованные точки (зоны) на кожном покрове. Это дает возможность внести объективность и определенность в выборе локальных зон, на которые следует производить воздействие (иглокальвание, температурный прогрев полынными сигаретами, лазерным воздействием, установлением электропроводящих шариков (цубо-терапия) или медных или серебряных пластинок).

Проведены оценки изменений состояний термодинамического равновесия, которые могут возникнуть при проведении измерительных операций с использованием разных форм источников электрической энергии. При справедливости тех допущений, которые были сделаны, выяснено, что при малых значениях диаметров путей, по которым распространяется электрический ток, рассеиваемая в зоне эпидермиса электрическая мощность может достигать десятых долей мВт, а плотность мощности десятки и сотни мВт/см². При толщине эпидермиса порядка 0,1 мм и диаметрах от 0,1 до 1 мм² эта мощность может рассматриваться как величина, вносящая существенное изменение в состояние термодинамического равновесия. Для ее нормализации в организме скорее всего включаются в работу соответствующие механизмы компенсации. Причем эти цифры характеризуют измерительные токи порядка 20 мкА и напряжения, не превышающие нескольких вольт. Проведенные исследования еще раз подтвердили то, что, при выполнении измерительных операций с использованием источника электрической энергии, нельзя устранить его влияние на состояние живой материи. Поэтому необходимо применять источники электрической мощности, которые вносят одинаковое воспроизводимое нарушение в термодинамическое состояние организма.

Установлено также, что при одинаковом внешнем мощностном воздействии проводимость зависит от полярности напряжения, приложенного к биологической ткани. В разных зонах величины проводимостей при разных полярностях отнеслись друг к другу в пределах 1–1,5, что, вероятнее всего, является важным диагностическим фактором. В настоящее время с использованием установленных закономерностей разработаны два типа диагностических приборов. Один из них даст возможность объективно установить те зоны, у которых наиболее явно выражены аномалии в электрических свойствах и которые, по имеющимся представлениям, связаны с заинтересованными органами системами и подсистемами. Другой позволит оценить значение внешней энергии, которую нужно израсходовать для возбуждения до определенного неистощенного уровня локальной зоны организма. Создание этих инновационных приборов стало возможным только вследствие использования высоких технологий, которые позволили реализовать высокотехнологичные узлы электроники и расширили возможности проектирования аппаратуры со сложными измерительными операциями и алгоритмами.

Для расширения объема информации об электрических свойствах биологической ткани и повышения ее достоверности разработана концепция проведения совокупности измерительных

операций следующих друг за другом с длительностями, оцениваемыми десятками, сотнями миллисекунд. Разработана, изготовлена, настроена и испытана информационно-измерительная система, которая позволяет реализовать три режима, в которых «может испытываться» исследуемый объект: режим холостого хода; режим короткого замыкания; режим воздействия заданным значением электрической мощности $P = U_i = \text{const}$. В состав системы входит ПЭВМ, которая выполняет функции регистрирующего и управляющего устройства. Порядок проведения измерительных операций и их длительности задается программным путем. Разработан первый и второй варианты программного обеспечения. Они позволили провести определенные научные исследования и получить количественные оценки тех физических явлений и закономерностей, информация о которых отсутствует в известных работах. После доработки программного обеспечения появится возможность легко, быстро и просто исследовать многие стороны функционирования организма, в результате которых меняются спектры колебаний, квазистатические и динамические параметры процессов в определенных электрических режимах и при переходах с режима на режим. Весь огромный объем информации, получаемый даже в одной отдельной зоне, может быть зарегистрирован и обработан только с помощью ПЭВМ. Так как при проведении диагностики приходится оценивать электрические свойства ряда определенных зон, то без использования ПЭВМ переработка такого объема информации невозможна в принципе. В настоящий момент разработанная система является наиболее мощным, из известных, средством для исследования электрических свойств живой материи. После накопления знаний о них и выявления наиболее информативных диагностических параметров путем доработки программного обеспечения она может быть применена как не имеющее аналогов техническое средство для диагностики состояния организма, выявления проблемных зон, органов и систем, а возможно, и для установления нозологии заболевания. Если это удастся сделать, то трудно даже представить социальные и финансовые эффекты от широкого применения ожидаемых научных результатов.

Кроме этого, проводятся исследования по созданию технических средств для терапевтического воздействия на организм. Работы ведутся в направлении получения физиотерапевтических воздействий с теми параметрами, которые в данный момент характерны для организма. Причем колебания сигналов этого воздействия должны быть синхронными с теми, которые имеются у организма и адекватными электрическим процессам в нем. При их временном изменении должны синхронно меняться параметры терапевтического воздействия. Эти концептуальные положения реализуются за счет того, что воздействие на организм создается путем преобразования сигналов, снимаемых с его поверхности.

На сегодняшний день реализованы два типа «резонансных» устройств терапевтического назначения. Их работоспособность проверена на добровольцах. В первом типе воздействие ведется электрическим током, который создается сигналом, снимаемым с кожного покрова. В устройстве действует положительная обратная связь и возникают электрические колебания, параметры которых в определенной степени зависят от свойств и процессов в той зоне организма, которая подвергается воздействию. При таком подходе не требуется подбирать и синхронизировать с параметрами организма параметры внешнего электрического тока. Они формируются автоматически самим организмом.

Наши испытания, проведенные на добровольцах, показали, что установки такого типа позволяют эффективно снимать болевые синдромы. Так, приступы болей, вызванных остеохондрозом с корешковым синдромом, при которых человек с трудом мог повернуться на кровати, удавалось купировать за один сеанс.

Во втором типе устройств воздействие также ведется электрическим током, сформированным организмом. Но в них устранена электрическая обратная связь, присутствующая в устройствах первого типа. Это сделано путем гальванической развязки между собой входной и выходной цепей установки. Взаимосвязь между токами может осуществляться только биологическим путем за счет взаимодействия между собой клеток биоткани. Установка этого типа реализована только сейчас и пока не исследована.

Ведется работа по созданию многоиндукторного резонансного источника магнитного поля адекватного тем электрическим параметрам, которых имеются в зоне организма под многоиндукторным излучателем. В нем положительные обратные связи с организмом будут осуществляться через магнитное поле.

В результате проведенных работ и осмысливания полученных данных и явлений, наблюдавшихся при исследованиях, сформировалась концепция получения информации о состоянии организма. Сущность ее в следующем:

- о психофизиологическом состоянии организма и возникших в нем патологиях можно достаточно эффективно судить по результатам оценки электрических сигналов, полученных с определенных зон и составляющих базу данных;
- база данных должна содержать всю информацию об электрических свойствах каждой локальной зоны, полученную в одинаковые моменты времени;
- для выявления электрических свойств в каждой зоне надо регистрировать: разность потенциалов между псй и базовой зоной; ток короткого замыкания ее на базовую зону; временные изменения разности потенциалов и электрического тока, электрическое сопротивление и его временные изменения в режиме воздействия на зону импульса постоянной неизменной электрической мощности с фиксацией усредненных постоянных напряжений и токов, наблюдаемых при этом; значения и временные изменения электрического тока при воздействии на зону тем же значением напряжения, которое было зафиксировано при воздействии импульсом электрической мощности; значения и временные изменения падения напряжения, которое наблюдается при воздействии тем импульсом электрического тока, значение которого зафиксировано при воздействии импульсом заданной мощности;
- значения сопротивления и его изменений надо определять, как минимум, для двух значений мощности – минимальной и близкой к максимально допустимому значению напряжений и токов воздействия, соответствующих им;
- температуру электрических электродов относительно температуры исследуемого организма следует изменять на несколько градусов или более и при этом повторно получить информацию во всех перечисленных выше режимах;
- весь объем информации следует получить при фиксированном изменении температуры окружающей среды;
- создать вокруг организма постоянное магнитное поле и получить все данные в этом режиме;
- желательна жесткая временная привязка между собой всех регистрируемых сигналов.

После выполнения всего вышеизложенного будет получен огромный объем информации, однозначно характеризующий состояние организма. Но предстоит разработать электрический портрет, который позволит расшифровать значимость отдельных параметров и характеристик и их изменений под влиянием различных физических факторов. Это большая работа, выполнить которую можно только при объединении усилий многих коллективов, в первую очередь работающих в областях биофизики и медицины.

В концепции подобной диагностики привлекает то, что технические средства, обеспечивающие реализацию всех концептуальных положений получения информации, легко реализуются и достаточно дешевы. Проблема всесторонней оценки значимости и информативности получаемых сигналов еще ждет своего расширения. Основной сложностью на пути предложенного является создание электрического портрета организма и установления значений нормы и патологических изменений у отдельных органов и функциональных систем.

Основные проблемы медико-технических исследований обусловлены тем, что их проведение возможно только при наличии добровольцев. Теоретические задумки и гипотезы, без их экспериментальной проверки, не имеют практической ценности. Отсутствие качественных моделей, отражающих реакции организма на внешние воздействия, затрудняют обработку присмелемых диагностических и терапевтических режимов.

Чрезвычайно сложно внедрить в здравоохранение даже то, преимущества чего, вроде бы, совершенно очевидно. И по большому счету это хорошо, так как служит хоть какой-то гарантией человеку от того, что на нем не будут проведены эксперименты, последствия которых неизвестны. Принцип «не навреди» действовал и действует в медицине, но иногда он принимает абсурдные формы.

Результаты проведенных исследований убедили наш коллектив в перспективности работ в данном направлении, позволили предложить измерительные операции, не используемые ранее в этой предметной области, и открыли возможности создания дешевых и эффективных диагностических систем.