

На правах рукописи

МУСТАФИН Тимур Наилевич

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗОН
ПОВЕРХНОСТИ КОЖНОГО ПОКРОВА**

**Специальность 05.11.16 – Информационно-измерительные
и управляющие системы (в промышленности и медицине)**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа – 2010

Работа выполнена на кафедре информационно-измерительной техники ГОУ
ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Гусев Владимир Георгиевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Галиев Анвар Луфтрахманович
кафедра теоретической физики ГОУ ВПО
«Стерлитамакская государственная
педагогическая академия им. Зайнаб
Биишевой им. Зайнаб Биишевой»

кандидат технических наук, доцент
Бакусов Леонид Михайлович
кафедра автоматизированных систем
управления ГОУ ВПО «Уфимский
государственный авиационный
технический университет»

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Башкирский
государственный университет»

Защита состоится «27» декабря 2010 г. в 10:00 часов на заседании
диссертационного совета Д-212.288.02 при Уфимском государственном
авиационном техническом университете по адресу: 450000, г. Уфа, ул. К.
Марса, 12, в актовом зале 1 корпуса УГАТУ.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке университета

Автореферат разослан «25»ноября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., проф.

Г.Н. Утляков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Живой организм сложный, распределенный в пространстве, нелинейный, теплозависимый объект, параметры и характеристики которого могут меняться вследствие работы внутренних органов. В оценке его состояния и диагностике возникших патологических изменений используется множество методов, известных в самых различных областях естественных наук. Но, несмотря на огромные успехи в создании технических средств, предназначенных для диагностики состояния живых организмов, достоверность, объективность и воспроизводимость получаемой информации, характеризующей их физиологическое состояние пока недостаточна. Также имеют место проблемы, связанные с правильной интерпретацией получаемых данных. Существует ряд технических средств, имеющих приемлемые показатели информативности и воспроизводимости получаемой информации, однако они отличаются высокой стоимостью и не доступны для практического здравоохранения.

У живых организмов наблюдается диалектическое единство между внутренними и наружными структурами. Поэтому изменения состояния органов организма проявляется в появлении аномалий на кожном покрове. Возникновение их является важнейшим диагностическим фактором, позволяющим объективно установить органы и системы, в которых появились патологические изменения.

Аномалии имеют самый различный характер. Это могут быть:

- зоны, имеющие разную болевую чувствительность к механическому (пальпаторному воздействию);
- зоны, имеющие различную сопротивляемость пальпаторному воздействию;
- зоны, которые имеют аномально большие или аномально малые электрические сопротивления;
- зоны, имеющие аномальную сопротивляемость движению в ней других тел;
- зоны, с измененными свойствами кожного покрова (имеющие цвет отличный от того, который имеется на соседних зонах);
- по-разному отражающие или поглощающие электромагнитные колебания.

Размеры аномалий меняются в зависимости от состояния органов и систем и времени, в которое производится их оценка, которая чаще всего проводится субъективно, исходя из опыта имеющегося у врача. Причем задача усложняется тем, что свойства кожной поверхности, дающие информацию о состоянии органов и систем живого организма, достаточно многочисленны и не имеют общепризнанных мер для сравнения.

Снижение стоимости технических средств, используемых для получения информации о состоянии живых организмов, повышение ее достоверности и

воспроизводимости, являются важными проблемами, решаемыми специалистами в области создания измерительной техники.

На кафедре информационно-измерительной техники УГАТУ, в коллективе, руководимом доктором технических наук В.Г. Гусевым, разработаны структуры и принципы построения устройств, в которых информацию о состоянии живой материи получают в режиме заданной мощности взаимодействия объекта с источником электрической энергии. Это обеспечивается с помощью измерительного генератора заданной электрической мощности (ИГЗМ). Было разработано, создано и исследовано устройство, обеспечивающее неизменное значение постоянной электрической мощности, не зависящей от электрических параметров оцениваемого объекта. Свойства объекта исследовались с помощью импульсного сигнала, с постоянным уровнем средней мощности, рассеиваемой в сопротивлении нагрузки. В таком случае получаемые результаты будут характеризовать динамические свойства исследуемого объекта. По мнению автора данной работы целесообразно исследование режима, при котором в исследуемом объекте в процессе измерения рассеивается постоянное значение мгновенной электрической мощности.

В связи с этим **целью** работы является развитие теории построения технических средств, которые позволят получать более достоверную информацию об электрических параметрах зон на кожном покрове.

Для достижения этой цели потребовалось решить следующие **задачи**:

1. Систематизировать информацию о методах и технических средствах с помощью которых оценивают физические свойства кожного покрова.
2. Выбрать наиболее рациональный и экономичный подход к построению технических устройств, для оценки электрических параметров зон кожного покрова.
3. Создать структуру информационно-измерительной системы, в которой реализован предложенный подход к получению информации и разработать принципиальную схему оригинального функционального узла.
4. Провести моделирование принципиальной схемы оригинального функционального узла ИИС и экспериментально проверить справедливость результатов, полученных при моделировании.
5. Оценить параметры и характеристики функциональных узлов, от которых зависит достоверность получаемой с помощью разработанной ИИС информации.
6. Экспериментально оценить параметры локальных зон биоткани с помощью разработанной ИИС.

Методы исследования. Теоретические исследования базируются на положениях теории электрических цепей, электроники, цифровой и вычислительной техники, информационно-измерительной техники. При проектировании уникальных функциональных блоков ИИС использовался программный про-

дукт Micro-Cap, позволяющий проводить моделирование работы электронных схем. Для расчетов и обработки полученных данных использовалось программное обеспечение: MathCAD, LGraf2, DPlot. Экспериментальные исследования проводились с помощью ИИС, макет которой разработан и реализован автором.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Систематизирована и структурирована информация о технических средствах, которые могут быть использованы для неинвазивной оценки физических свойств зон на поверхности кожного покрова.
2. Разработана принципиальная схема измерительного преобразователя, обеспечивающего, в отличие от существующих, неизменность мгновенной электрической мощности, рассеиваемой на произвольном участке кожного покрова при выполнении измерительных операций, в течении заданного интервала времени.
3. Разработана структура ИИС, особенностью которой является то, что измерительная информация получается в режиме неизменного значения мгновенной электрической мощности, рассеиваемой в исследуемом объекте.
4. Результаты экспериментальных исследований взаимодействия ИИС с живым организмом и количественные оценки электрической проводимости в предложенном режиме.

Практическую значимость имеют:

1. Результаты систематизации информации о методах и технических средствах, предназначенных для получения информации о физических свойствах кожного покрова и оценки их преимуществ и недостатков.
2. Разработанная и исследованная ИИС, предназначенная для получения информации об электрических параметрах зон поверхности кожного покрова.
3. Разработанный измерительный преобразователь, который может быть использован при контроле состояния объектов живой природы и результаты его исследования.
4. Результаты экспериментальных исследований взаимодействия ИИС с живым организмом и количественные оценки электрической проводимости в предложенном режиме.

Основные результаты выносимые на защиту:

1. Режим оценки электрической проводимости локальных зон на поверхности кожного покрова человека, при постоянстве мгновенной электрической мощности воздействующей на исследуемый объект, в процессе проведения измерительной операции.
2. Разработанный измерительный преобразователь и результаты его исследования.
3. Структура измерительной системы, результаты ее реализации и исследований, предназначенной для получения информации о сопротивлении локальных зон кожного покрова человека.

4. Результаты экспериментальных исследований взаимодействия ИИС с живым организмом и количественные оценки электрической проводимости в предложенном режиме.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях: V всероссийской зимней школе-семинаре аспирантов и молодых ученых; XIII Международной научно-практической конференции «Современные техника и технологии»; Всероссийской молодежной научной конференции «Мавлютовские чтения»; IV всероссийской зимней школе-семинаре аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы в науке и технике».

Список публикаций. По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе 3 статьи в ведущих научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и 2 приложений. Основная часть диссертационной работы состоит из 160 страниц машинописного текста, содержит 48 рисунков и 19 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выполненной научной работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведены научные результаты, выносимые на защиту, указана их научная новизна и практическая ценность.

Первая глава посвящена обзору, систематизации и анализу существующих на сегодняшний день методов, позволяющих проводить оценку состояния сложных, нелинейных, теплозависимых объектов.

Систематизирована информация о построении технических средств, предназначенных для исследования параметров кожного покрова. На сегодняшний день разработано и используется оборудование, позволяющее оценивать следующие параметры живых организмов: водный и липидный баланс, топографию кожного покрова, цветовые и механические свойства поверхностей кожи и электрические свойства биообъектов. Информационный обзор показал, что отсутствует сколько-нибудь значительный массив литературы, содержащей сведения о параметрах и физических характеристиках кожного покрова, а также их количественной оценки. Имеются лишь разрозненные данные о тех или иных свойствах.

Обобщен материал о различных методах исследования состояния кожного покрова. Для прижизненной объемной визуализации исследуемого участка могут быть использованы такие методы так: оптическая когерентная томография, конфокальная микроскопия и ультразвуковая микроскопия. Информация, получаемая с помощью этих методов, весьма специфична, зависит от метода исследования, алгоритмов построения трехмерного изображения и точности

сканирующей системы. Наиболее существенным недостатком этих методов является то, что оборудование, реализующее эти методы, является дорогостоящим.

Методы, позволяющие оценивать увлажненность, температуру кожного покрова, целесообразно применять для уточнения получаемых данных.

Для изучения механических свойств биоткани (применяется для оценки эффективности косметических средств) наиболее эффективен метод вакуумной кутометрии. Он позволяет оценить совокупность параметров различных слоев кожи, которые определяют механические свойства кожного покрова.

При постановке диагноза и слежении за течением раневых процессов и кожных заболеваний эффективным оказывается анализ изображений, полученных с помощью камер высокого разрешения. Они позволяют оценить изменение окраски аномальных участков по сравнению нормальными участками. Поврежденные участки нельзя подвергать сильным механическим воздействиям, поэтому метод всасывания применять невозможно. В этом случае целесообразно применение прибора «акустический анализатор», уровень внешнего воздействия которого незначительный.

Наибольший интерес для диагностики психофизического состояния биологических организмов имеют физические параметры локальных зон, которые получили названия точек акупунктуры (ТА). Так, например, в литературе утверждается, что путем измерения электрических параметров ТА можно определить конкретное заболевание, а также оценить баланс энергий в объекте биологической природы.

Показано, что для повышения стабильности и воспроизводимости информационных сигналов целесообразно использовать измерительные цепи, в которых обеспечивается определенность энергетического взаимодействия между объектом и цепью, с помощью которой получают информационные сигналы.

Отмечено, что получаемая информация, характеризующаяся электрическими сигналами, существенно зависит от температуры окружающей среды, уровня увлажнения участка под измерительным электродом, его поляризации с течением времени, уровня механического воздействия и биоритмов изменения электрических свойств, характеризующих данную зону.

Во второй главе разработана структура и принципиальная схема оригинального измерительного преобразователя, который обеспечивает неизменной мгновенное значение мощности электрической энергии, рассеиваемой в исследуемом объекте.

Структура характеризуется функциональной схемой, приведенной на рисунке 1.

Идея работы преобразователя заключается в том, что напряжение, подаваемое с выхода измерительного преобразователя на исследуемый объект, автоматически поддерживается на том уровне, при котором произведение паде-

ния напряжения и электрического тока, протекающего через исследуемый объект, в каждый момент времени, есть величина постоянная. Это статический преобразователь, который с погрешностью, характеризуемой статизмом системы, поддерживает неизменный уровень электрической мощности, рассеиваемой в сопротивлении нагрузки $R_H(t)$. Значение ее задается сигналом уставки блока 5. При изменениях сопротивления нагрузки $R_H(t)$ падение напряжения и электрический ток через нее меняются так, что их произведение остается неизменным.

$$P = U(t) \cdot i(t) = const \quad (1)$$

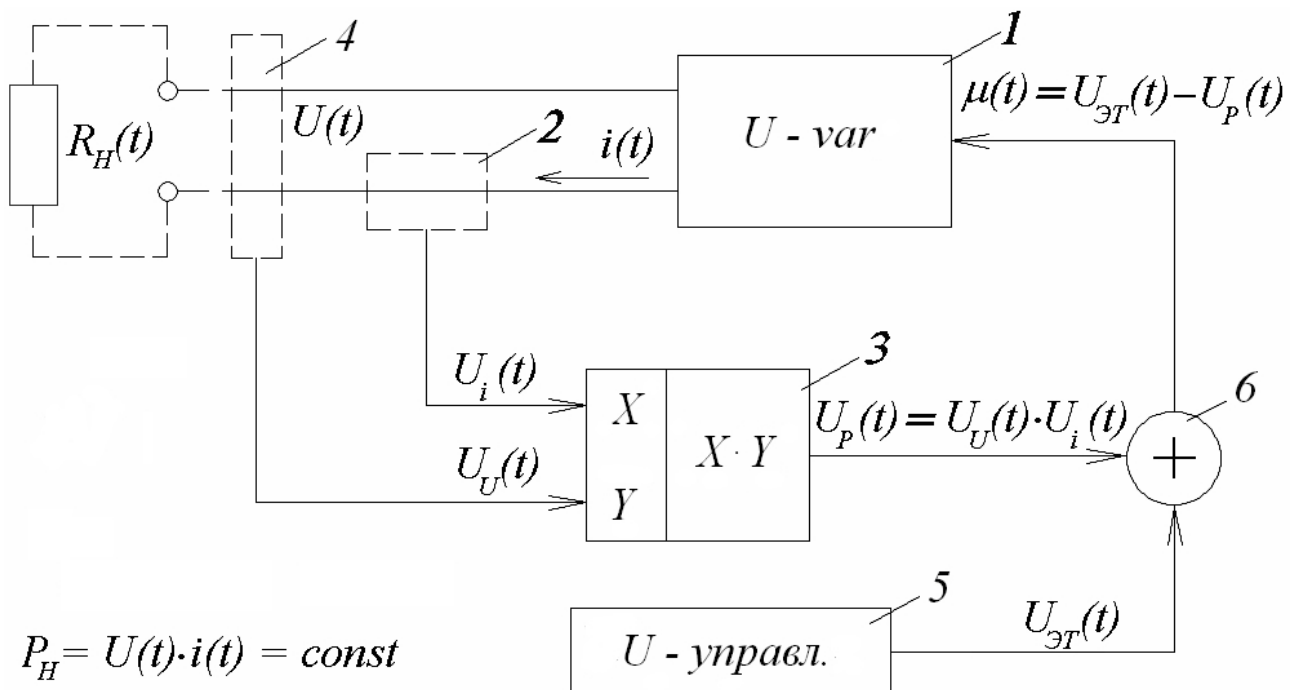


Рисунок 1 – Функциональная схема генератора электрической мощности:
1 -управляемый источник напряжения; 2 - преобразователь ток-напряжение; 3 - перемножитель напряжений; 4 – усилитель напряжения; 5 - источник опорного напряжения; 6 – сравнивающее устройство.

Работа преобразователя, выполненного по функциональной схеме, представленной на рисунке 1, сводится к выполнению следующих операций. К объекту прикладывается напряжение U , снимаемое с блока 1. Оно создает падение напряжения на объекте $U(t)$, измеряемое блоком 4, при токе через него $i(t)$, измеряемом блоком 2. Ток $i(t)$ преобразуется в пропорциональное ему напряжение $U_i(t)$. Значения напряжений перемножаются в перемножителе мгновенных значений напряжений, выполненном в блоке 3:

$$U_P(t) = U_U(t) \cdot U_i(t) \quad (2)$$

На выходе блока 3 получается сигнал, пропорциональный мгновенной мощности $U_P(t)$, рассеиваемой в исследуемом объекте. Этот сигнал $U_P(t)$, сравнивается с сигналом уставки $U_{ЭТ}(t)$, который формируется блоком 5, в сравнивающем устройстве 6:

$$\mu(t) = U_{ЭТ}(t) - U_P(t) \quad (3)$$

Сигнал разности заданной и рассеянной мощностей $\mu(t)$ подается на блок 1. Напряжение на выходе блока 1 изменяется так, что разность сигналов на выходе блока 6 имеет значения, характеризующие статизмом системы. При достаточно большом коэффициенте преобразования блока 1 в объекте рассеивается мощность близкая к значению заданному сигналу блока уставки 1. Она не зависит от значения сопротивления объекта $R_H(t)$, что позволяет получить определенность со значением электрической мощности, рассеиваемой в сопротивлении R_H при проведении измерительных операций

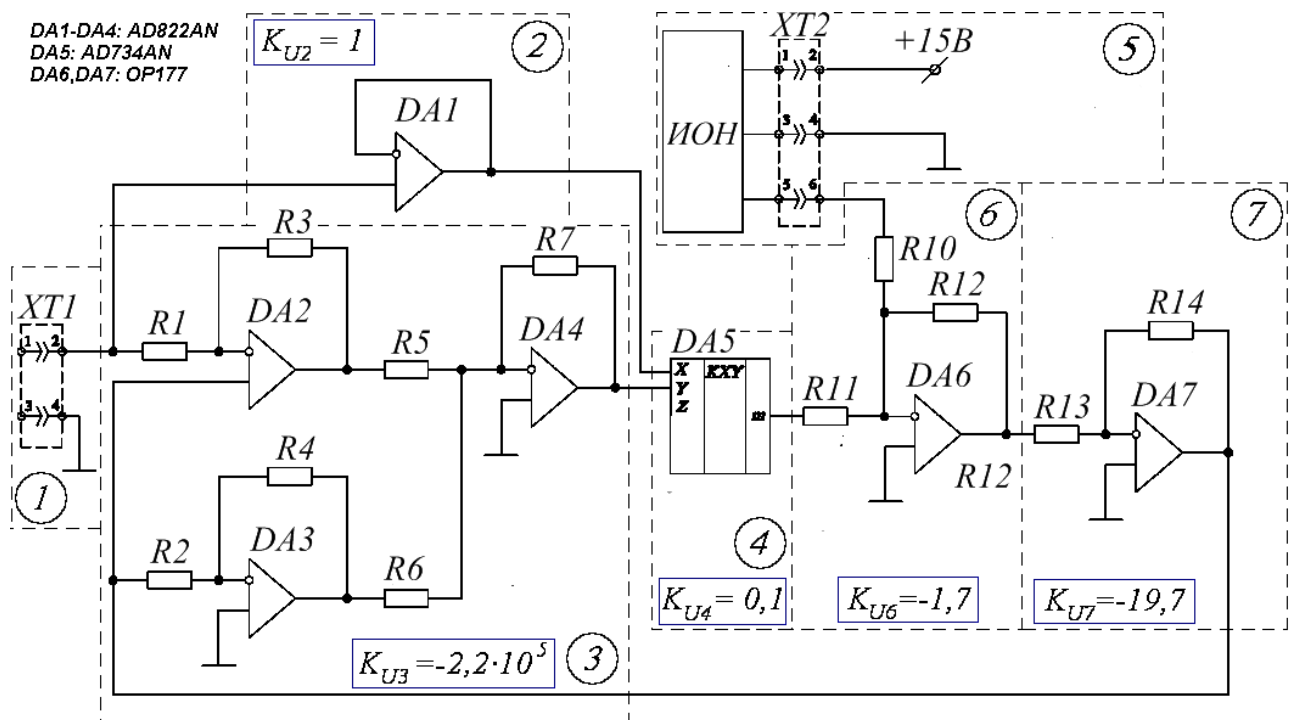


Рисунок 2 – Упрощенная принципиальная схема ИГЗМ: 1 – разъем для подключения электродов; 2 – усилитель напряжения; 3 – совмещенный управляемый источник напряжения и преобразователь ток-напряжение; 4 – перемножитель аналоговых сигналов; 5 – источник опорного напряжения; 6 – сравнивающее устройство; 7 – усилитель.

Так как такие ИГЗМ ранее не разрабатывались и не реализовывались, и особенности их работы не исследовались, проведено компьютерное моделирование, позволившее оценить требования к параметрам элементов, выяснить их

влияние на основные параметры ИГЗМ, от которых зависит точность получения измерительной информации. Выполнена оценка устойчивости ИГЗМ и установлено, при каких значениях точности она может быть потеряна. Компьютерное моделирование проведено с помощью программы Micro-Cap. В процессе моделирования было установлено, что ИГЗМ, имеющие такую структуру и погрешность поддержания мощности на уровне 10 %, относятся к числу устойчивых. Для повышения точности и уменьшения статической погрешности целесообразно увеличивать коэффициент усиления усилителя сигнала ошибки, установленного после перемножителя сигналов. Этот коэффициент определяется произведением коэффициентов усиления сравнивающего устройства (блок 6 на рис.2) и управляемого источника напряжения (блок 7 на рис. 2).

Проведена оценка влияния параметров ИГЗМ на достоверность информации, получаемой с помощью ИИС, а также изменение свойств ИГЗМ в зависимости от значений статических характеристик и динамических параметров.

Компьютерное моделирование показало, что погрешность поддержания заданного значения мощности ИГЗМ, не превышает 10%, в диапазоне изменений внутреннего сопротивления биообъекта от 50 кОм до 500 кОм.

Результаты компьютерного моделирования позволили подобрать рациональные параметры элементов ИГЗМ и оценить влияние этих параметров на характеристики ИГЗМ.

Также разработан, реализован и исследован функциональный узел, позволяющий выполнить оценку влияния механической деформации кожного покрова на уровень снимаемого с него электрического информационного сигнала.

В качестве датчика усилия применен датчик FSG15N1A компании Honeywell. Эти датчики предназначены для прецизионного измерения величины приложенного усилия в диапазоне 0 – 1.5 кг.

В **третьей главе** разработана структура оригинальной ИИС, в которой предпринята попытка учесть и стабилизировать влияние наиболее важных физических параметров.

Особенностью структуры приведенной на рисунке 4 является то, что в ней применен вольтамперометрический метод получения информации о состоянии исследуемой зоны, который реализован с помощью ИГЗМ, обеспечивающего постоянное значение рассеиваемой электрической мощности в исследуемом объекте.

Подключение ИГЗМ 1 к исследуемому объекту 3, осуществлено посредством металлических электродов 2. С помощью датчика усилия, жестко скрепленного с измерительным электродом 5, получаем информацию об уровне внешнего механического воздействия на исследуемый объект. Для расчета текущего значения сопротивления исследуемого объекта измеряем значения напряжения и тока на измерительных электродах в каждый момент времени. Для преобразования сигнала на выходе датчика усилия и сигналов с ИГЗМ, в уни-

фицированный сигнал стандартного диапазона 0 – 5В, использованы нормирующие преобразователи 4, построенные на базе ОУ. Для отображения значений измеряемых параметров 6, применены цифровые вольтметры DT832. Для более точного измерения параметров состояния объекта, предусмотрено устройство сбора, обработки и передачи информации 7, с помощью которого считываем данные в персональный компьютер.

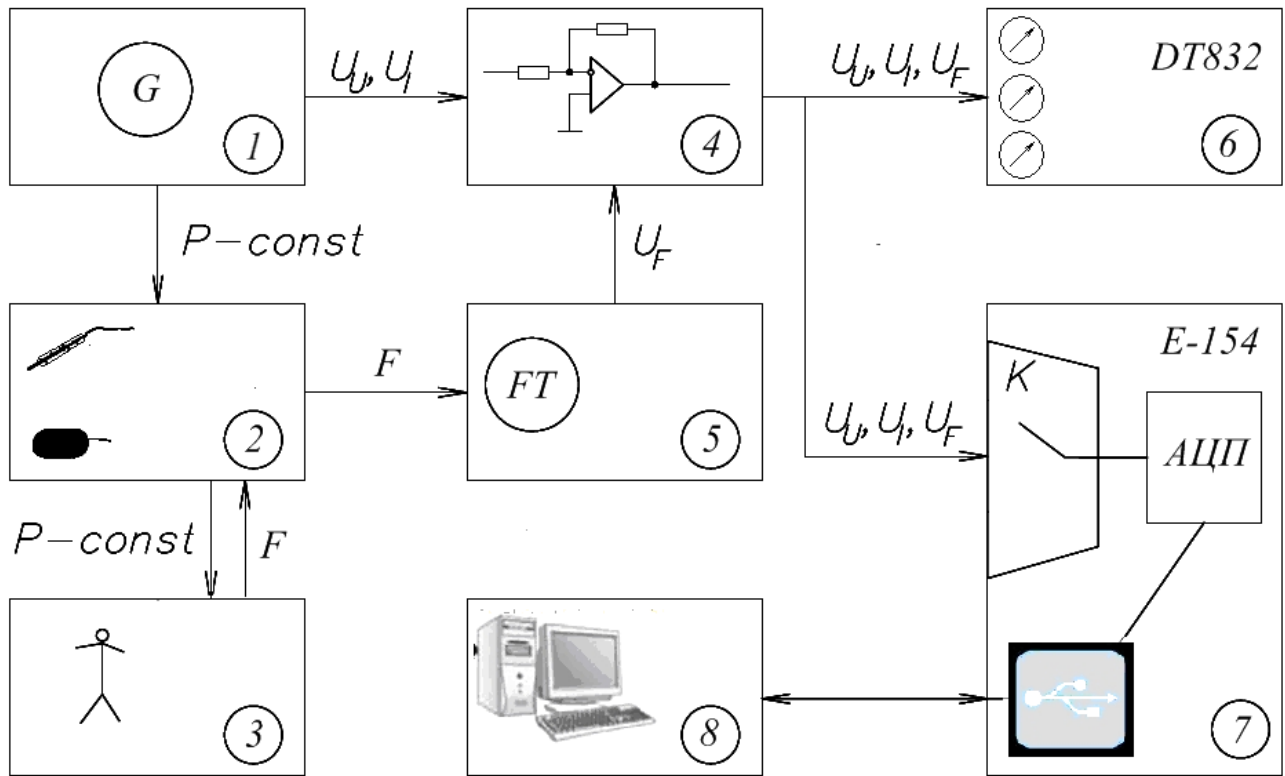


Рисунок 4 – Структура системы измерения электрических свойств сложного многокомпонентного объекта: 1 – ИГЗМ; 2 – электроды; 3 – исследуемый объект; 4 – нормирующие преобразователи; 5 – датчик усилия; 6 – цифровые вольтметры; 7 – устройство обработки и передачи данных в ПЭВМ; 8 – ПЭВМ.

Блок, позволяющий производить обработку и передачу информации в ПЭВМ, реализован устройством E-154. Это устройство включает в себя 12-ти разрядный АЦП. Модуль E-154 подключается к любому свободному USB-порту персонального компьютера. Для регистрации данных, поданных на аналоговые входы модуля E-154, используется программа LGraph2. С ее помощью также осуществляется управление модулем: устанавливается количество «опрашиваемых» каналов, частота «опроса» каналов.

Разработанная ИИС позволяет проводить оценку электрических свойств исследуемого участка биоткани, при известных уровнях механического и электрического воздействий. Ее макет представлен на рисунке 5.

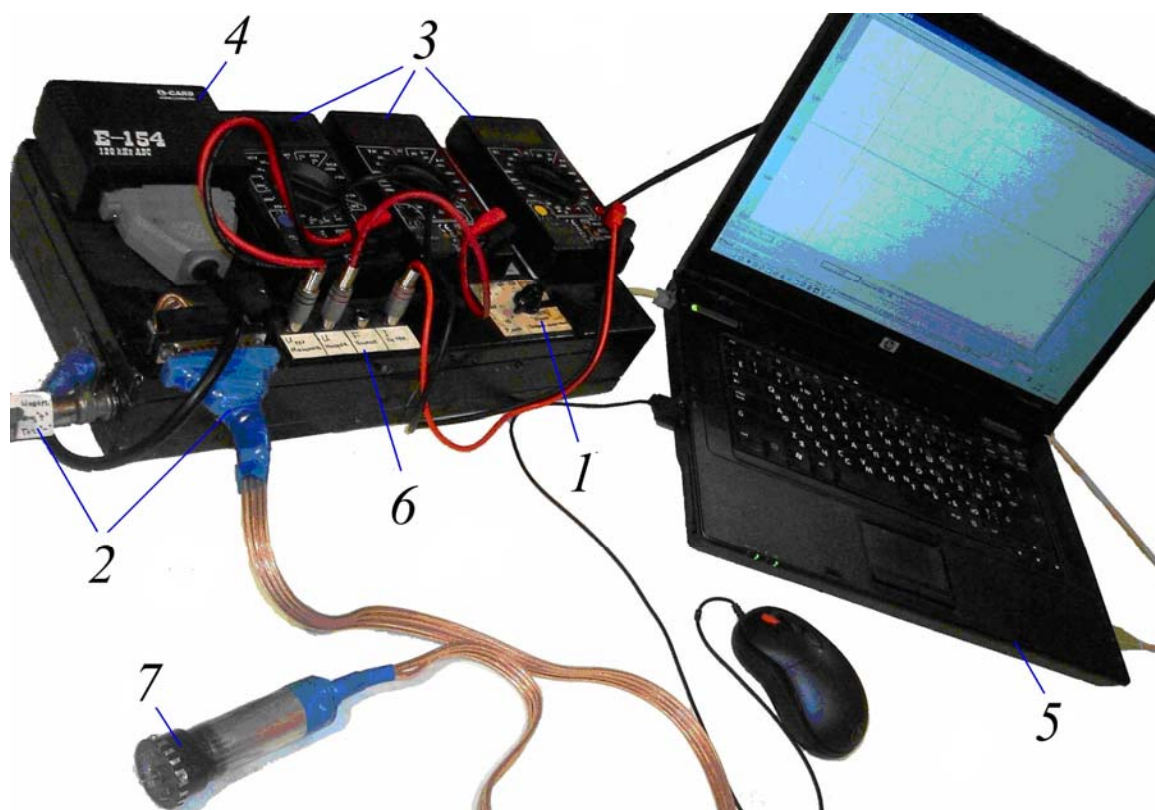


Рисунок 5 – Реализация макета разработанной ИИС

1 – переключатель режимов заданной мощности; 2 – разъемы для подключения измерительных электродов; 3 – цифровые вольтметры; 4 – устройство обработки и передачи данных в ПЭВМ; 5 – ПЭВМ; 6 – разъемы для подключения цифровых вольтметров; 7 – измерительный электрод с датчиком, оценивающим уровень усилия.

В четвертой главе приведены результаты проверки работоспособности разработанной ИИС и оценка параметров, которые затруднительно получить теоретически. При исследованиях параметров биоткани, увлажнение участков под электродами производилось с помощью токопроводящего геля.

Регистрация данных производилась с помощью модуля АЦП типа E-154, имеющего максимальную приведенную погрешность на постоянном токе $\pm 1\%$. Обработка данных проводилась ПЭВМ с помощью программного обеспечения LGraf2, MS Excel, DPlot.

Также экспериментальными исследованиями оценена справедливость результатов компьютерного моделирования ИГЗМ. Для этого ИГЗМ нагружался на известные значения сопротивления нагрузки, задавалось значение мощности и измерялось падение напряжения. При исследовании эталонной нагрузки, в качестве которой использовались сопротивления типа С2-23 (разброс параметров 1%). Номиналы 100 кОм, 200 кОм, 300 кОм. Отклонение измеряемых значений от номиналов эталонных сопротивлений не превышало 2%.

При обработке результатов, полученных электрическими методами, многие исследователи не учитывают влияние таких факторов, как уровень рассеи-

ваемой в исследуемом объекте электрической мощности, полярность диагностического напряжения, силу нажатия точечным электродом. Однако эти факторы оказывают существенное влияние на получаемые результаты. Далее приводятся количественные оценки влияния вышеперечисленных факторов на электрические свойства биоткани. Нулевой электрод располагался на запястье левой руки. Это электрод большой площади – более 20 см^2 .

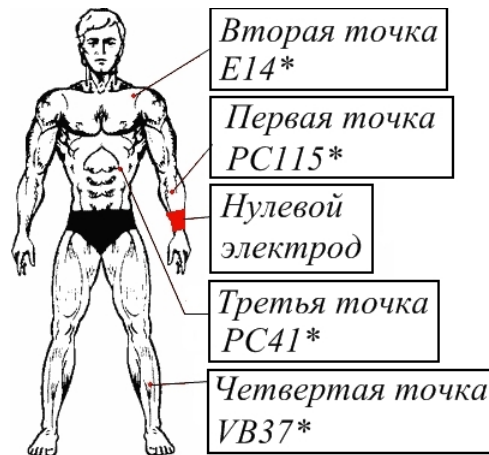


Рисунок 7 – Локальные зоны кожного покрова параметры которых оценивались в процессе экспериментов

С помощью точечного электрода (площадью 2 мм^2 .) проводилось исследование локальных зон, расположенных на различных участках тела (рисунок 7):

- 1) Первая располагается в области предплечья. В атласе точек акупунктуры эта точка называется «би-чжун», имеет индекс PC115.
- 2) Вторая располагается в области грудной клетки. Она называется «ку-фан», имеет индекс E14.
- 3) Третья располагается в области живота. Она называется «ци-чжун», имеет индекс PC41.
- 4) Четвертая располагается в области голени. Она называется «гуан-мин», имеет индекс VB37.

Проведено исследование влияния механического воздействия на свойства биоткани. Через объект измерений пропусклся электрический ток заданной мощности, но к измерительному электроду в процессе эксперимента прикладывались различные значения механического усилия. На графиках (рисунок 7) представлены измерения параметров точек. Уровень электрической мощности составлял 15 мкВт , полярность напряжения диагностического электрода положительная.

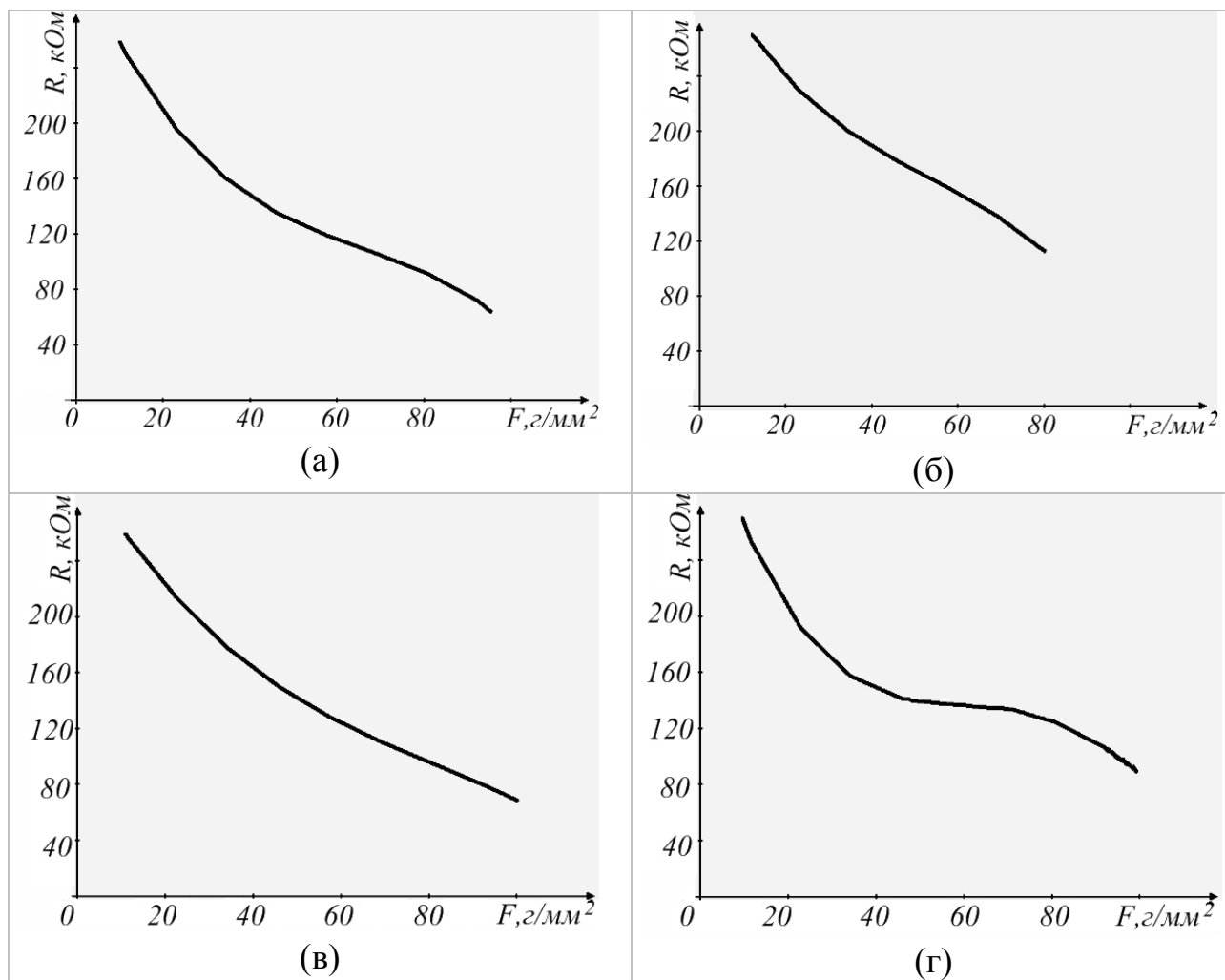


Рисунок 8 – Механическое воздействие на биоткань с помощью точечного электрода: (а) – зона PC115; (б) – зона E14; (в) – зона PC41; (г) – зона VB37.

Как видно из графиков на рисунке 8 с увеличением уровня прикладываемого механического усилия электрическое сопротивление биоткани уменьшается.

Поскольку уровень механического усилия, прикладываемого к измерительному электроду, существенно меняет электрическое сопротивление биоткани, при оценке электрических свойств необходимо поддерживать его неизменный уровень в процессе эксперимента.

Приведены результаты оценки влияния мощности диагностического тока на электрические свойства исследуемого участка. Полярность диагностического напряжения положительная, уровень прикладываемого к измерительному электроду механического усилия составляет порядка 50 г/мм^2 .

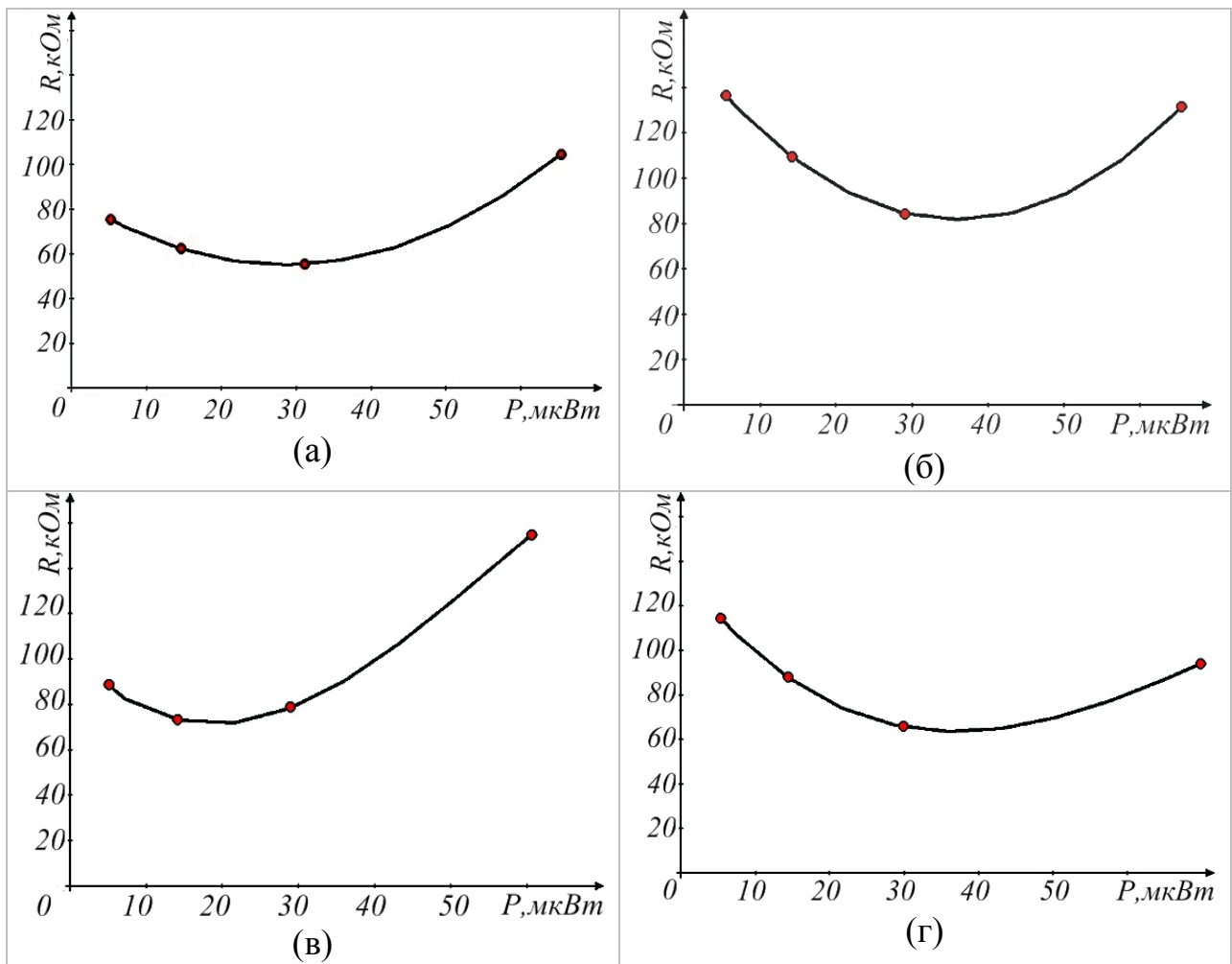


Рисунок 9 – Воздействие различными значениями заданной мощности: (а) – первая точка; (б) – вторая точка; (в) – третья точка; (г) – четвертая точка.

Как видно из результатов проведенных экспериментов, измеряемые значения электрического сопротивления биоткани зависят от уровня электрической мощности диагностического воздействия (рисунок 9):

Установлено, что в различных локальных зонах, минимуму электрического сопротивления соответствуют различные значениях электрической мощности измерительного преобразователя. Уровни рассеиваемой мощности, при которых получаем минимальные значения сопротивления, находятся в диапазоне от 15 мкВт до 35 мкВт.

Проведена серия продолжительных экспериментов (3 минуты и более), в ходе которых менялась полярность напряжения на выходе ИГЗМ. Результаты одного из этих экспериментов представлены на рисунке 11. Уровень электрической мощности, рассеиваемой в процессе эксперимента, составлял около 15 мкВт. Уровень механического усилия, прикладываемаемого к измерительному электроду составляет порядка 50 г/мм².

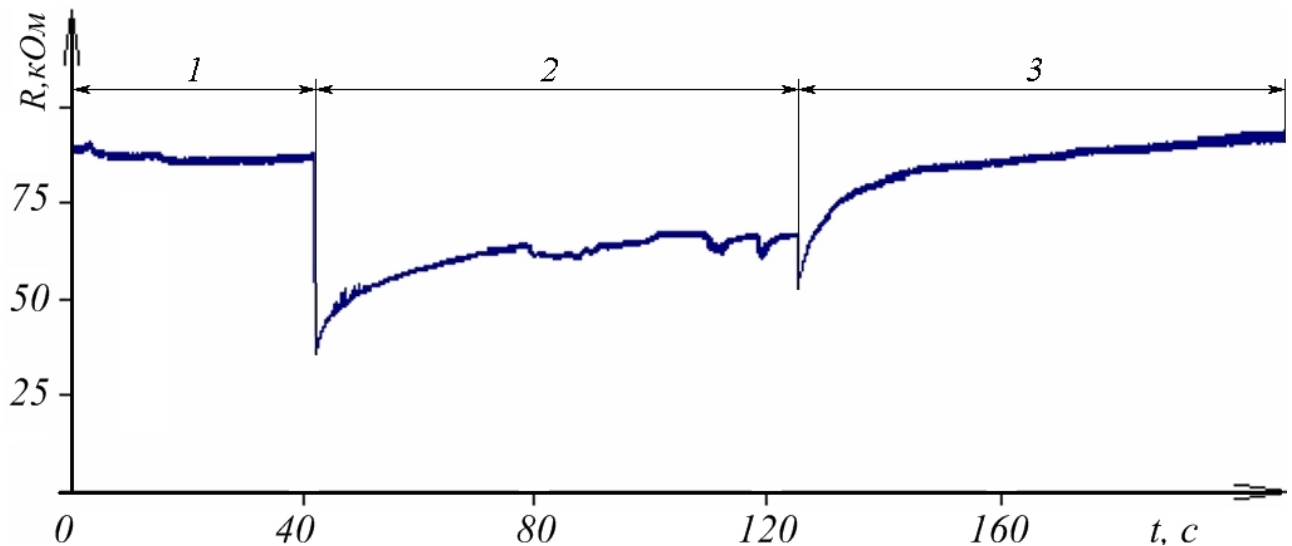


Рисунок 10 – Исследование влияния полярности напряжения на точечном электроде, на электрические свойства биоткани в зоне VB37. 1, 3 участка – положительная полярность, 2-й участок – отрицательная полярность.

Полярность определяется следующим образом. Если к точечному электроду, по отношению к индифферентному электроду, приложен положительный потенциал, то полярность положительная. Если к активному электроду, по отношению к пассивному электроду, приложен отрицательный потенциал, то полярность отрицательная.

На рисунке 10 приведен график зависимости сопротивления исследуемого участка от полярности напряжения на измерительном электроду. Исследования проводились в зоне VB37. Для наглядности график разбит на три участка.

Из приведенных данных видно, что полученные значения электрического сопротивления биоткани, при отрицательном напряжении, приложенном к измерительному электроду, всегда меньше, нежели полученные в тех же точках, при прочих равных условиях, но при положительном напряжении. В данном эксперименте значения сопротивления в установившемся режиме, при положительной полярности составляют около 87 кОм, а при отрицательной полярности составляют около 62 кОм. Предположительно, это объясняется тем, что количество положительно и отрицательно заряженных ионов около измерительных электродов, различно. Из данных, полученных в результате эксперимента, можно сделать вывод, что процент отрицательно заряженных ионов (например SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{3-} и др.), в данной локальной зоне, больший, по сравнению с положительно заряженными ионами (например K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}).

В результате проделанной работы проведено исследование информативности измерительной операции, при которой уровень мгновенной мощности, рассеиваемой в процессе измерения в исследуемом объекте, постоянен и не зависит от его параметров. Проведены количественные оценки влияния на электрические свойства биоткани таких параметров измерительного преобразовате-

ля, как: уровень механического нажатия точечным электродом; уровень мгновенной электрической мощности, рассеиваемой в объекте измерения; полярность прикладываемого к точечному электроду напряжения. Разработана структурная и функциональная схема ИИС, в которой реализован вольтамперометрический метод получения информации в определенном мощностном режиме. Разработаны, рассчитаны, смоделированы и смаскетированы функциональные узлы, входящие в состав ИИС.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Наибольший объем информации о состоянии зон на кожном покрове можно получить с помощью электрических методов. В технических средствах, дающих информационный сигнал, должны обеспечиваться постоянство и определенность энергетического взаимодействия исследуемого объекта и измерительного преобразователя.

2. Наиболее рациональный и экономически доступный подход к получению информации об электрических свойствах зон поверхности кожного покрова сводится к оценке составляющих мощности взаимодействия между исследуемым объектом и измерительным преобразователем.

3. Создана оригинальная измерительная система для оценки электрических параметров биоткани, обеспечивающая неизменное значение рассеиваемой в исследуемом объекте мгновенной электрической мощности.

4. Разработанная принципиальная схема функционального узла, обеспечивающего постоянство рассеиваемой в исследуемом объекте мгновенного значения электрической мощности, работоспособна, что подтвердилось при исследовании его макета.

Расхождение параметров полученных теоретически и при экспериментальных исследованиях макета не превышает 5%.

5. Погрешность поддержания заданного значения электрической мощности, рассеиваемой в исследуемом объекте, при изменении его электрического сопротивления в пределах от 50 кОм до 500 кОм, не превышает 10%.

Для обработки и передачи информации в ПЭВМ использован модуль Е-154, имеющий основную приведенную погрешность измерения напряжения не более $\pm 1\%$.

6. Разработанная измерительная система позволяет получать информацию об электрических параметрах зон поверхности кожного покрова. Информационным параметром служит электрическое сопротивление локального участка биообъекта, которое оценивается при постоянстве мгновенного значения электрической мощности, рассеиваемой в объекте при оценке его состояния в конкретной зоне.

Экспериментальная оценка электрических параметров локальных зон на кожном покрове показала, что при электрических мощностях взаимодействия

$P=8...110$ мкВт электрическое сопротивление участка биоткани может меняться в зависимости от значения электрической мощности, рассеиваемой на исследуемом участке.

Установлено, что имеется экстремум мощности воздействующей на биообъект, при котором значение электрического сопротивления исследуемого участка минимально. Его значение различно для различных зон на поверхности кожного покрова и может находиться в диапазоне от 15 до 35 мкВт. Гипотетически по этому параметру биоткани можно оценивать состояние локальных зон и получать дополнительную диагностическую информацию.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные работы в журналах из перечня ВАК РФ.

1. Мустафин Т.Н. Оценка пьезоэлектрических свойств кожного покрова [Текст] / Т.Н. Мустафин, В.Г. Гусев // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – №3 – С. 56 – 59.
2. Мустафин Т.Н. Измерительные устройства для оценки физических свойств кожного покрова человека [Текст] / Т.Н. Мустафин, В.Г. Гусев // Вестник УГАТУ – 2009. - Т.13, №1 – С. 187 – 192.
3. Гусев В.Г. Подходы к построению электронных приборов и информационно-измерительных систем, предназначенных для диагностики состояния живых организмов по электрическим параметрам кожного покрова [Текст] / В.Г. Гусев, Т.В. Мирина, А.Ю. Демин, Т.Н. Мустафин // Биомедицинская радиоэлектроника – 2009. - №8 – С. 47 – 53.

Другие научные публикации по теме диссертации

4. Мустафин Т.Н. Изучение механических свойств кожного покрова [Текст] / Т.Н. Мустафин, В.Г. Гусев // Современные техника и технологии: Материалы XIII Международной научно-практической конференции - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – С. 525 – 527.
5. Мустафин Т.Н. Диагностическое оборудование, позволяющее оценивать электрическую реакцию организма на внешнее механическое воздействие [Текст] / Т.Н. Мустафин, В.Г. Гусев // Мавлютовские чтения: Материалы всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2008 – С. 80 – 81.
6. Мустафин Т.Н. Оценка электрических свойств кожного покрова [Текст] / Т.Н. Мустафин, В.Г. Гусев // Актуальные проблемы в науке и технике: Материалы четвертой всероссийской зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых. – Уфа: Изд-во «Диалог», 2009. – С. 270-274.

МУСТАФИН Тимур Наилевич

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ЗОН ПОВЕРХНОСТИ КОЖНОГО ПОКРОВА**

Специальность 05.11.16 – Информационно-измерительные
и управляющие системы (в промышленности и медицине)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано к печати _____ Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Cyr.
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. Уч.-изд. л. 0,9.
Тираж 120 экз.

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет
Центр оперативной полиграфии
450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса,12