

Рисунок 2 – Структурная схема ВЭТ

Кроме того, в мире ведутся новые разработки в области реализации измерений электрической мощности с использованием системы синхронизации измерений мгновенных значений напряжения и силы тока с последующей математической обработкой накопленных данных, а так же работы по созданию и метрологическому обеспечению multifunctional цифровых центров (АСКУЭ), предназначенных для удаленного комплексного контроля состояния трехфазных и однофазных электрических сетей. Кроме того, опробована синхронизация измерений с UTC и поддержка протокола IEC 61850-9-2LE (перспективные СИ для создания интеллектуальных электрических сетей). Операции воспроизведения единицы электрической мощности выполняются в автоматическом режиме с использованием специализированного ПО.

УДК 621.38

### ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА РЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ПРИ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУРАХ Батурин А.П., Терещенко Н.Ф.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт  
имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

По количеству смертей в мире – уверенно лидируют заболевания сердца и кровеносной системы. Распространенность сердечно-сосудистых заболеваний определяет актуальность разработки новых и эффективных компьютерных технологий для их диагностики, лечения и прогнозирования, то есть для оценки функционального состояния системной гемодинамики и жидких сред

организма. Поэтому разработка новых методов исследований, обеспечивающих эффективную диагностику функционального состояния сердечно-сосудистой системы, является крайне актуальной и заключается в поиске доступных для широкого применения новых методов и показателей количественного определения интенсивности кровоснабжения [1]. В настоящее время

Большое внимание уделяется также развитию методического обеспечения измерения и воспроизведения мощности. Будет разработан соответствующий комплект нормативно-правовой документации, позволяющий использовать данный комплекс измерительного оборудования в Республике Беларусь.

#### Литература

1. Гублер Г.Б., Шапиро Е.З., Никитин А.Ю. Государственный первичный эталон единицы электрической мощности в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц ГЭТ 153-2012 Журнал «Измерительная техника» N1, 2016, стр. 3–7.
2. Величко О.Н. Оценка неопределенности при калировке рабочих эталонов коэффициента мощности на государственном эталоне единиц электрической мощности и коэффициента мощности / О.Н. Величко, С.Р. Карпенко, В.Н. Гачок // Системи обробки інформації. – 2013. – № 3(110). – С. 157–160.
3. Гиниятуллин И.А., Гублер Г.Б., Никитин А.Ю., Шапиро Е.З. Многофункциональный вторичный эталон единиц электрической мощности «ВЭТ-МЭ 1.0» Метрология – измерения – учет и оценка качества электрической энергии. Сборники докладов конференции 6–10 июня 2016 г.С.Петербург, стр 9–19.
4. Арловская, Л.С. Исследование метрологических характеристик национального эталона электрической мощности / Л.С. Арловская, А.П. Белошицкий, М.А. Ярмолович // Новые направления развития приборостроения : материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, Минск, 20–22 апреля 2016 г. : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 2. – С. 172.
5. Национальный эталон единицы электрической мощности [Электронный ресурс]. – <http://www.belgim.by/1436>.

функциональная диагностика использует прямые и косвенные методы оценки состояния сердечно-сосудистой системы [1].

Реография аорты и легочной артерии широко используется в клинической практике для количественного анализа значений параметров правого и левого желудочков сердца, который оценивает сократительную функцию миокарда [1]. Увеличенный интерес физиологов и врачей к косвенным методам исследования кровенаполнения органов человека свидетельствует об актуальности реографии. Но на достоверность полученных реограмм влияет воздействие внешних факторов – температура среды, электромагнитные поля и акустические колебания.

Оценка влияния на действительные значения полученных реограмм в среде действия ультразвуковых колебаний посвящена данная работа.

На сегодняшний день используется большое количество методов, чтобы обеспечить эффективную диагностику функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Перспективным направлением разработку оптимальных способов и средств реографии при воздействии внешних факторов ультразвука.

Поэтому задачей данной работы является экспериментальное исследование оценить реографические показатели под действием ультразвука.

К сегодняшнему дню сложилась более-менее признанная методика проведения реографических исследований и структура описательной части заключения [1], включает оценку уровня кровенаполнения сосудов исследуемого региона, оценку тонуса на уровне артерий распределения и артерий сопротивления, возможно, оценку эластичности сосудов, уровня периферического сопротивления, состояния венозного оттока и т. д.

Для оценки уровня кровенаполнения обычно используется амплитуда реосигнала.

Для более предметного дальнейшего рассмотрения остановимся кратко на простейшей модели участка тела, например верхней конечности, при продольной реографии.

Представим простейшую модель участка тела в виде четырех параллельно соединенных резисторов, один из которых моделирует сопротивление магистральных артерий при диастолическом давлении  $P_d$ .

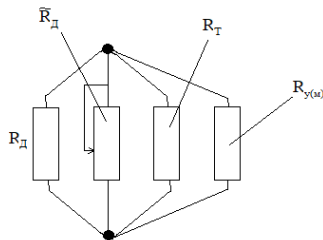


Рисунок 1 – Модель участка тела человека

$$R_A = p_k \frac{L_A}{S_A}$$

где  $p_k$  – удельное сопротивление крови,  $L_A$  – длина участка тела между потенциальными электро-

дами,  $S_A$  – площадь поперечного сечения артерии,  $R_{y(m)}$  – сопротивление, возникающее в результате действия ультразвуковых или магнитных полей.

При такой модели амплитуда реографического сигнала будет равняться разнице итогового сопротивления (т. е. сопротивление четырех параллельно соединенных резисторов) при диастолическом давлении  $P_d$  и результирующее сопротивление при давлении  $P_c$ .

$$\delta R_{Amax} = ((R_d - R_c) \cdot k_{впл}) = \left( \frac{p_T^2 L_A \delta S_{Amax}}{p_k S_T^2} \right) \cdot k_{впл} \quad (1)$$

Как видим, амплитуда реосигнала действительно определяется величиной максимального изменения поперечного сечения артерии  $\delta S_{Amax}$ , а значит, кровенаполнение, но, кроме этого, она зависит от расстояния между потенциальными электродами  $L_A$ , эластичности и тонуса артерии (так как  $\delta S_{Amax}$  зависит от эластичности и тонуса тоже), зависит от квадрата поперечного сечения тела  $S_T^2$ , зависит от сердечного выброса и от коэффициента влияния ультразвука или магнитного поля  $k_{впл}$ .

$$\frac{\delta S_{Amax}}{S_T} = \frac{\delta R_{Amax}}{R_{ZA}} \cdot k_{впл} \quad (2)$$

Очевидно, что кровоснабжение региона должно определяться массой тканей этого региона, поэтому давление  $\delta S_{Amax}$ , на  $S_T$  можно рассматривать как попытку приведения  $\delta S_{Amax}$  до какого-то стандарта для уменьшения зависимости от конкретной области установки электродов,  $k_{впл}$  – коэффициент влияния ультразвука или магнитного поля. По всей видимости, этот параметр можно вполне использовать в реографии для оценки кровенаполнения конечностей, его использовали Kunert! (1961) и Lifshitz (1970), но и в нем остается зависимость от величины сердечного выброса.

Следующие параметры, которые обычно определяются при стандартной методике исследования, это эластичность и тонус сосудов различного уровня.

Л.Б. Иванов вполне справедливо пишет о сложности разграничения этих двух характеристик сосудов, но нам кажется, что было бы полезно все таки определять и эластичность и тонус, поскольку эластичность определяет степень сохранения свойств стенок сосудов, а тонус – функциональное состояние сосудистого русла в данный момент времени и в данных условиях.

Рассмотрим простейшую модель исследуемого участка сосудистой системы, в которой эластичные свойства большой артерии отобразим в виде некоторой емкости  $C_1$ , инерционность массы крови между артерией и следующими средними и мелкими артериями представим в виде индуктивности  $L_{KP}$ , эластичные свойства средних и мелких артерий представим в виде емкости  $C_2$ , и, наконец, периферическое сопротивление – в виде некоторого активного сопротивления  $R_{пер}$ .

СОК – систолический объем кровотока за период  $T$ .

Для определения СОК можно использовать либо методику сжатия вены и оценки прироста кровенаполнения вены за период, или совместную обработку реосигналов исследуемой артерии и аорты.

В первом случае для определения СОК воспользуемся соотношением:

$$СОК = y \frac{p_k L^2 \delta R_{СОК}}{R_{zA}^2} \cdot k_{впл}, \quad (3)$$

$L$  – расстояние между потенциальными электродами;  $\delta R_{СОК}$  – прирост сопротивления между потенциальными электродами при перетиснутой вене за период;  $R_{zA}$  – базовое сопротивление, соответствующее моменту определения значения  $\delta R_{СОК}$ ;  $y$  – коэффициент, учитывающий соотношение полного объема исследуемого участка сосудистой системы и объема между потенциальными электродами;  $k_{впл}$  – коэффициент влияния ультразвука или магнитного поля.

В последнее время в медицине все больше используют физиотерапевтическое действие, основанную на использовании энергии ультразвука.

Был проведен эксперимент, во время снятия реограмма у пациента, на сосуды было влияние ультразвука от  $0,1 \text{ Вт} / \text{см}^2$  до  $1,0 \text{ Вт} / \text{см}^2$ .

Эксперимент показал при местном воздействии ультразвука скорость потока крови увеличивается, кровенаполнение органов, пульс. На рис. 2 показана реограмма в нормальных условиях

и реограма под воздействием ультразвука, видно изменение графиков в амплитуде, так как при воздействии ультразвука кровенаполнения сосудов и органов растет, и в свою очередь электроды реографа фиксируют эти изменения и на реограме видно, что амплитуда изменилась.

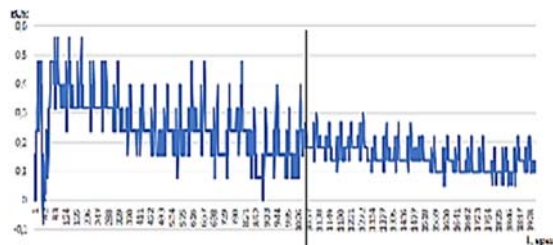


Рисунок 2 – Результаты реограммы

На основе проведенных экспериментов измерения сопротивления кровотоку участки руки, установлено, что под воздействием ультразвука значение сопротивления уменьшилось, по сравнению с измерениями без внешнего воздействия, это показано на графике.

#### Литература

Батурин А.П., Терещенко Н.Ф. Влияние ультразвука на изменения реографических характеристик // Новые направления развития приборостроения: материалы 11-й МНТК молодых ученых и студ. 18-20 апреля 2018 г. / Минск, БНТУ, 2018. – 497 с., С. 7.

УДК 53.082.53

### МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ АЛЬБЕДО ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПРОФИЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ АЭРОЗОЛЯ Бручковский И.И., Литвинович Г.С., Бручковская С.И., Беляев Ю.В.

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь

В период с 01.08.2018 по 19.09.2018 в районе аэродрома «Зябровка» при различных условиях выполнялись спектрометрические измерения коэффициента отражения земной поверхности при помощи малогабаритного прибора «ССП-600 Н» в диапазоне 400-900 нм, а также измерения оптических характеристик аэрозоля в диапазоне 400–500 нм. Внешний вид прибора «ССП-600 Н» представлен на рис. 1.

Кроме того, производилась квазисинхронная съемка земной поверхности при помощи аналогичного по конструкции прибора [1] с борта легкого самолета в диапазоне 400–900 нм. Прикладной задачей являлась отработка методик наземных измерений для полетных калибровок оптических приборов. Работы выполнялись специалистами НИИПФП в рамках реализации научных мероприятий с использованием новых технических средств белорусской разработки.



Рисунок 1 – «ССП-600 Н» в режиме регистрации спектра подстилающей поверхности

Методы проведения дистанционных калибровок оптических приборов используют модели переноса излучения, которые, в свою очередь, требуют достоверной информации о поглощающей способности атмосферы и альbedo подстилающей поверхности в месте проведения изме-