

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФЕ НА НАНОСЕНСОРАХ

Турушев Н.В.<sup>1</sup>, Григорьев М.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, Россия (634050, Томск, пр. Ленина, 30), e-mail:nvtur90@mail.ru.

Прецизионные методы и приборы для диагностики сердечно – сосудистых заболеваний являются одними из основных направлений развития современной техники в области медицинского приборостроения. Однако на данном этапе развития не существует мало габаритных аппаратов, позволяющих проводить диагностику сердечной мышцы с прецизионной точностью и без внутреннего вмешательства в организм. В данном исследовании рассмотрены методы измерения биопотенциалов с поверхности тела человека при помощи электрокардиографических наносенсоров. Рассмотрен прибор, разрабатываемый в лаборатории №63 Института Неразрушающего Контроля Национального Исследовательского Томского Политехнического Университета, его параметры и основные характеристики. В статье акцентируется внимание на применении более чувствительного оборудования для более глубокого изучения человеческого организма. Приведены результаты проведённых измерений с помощью разработанного прибора.

Ключевые слова: электрокардиограф, электрокардиография, биопотенциал, медицинские приборы, применение хлорсеребряных наносенсоров.

## PRELIMINARY MEDICAL STUDIES BASED ON ELECTROCARDIOGRAPH ON NANOSENSORS

Turushev N.V.<sup>1</sup>, Grigoriev M.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30), e-mail:nvtur90@mail.ru.

Precision methods and devices for the diagnostics of cardiovascular diseases are the one of the main directions of modern technology development in the field of medical instrument making. However, at this stage of development there are a few overall devices that allow for the diagnostics of cardiac muscle with precise accuracy and without internal interference in the body. This study considers the methods for measurement of biopotentials from the surface of the human body by means of electrocardiographic nanosensors. The device developed in the laboratory No. 63 of the Institute of Non-Destructive Testing of the National Research Tomsk Polytechnic University, its parameters and main characteristics are considered. The article focuses on the use of more sensitive equipment for more detailed study of the human body. The results of measurements carried out by means of the developed device are given.

Keywords: electrocardiograph, electrocardiography, biopotential, medical devices, use of silver-chloride nanosensors.

Сердечно-сосудистые заболевания, также как и онкологические заболевания уверенно держат лидерство среди самых опасных и распространенных болезней XXI века.

В экономически развитых странах болезни сердца являются одними из самых распространенных заболеваний, среди всех причин смертности населения их доля составляет более 20% в Европе и более 50% в РФ (ЕОК, 2008; ВОЗ, 2009). Беспокойство вызывает так же то, что возраст больных неуклонно снижается, соответственно количество случаев сердечных заболеваний постоянно увеличивается. В настоящее время весьма часто бывают случаи, когда в больницы и кардиологические центры обращаются люди с инфарктом миокарда возрастом 23-25 лет. Особенно часто заболевания сердца диагностируются у мужчин трудоспособного возраста[2, 6, 7].

Сердечно-сосудистое заболевание сердца – является ярким примером патологий, течение и исход которых непосредственно зависит от времени обращения к врачу, своевременно поставленного диагноза и начала правильного лечения. Исходя из выше сказанного, симптомы и проявления подобных заболеваний и способы оказания доврачебной помощи при сердечном приступе, необходимо знать каждому человеку, даже тем, кто весьма далек от медицины.

### **Исследование возможностей электрокардиографа на наносенсорах**

Самым доступным и распространенным методом диагностики сердечно-сосудистой системы является электрокардиография, основанная на принципе измерения биопотенциалов с поверхности тела человека при помощи электрокардиографических электродов, которые широко используется во врачебной практике [4]. В клинической практике электрокардиография получила широкое распространение за счет хорошей восприимчивости и высокой информативности получаемых результатов в сочетании с минимальным воздействием на организм человека. Электрокардиография в России получила особенно большое распространение, в настоящее время практически невозможно найти лечебное учреждение, будь то больница или поликлиника, не имеющее у себя на вооружении электрокардиографа.

Исходя из выше сказанного, в лаборатории медицинского приборостроения института неразрушающего контроля ТПУ в течение нескольких лет ведутся работы по повышению разрешения не только отдельных элементов ЭКГ аппаратуры, но и всего комплекса в целом. Применение наноразмерных частиц серебра в конструкции электрокардиографического наносенсора позволило достичь многократного повышения его метрологических характеристик [1, 8, 3]. В совокупности с разработкой малошумящих регистрирующих приборов удалось достичь повышения разрешения сигнала до сотен нановольт (при общепринятых десятках и сотнях микровольт).

Разрабатываемый прибор обладает следующими техническими характеристиками:

- диапазон входных напряжений от  $\pm 0,0002$  мВ до  $\pm 20$  мВ (по ГОСТ 19687-89 от 0,03 мВ до 5 мВ);
- уровень внутренних шумов от пика до пика – от  $-0,2$  мкВ до  $+0,2$  мкВ
- частота квантования – 2000 Гц;
- ступень квантования – 20 нВ;
- кол-во каналов – 6;
- кол-во электродов - 10.

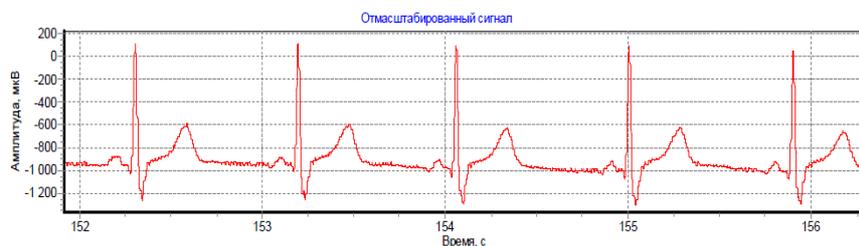
В структуре электрокардиографа отсутствуют фильтры (ФВЧ и заграждающий сетевой фильтр 50 Гц).

Задачи планируемые решать с помощью электрокардиографа:

- регистрация биопотенциалов сердца, набор статистического материала в норме и патологии;
- разработка программных фильтров, не вносящих искажения в тонкую структуру исследуемого сигнала;
- анализ сигналов, обнаружение низкоамплитудных потенциалов в реальном времени (поздних потенциалов предсердий – ППП, поздних потенциалов желудочков – ППЖ);
- оценка искажений зарегистрированных низкоамплитудных биопотенциалов фильтрами стандартного медицинского диагностического оборудования.

В научно-исследовательском институте кардиологии города Томска были проведены тестовые измерения и исследования электрокардиографа на наносенсорах. Пациенты, имеющие заболевания в сердечно-сосудистой системе, были исследованы с помощью электрокардиографа на наносенсорах в трех грудных отведениях по Небу и в трех отведениях от конечностей (I, II, III). Сразу после снятия результатов, регистрировалась электрокардиограмма на стандартном электрокардиографе по тем же отведениям. Исследования проводились на основе Томского Научно-исследовательского института кардиологии. В качестве стандартного электрокардиографа был использован CardioFax GEM (NIPON KONDEN)[5]. Медицинские исследования были проведены с обеспечением максимального комфорта для пациента: отсутствие отвлекающих и раздражающих факторов (шум, разговоры, посторонние лица), спокойная обстановка, нормальное освещение и температура в специальном медицинском кабинете. Электрокардиограмма снималась с трех отведений от грудной клетки и конечностей, с каждого отведения длительность записи равна трем минутам. В общем, исследования были проведены на восемнадцати пациентах с различными аномалиями сердечно-сосудистой системы.

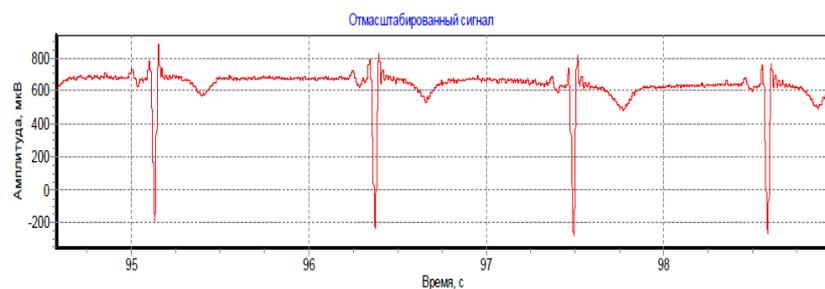
На рисунке 1 представлены данные пациента Р6, снятые с помощью электрокардиографа на наносенсорах.



а) Электрокардиограмма пациента Р6 (Отведение I)



б) Электрокардиограмма пациента Р6 (Отведение II)



в) Электрокардиограмма пациента Р6 (Отведение III)

Рис. 1. Электрокардиограммы пациента Р6, зарегистрированные с помощью электрокардиографа на наносенсорах.

На рисунке 2 представлены данные пациента Р6, снятые в тот же день с помощью стандартного электрокардиографа CardioFax GEM (NIHON KOHDEN).

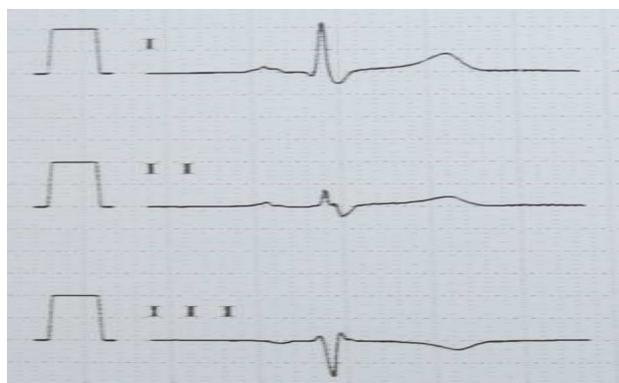
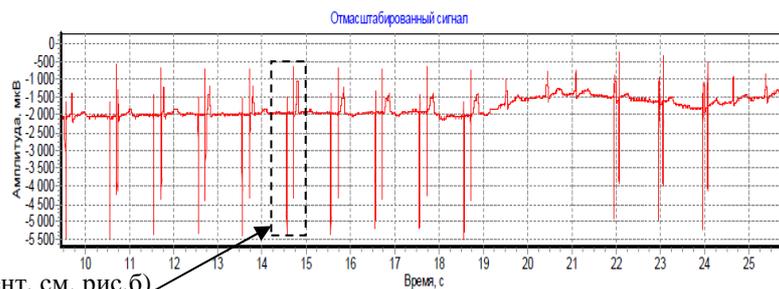


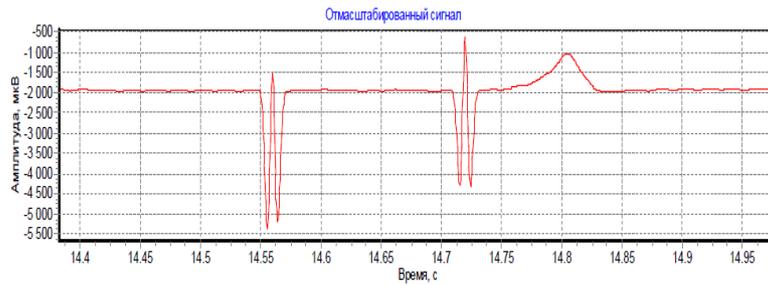
Рис. 2. Электрокардиограммы с трех отведений от конечностей пациента Р6, зарегистрированные на стандартном электрокардиографе с разрешением по времени 25мм/с и по амплитуде 10мм/мВ

На рисунке 3 представлены данные пациента с кардиостимулятором Р18.



Фрагмент, см. рис.б)

а) электрокардиограмма пациента с кардиостимулятором



б) фрагмент электрокардиограммы пациента с кардиостимулятором

Рис. 3. Электрокардиограммы, зарегистрированные с помощью электрокардиографа на наносенсорах снятые с пациента с кардиостимулятором P18

На рисунке 4 представлены данные пациента P18 с кардиостимулятором, снятые в тот же день с помощью стандартного электрокардиографа CardioFax GEM (NIHON KONDEN).



Рис. 4. Электрокардиограммы пациента с кардиостимулятором P18, зарегистрированные на стандартном электрокардиографе с разрешением по времени 25мм/с и по амплитуде 10мм/мВ

### Заключение

По результатам проведенных медицинских исследований установлено:

- электрокардиограф на наносенсорах позволяет регистрировать сигнал с уровнем, составляющим единицы мкВ;
- нет необходимости фильтровать сигнал с электрокардиографа на наносенсорах;
- запись электрокардиограммы у пациентов с кардиостимулятором не содержит артефакты, вызванные его работой.

В дальнейшем планируется повышение автоматизации прибора, его тестирование и накопление результатов кардиографических исследований.

*Работа выполнена при финансовой поддержке «Проведение фундаментальных исследований по выявлению изменений электрокардиографического сигнала нановольтового и микровольтового уровня с целью ранней диагностики сердечно-сосудистых заболеваний» по Госзаданию «Наука».*

## Список литературы

1. Авдеева Д.К., Рыбалка С.А., Южаков М.М. Разработка метода измерения широкополосных сигналов нановольтового и микровольтового уровня для электрофизиологических исследований // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – №11. – С. 37 – 38.
2. Григорьев М. Г., Турушев Н. В. Моделирование электрической активности сердца // Современное состояние и проблемы естественных наук: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, (Юрга, 17 – 18 Апреля 2014г.). – Томск; 2014. – С. 317 – 320.
3. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ: учебное пособие. М.: КноРус, 2010. – 224 с.
4. Honq M. The Development of ECG and PPG Measurement Device // Applied Mechanics and Materials. – 2012. – No. 236/5.– pp. 1205 – 1210
5. Nihon Kohden CardioFax cardiofax GEM // Med-electronics URL: <http://www.med-electronics.com/Nihon-Kohden-CardioFax-cardiofax-GEM-p/nk-9020k-v.htm> (дата обращения: 01.04.2014).
6. Rekha B. B., Kandaswamy A., Keerthana R.A. Artificial Intelligence Based Automated Estimation of Sleep Stages Using Electrocardiograph Signals: A Perspective // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – No. 573/9.– pp. 836 – 841
7. Tancheng L., Peng L., Xiang G., Qiyong L. A Portable ECG Monitor with Low Power Consumption and Small Size Based on AD8232 Chip // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – No. 513/3.– pp. 2884 – 2887
8. Ying-Chieh W., Ying-Yu W., Shaang-Tzue W., Ling-Sheng J. Design of a Programmable ECG Generator Using a Dynamical Model // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – No. 311/8.– pp. 485 – 490

### Рецензенты:

Агафонников В.Ф., д.т.н., профессор кафедры конструирования узлов и деталей РЭС Томского университета систем управления и радиоэлектроники, г. Томск;

Ким В.Л., д.т.н., профессор кафедры вычислительной техники Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск.