

УДК 681.2.084

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ
ПРИЗНАКОВ ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ
(HARDWARE AND SOFTWARE FOR EARLY DETECTION OF SIGNS SUDDEN
CARDIAC DEATH)**

Б.С.Линхобоев, Д.К. Авдеева
B.S. Linkhoboev, D.K. Avdeeva

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
E-mail: batoha102mail.com

В данной статье представлен экспериментальный образец аппаратно-программного комплекса для раннего обнаружения признаков внезапной сердечной смерти.
(This paper presents an experimental model of hardware and software for the early detection of signs of sudden cardiac death).

Ключевые слова:

Внезапная сердечная смерть (ВСС), электрокардиограмма (ЭКГ), аппаратно-программный комплекс (АПК), микропотенциалы, наносенсоры.
(Sudden cardiac death (SCD), electrocardiogram (ECG), hardware-software complex (HSC), micropotential wells, nanosensors).

Введение

Распространенность ВСС в США составляет от 300 000 до 400 000 случаев в год, а частота ВСС составляет от 0,36 до 1,28 на 1000 населения в год. По данным некоторых авторов, в России этот показатель составляет от 0,8 до 1,6 на 1000 человек в год, но если учесть погрешности статистики и формулировки посмертного диагноза, можно предположить, что он значительно выше [1].

В такой ситуации развитие технологий и методов диагностики и лечения ССЗ является не только вопросом развития отрасли, но и фактором национальной безопасности в целом.

Как и большинство болезней, заболевания сердечно - сосудистой системы достаточно легко излечимы на ранних стадиях. Однако выявить ССЗ «в зачатке» не только чрезвычайно сложно, но и фактически невозможно при отсутствии специальных средств диагностики.

В настоящее время актуальным остается разработка аппаратно-программного комплекса для регистрации высокоточной ЭКГ с низким уровнем шума, что позволит регистрировать максимально полезный сигнал без фильтрационного искажения. Наличие такого электрокардиографа позволит регистрировать с высоким разрешением микропотенциалы сердца, как у пациентов, имеющих определенную патологию миокарда, так и проводить скрининг на предмет выявления признаков, имеющих высокий уровень прогноза развития внезапных нарушений сердечного ритма и развития ВСС. Имеющиеся на сегодняшний день результаты исследований не дают однозначного ответа о диагностической или прогностической ценности микропотенциалов на ЭКГ, как маркеров ВСС. Для решения этих вопросов необходимо проведение дальнейших изысканий в этом направлении. Перспективным является применение для этой цели электрокардиографов высокого разрешения. Проведенный анализ показал, что в настоящее время отсутствуют аппаратно-программные комплексы для массового применения (в поликлиниках, амбулаториях, скорой помощи, в домашних условиях, в постоянно носимых аппаратах) с целью неинвазивного исследования электрической активности сердца в реальном масштабе времени и способных регистрировать микропотенциалы, которые приводят к развитию жизнеугрожающих нарушений сердечного ритма.

Математическая модель

Рассмотрение физиологических механизмов формирования ЭКГ позволяет выделить

микрopotенциалы разных видов: специализированной проводниковой системы, предсердий, желудочков сердца и диастолы. Потенциалы каждого вида обычно возникают в «своих» фазах сигнала и можно выделить микрopotенциалы предсердий и желудочков, возникающие в «ранние» и «поздние» фазы электрического возбуждения предсердий и желудочков сердца. Интервалы наиболее вероятного появления микрopotенциалов каждого вида указаны на рис. 1, а типичный характер их проявления иллюстрируется там же фрагментами сигнала с увеличенным масштабом отображения [2].

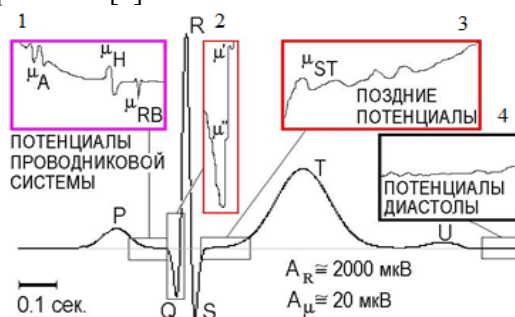


Рис. 1. Интервалы наиболее вероятного появления микрopotенциалов в ЭКГ:

- 1 - потенциалы проводниковой системы сердца: А - атриовентрикулярного узла; Н - пучка Гиса; RB - правой ножки пучка Гиса; 2 - ранние потенциалы желудочков: μ' - «зазубрина», μ'' - «ступенька»; 3 - поздние потенциалы желудочков (также различают μ' и μ''); 4 - следовые потенциалы диастолы

Наибольшую известность в аритмологии ВСС получили микрopotенциалы ЭКС так называемых «поздних потенциалов желудочков» (ППЖ) сердца, которые проявляются как низкоамплитудные высокочастотные колебания, возникающие непосредственно после окончания QRS-комплекса: в интервале сегмента ST и в начале зубца Т (окно 3 на рис. 1). Появление таких ЭКГ признаков может явиться маркером предрасположенности к развитию опасных для жизни осложнений, в частности, у больных с ишемией миокарда или перенесших инфаркт миокарда. Наибольшую сложность в выявлении этих электрофизиологических маркеров ВСС представляет практическое выявление и клиническая интерпретация микрopotенциалов ЭКС у конкретного больного.

По аналогии с поздними потенциалами желудочков было обнаружено замедление проведения активации по предсердиям у больных с фибрилляцией предсердий. У больных с пароксизмальной формой мерцательной аритмии выявляются низкоамплитудные сигналы в конце волны Р, так называемые поздние потенциалы предсердий (ППП). Считается, что наличие ППП и ППЖ является маркером повышенной вероятности развития опасных для жизни нарушений ритма сердца.

Аппаратно-программный комплекс

Структурная схема разработанного АПК представлена на рис. 2. Устройство содержит: инструментальные усилители (ИУ), и операционные усилители (ОУ), аналого-цифровые преобразователи (АЦП), микроконтроллер, цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), USB, персональный компьютер.

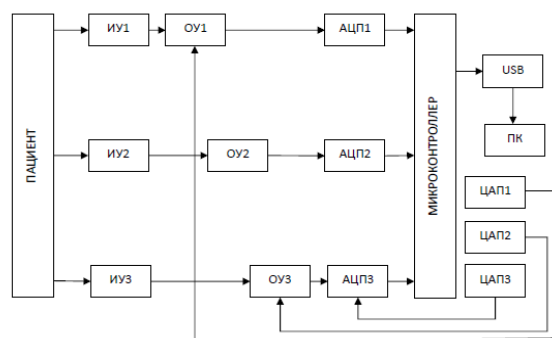


Рис. 2. Структурная схема аппаратно-программного комплекса

Медицинские наносенсоры устанавливаются на грудной клетке пациента. сигналы с наносенсоров поступают на инвертирующий и неинвертирующий входы инструментальных усилителей, с выхода инструментальных усилителей сигналы поступают на неинвертирующих входы операционных усилителей, сигналы с выхода операционных усилителей поступают на вход аналого-цифрового преобразователя и после оцифровки поступают на вход микроконтроллера, который оценивает входной сигнал и при наличии постоянной составляющей выдает сигнал на ЦАП для устранения постоянного сигнала на входе путем подачи компенсирующего напряжения на инвертирующий вход операционных усилителей. Изолятор изолирует пациента от компьютера. Сигналы через порт USB передаются на монитор ПК либо ноутбука. Питание электрокардиографа осуществляется через порт USB от ноутбука.

Уровень шумов современной элементной базы аналоговых усилителей, дельта-сигма АЦП равен (1 – 1,5) мкВ в полосе частот от 0 до 150 Гц.

Уровень шумов медицинских наносенсоров [5] составляет десятки нановольт в полосе от 0 до 150 Гц. По этой причине шум измерительного канала определяется, в основном, шумом электронных компонентов и микросхем.

Так же в рамках проекта разработаны наносенсоры на основе наночастиц серебра, имплантируемых в микропоры алюмосиликатной глиноземистой керамики, рис.3, которые обеспечили высокие метрологические параметры наносенсоров.

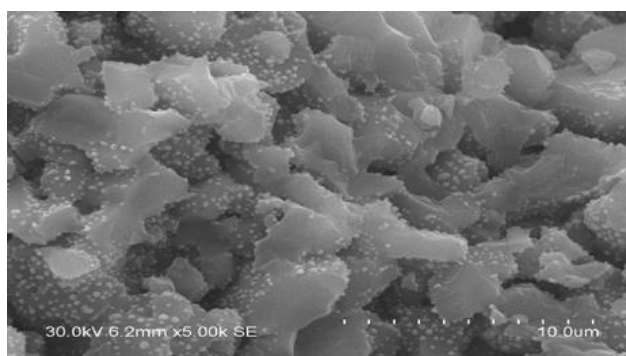


Рис. 3. Изображение пористой структуры керамической диафрагмы с наночастицами серебра

Благодаря данным наносенсорам появилась возможность регистрировать электрокардиосигнал нановольтового и микровольтового уровня без фильтрации и осреднения в реальном масштабе времени [3], рис. 4.

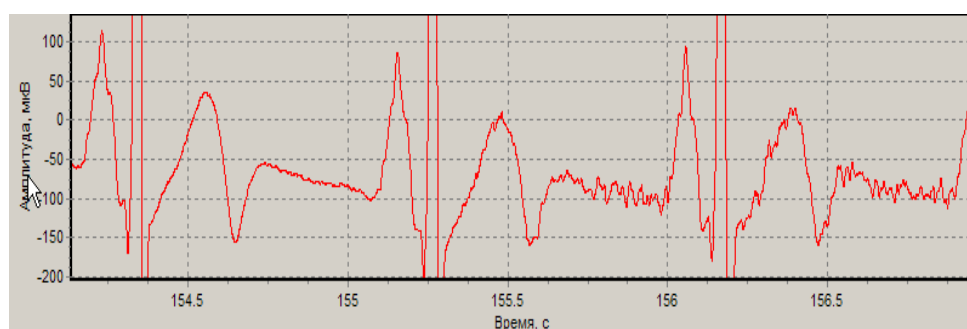


Рис. 4. Пример записи ЭКГ

Случайные микропотенциалы зарегистрированы как на изоэлектрических участках, так и в начале S-T комплекса ЭКГ. Амплитуда микропотенциалов изменяется от единиц микровольт до 25 мкВ. Наблюдается динамика активности случайных микропотенциалов во времени от цикла к циклу. На Р-зубце случайные микропотенциалы не наблюдаются. Амплитуда Р зубца – 180 мкВ, пиков на Р-зубце – 80 мкВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойцов С.А., Якушин С.С., Никулина Н.Н. Актуальные вопросы терминологии, классификации и статистического учета острых форм ишемической болезни сердца // Тер архив, 2010. – 82(9). – С. 5-13.
2. Жаринов О.О., Жаринов И.О. Электрокардиография высокого разрешения: новый подход к обработке сигнала.// Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, 2006. – вып.33.
3. Авдеева Д.К., Ким В.Л., Казаков В.Ю., Иванов М.Л., Григорьев М.Г., Турушев Н.В., Пеньков П.Г. Разработка экспериментального образца аппаратно-программного комплекса для неинвазивной регистрации микропотенциалов сердца в широкой полосе частот без фильтрации и усреднения в реальном времени с целью раннего выявления признаков внезапной сердечной смерти. // Научно-техническая конференция и выставка инновационных проектов СФО. – 2014. – С. 181-185.
4. Шепета А.П., Жаринов О.О. Методика обнаружения микропотенциалов ЭКГ. // Информационно-управляющие системы. – 2002. – Вып.1. – С. 48 - 51.
5. Южак М.М. Разработка и исследование методов и технических средств нановольтового и микровольтового уровня для электрофизиологических исследований. канд. дисс. // Томский политехнический университет, Институт неразрушающего контроля, 2012.
URL http://doc2all.ru/article/15112012_99140_juzhakov/2

Сведения об авторах:

Авдеева Д.К.: г.Томск, д.т.н., профессор кафедры Информационно-измерительной техники Института неразрушающего контроля Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Линхобоев Б.С.: г.Томск, магистрант кафедры Информационно-измерительной техники Института неразрушающего контроля Национального исследовательского Томского политехнического университета.