

*В.Н. БАЛЕВ*, канд. техн. наук, *А.Н. МАРЕНИЧ*

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

В статті розглянуто принцип роботи пристроїв для зняття електрокардіограми, наведені основні технічні характеристики сучасних електрокардіографів, а також проведено порівняльний аналіз сучасних електрокардіографічних приладів.

This article deals with the basic working principles of modern cardiographs and their main technical characteristics, and provides a comparative analysis of modern cardiographs.

В связи с планируемой реорганизацией системы охраны здоровья, первичным звеном станет семейный врач, который не всегда готов правильно и оперативно оценить состояние больного и предпринять верные действия при лечении. Сегодня большой процент заболеваний жителей Украины – сердечно-сосудистые заболевания. При диагностике врачом состояния пациента, кроме получения информации при обследовании, часто требуется обработка информации, анализ динамики изменения состояния пациента, консультации со специалистами – кардиологами. Поэтому оснащения врачей современными компактными средствами регистрации с возможностью автономного анализа и оперативным приемом-передачей данных, обменом информацией при определении диагноза, методики и препаратов лечения пациента является актуальной задачей.

Среди необходимых инструментальных обследований, для установки диагноза и правильного лечения, выделяют: электроэнцефалографию (ЭЭГ), электрокардиографию (ЭКГ), фонокардиографию (ФКГ), ультразвуковое исследование (УЗИ) и др. Для определения патологии работы сердца применяют, чаще всего, ЭКГ.

В настоящее время недостаточно представлено информации по совершенствованию аппаратных средств и методик обработки данных кардиографов на базе современных технологий.

Целью статьи является сравнительный анализ характеристик аппаратных средств кардиологических исследований и определение структуры современного виртуального многофункционального кардиографа.

Стандартный электрокардиограф представляет собой прибор, регистрирующий изменения разности потенциалов между двумя точками в электрическом поле сердца (например, на поверхности тела) во время его возбуждения. Электрокардиографы позволяют осуществить как одноканальную, так и многоканальную запись ЭКГ.

Работа кардиографа (см. рис. 1), выпускаемого промышленностью, заключается в следующем. Потенциалы с конечностей пациента снимаются электродами 1, поступают на усилители 2, и коммуникаторы 3, где они скла-

дываются и вычитаются в соответствии с заданной схемой обработки сигнала. После этого кардиосигнал поступает на устройство отображения 4. Для создания «заземляющего» потенциала используют специальный усилитель референтного сигнала 5, электрод 6 которого закрепляют, например, на правой ноге пациента.

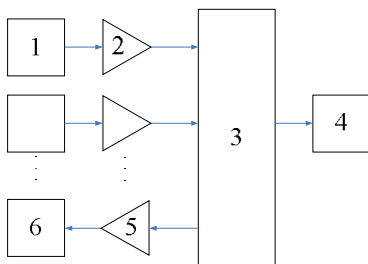


Рис. 1. Структурная схема электрокардиографа

Изменение разности потенциалов на поверхности тела, возникающие во время работы сердца, фиксируют с помощью различных систем отведений ЭКГ. Каждое отведение регистрирует разность потенциалов, существующую между двумя определенными точками электрокардиографического поля сердца [1].

В настоящее время в клинической практике наиболее широко используют 12 отведений ЭКГ, запись которых является обязательной при каждом электрокардиографическом исследовании больного: 3 стандартных отведения, 3 усиленных, однополюсных, отведения от конечностей и 6 грудных отведений.

Стандартные двухполюсные отведения, предложенные в 1913 г. Эйнтховеном, фиксируют разность потенциалов между двумя точками электрического поля, удаленными от сердца и расположенными во фронтальной плоскости – на конечностях. Для записи этих отведений электроды накладывают на правой руке, левой руке, и на левой ноге [2].

Эти электроды попарно подключаются к электрокардиографу для регистрации каждого из трех стандартных отведений (рис. 2). Четвертый электрод устанавливается на правую ногу для подключения заземляющего провода.

В зависимости от количества измерительных каналов в кардиографе, различают: 1-3 каналные кардиографы, способные одновременно регистрировать потенциалы с 1 – 3 отведений; 6 каналные кардиографы, одновременно регистрирующие кардиограмму с 6 отведений; 12 каналные кардиографы, способные одновременно регистрировать кардиограмму с 12 отведений [3].

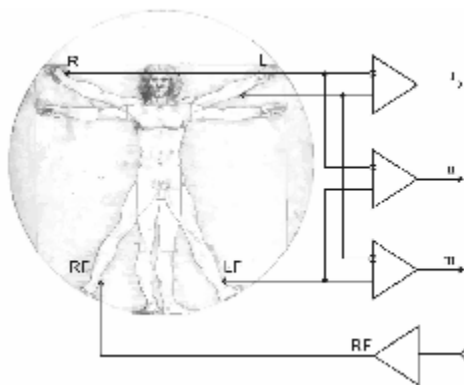


Рис. 2. Схема формирования трех стандартных электрокардиографических отведений от конечностей

Как правило, кардиографы, снимающие менее 12 отведений одновременно, работают в ручном режиме: снимают сначала 3 стандартных отведения, затем 3 усиленных и 6 грудных, 12 канальные кардиографы могут работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. При использовании ручного режима для регистрации кардиограммы затрачивается большее количество времени.

Электрокардиографический сигнал регистрируется на цифровом индикаторе или на термореактивной бумаге. Для удобства расшифровки кардиограммы при ее регистрации на термореактивной бумаге, используется несколько стандартных скоростей записи: 25; 50, 40, 48 мм/с.

С развитием современных технологий большинство кардиографов можно подключить к персональному компьютеру, что позволяет создавать и сохранять базы данных по пациентам, накапливать и осуществлять математическую обработку данных, моделировать изменение состояния пациента. Используя выход в *Internet*, возможно обмениваться полезной информацией со специалистами Украины и дальнего зарубежья.

В этом случае появляется возможность для снятия кардиограммы в машине скорой помощи, или у пациента на дому используют переносной электрокардиограф с автономным – аккумуляторным питанием. В обычных клиниках, как правило, используются электрокардиографы, питающиеся от электрической сети. В случае, когда у пациента необходимо обнаружить нарушения ритма в определенном временном промежутке (до 2 – 3 суток) к нему прикрепляют портативное электрокардиографическое устройство, записывающее информацию о работе сердца за требуемый промежуток времени.

В последнее время появились электрокардиографы с цифровой расшифровкой и вариантом диагноза болезни пациента, но получаемая информация не всегда достоверна и отсутствуют дополнительные возможные варианты. В на-

стоящее время отработан способ преобразования, записи и хранения сигналов с аналоговых и цифровых датчиков на персональный компьютер. Информации по обработке полученных результатов и алгоритмов определения вариантов диагноза в зависимости от индивидуальных особенностей пациента в литературе предоставлено недостаточно. Предоставляемые характеристики не дают полного представления о возможностях кардиографов (см. табл. 1). Поэтому используемые кардиографы рассчитаны только на пользователя с высоким уровнем профессиональных знаний и опыта работы. Это существенно ограничивает широкое использование таких приборов.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика современных кардиографов

№ п/п	Фирма, название	Кол-во измеряемых каналов	Масса, кг	Габаритные размеры, мм	Стоимость, грн.
1	<i>Dixon ECG-1001</i>	1	2,3	288×210×70	2365
2	<i>Heart Mirror 3</i>	3	1	250×120×52	4500
3	<i>Heart Screen 112D</i>	12	2,9	310×265×70	12360
4	«Аксион» ЭК1Т-1/3-07	12	1,75	296×217×66	5650

Как видно из таблицы стоимость специализированного медицинского оборудования высока и она постоянно растет. С другой стороны эффективность использования получаемой информации остается примерно на том же уровне. Поэтому актуальной является идея создания недорогих, малогабаритных блоков, способных регистрировать информацию о работе сердца. Затем данные передаются с помощью стандартных интерфейсов в персональный компьютер, с целью дальнейшей обработки, визуализации, регистрации и передачи по электронной почте специалистам для подтверждения выбранного диагноза и методики лечения. Структурная схема предлагаемого виртуального электрокардиографа представлена на рис. 3.

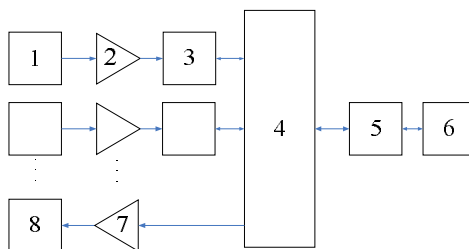


Рис. 3. Структурная схема предлагаемого электрокардиографа:

1 – регистрирующие электроды, 2 – масштабный преобразователь, 3 – АЦП, 4 – микроконтроллер, 5 – контроллер связи, 6 – компьютер, 7 – усилитель референтного сигнала, 8 – электрод референтного сигнала

В соответствии с вышеприведенной структурной схемой на кафедре «Информационно-измерительных технологий и систем» был разработан экспериментальный образец виртуального одноканального кардиографа. Действующий макет был создан на базе микроконтроллера *Atmega16*. В качестве первичных преобразователей использованы обычные пластинчатые электроды, а для усиления сигнала с выхода электродов – используется операционный усилитель *AD-623*. Для преобразования напряжения в код используется встроенный в микроконтроллер 10 разрядный АЦП поразрядного уравнивания. Сигналы из микроконтроллера в компьютер передаются через преобразователь *RS 232 - USB 2.0*. Программа работы микроконтроллера создана на языке программирования *Basic*, виртуальная часть разработана в пакете графического программирования *Labview*. После включения и инициализации портов микроконтроллера, устанавливается связь с персональным компьютером, затем, по нажатию клавиши, микроконтроллер отправляет запрос на считывание данных от первичных преобразователей (см. рис. 4). В ответ на это, (см. рис. 5) получив данные из микроконтроллера, виртуальная часть удаляет возможный шум из полезного сигнала, отображает кардиосигнал и устанавливает возможные варианты диагноза (см. рис. 6).

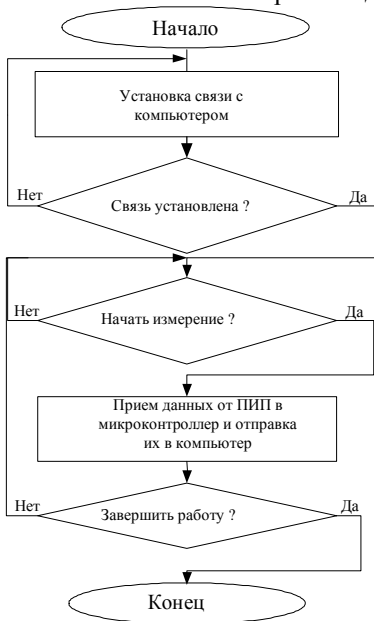


Рис. 4. Алгоритм работы микроконтроллера

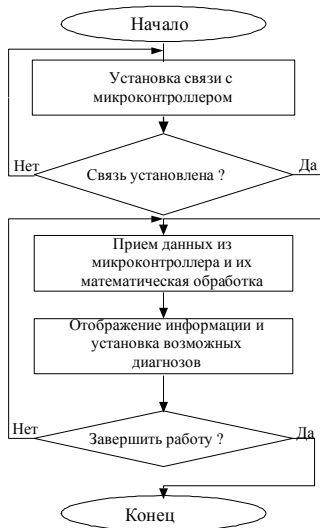


Рис. 5. Алгоритм работы виртуальной части кардиографа

С применением пакета *Labview*, кроме приведенных выше операций, пользователь (врач, консультант) может подключать дополнительные программы для обработки полученного сигнала, создавать базы данных пациентов, систематизировать учет диагнозов заболеваний по группам. Это позволит проводить анализ статистических исследований. Возможно более тщательное изучение любого из полученных зубцов кардиограммы, что гарантирует практически безошибочное установление диагноза больного. Самое главное, появляется практическая возможность передачи полученной кардиограммы, для дополнительных исследований специалистами за пределами данного населенного пункта, с помощью сети *Internet*, так и непосредственно распечатка полученной кардиограммы на месте.

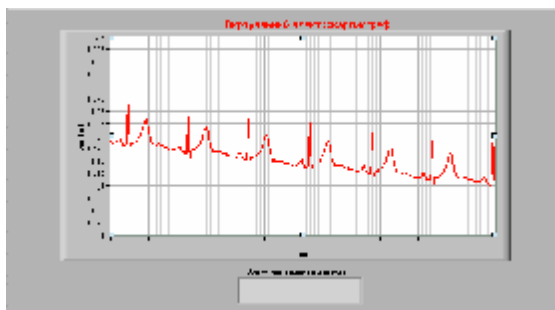


Рис. 6. Лицевая панель виртуального электрокардиографа

Анализ характеристик электрокардиографов, выпускаемых промышленностью, показал целесообразность изменение структуры измерительного комплекса и алгоритма обработки параметров диагностики пациентов.

Учитывая качественные характеристики существующих моделей приборов для регистрации электрокардиограммы, разработка предложенного виртуального электрокардиографа является перспективной для внедрения в лечебно-диагностический процесс и последующего серийного производства.

**Список литературы:** 1. Мурашко В.В., Струтынский А.В. Электрокардиограмма. – М.: Медицина, 1987. 2. Доцицин В.Л. Практическая Электрокардиография. – М.: Медицина, 1987. 3. Доцицин В.Л. Клинический анализ электрокардиограммы. – М.: Медицина, 1985. 4. Сайт - [www.xai-medica.com](http://www.xai-medica.com). 5. Сайт - [www.ecg-3iko.ru](http://www.ecg-3iko.ru)

Поступила в редколлегию 11.11.2008