

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСКОНТАКТНОГО ЭКГ МОНИТОРИНГА ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.Л. Кодкин, А.М. Дубель, В.В. Епишев, А.С. Смирнов

В статье рассматривается принципиальная возможность и технологии получения электрокардиограммы бесконтактным методом. Описана методика постановки эксперимента, предложен подход к решению трудностей, возникающих при снятии сигналов непрямым способом, и приводятся результаты собственных изысканий.

Ключевые слова: бесконтактное измерение ЭКГ, контроль состояния водителя, фильтрация сигналов.

В последние годы появилась информация о том, что ряд ведущих фирм ведут работу над созданием для автомобилей нового поколения системы контроля функционального состояния водителя, основанную на бесконтактном измерении ЭКГ. Для этого используются емкостные датчики («сухие электроды»), которые устанавливаются в кресло водителя и соединяются с аппаратурой обработки и преобразования в «цифру» (рис. 1).

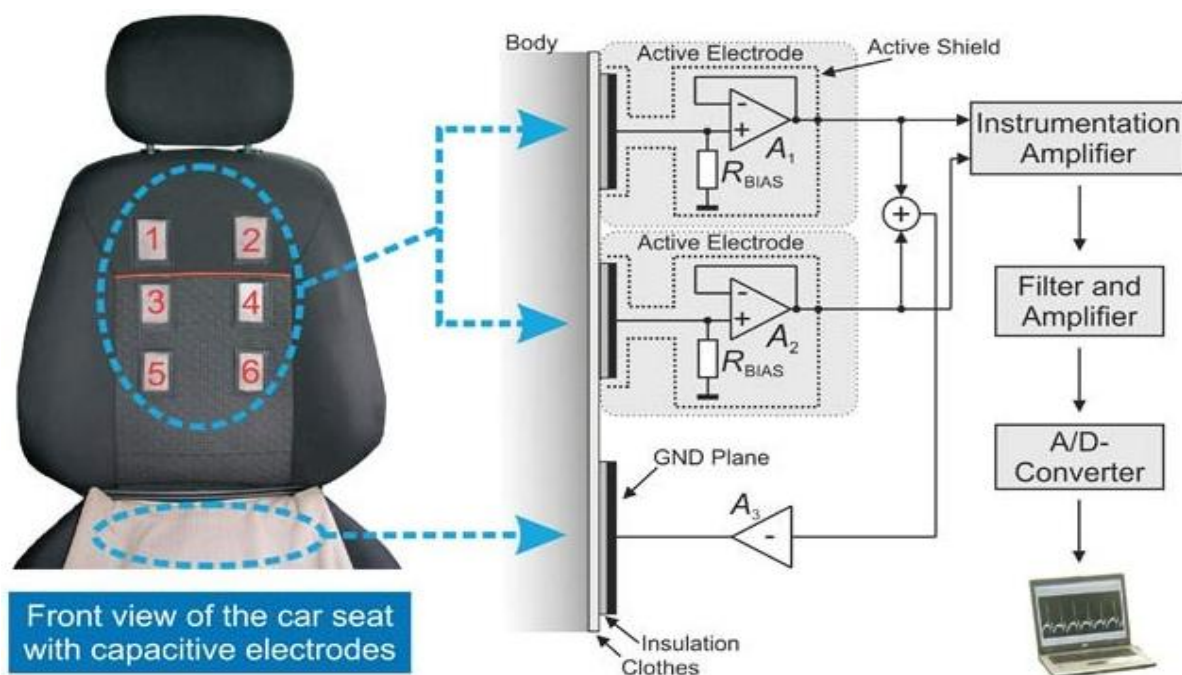


Рис. 1. Технология бесконтактного анализа ЭКГ, разработанная компанией Ford

Эта информация вызвала ряд вопросов, некоторые из которых стоит упомянуть:

- в традиционных регистраторах ЭКГ съем сигналов производится с грудной клетки, а не со спины;
- в медицинских публикациях, в т.ч. и зарубежных, термин «бесконтактное ЭКГ» отсутствует;
- в инструкциях к прибору «Моника» (Англия) регистратора ЭКГ беременной и плода отмечается, что состояние кожи под электродом очень важно для правильной регистрации сигналов.

Что касается непосредственно схемотехники ЭКГ, то важно отметить, что сложность представляется не в измерении сигнала ЭКГ (амплитуда 1–2 мкВ, спектр 10–100 Гц), а в выборе полезного сигнала из огромного количества электросигналов, заполняющих пространство вокруг человека. Фильтрация сигналов является главным содержанием любого электрокардиографа и при бесконтактной регистрации ЭКГ эта задача существенно усложняется, т.к. между кожей человека и регистратором появляется произвольная емкость, которая усилит помехи всех возможных спектров.

Хорошо отдавая себе отчет в том, что создание комплекса бесконтактной регистрации ЭКГ это очень сложная и многогранная задача (одна из тех, для решения которой необходимо участие таких крупных научных учреждений как ЮУрГУ), то хотелось бы увидеть принципиальную возможность ее решения, т.е. возможно ли регистрировать биопотенциалы человека без контакта с ним. При этом задача несколько упрощалась по отношению к электрокардиографу, т.к. требуемый сигнал должен нести

информацию о циклических процессах в организме – ЧСС, частота дыхания и т.д. Задача различать интервалы и зубцы ЭКГ в данном контексте не рассматривается.

Для испытания были применены регистраторы ЭКГ и программное обеспечение МИП ООО «Кардиомикро» и ООО «Костес», разработанные в рамках программы «Старт» для высокоточной регистрации ЭКГ в акушерстве и кардиологии. Схема комплекса представлена на рисунке 2, регистратора на рисунке 3.

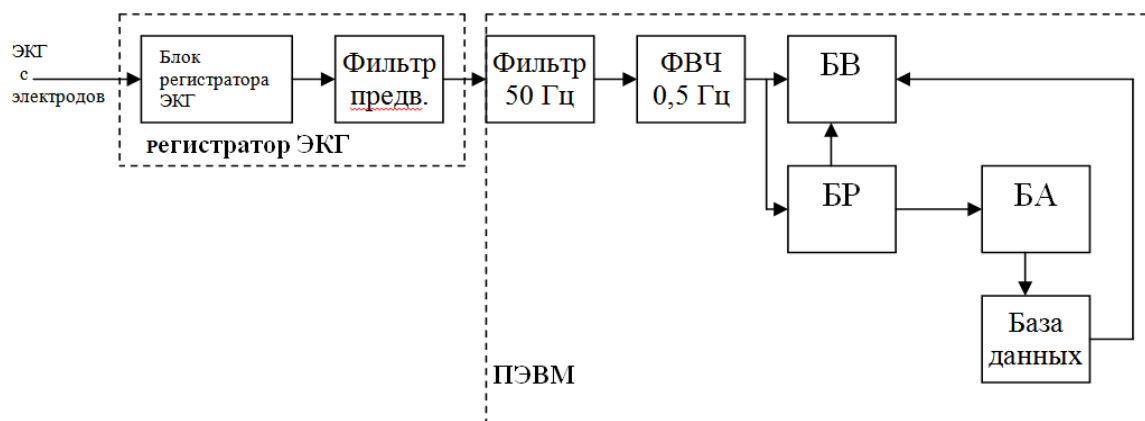


Рис. 2. Функциональная схема комплекса для высокоточной регистрации ЭКГ в акушерстве и кардиологии (БВ – блок вычисления по формулам, заложенным в методе ЭКГ; БР – блок расчетов параметров ЭКГ; БА – блок анализа ЭКГ по полученным в БР параметрам)

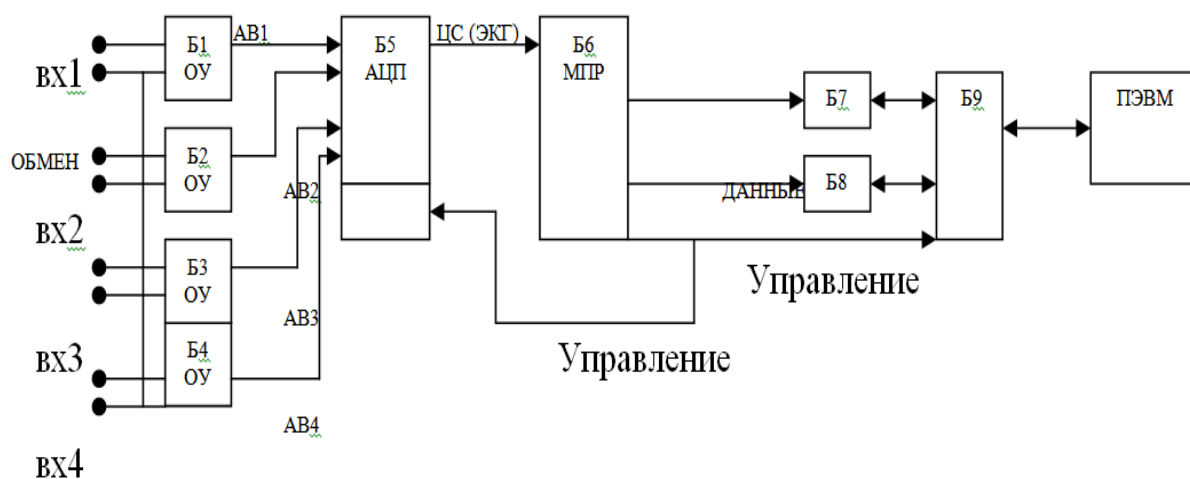


Рис. 3. Функциональная схема регистратора высокоточной ЭКГ (ОУ – оптическое устройство; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; МПР – микропроцессорное устройство; Б7, Б8 – предварительная фильтрация ЭКГ; Б9 – блок буферизация и сопряжения регистратора ЭКГ с ПЭВМ посредством USB-канала; АВ – аналоговый сигнал ЭКГ; ЦС – цифровой сигнал ЭКГ)

Для бесконтактной ЭКГ в программное обеспечение были введены дополнительные фильтры и изменилась схема подключения электродов.

Опытным путем было установлено, что при соединении, как показано на рис. 4, сигнал ЭКГ содержит минимум помех, хотя и полезный сигнал уменьшен в 5 раз.

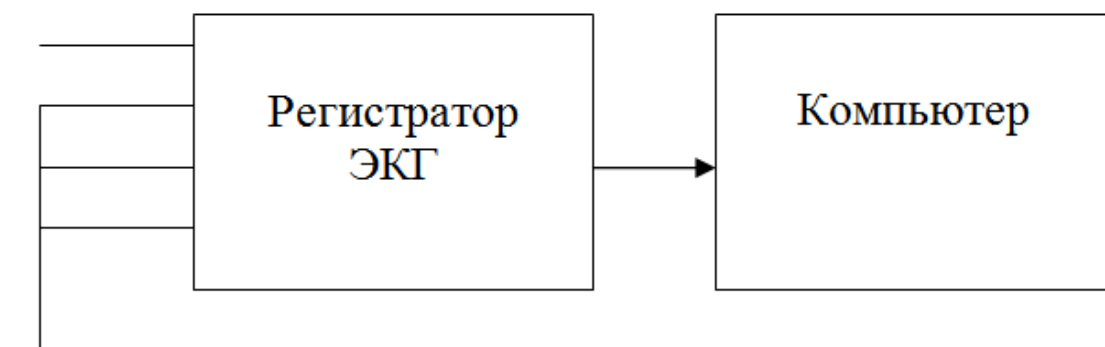


Рис. 4. Схема подключения электродов для регистрации ЭКГ с кресла водителя

Этот вариант был использован в экспериментах, т.к. усилить «очищенный сигнал» не представляет сложности. Схема эксперимента на рис. 5.

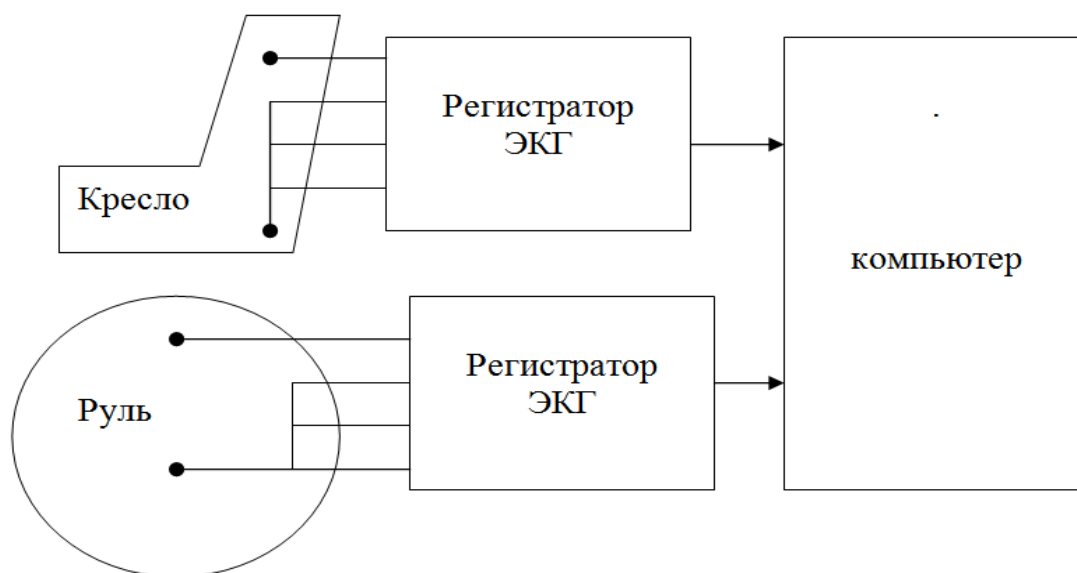


Рис. 5. Схема подключения электродов для регистрации бесконтактной ЭКГ с кресла водителя и руля

Сигнал, снимаемый с руля – сигнал, близкий к ЭКГ (рис. 6) со сниженной амплитудой R-зубца.



Рис. 6. Электрокардиограмма, снимаемая с руля

Этот сигнал позволяет проконтролировать ЭКГ и ЧСС человека. Наибольший интерес представляет регистрация ЭКГ без прямого контакта с кожей водителя. Оказалось, что прижимание электродов к спине «забивала» измеритель помехами (рис. 7), но при «зазоре» между человеком (в одежде) и спинкой кресла с электродами прибор регистрирует сигнал низкой частоты с ярко выраженным периодом (рис. 8).

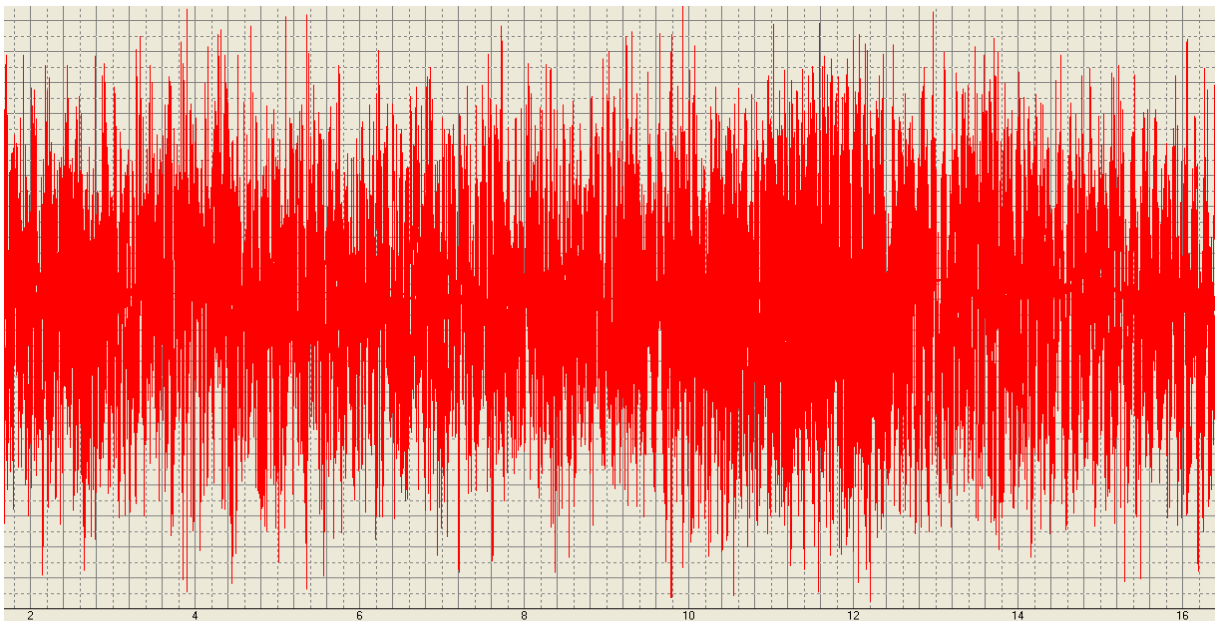


Рис. 7. ЭКГ-сигнал, полученный при прижимании электродов к спине

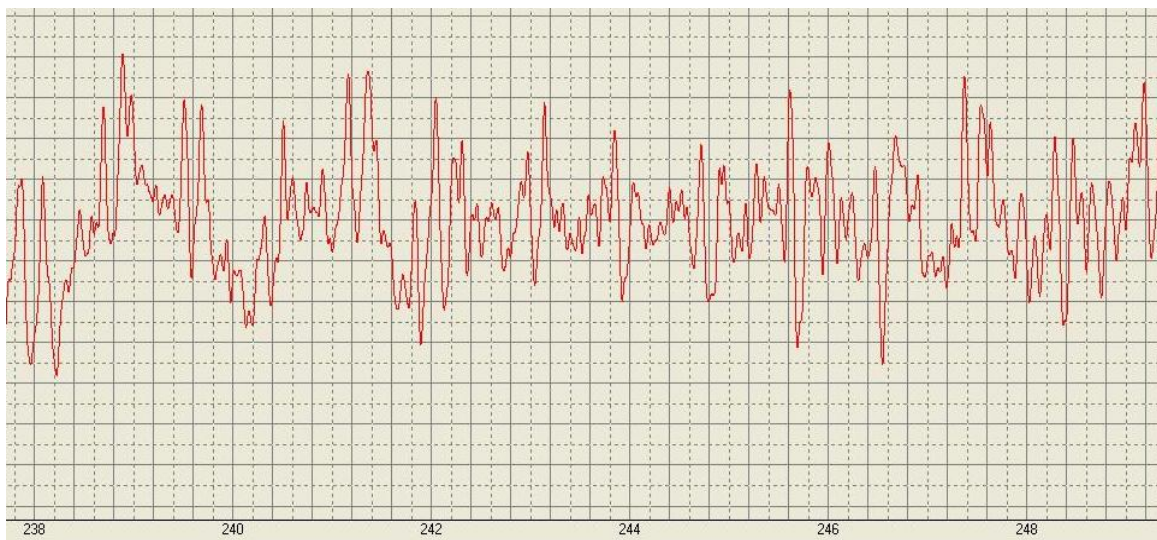


Рис. 8. ЭКГ-сигнал, полученный с «зазором»
между спинкой кресла и спиной водителя

Этот период чаще всего совпадает с периодом ЭКГ, регистрируемой с руля «водителя» (рис. 9).

Кроме того, выделяется ритм с частотой 0,5–0,6 Гц, который, скорее всего, отражает дыхание.

Сигнал, полученный комплексом, неустойчив и легко сменяется помехами. Исследования проводились на нескольких испытуемых, во всех легко находились положения, при которых регистратор фиксировал ритмичные сигналы. По предположению этого удалось добиться высокой чувствительности регистратора и гибкой программой фильтрации сигналов.

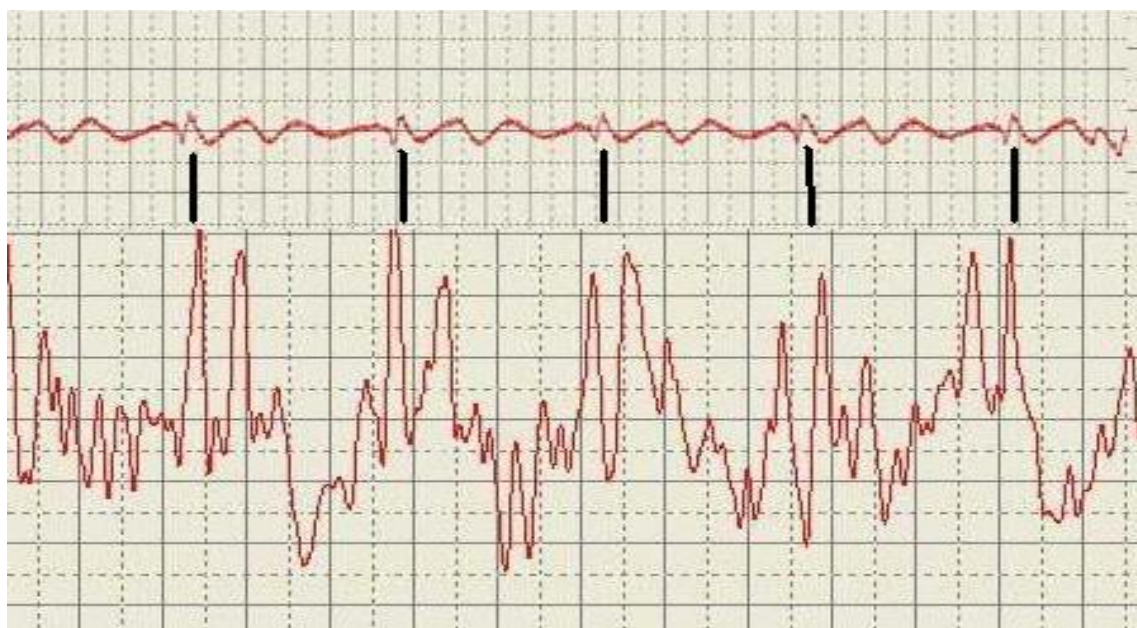


Рис. 9. Совмещенные ЭКГ-сигналы, полученные с руля водителя (вверху)
и со спинки кресла (внизу)

Таким образом, проведенные исследования показали принципиальную возможность регистрации ЭКГ без контакта с телом человека. Разработка полноценного комплекса потребует еще много усилий, причем специалистов самого разного профиля – конструкторов, химиков, программистов. Но в результате может быть получена современная технология, основанная на собственном исследовании, которая может быть востребована в самых разных областях науки и техники.

Библиографический список

1. Chi, Y.M. Wireless noncontact cardiac and neural monitoring / Y.M. Chi. – Proceeding WH 10 Wireless Health. – 2010. – Pp. 15–23.
2. Chi, Y. M. Wireless noncontact EEG/ECG electrodes for body sensor networks / Y.M. Chi, G. Cauwenberghs // Body Sensor Networks (BSN), 2010 International Conference on. Singapore. – 2010. – Pp. 297–301.
3. Lim, Y.G. ECG measurement on a chair without conductive contact / Y.G. Lim, K.K. Kim, S. Park // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2006. – Vol. 53. – № 5. – Pp. 956–959.