

# РОССИЙСКИЙ ПРОРЫВ: ЧЕХОЛ-КАРДИОГРАФ ДЛЯ СМАРТФОНА CardioQVARK

А.Бекмачев, к.т.н.<sup>1</sup>, С.Садовский, к.ф.-м.н.<sup>2</sup>, О.Сунцова<sup>3</sup>

УДК 004.62, 004.67,  
004.891.3,  
611.1,  
612.172.4  
БАК 05.11.00

Научно-технический прогресс обеспечивает постоянное совершенствование и все более широкую доступность лечебно-диагностической медицинской аппаратуры. Эволюция медицинской техники не столь наглядна, как, например, эволюция средств связи, вычислительной, бытовой техники, когда компьютер из машинного зала превратился в карманное устройство, а телевизор из ящика на ножках – в плоскую настенную панель. Но прогресс медицинского оборудования очевиден и для медиков, и для их пациентов. На памяти одного поколения тонометр в виде объемного карболитового пенала с ртутным индикатором, резиновой грушей-насосом и фонендоскопом уступил место массовому компактному автоматическому прибору, оснащенный встроенной памятью и функцией анализа данных, – устройству, позволяющему регулярно проводить измерения в бытовых условиях с точностью, достаточной для первичной диагностики. Еще более впечатляет прогресс техники в электрокардиографии.

Основополагающая методика электрокардиографии, реализованная более столетия назад лауреатом Нобелевской премии по физиологии и медицине В.Эйнтховеном, заключается в регистрации на поверхности человеческого тела гальванических токов, которые образуются в результате воздействия электрических полей, вызываемых сердечной деятельностью. Способ прошел проверку временем и до сих пор остается ключевым при диагностике острых состояний и нарушений сердечного ритма. Это стандартная процедура при плановых комплексных медицинских обследованиях, диспансеризации.

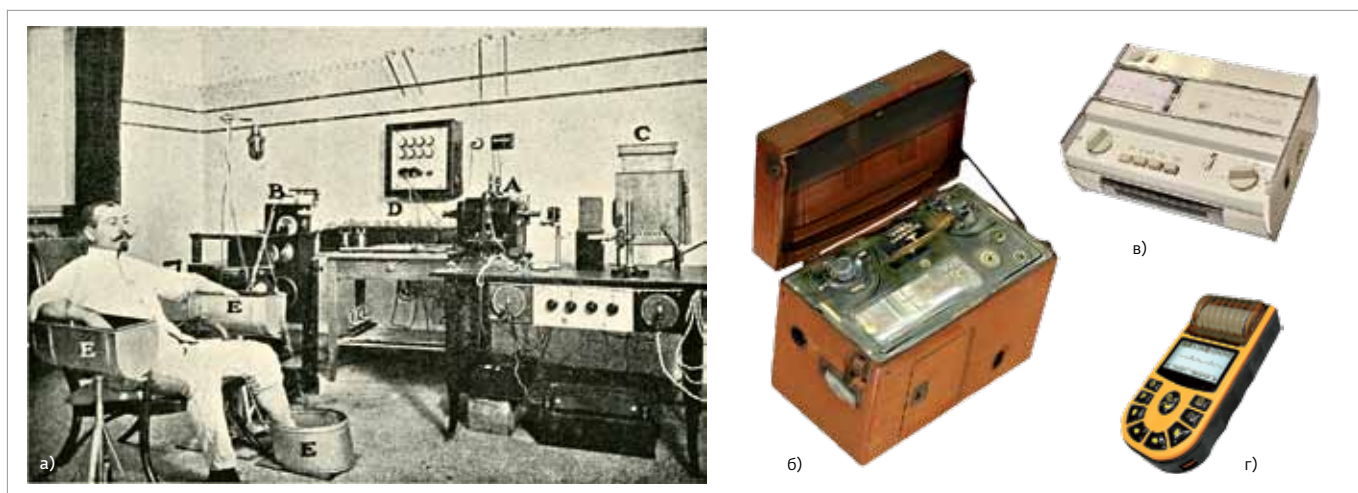
Первый промышленный кардиограф (1911 г.) фирмы Cambridge Scientific Instrument Company по размерам и весу соперничал с токарным станком, имел проекционный оптический регистратор со светочувствительной пленкой, а электродами для трех стандартных отведений служили ванны, наполненные соевым раствором. К середине 20 века кардиограф снабдили ламповым усилителем, компактным регистратором на рулонной бумаге с чернильным пером, выносными накладными электродами. Прибор стал переносным, но его вес все еще достигал десяти килограммов.

Радикальные изменения произошли в 1960–70-х годах с появлением полупроводниковых компонентов. Кардиограф превратился в подлинно портативный – размер и вес сравнялся с бумажным томом энциклопедии, получил батарейное питание, а устойчивость к внешним факторам и надежность повысились настолько, что спутник Тура Хейердала, врач и путешественник

<sup>1</sup> ООО "Кардиокварк", технический консультант, beck@cardioqvark.ru.

<sup>2</sup> ООО "Кардиокварк", зам. директора, sadovskiy@cardioqvark.ru.

<sup>3</sup> ООО "Кардиокварк", директор, so@cardioqvark.ru.



**Рис.1.** Эволюция электрокардиографов в 20–21 веках: а) Cambridge Scientific Instrument Company, 1910–1911 годы [1]; б) Sanborn Cardiette Model 51, 1939 год [2]; в) ЭК1Т-03М, 1976 год [3]; г) Contec ECG80A, 2012 год [4]

Юрий Сенкевич, неоднократно брал с собой в экспедиции отечественный электрокардиограф и дал ему высокую оценку. Этапы эволюции электрокардиографов представлены на рис.1 [1–4].

За прошедшие с тех пор десятилетия габариты кардиографов значительно уменьшились, приборы стали многоканальными и более безопасными для пациентов, были оснащены функциями автоматического анализа кардиограмм, компактными термопринтерами и интерфейсами для обмена данными с компьютерами, но сохранили главный атрибут – кабель пациента, жгут проводов с нательными электродами для гальванической регистрации разности потенциалов. По мере совершенствования электродов снижалось их собственное и контактное сопротивление, принимались меры противодействия окислению и повышения надежности контакта, но не менялся главный принцип: накладные электроды передают на кардиограф с поверхности кожи переменный ток, индуцированный электрическим полем сердца. Однако картина динамического изменения поля сердца содержит множество артефактов и отображает ненормируемый "вклад" мышечной, сосудистой, кожной проводимости, статического электричества, поляризации электродов, состава физиологических электролитов и др.

Сегодня ничего не мешает избавиться от этих "посредников".

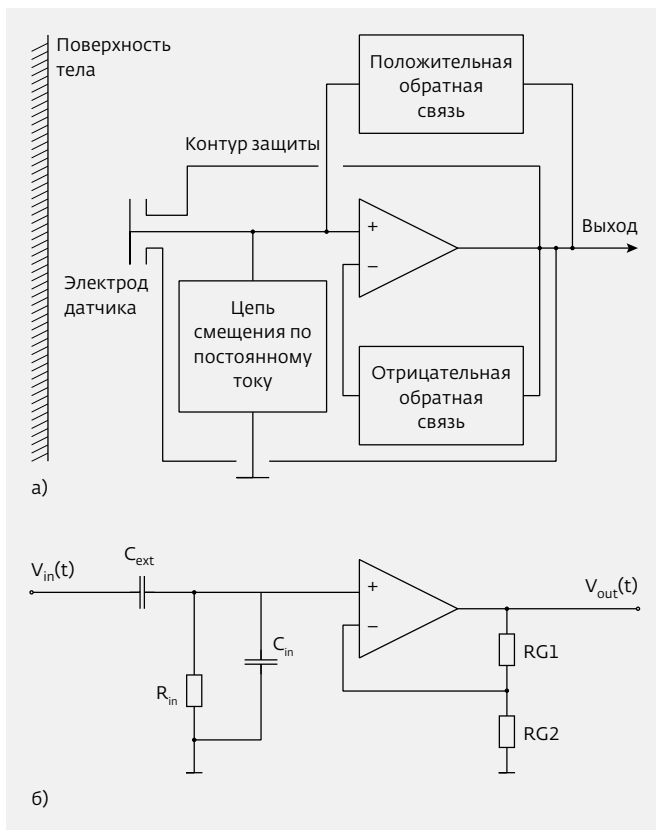
Идея прямого измерения переменного электрического поля сердца не нова. Наиболее простая и в то же время эффективная ее реализация – использование антенного эффекта на высокоимпедансных входах операционных усилителей. Подобные прикладные схемотехнические решения, известные более 20 лет, защищены отечественными и зарубежными патентами,

например таким как "Способ обнаружения вторжения в охраняемое пространство и устройство для его осуществления, патент РФ 2099789". Стоит отметить, что для упомянутых охраняемых систем задача регистрации электрического поля биологического объекта была решена достаточно прямолинейно – по принципу порогового детектора, а техническое решение не обеспечивало диагностического качества.

Таким образом, до недавнего времени не было приемлемой аппаратной реализации – отсутствовал серийно производимый компактный датчик, согласованный по амплитуде и полосе частот с биопотенциалами, способный воспроизводить переменное электрическое поле в виде сигнала тока или напряжения и обеспечивать эффективную гальваническую развязку пациента и регистрирующего устройства.

Первым производителем мирового уровня, преуспевшим в изготовлении коммерческих партий чувствительных элементов нового типа для регистрации биопотенциалов, стала британская компания Plessey Semiconductors. С 2012 года фирма выпускает линейку компактных датчиков EPIC (рис.2, 3), преобразующих амплитуду переменного электрического поля в динамически меняющийся уровень выходного напряжения. Такой сигнал может быть использован для прямого управления разверткой устройства индикации или подвергнут аналого-цифровому преобразованию для передачи по цифровым каналам связи с целью последующего анализа на удаленном устройстве [5]. В зависимости от целей диагностики и условий применения датчики различаются потребляемой мощностью, полосой пропускания и коэффициентом усиления.

Аббревиатура в названии семейства датчиков EPIC происходит от англ. Electric Potential Integrated Circuit –



**Рис.2.** Датчик EPIC: а) эскиз конструкции; б) принципиальная схема

интегральная микросхема для измерения электрического потенциала – и описывает физический принцип работы и назначение устройства. Фактически датчик EPIC фиксирует изменения в электрическом поле подобно тому, как магнитометр обнаруживает изменения в магнитном поле. В общем случае, для регистрации электрического потенциала датчик EPIC не требует механического контакта с изучаемым объектом, поскольку является бесконтактным электрометром. Это подразумевает отсутствие прохождения постоянного электрического тока от внешних источников через входные каскады датчика, аналогично тому, как работают конденсаторные фильтры. Внешний электрод датчика защищен прикрывающим слоем диэлектрического материала, для того чтобы сформировать зазор нормированной емкости и обеспечить защиту от механических повреждений и агрессивных сред, например от воздействия дезинфицирующих жидкостей.

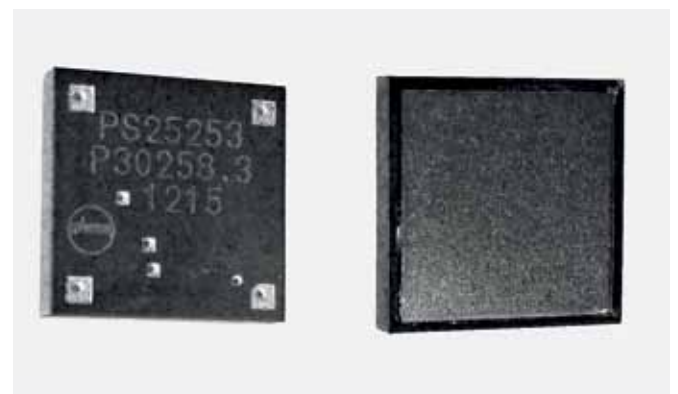
В униполярном режиме устройство на основе этого датчика может использоваться для регистрации одиночного электрического потенциала, а в дифференциальном режиме – для измерения переменного электрического поля, что отвечает задачам электрокардиографии.

Очевидно, что такие датчики можно интегрировать в состав электрокардиографов традиционной схемотехники без применения гальванических развязок.

Физически датчик EPIC представляет собой пластиковый корпус размером  $10 \times 10 \times 2$  мм с электродом площадью  $\sim 0,8$  см<sup>2</sup> на верхней стороне и контактными площадками для монтажа на печатную плату на нижней (см. рис.3). Напряжение питания  $\pm 2,5$  В и ток потребления  $0,6\text{--}3,5$  мА позволяют применять его в устройствах с батарейными источниками. Датчики разных моделей оснащены встроенными усилителями с кратностью 10 или 50 и имеют типовую полосу пропускания по переменному току  $0,2\text{--}10\,000$  Гц (по срезу  $-3$  дБ). Такая полоса пропускания значительно превышает потребности традиционной кардиологии и открывает новые диагностические возможности при анализе биопотенциалов [6].

Сомнения относительно практической ценности новых датчиков-электродов были развеяны экспериментальным сравнением с "мокрыми" Ag / AgCl электродами, когда с помощью датчиков EPIC удалось зарегистрировать присутствие зубца Н, который редко воспроизводится на регистраторах с металлическими электродами вследствие их поляризации [7].

Медики и разработчики медицинской техники высоко оценили новинку – известно уже несколько серийных изделий с применением датчиков линейки EPIC. Почетное место среди мировых инноваторов занимает российская компания ООО "Кардиокварк". Первая отечественная разработка полного цикла, выполненная компанией на базе технологии EPIC, – кардиомонитор CardioQVARK (рис.4, 5), производство которого начато в 2015 году. Приоритет подтвержден группой охранных документов РФ, защищающих оригинальные аппаратные и программные решения: патент на промышленный образец № 97437, свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015662958, 2015614471, 2015615116, 2015661463, 2016610429, а техниче-



**Рис.3.** Внешний вид датчика семейства EPIC





Рис.4. Внешний вид кардиомонитора CardioQVARK: 1 – корпус, 2 – разъем Apple Lightning для соединения с iPhone, 3 – датчики EPG, 4 – порт для наушников, 5 – порт MicroUSB

ские условия на изделие прошли процедуру регистрации в ЗАО "Ростест" [8].

В отличие от набирающих популярность так называемых носимых (wearable) устройств контроля показателей жизненных функций и здоровья, о прикладной ценности которых идут дискуссии, CardioQVARK обеспечивает данные диагностического качества. В настоящее время прибор апробируется для последующего получения регистрационного удостоверения медицинского изделия.

Конструктивно кардиомонитор представляет собой чехол для телефона Apple iPhone массой приблизительно 60 г, с двумя датчиками типа EPG на наружной поверхности, стандартным разъемом Apple Lightning с внутренней стороны для подключения к телефону, разъемом MicroUSB для подключения к внешнему устройству и отверстием с торца для доступа к разъему наушников (см. рис.4).

Корпус из высококачественного ударопрочного пластика с фактурной поверхностью изготавливается в двух вариантах – размером 135×61×14 мм для моделей iPhone 5/5s, iPhone SE и 151×70×15 мм для моделей iPhone 6/6s и отвечает требованиям IP23 по защите от внешних воздействий. Внутри корпуса находится многослойная экранированная печатная плата с электронными компонентами. Питание кардиомонитор получает от батареи смартфона через разъем Lightning, предназначенный также для обмена данными.

Необходимо отметить, что для обеспечения совместимости с устройствами Apple производитель прибора прошел процедуру лицензирования по программе MFi и для корректного взаимодействия со смартфонами применяет специализированную интегральную микросхему – криптопроцессор.

Кардиомонитор предназначен для регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) по стандартному отведе-

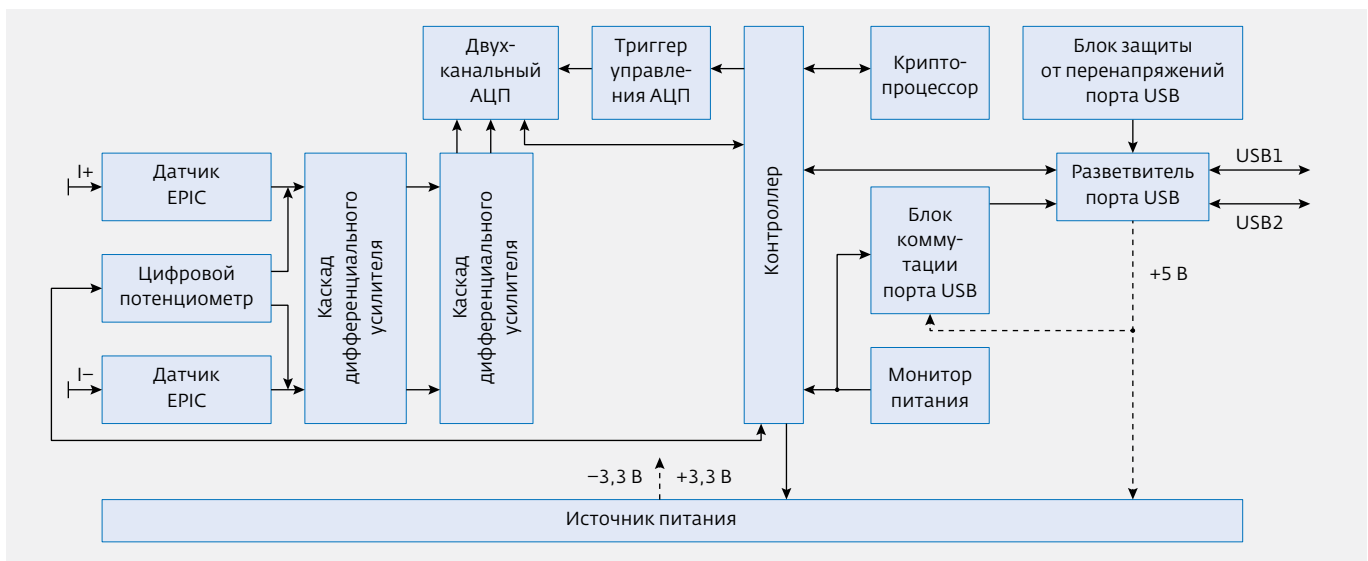


Рис.5. Блок-схема кардиомонитора







Рис.6. Диагностическая система CardioQVARK: а) принцип действия, б) образцы информационных окон ПО CardioQVARK на экране смартфона и планшетного компьютера

нию I, снимаемому с пальцев двух рук. Для проведения процедуры достаточно наложить пальцы на электроды и запустить на экране смартфона соответствующее приложение. В отличие от классических металлических электродов, усилие контакта не имеет значения, влияние на качество измерения оказывают только полнота и равномерность перекрытия пальцем площадки электрода датчика. Датчики окружены проводящими экранами, формирующими оптимальную диаграмму направленности. Потребляемая кардиомонитором мощность колеблется в пределах от 17 мВт в режиме ожидания до 90 мВт в активном режиме, что не оказывает значительного влияния на энергетический баланс батареи телефона. Время до установления достоверных данных на выходе с момента включения прибора составляет не более 20 с. Формируемые кардиорегистратором данные в реальном масштабе времени отображаются в графическом виде на экране смартфона и параллельно передаются на "облачный" сервер в Интернет (рис.6). При отсутствии доступа в Глобальную сеть на момент регистрации ЭКГ данные сохраняются в памяти телефона и пересылаются при первой возможности. В обратном пакете данных из "облачного" сервера содержится диагностическая информация, базирующаяся на истории измерений ЭКГ конкретного пациента. Врач-специалист, также в режиме реального времени, получает адресный доступ к ЭКГ выбранного пациента и рассчитанным параметрам через планшетный компьютер с бесплатным приложением, имеющим аналитический блок. Комментарии, указания, рекомендации врач может передать на телефон пациента посредством электронной почты или SMS.

Длительность регистрации кардиограммы задается ступенчато и может достигать 5 мин, на ее основе рассчитываются следующие параметры variability сердечного ритма (BCP) [9]:

- HR, пульс;
- Extr, экстрасистолия;
- SDNN, стандартное отклонение;
- CV, коэффициент вариации;
- rPNN50, разница продолжительности сердечных циклов более 50 мс;
- TP, мощность спектра;
- VLF, очень низкие частоты;
- LF, низкие частоты;
- HF, высокие частоты;
- соотношение LF/HF;
- SI, стресс-индекс;
- ПАРС (показатель активности регуляторных систем).

Для наглядности рассчитанные показатели представляются в виде графиков, отображаемых в соответствующих окнах пользовательского интерфейса: кар-

диоинтервалограмма; скаттерограмма; гистограмма; спектральная функция; усредненный кардиоцикл.

На мировом рынке представлены конструктивно подобные чехлы-кардиорегистраторы с двумя электродами, способные снимать сигнал отведения I, отображать, оцифровывать и отсылать его через Интернет для детальной диагностики и архивирования, например ECG Check фирмы Cardiac Designs [10, 11] или Mobile ECG фирмы AliveCor [12]. Однако их технические характеристики и идеологии обработки получаемых данных существенно иные.

Концептуальное отличие указанных изделий от CardioQVARK состоит в том, что в них применены классические – металлические – электроды. В результате полоса пропускания составляет 0,5–25 Гц с частотой дискретизации 200 Гц для ECG Check и 0,5–40 Гц с частотой дискретизации 300 Гц для Mobile ECG. Очевидно, что диагностическая ценность получаемых такими приборами данных не очень значительна и ограничена показателями пульса и аритмии. Кроме того, не допускается использование этих приборов пациентами, имеющими имплантированные стимуляторы сердечной деятельности, и в момент применения электрического дефибриллятора.

На этом фоне верхняя граница полосы пропускания 10 кГц на входе CardioQVARK и частота квантования сигнала 20 кГц – существенные технические преимущества, задающие новый для компактных приборов уровень функциональности, глубины и детальности диагностики.

Надежная регистрация устройством CardioQVARK биопотенциалов за пределами достаточной для большинства кардиологических приложений верхней границы в 150–250 Гц обеспечила разработчикам компактного устройства возможность получения качественно новых данных. Одновременно область диагностики расширилась за пределы собственно сердечной деятельности, открыв пути к комплексной диагностике внутренних органов и систем организма, включая раннее прогнозирование вероятных патологических и острых состояний. Этому достижению в немалой степени способствовала практическая реализация задачно-ориентированных алгоритмов совместной обработки накопленных и динамически получаемых кардиорегистратором данных.

Рассмотрим подробнее методику обработки, интерпретации данных и сравним их с качеством данных, получаемых с помощью традиционных устройств, аттестованных для работы в лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ).

По сообщению производителя прибора, анализ электрокардиосигнала (ЭКС) базируется на типовой для таких задач процедуре обработки:

- минимизация синфазной составляющей сигнала (выделение полезной составляющей);
- удаление дрейфа нуля (высокочастотная фильтрация);
- устранение высокочастотных помех (низкочастотная фильтрация);
- удаление гармонических помех (режекторная фильтрация);
- масштабирование сигнала (усиление);
- определение опорных точек в сигнале (положение R-зубца);
- расчет типового кардиоцикла, его параметров и отображение кривой ЭКГ и ритма.

Первые пять этапов обработки выполняются с помощью аналоговых или цифровых фильтров и усилителей. Основная задача на этих этапах – выделить полезный сигнал на фоне помех при минимизации его искажения системой обработки. Последние два этапа в представленной выше процедуре обработки ЭКС относятся к задаче анализа данных, так как позволяют получить информацию о состоянии сердца, как в количественной, так и в качественной форме.

Общепринятая методика расшифровки ЭКГ требует точной локализации опорных точек для каждого элемента кардиосигнала, таких как амплитуды зубцов ЭКГ, ключевые интервалы между зубцами и др. В условиях помех задачи подобного рода – достаточно сложные для традиционных автоматизированных систем, поэтому достоверность получаемых ими результатов недостаточна для надежной диагностики.

Для повышения качества автоматизированного анализа формы ЭКГ производитель кардиографа CardioQVARK применил оригинальный подход к построению типового кардиоцикла, отличающийся надежностью и минимальным уровнем вносимых искажений. Суть метода состоит в компенсации дыхательных волн и удалении аритмичных (нетипичных) кардиоциклов перед процессом усреднения. Неизбежные в ходе преобразований искусственные искажения типового кардиоцикла компенсируются специально разработанным и апробированным в ходе прикладных исследований двухпроходным алгоритмом, включающим этапы:

- фильтрации сигнала цифровым фильтром;
- локализации R-зубцов алгоритмом Пана-Томпкинса;
- вырезания временного окна, соответствующего кардиоциклу (КЦ);
- центрирования КЦ относительно среднего для выравнивания изоэлектрической линии ЭКС без утраты информации об амплитудных параметрах КЦ;
- построения усредненного по времени КЦ на основе ансамбля всех КЦ;





**Рис.7.** ЭКГ пациента С., 40 лет. Синдром слабости синусового узла, синкопальные, предсинкопальные состояния, кардиостимулятор Medtronic: а) Kenz Cardico 1210; б) CardioQVARK. Регистрация импульсов кардиостимулятора в реальном времени



**Рис.8.** ЭКГ пациента Ф., 68 лет. Изменение боковой стенки левого желудочка, постинфарктный кардиосклероз, гипертоническая болезнь: а) MaC 1200 ST; б) CardioQVARK



**Рис.9.** ЭКГ пациента М., 52 года. Инфаркт миокарда, блокада правой ножки пучка Гиса, желудочковая экстрасистолия: а) CardioCare; б) CardioQVARK

- контроля самоподобия всех КЦ путем их сравнения с усредненным по времени КЦ. При выявленном несовпадении, оцениваемый КЦ выпадает из усредняющей выборки;
- усреднения по ансамблю КЦ, прошедших контроль.

В результате в памяти кардиомонитора и на устройстве визуализации ЭКС формируется усредненный КЦ, состоящий только из допустимых по качеству КЦ, которые не подвергались дополнительным искажениям, что повышает удобство восприятия и психологический комфорт и в то же время содержит неискаженные опорные точки, необходимые для надежной диагностики как врачом-кардиологом, так и автоматизированным способом [13].

В расширенном варианте реализации описанного алгоритма возможен сквозной ретроспективный анализ имеющихся в базе предыдущих записей ЭКГ конкретного пациента для наблюдения динамики и уточнения специфического для него КЦ.

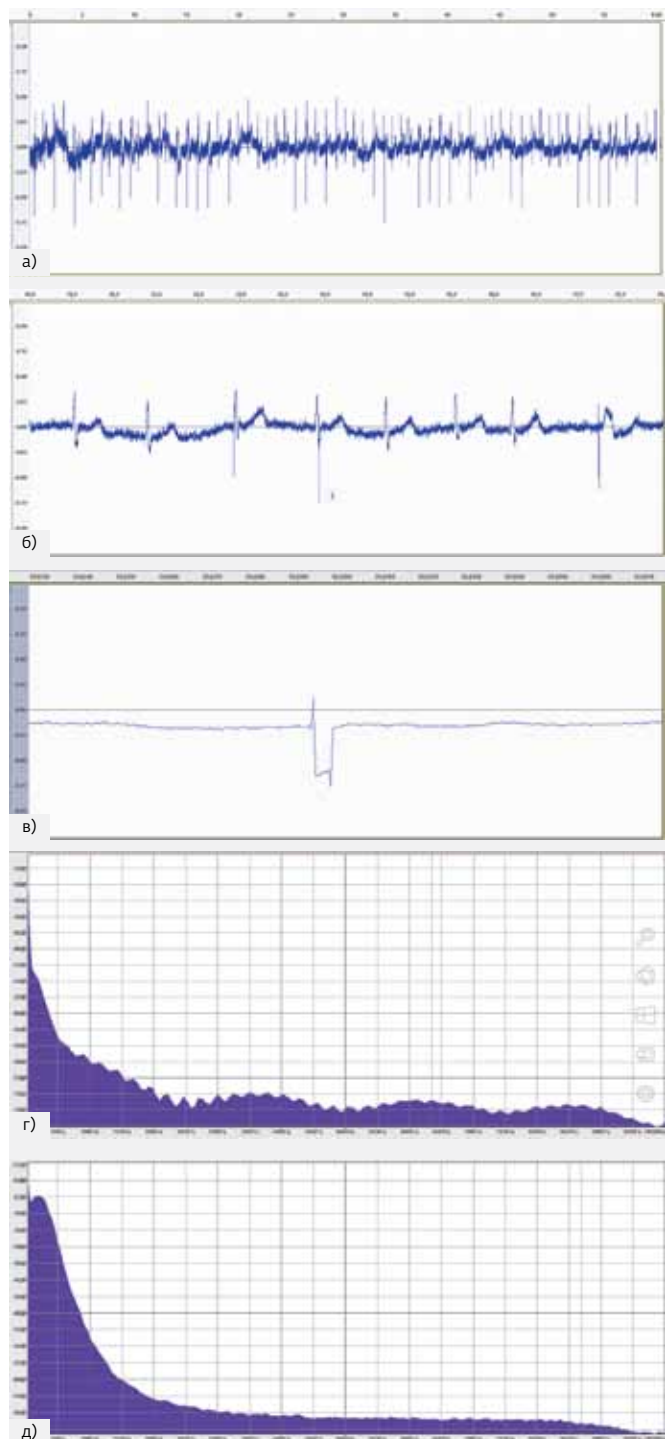
Такая технология позволяет одновременно решать и задачу персональной идентификации по ЭКС.

В ряде ЛПУ в 2015–2016 годах были проведены добровольные клинические испытания устройства CardioQVARK. Среди них: РНЦХ им. Б.В.Петровского (г. Москва), Московский городской научно-практический центр борьбы с туберкулезом (г. Москва), НУЗ "Центральная Клиническая больница № 2 им. Н.А.Семашко" (г. Москва), ГКУЗ МО "ПБ № 2 им. В.И.Яковенко" (Моск. обл., п. Мещерское), РБУЗ МО "Ивантеевская ЦГБ" (Моск. обл., г. Ивантеевка), ПАО "Клиника К+31" (г. Москва), Центр диагностики "Сфера-СМ" (Моск. обл., г. Пушкино). В ходе испытаний ленты ЭКГ 312-ти пациентов, снятые с помощью медицинских кардиографов Kenz Cardico 1210, Cardio7 Bionet, Biocare ECG-1215, GE MaC 1200 ST, CardioCare, Kenz C1211 и GE MaC 1600, были сопоставлены с записями, выполненными с помощью устройства CardioQVARK. Часть парных записей приведена на рис.7–9. Диагностическая ценность и точность данных, регистрируемых CardioQVARK, очевидны.

Как уже отмечалось, важное преимущество кардиографа CardioQVARK – расширенная полоса пропускания, благодаря чему существенно шире область прикладной диагностики на основе зарегистрированных у поверхности человеческого тела биопотенциалов. Опыт применения этих устройств показал возможность регистрации с их помощью импульсов пейсмейкера, визуализации работы имплантированных электрокардиостимуляторов и идентификации задаваемых ими режимов стимуляции в полосе частот до 9500–10000 Гц (рис.10).

Представляется перспективным развитие прикладной методики частотного анализа биопотенциалов, регистрируемых описанным способом в комплексе со статистической обработкой сегментов получаемых





**Рис.10.** Запись и анализ сигналов электрокардиостимулятора в полосе частот до 10 кГц с помощью CardioQVARK с квантованием на частоте 20 кГц: а) без наложения фильтров; б) после фильтрации; в) выделенный импульс стимуляции; г) спектральный состав биопотенциалов пациента с имплантированным электрокардиостимулятором; д) спектральный состав биопотенциалов пациента без электрокардиостимулятора (контрольный)

сигналов, которые фактически представляют собой ЭКГ высокого разрешения. Итогом такой интеграции может стать создание на базе CardioQVARK портативного устройства экспресс-диагностики заболеваний внутренних органов с точностью 80–90% для различных типов патологий [14]. Скрининговые системы на основе портативных регистраторов ЭКГ высокого разрешения могут применяться в традиционной лечебной практике для повседневного дистанционного ведения больных путем контроля отклика организма на прием лекарственных препаратов. При наличии оснований врач может оперативно корректировать дозы и состав препаратов. Для фармакологических компаний эти системы могут служить средством объективного контроля при апробации новых лекарственных форм. В спорте высоких достижений скрининг поможет избежать инвалидизации благодаря ранней диагностике латентно развивающихся патологий и более точной дозировке нагрузок на основе инструментального контроля статуса жизненных функций организма спортсмена прямо в ходе тренировочного процесса.

Для демонстрации скринингового потенциала кардиомонитора компания "Кардиокварк" в 2016 году провела открытый призовой конкурс по сортировке выборки обезличенных ЭКГ высокого разрешения по признаку курящий/некурящий. Предварительно участникам предоставлялась обучающая выборка также обезличенных записей с маркировкой. Лучшие результаты по итогам конкурса продемонстрировали чувствительность метода (Se) 73,44% и специфичность метода (Sp) 78,57% на смешанной выборке, состоящей из записей 250 заведомо курящих и заведомо некурящих пациентов разного пола и возраста, что говорит о принципиальной прикладной ценности технологии при условии формирования значительной базы верифицированных данных.

Таким образом, технологии, конструкторские и компоновочные решения, алгоритмы, примененные в составе комплекса CardioQVARK, позволяют рассматривать его как полноценный аппаратно-программный продукт, пригодный для создания национальной mHealth системы кардиомониторинга и скрининга в реальном масштабе времени. Простота использования и дружественный интерфейс обеспечивают эффективность применения CardioQVARK при диспансеризации, массовых обследованиях, на врачебном приеме в ЛПУ, частных клиниках, физкультурно-оздоровительных учреждениях, санаториях и в бытовых условиях, на дому – в качестве персонального средства оперативного контроля состояния здоровья пациентов с диагностированными кардиологическими заболеваниями. Люди, ведущие активный образ жизни и проявляющие заботу о своем здоровье еще до возникновения хрониче-



ских заболеваний и кризисных состояний, могут применять CardioQVARK для ежедневной оценки своего физического статуса и для дозирования физических и психоэмоциональных нагрузок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Fye W.B.** Disorders of the heartbeat. A historical overview from antiquity to the mid-20th century // American Journal of Cardiology. November 1. 1993. Vol. 72. Issue 14. P. 1055–1070.
2. www.edwardhandmedicalheritage.org
3. www.zakupka.com
4. www.contecmec.com
5. **Breakspear R., Connor S.** A single-arm ambulatory EKG measurement system using capacitive sensors. Plessey Semiconductors Ltd., www.plesseysemiconductors.com.
6. PS25253 EPIC Ultra High Impedance ECG Sensor. Advance Information. Data Sheet 291968 issue 1. Plessey Semiconductors Ltd., www.plesseysemiconductors.com.
7. Application Note 291565 issue 1. Comparison of EPIC electrodes with Ag/AgCl for ECG measurement. Plessey Semiconductors Ltd., www.plesseysemiconductors.com
8. Кардиомонитор CardioQVARK. Кардиограмма с помощью телефона, www.cardioqvark.ru.
9. Кардиомонитор CardioQVARK. Руководство по эксплуатации 634900.001.64451065 РЭ.
10. www.cardiacdesigns.com
11. www.ecgcheck.com/media/1008/ecg-check-usermanual.pdf
12. www.alivecor.com/user-manual
13. **Исаков Р.В., Сунцова О.В.** Построение типового кардиоцикла в системе Cardioqvark // Ежегодная Всероссийская научная школа-семинар "Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине 2015". Тезисы докладов. Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г.Столетовых, 2015.
14. **Uspenskiy V.M., Vorontsov K.V., Tselykh V.R., Bunakov V.A.** Information Function of the Heart: Discrete and Fuzzy Encoding of the ECG-Signal for Multidisease Diagnostic System // in Advances in Mathematical and Computational Tools in Metrology and Testing X (vol. 10), Series on Advances in Mathematics for Applied Sciences. Vol. 86. World Scientific, Singapore, 2015. PP. 375–382.

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



### МОЩНЫЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ СВЧ-УСИЛИТЕЛИ

Сечи Ф., Буджатти М.

При поддержке АО "НПП «Исток» им. Шокина"

Перевод с англ. под ред. д.т.н. Борисова А.А.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 416 с.  
ISBN 978-5-94836-415-5

Цена 975 руб.

В книге рассмотрены все традиционные вопросы, связанные с разработкой усилителей мощности, начиная от получения моделей приборов на большом сигнале и заканчивая обсуждением сумматоров мощности и методов проектирования.

Большое внимание в издании уделено рассмотрению физических основ приборов, фазовых шумов, схем смещения и тепловому проектированию. Также в книге особое внимание уделяется рассмотрению фундаментальных принципов. Издание затрагивает необычайно большое количество областей, связанных с физикой полупроводников и активных устройств.

Книга представляет интерес для специалистов, которые занимаются разработкой усилителей мощности для базовых станций сотовой связи. Также данная книга может послужить в качестве справочного пособия при углубленном изучении СВЧ-устройств.

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ (495) 234-0110; 📠 (495) 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)