

Министерство науки и высшего образования РФ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)  
Кафедра конструирования узлов и деталей РЭА (КУДР)

## **Измерение электрокардиограмм**

Методические указания к лабораторному занятию по дисциплине  
«Биомедицинские приборы и датчики»

для магистратуры направления подготовки 11.04.04 Электроника и  
наноэлектроника

Разработчик:  
профессор каф. КУДР  
\_\_\_\_\_Еханин С.Г.

2019

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ.....	3
2 АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЕРДЦА.....	5
3 ЭЛЕКТРОДЫ И ОТВЕДЕНИЯ.....	9
3.1 Электроды .....	11
3.2. Стандартные отведения при снятии ЭКГ .....	13
4 ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФЫ .....	15
5 МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ПЛАТФОРМА.....	18
MYSIGNALS ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	18
5.1 Измерение ЭКГ с помощью медицинской платформы MySignals .....	19
5.2 Примеры использования. Автономный режим.....	21
5.3 Примеры использования. Мобильное приложение MySignals .....	24
5.4 Примеры использования. Приложение MySignals для веб-сервера.....	27
6 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	34
7 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	36

## ВВЕДЕНИЕ

Электрокардиограф был первым электрическим прибором, который нашел широкое применение в медицинской диагностике. Он и до сих пор остается важнейшим орудием диагностики сердечных болезней. Хотя он обеспечивает получение неопределимо важной диагностической информации, особенно при диагностике аритмий и инфаркта миокарда, некоторые болезни, например болезни, при которых затрагиваются сердечные клапаны, не могут быть диагностированы с помощью ЭКГ. Другие методы диагностики, например, ангиография и эхокардиография, позволяют получить информацию, которую нельзя получить с помощью электрокардиографии. Первые электрокардиографы появились в больницах примерно в 1910 г., и, хотя с тех пор они существенно усовершенствованы, сам метод по существу претерпел лишь незначительные изменения. Большая часть терминологии и некоторые методы, используемые в настоящее время, ведут свою историю с самых первых дней электрокардиографии, и их лучше рассматривать в историческом аспекте.

## 1 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ

Как уже отмечалось ранее, открытие самого факта, что мышечные сокращения связаны с электрическими явлениями, относится к 18 в. Однако в те времена техника была развита так слабо, что не позволяла количественно исследовать электрические напряжения, возникающие при сокращении сердечной мышцы. И только в 1887 г. Уоллером была записана первая ЭКГ, использованный для этой записи прибор - капиллярный электромметр - был хрупким, настройка его представляла значительные трудности, и это ограничило его использование. Введение в электрокардиограф струнного гальванометра, которое осуществил в 1903 г. Эйн-

тховен, было важным шагом вперед. Но вклад Эйнтховена в электрокардиографию не ограничивается только этим. Он объяснил взаимосвязь различных фаз сокращения сердца и хода кривой ЭКГ и предложил определенную систему расположения электродов, которая используется до сих пор. Поэтому Эйнтховена можно с полным правом считать отцом электрокардиографии. В приборах начала века отсутствовал электронный усилитель, и ток, который должен отклонять гальванометр, должен быть получен непосредственно с электродов. Следовательно, для такого прибора необходимы были электроды с очень низким импедансом (погружные). Сама ЭКГ в таких приборах записывалась на фотопленке. Так как чувствительность этого метода зависела от настройки гальванометра и от сопротивления электродов, то перед записью каждой ЭКГ для стандартизации записи на прибор подавалось калибровочное напряжение 1 мВ. Приблизительно в 1920 г. появились электрокардиографы с электронными усилителями. Повышенная чувствительность этих приборов позволила заменить погружные электроды более удобными небольшими пластинчатыми электродами которые используются по сей день. Это позволило также заменить delicate струнные гальванометры более грубыми гальванометрами других типов. Несмотря на эти усовершенствования в электрокардиографах все еще использовалась в качестве средства регистрации фотопленка или фотобумага. Это препятствие было преодолено примерно в 1946 г, введением в практику регистрирующих устройств с прямой записью ЭКГ на перемещающейся бумажной ленте чернилами или на покрытой красителем ленте. Позднее была разработана специальная теплочувствительная бумага. В настоящее время в качестве средства регистрации ЭКГ используется только такая бумага. Первые регистраторы с прямой записью не позволяли воспроизводить тонкие детали ЭКГ так же хорошо, как фотографические регистраторы. Поэтому некоторые специалисты, несмотря на неудобства фоторегистраторов, использовали, их в своей практике. В последние годы технические усовершенствования позволили создать элек-

трокардиографические аппараты с прямой записью, которые регистрируют все тонкие детали кривой ЭКГ, необходимые для медицинской диагностики.

## **2 АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЕРДЦА**

Как уже говорилось, биопотенциалы, генерируемые мышцами сердца, формируют электрокардиограмму. Чтобы понять ее происхождение и значение, необходимо рассмотреть анатомию сердца и его функционирование в общей сердечно-сосудистой системе. Четыре камеры сердца действуют как два синхронизированных двухступенчатых насоса. Правая часть сердца подает кровь в легкие для насыщения ее кислородом (легочная циркуляция), а левая - к остальным системам (системная циркуляция). Поступающая в сердце кровь заполняет правое предсердие, после чего оно сокращается и выталкивает кровь через правый предсердно-желудочковый клапан в правый желудочек, который затем сокращается и выталкивает кровь в систему легочной циркуляции. Из легочной системы насыщенная кислородом кровь поступает в левое предсердие. Отсюда кровь через левый предсердно-желудочковый клапан (митральный) поступает в левый желудочек. При сокращении мышц левого желудочка кровь поступает в круг системной циркуляции. Работа сердца синхронизована таким образом, что оба предсердия сокращаются одновременно, после этого одновременно сокращаются оба желудочка. Возбуждение сердца не производится непосредственно центральной нервной системой (как это имеет место для большинства других систем иннервации мышц), оно осуществляется синусным узлом, или стимулятором пульса, который представляет собой специальную группу возбудимых клеток. Стимулятор пульса спонтанно генерирует с постоянным ритмом потенциалы действия (см. рис.1). Однако на этот ритм влияют нервы, которые увеличивают или уменьшают его. Для того, чтобы инициировать сокращения сердца, потенциал действия, сформированный стимулятором пульса, распространяется во всех направлениях (из

синусного узла ) вдоль поверхности обоих предсердий по направлению к месту соединения предсердий и желудочков, т.е. к предсердно-желудочковому узлу. В этой точке специальные нервные волокна замедляют распространение, обеспечивая соответствующую временную задержку между сокращениями предсердий и желудочков.

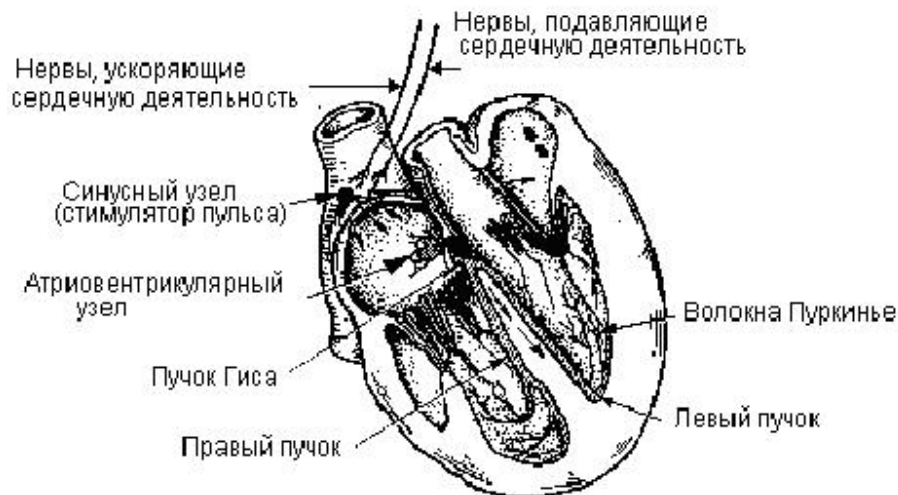


Рис. 1 - Схема управления деятельностью сердца

В течение этого времени предсердия завершают сокращения, выталкивают кровь в желудочки, наполняя их. После этого предсердно-желудочковый узел создает импульс в желудочках, проходящий через пучок Гиса в ветви пучка, которые соединяются с волокнами Пуркинье в миокарде. Однако волновой фронт в желудочках распространяется не вдоль поверхности, а перпендикулярно ей - от внутренней к внешней части стенки желудочка - до тех пор, пока весь желудочек не станет деполяризованным. Тогда желудочки сокращаются, выталкивая кровь в системы легочной и системной циркуляции. За волной деполяризации следует волна реполяризации (с интервалом 0,2 - 0,4 с). Причем каждая клетка возвращается к потенциалу покоя независимо.

На рис. 2 показана типичная ЭКГ. Каждой ее характерной особенности произвольно даны буквенные обозначения. Эти особенности могут быть сопоставлены с определенными этапами процесса распространения потенциала действия. Для

удобства изучения этой кривой ее горизонтальный участок рассматривается как изопотенциальная, или изоэлектрическая линия.

Зубец Р характеризует электрическую активность, связанную с деполяризацией предсердной мускулатуры по мере того, как потенциалы действия распространяются от синусного узла, где они возникают, к предсердно-желудочковому узлу. Вектор зубца Р представляет волну деполяризации определенной амплитуды, которая распространяется от синусного узла к предсердно-желудочковому узлу. По мере распространения волны область вокруг предсердно-желудочкового узла становится электрически положительной, а область вблизи синусного узла - отрицательной. Так как результирующее электрическое поле проявляется и на поверхности тела, то во время возбуждения предсердия нижняя часть грудной клетки становится положительной, а верхняя - отрицательной. Если используемый для измерения ЭКГ электрокардиограф правильно подключен с помощью электродов к этим областям, результирующий зубец будет иметь вид положительной волны.

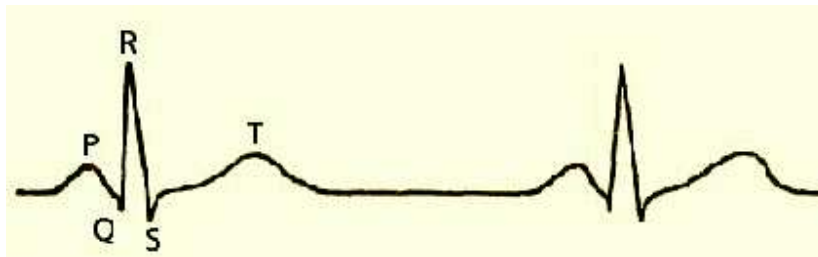


Рис. 2 – Типичный вид ЭКГ

Деполяризация предсердия происходит в одном основном направлении, а желудочков - в трех направлениях. Непосредственно после окончания периода задержки импульса начальная деполяризация желудочков начинается с септальной зоны, лежащей непосредственно ниже предсердно-желудочкового узла.

Так как стенки левого желудочка толще стенок правого, волна деполяризации распространяется слева направо, что приводит к тому, что левая часть грудной клетки становится отрицательной, а правая - положительной. Этот процесс ре-

гистрируется в виде зубца Q, который лежит ниже опорной линии, т.е. он отрицателен. Обычно амплитуда зубца Q намного меньше амплитуды зубца R, поэтому на некоторых ЭКГ его вообще не видно.

Вектор зубца R представляет деполяризацию большей (но не всей) части желудочковых мышц. Так как желудочковые мышцы более массивны по сравнению с мышцами предсердия, то вектор зубца R длиннее вектора P, но их направления практически совпадают (от вершины сердца к его нижнему краю). Поэтому на рис. 2 зубец R, как и зубец P, будут совпадать по полярности (положительны), но амплитуда зубца R значительно больше. Зубец R обычно является наиболее характерной чертой ЭКГ. Обычно пиковая амплитуда зубца R составляет около 1 мВ при измерении на поверхности грудной клетки и около 40 мВ при измерении внутри сердца.

Вектор зубца S характеризует деполяризацию остальной части желудочков. Так как при формировании этого зубца нижняя часть сердца становится отрицательной, а зона предсердно-желудочкового узла - положительной, то зубец S будет на ЭКГ отрицательным. В общем случае амплитуда зубца S больше амплитуды зубца Q. Однако, у некоторых пациентов амплитуда зубца Q так мала, что ее на ЭКГ и не видно.

Комплекс QRS отображает суммарный результат деполяризации желудочков. До начала этого интервала времени предсердие реполяризуется. Однако, из-за малой амплитуды сигнал, соответствующий волне реполяризации предсердия, на ЭКГ практически не виден. Поэтому в интервале от конца зубца P до начала комплекса QRS ЭКГ имеет вид горизонтальной прямой, совпадающей с опорной линией. Как только желудочки начинают деполяризоваться, они сокращаются. Затем они реполяризуются.

Реполяризация характеризуется зубцом T. Зубец U, если он присутствует на ЭКГ, обычно приписывают остаточным потенциалам желудочковой мышцы (по-



слепотенциалам). Зубец U чаще присутствует на ЭКГ детей, чем взрослых. Однако его можно наблюдать и у взрослых пациентов с дисбалансом калия или с увеличенным сердцем. Вслед за реполяризацией желудочки расслабляются. Типичные значения максимальных амплитуд для нормальной ЭКГ следующие:

- зубец P - 0,2 мВ,
- зубец Q (если присутствует) - 0,1 мВ,
- зубец R - 0,5...1,5 мВ,
- зубец S (если присутствует) - 0,2 мВ,
- зубец T - 0,1... 0,5 мВ.

Другими важными параметрами ЭКГ являются длительности интервалов сегментов. Типичные значения для здорового взрослого пациента с частотой сердечных сокращений 60 в минуту (одно в секунду):

#### Интервалы

P-R	0,12...0,20 с
QRS	0,06...0,10 с
S-T	0,18...0,30 с
Q-T	0,35...0,40 с

#### Сегменты

P-R	0,04...0,80 с
S-T	0,12...0,16 с

### 3 ЭЛЕКТРОДЫ И ОТВЕДЕНИЯ

Чтобы записать ЭКГ, к телу пациента необходимо прикрепить несколько (обычно пять) электродов. Их подключают к аппарату ЭКГ с помощью такого же числа проводов. Эти провода и электроды, к которым они подсоединены, обычно называют отведениями. Электрод, прикрепленный например, к правой ноге пациента называется ПН (RL) отведением. Для записи ЭКГ ко входу регистрирующего

усилителя подключают два электрода или один электрод и соединенные между собой несколько электродов. Некоторых специалистов смущает, что и отдельные электроды, и группы специальным образом соединенных электродов рассматриваются как отведения. Для того чтобы избежать такой неоднозначности, термин отведение будет использоваться только для обозначения специальной группы электродов и способа, которым они связаны с усилителем. Для отдельных отводящих проводов, а также для физического подсоединения к телу пациента мы будем использовать термин **э л е к т р о д**. Однако следует иметь в виду возможность двойного толкования термина отведение при использовании его на практике.

Как указывалось выше, напряжение, возникающее при работе сердца, в действительности представляет собой векторную величину у которой абсолютное значение и ориентация в пространстве изменяются во времени. Так как сигнал ЭКГ измеряется с помощью электродов, закрепленных на поверхности тела, то вид кривой этого сигнала очень сильно зависит от их размещения. На рис. 3 показана типичная запись сигнала ЭКГ. При определенном размещении электродов некоторые сегменты этой кривой могут практически исчезать, другие - четко выделяться. Поэтому при обычном электрокардиографическом исследовании производится запись ЭКГ от нескольких различных отведений, обычно от 12.

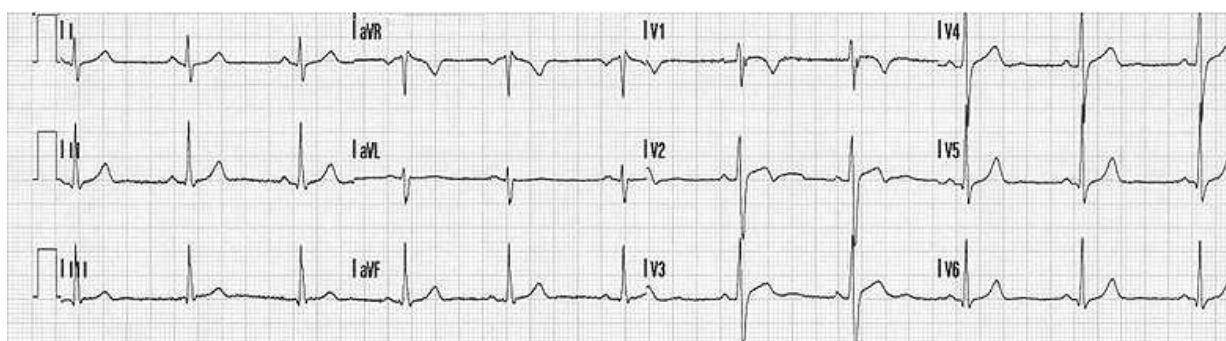


Рис. 3 – Типичная запись сигнала ЭКГ

Такой метод гарантирует, что при записи не будут опущены некоторые важные детали истинной ЭКГ. Места размещения электродов, а также названия и

конфигурация отведений в настоящее время стандартизированы, их используют во всех странах мира.

### **3.1 Электроды**

В ходе экспериментов Эйнтховен установил, что наибольшие преимущества дает запись ЭКГ с помощью электродов, разнесенных по вертикальной и по горизонтальной осям тела. Как было сказано ранее, его пациенты погружали в керамические сосуды, используемые в качестве погружных электродов, не только обе руки, но и одну ногу. Эйнтховен выбрал левую ногу, вероятно, потому, что она расположена на вертикали проходящей через сердце. Таким образом, у первых электрокардиографов было три электрода, из которых только два использовались одновременно. При введении в практику электронных усилителей возникла необходимость применить дополнительный электрод, закрепленный на теле, в качестве опорной (заземленной) точки. Хотя этот электрод можно располагать почти в любой точке тела, общепринято размещать его на "свободной" правой ноге. Грудной или предсердный электрод был введен позднее. Обычно в качестве электродов на конечностях используют пластинчатые, а в качестве грудного - электрод на присоске. Следует отметить, что сокращенные обозначения, относящиеся к электродам на конечностях, применяются для обозначения электродов даже тогда, когда они в действительно расположены на груди. Так, например, обозначены электроды при наблюдении за пациентом с помощью монитора.

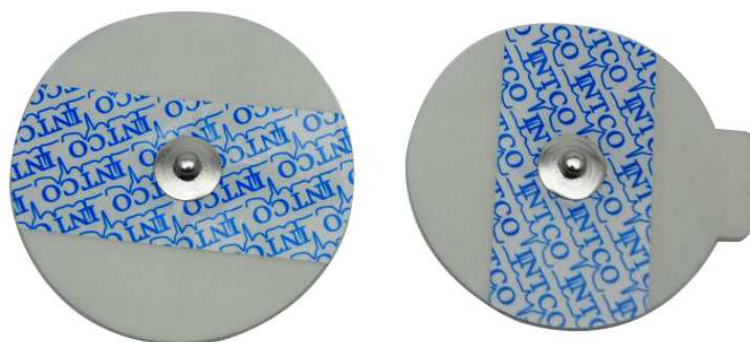


Рис. 4 – Внешний вид современных электродов для ЭКГ

На рис. 4 показан внешний вид электродов для ЭКГ. В основе электрода применяется твердый гипоаллергенный токопроводящий гель длительного действия, за счет клейкости и высокой вязкости которого сохраняется стабильный контакт даже при смещении электродов. В сочетании с особо прочным, жидким гипоаллергенным акриловым медицинским клеем, нанесенным на спанбонд (нетканую основу) и обеспечивающим особо надежное прилипание, идеально подходит для стресс тестов, например, велоэргометрии и холтеровского мониторинга.

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Размер (диаметр) электрода (код 5001): 50 мм.
- Размер (диаметр) электрода (код 5501): 55 мм.
- Контактная среда: твердый токопроводящий гель длительного действия.
- Основа: нетканая (спанбонд).
- Тип коннектора: «кнопка».
- Покрытие коннектора: серебро / хлорид серебра (Ag / AgCl).
- Клей: гипоаллергенный медицинский акриловый.

### **3.2. Стандартные отведения при снятии ЭКГ**

При нормальном размещении для записи ЭКГ используют четыре электрода; электрод на правой ноге используется только в качестве опорного. Так как вход электрокардиографа имеет только две клеммы, то из имеющихся активных электродов нужно выбрать два. Существует 12 стандартных отведений, которые используются наиболее часто. Три биполярных отведения - от конечностей, впервые введенные Эйнтховеном, показаны на рис. 5, они определяются следующим образом:

Отведение 1: левая рука (ЛР, LA) - правая рука (ПР, RA)

Отведение 11: левая нога (ЛН, LL) - правая рука (ПР, RA)

Отведение 111: левая нога (ЛН, LL) - левая рука (ЛР, LA).

Эти три отведения называются биполярными, так как при каждом отведении ЭКГ записывается с двух электродов, а третий электрод не подключается. Другие отведения из 12 являются униполярными. Этот тип отведений был впервые использован Вильсоном в 1944 г.

При униполярных отведениях ЭКГ записывается между единственным исследовательским электродом и центральной точкой (центральным отводом), которая имеет потенциал, соответствующий центру тела. Центральный отвод образуется соединением трех активных электродов на конечностях через резисторы с одинаковыми сопротивлениями.

Потенциал в точке соединения резисторов соответствует среднему значению потенциалов на этих трех электродах. При униполярных отведениях от конечностей один из электродов на конечностях применяется в качестве исследовательского, в то же время он вносит свой вклад в потенциал центрального отвода. Такое двойное использование приводит к тому, что сигнал ЭКГ имеет очень малую амплитуду.

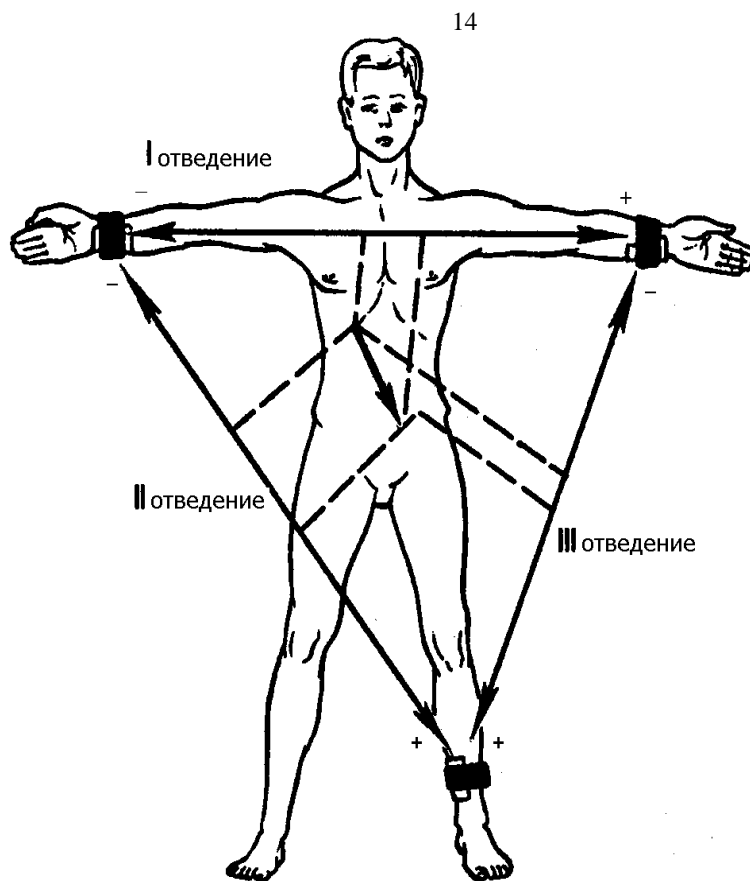


Рис. 5 – Стандартные биполярные отведения

При усиленных униполярных отведениях от конечностей электрод на конечности, используемый в качестве исследовательского, не подключается к центральному отводу; при этом амплитуда сигнала ЭКГ возрастает, а форма его не претерпевает сколько-либо заметных изменений.

Эти отведения обозначаются как усиленные  $aVR$ ,  $aVL$  и  $aVF$  (foot - нога). При униполярных грудных отведениях все три активных электрода на конечностях используются для образования центрального отвода, а в качестве исследовательского применяется отдельный грудной электрод.

Следует отметить, что кривые, полученные от отведений I и II более всего приближаются к идеализированной, показанной на рис. 2; некоторые кривые существенно отличаются от идеализированной кривой.

Кроме уже рассмотренных систем отведений существуют определенные дополнительные модификации, которые достаточно широко используются в кардиологических отделениях. Для непрерывного наблюдения ЭКГ наиболее широко применяется модификация, получившая название "модифицированное грудное отведение (МГО 1) или «Отведение Мариотта» (по имени впервые использовавшего его специалиста). При этой системе отведений электроды расположены следующим образом: положительный электрод на правом краю грудины в четвертом межреберном промежутке; отрицательный - ниже внешней части левой ключицы; опорный электрод можно размещать где угодно, но обычно ниже правой ключицы. Монитор подключают на отведение 1 для снятия биполярной кривой. Получаемые таким образом кривые очень полезны для дифференциации эктопических (неправильных) ритмов левого желудочка от аномальных ритмов правого желудочка и суправентрикулярных (наджелудочковых) ритмов. Первая ситуация требует немедленного терапевтического вмешательства, последняя имеет меньшее клиническое значение.

#### 4 ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФЫ

Рассмотрим рис. 6, на котором изображена схема электрокардиографа. На рисунке показаны органы управления электрокардиографа; штриховые линии указывают тот блок, управление которым осуществляет данная ручка (или лимб).

Соединительные провода, ведущие к электродам, выходят из конца кабеля пациента, другой конец которого включается в электрокардиограф. Провода от электродов соединены с переключателем отведений, в состав которого входят и резисторы необходимые для униполярных отведений. Нажимная кнопка «Стандарт 1 мВ» на передней панели позволяет ввести калибровочное напряжение 1 мВ для калибровки электрокардиографа. Хотя современные электрокардиографы стабильны и их чувствительность не изменяется со временем, введение калибровоч-

ного импульса до или после каждой записи при снятии ЭКГ на 12 отведениях все еще практикуется. Изменение установки переключателя отведений приводит к появлению в записи артефактов. Специальный контакт на переключателе моментально отключает усилитель, когда этот переключатель смещается, и включает его снова после того, как это смещение исчезнет.

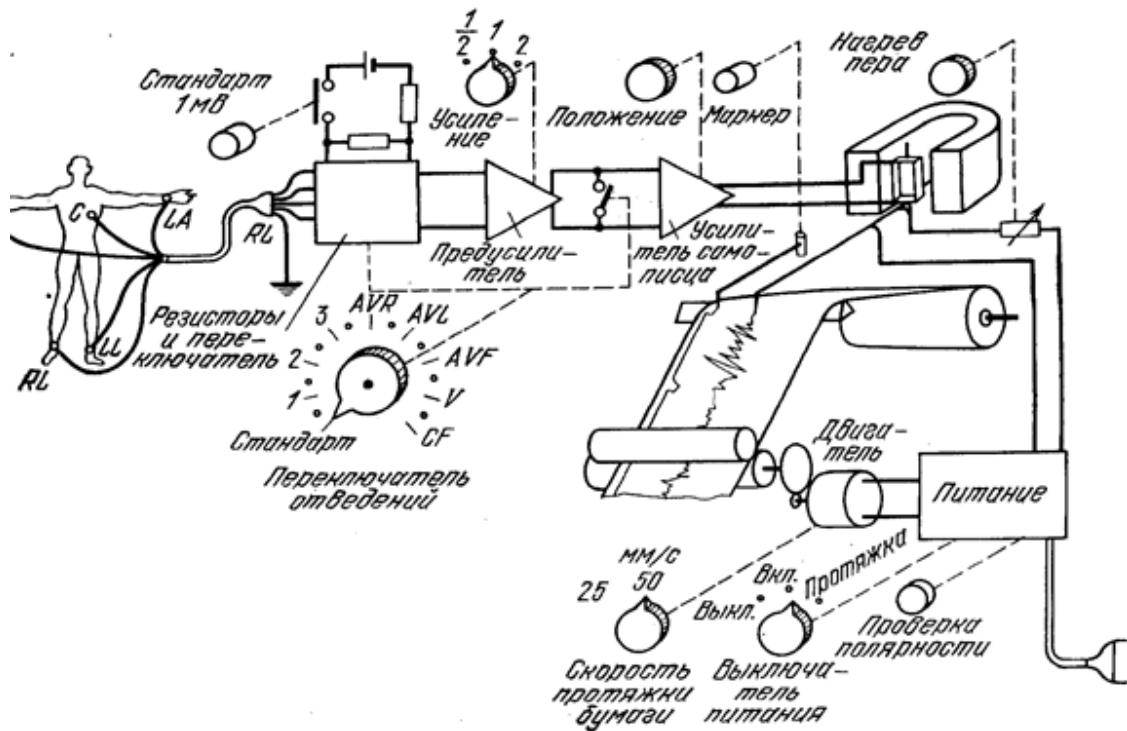


Рис. 6 – Схема кардиографа

От переключателя отведений сигнал ЭКГ попадет в предусилитель. Это устройство представляет собой дифференциальный усилитель с высокой степенью подавления (режекции) общего (синфазного) сигнала. Предусилитель также имеет переключатель для регулировки чувствительности или усиления. Для большинства пациентов этот переключатель остается в положении «1». Если кривая ЭКГ имеет слишком малый размах, то чувствительность можно удвоить, переместив переключатель в положение «2».

Для пациентов с большими сигналами ЭКГ интенсивность сигналов можно уменьшить вдвое, установив переключатель в положение «1/2». Более старые ап-



параты ЭКГ имели непрерывную регулировку чувствительности, которая иногда помечалась «Настройка калибровки». С помощью такой настройки можно так подобрать чувствительность электрокардиографа, чтобы калибровочный импульс 1 мВ вызывал отклонение пера на 10 мм (при положении «1» переключателя усиления). В современных приборах усиление обычно остается стабильным если его однажды отрегулировали, поэтому непрерывную регулировку усиления сейчас можно встретить лишь изредка и то в виде настроечного винта (который можно регулировать с помощью отвертки), расположенного на боковой или на задней стенке электрокардиографа.

За предусилителем следует усилитель постоянного напряжения, называемый усилителем самописца, обеспечивающий необходимую мощность для перемещения регистрирующего пера, которое осуществляет запись ЭКГ. На вход этого усилителя обычно можно подать и сигнал от внешнего источника, что делается с помощью специального разъема. Вспомогательный вход располагается на боковой или на задней стенке электрокардиографа. Таким образом, электрокардиограф можно использовать и для записи выходных сигналов других приборов. Ручка «Положение», относящаяся к усилителю, позволяет устанавливать положение пера относительно регистрирующей бумаги (центрировать перо). Обычно во всех современных электрокардиографах используется теплочувствительная бумага, перо представляет собой иглу с электрическим нагревом, температуру которой можно регулировать с помощью ручки «Нагрев пера», что позволяет получить оптимальную запись сигнала. Наряду с записывающим пером в приборе существует и маркерное (отметчик времени), которое включается с помощью кнопки. Это позволяет оператору наносить кодированную метку записываемого отведения в начале ЭКГ. Обычно ЭКГ записываются при скорости перемещения бумаги 25 мм/с, но в приборе предусмотрена и более высокая скорость 50 мм/с, которая позволяет получить лучшее разрешение QRS комплекса при очень высоком ритме сердце-

биения или в тех случаях, когда нужно исследовать некоторые специфические детали записанной кривой.

Выключатель питания имеет три положения. В положении «Включено» питание к усилителю подается, но бумага не перемещается. Чтобы включить протяжку бумаги, выключатель необходимо установить в положение "Протяжка".

## **5 МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ПЛАТФОРМА**

### **MYSIGNALS ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

MySignals - это платформа для разработки медицинских устройств и приложений электронного здравоохранения. Вы можете использовать MySignals для разрабатывать веб-приложения для электронного здравоохранения или даже добавлять собственные датчики для создания новых медицинских устройств. MySignals позволяет измерять более 20 биометрических параметров, таких как пульс, частота дыхания, уровень кислорода в крови, сигналы электрокардиограммы, артериальное давление, сигналы электромиографии мышц, уровень глюкозы, гальваническая кожная реакция, объем легких, волны храпа, положение пациента, параметры воздушного потока и шкалы тела (вес, масса кости, жир тела, мышечная масса, вода тела, висцеральный жир, базовый уровень метаболизма и индекс массы тела). Эти широкие возможности делает MySignals самой полной платформой электронного здравоохранения на рынке.

Все данные, собранные MySignals, зашифровываются и отправляются в личную учетную запись пользователя в Libelium Cloud через WiFi или Bluetooth. Данные могут храниться в облаке Libelium или отправляться на сторонний облачный сервер. Данные можно визуализировать в планшете или смартфоне с помощью приложений для Android или iPhone. Libelium предлагает API для разработчиков для доступа к информации.

Облачный API позволяет получить доступ к пользователю личный кабинет и получить ранее сохраненную информацию для визуализации на сторонней платформе.

Всю информацию о MySignals можно найти на: <http://www.my-signals.com>

### **5.1 Измерение ЭКГ с помощью медицинской платформы MySignals**

Электрокардиограмма (ЭКГ) - это диагностический инструмент, который обычно используется для оценки электрических и мышечные функции сердца.

ЭКГ стала одним из наиболее часто используемых тестов в современной медицине. Ее полезность в диагностике множества сердечных патологий, начиная от ишемии миокарда, инфаркта и нарушения ритма сердца была неоспорима для клиницистов на протяжении десятилетий.

Что измеряется или может быть обнаружено на ЭКГ?

- Ориентация сердца в грудной полости.
- Свидетельство увеличения толщины (гипертрофия) сердечной мышцы.
- Свидетельство повреждения различных частей сердечной мышцы.
- Свидетельство остро нарушенного притока крови к сердечной мышце.
- Паттерны аномальной электрической активности, которые могут предрасполагать пациента к аномальным нарушениям сердечного ритма.
- Основной ритм и механизм ритма сердца.

Точность ЭКГ зависит от тестируемого состояния. Проблемы с сердцем могут не всегда отображаться на ЭКГ. Некоторые сердечные заболевания никогда не вызывают каких-либо специфических изменений ЭКГ. Отведения ЭКГ прикрепляются к телу, а пациент лежит в квартире на кровати или медицинском столе.

## Особенности подключения датчика

Датчик использует «Непрерывную телеметрию ЭКГ» для длительного мониторинга с использованием трех электродов ЭКГ. Подсоедините электроды ЭКГ к датчику ЭКГ, прежде чем помещать их в тело пользователя. Сигналы ЭКГ необходимо измерять, когда пользователь лежит на кровати или на носилках. Подключите датчик гнезда к разъему ЭКГ, указанному на плате аппаратного обеспечения MySignals.

Кабель датчика имеет только один способ подключения, чтобы предотвратить ошибки и сделать подключение проще, см. рис. 7.



Рис.7 - Платформа оборудования MySignals с подключенным датчиком ЭКГ

Подсоедините электроды ЭКГ к датчику ЭКГ, прежде чем помещать их в тело пользователя. Предварительно необходимо удалить защитный пластик. Можно использовать специальный проводящий гель для улучшения качества сигнала датчика. В этом датчике используются одноразовые гелевые электроды. Эти высококачественные одноразовые электроды предназначены для измерения ЭЭГ, ЭКГ и ЭМГ. Они должны быть использованы один раз и очень удобны из-за наличия геля. Они очень хорошо прилипают к коже и чисты в использовании. Защелкивающийся разъем можно легко надвинуть или снять с провода электрода.

Разместите электроды, как показано ниже на рис. 8.

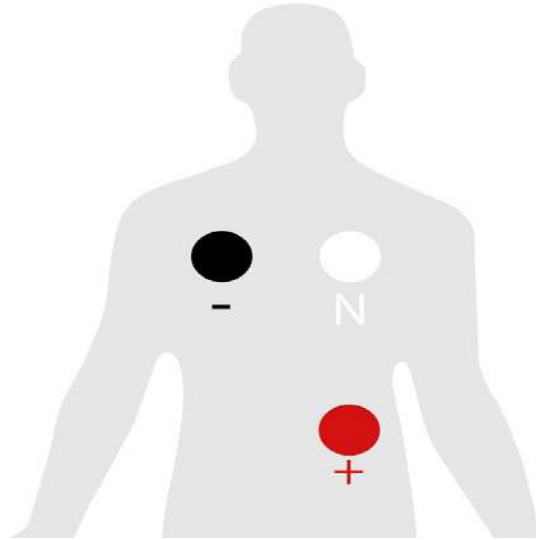


Рис. 8 - Диаграмма положения электродов ЭКГ

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Датчик предназначен для работы на пользователя в положении лежа на спине и в условиях максимальной релаксации. Это рекомендуется не использовать этот датчик в средах с чрезмерным электромагнитным шумом.

### **5.2 Примеры использования. Автономный режим**

Это пример измерения датчика в автономном режиме. Прежде всего выберите датчик, который вы хотите измерить на экране выбора датчиков. Нажмите на сенсорный экран в правильном символе. Вы можете увидеть логотипы выбранных датчиков в синем цвете, см. рис.9.



Рис. 9 - Логотип выбранного датчика.

Затем вы можете перейти к экрану General Sensor, используя логотип в левом нижнем углу. MySignals начнет контролировать все параметры в общем режиме, где отображаются только числовые значения.



Рис. 10 - Общий режим и выбор общего режима

Нажмите на логотип датчика в общем режиме, см. рис. 10, если вы хотите увидеть графические и числовые значения конкретного датчика. Наконец, вы можете перейти в детальный режим для каждого выбранного датчика, см. рис.11.



Рис. 11 - Детальный режим

В новых версиях прошивки приложений можно записывать непрерывные волны ЭКГ и отправлять их непрерывные волны в облако (в режиме сервера). Вы можете записать 15 или 30 секунд данных, см. рис. 12.

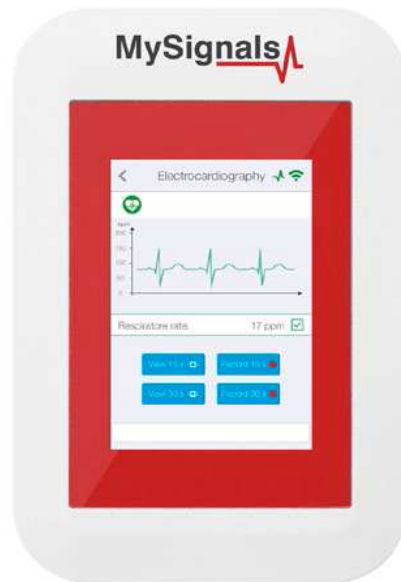


Рис. 12 – Выбор детального режима

Можно использовать эту новую функцию в режиме сервера, используя режим детализации. Используйте запись 15 секунд или запись 30 секунд кнопки, чтобы начать новую запись.

Обратите внимание, что вы должны использовать кнопки «Просмотр 15 секунд» или «Просмотр 30 секунд» каждый раз, когда вы хотите увидеть волну на экране.

После завершения записи вы можете выбрать между сохранением этой записи в облаке или ее отменой. Вы увидите всю информацию о загрузке в облако внизу экрана (зона текстовых сообщений), см. рис.13.



Рис. 13 – Информация о загрузке в облако

После правильной загрузки вы увидите дату сохранения файла. Затем вы можете увидеть этот новый файл необработанных данных в Интернете на Сервере или в мобильном приложении.

### **5.3 Примеры использования. Мобильное приложение MySignals**

Это пример просмотра сенсора в режиме мобильного приложения MySignals. Прежде всего выберите датчик, который вы хотите использовать, на экране выбора датчиков. Используйте свой смартфон и нажмите символ на сенсорном экране. Логотипы выбранных датчиков можно увидеть на экране в синем цвете.

Затем вы можете перейти к экрану General Sensor, используя логотип в левом нижнем углу. MySignals начнет контролировать все параметры в общем режиме, где отображаются только числовые значения.

На экране вы можете увидеть цветовой код в логотипах датчиков, см. рис. 14:

- Зеленый: это данные, измеренные в реальном времени в программном обеспечении MySignals.



- Оранжевый: это старые данные, измеренные в предыдущем соединении некоторое время назад.
- Серый: датчик не подключен.

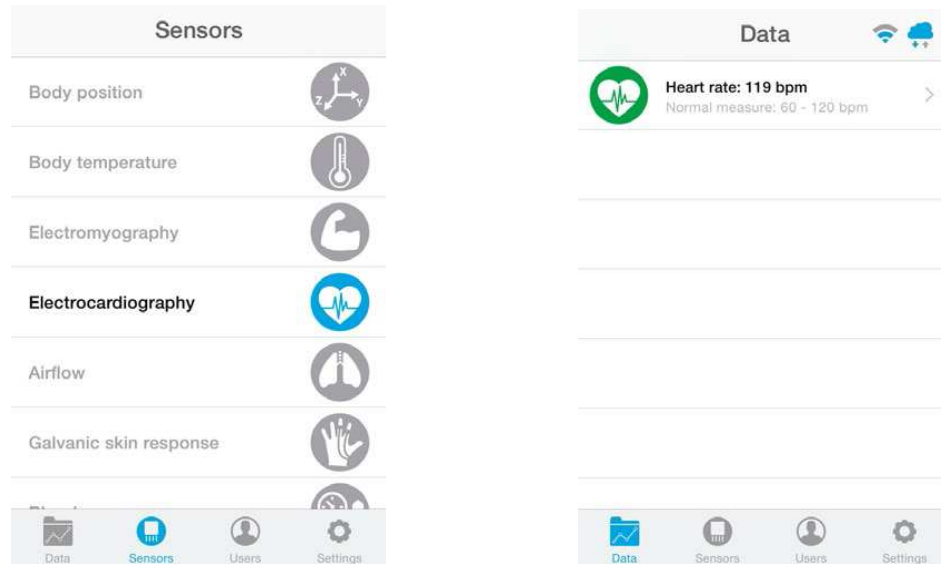


Рис. 14 - Общий режим и выбор общего режима приложения

Используя логотип, вы можете перейти в детальный режим для каждого выбранного датчика. Нажмите на логотип датчика в общем режиме, если вы хотите увидеть графические и числовые значения конкретного датчика, см. рис.15.



Рис. 15 - Детальный режим

На экране появилась новая вкладка для датчиков ЭКГ. Эта вкладка позволяет пользователю отображать необработанные данные, записанные с устройства MySignals (в режиме сервера).

Вы можете записывать до 30 секунд из MySignals устройства и показать записанные данные на вкладке необработанных данных, эта вкладка находится в правом верхнем углу экрана. Справа вверху вы можете увидеть скорость ЭКГ. Над графиком вы можете увидеть время графика для оси X, в этом случае график был разделен на окна по 3 секунды, см. рис. 16.

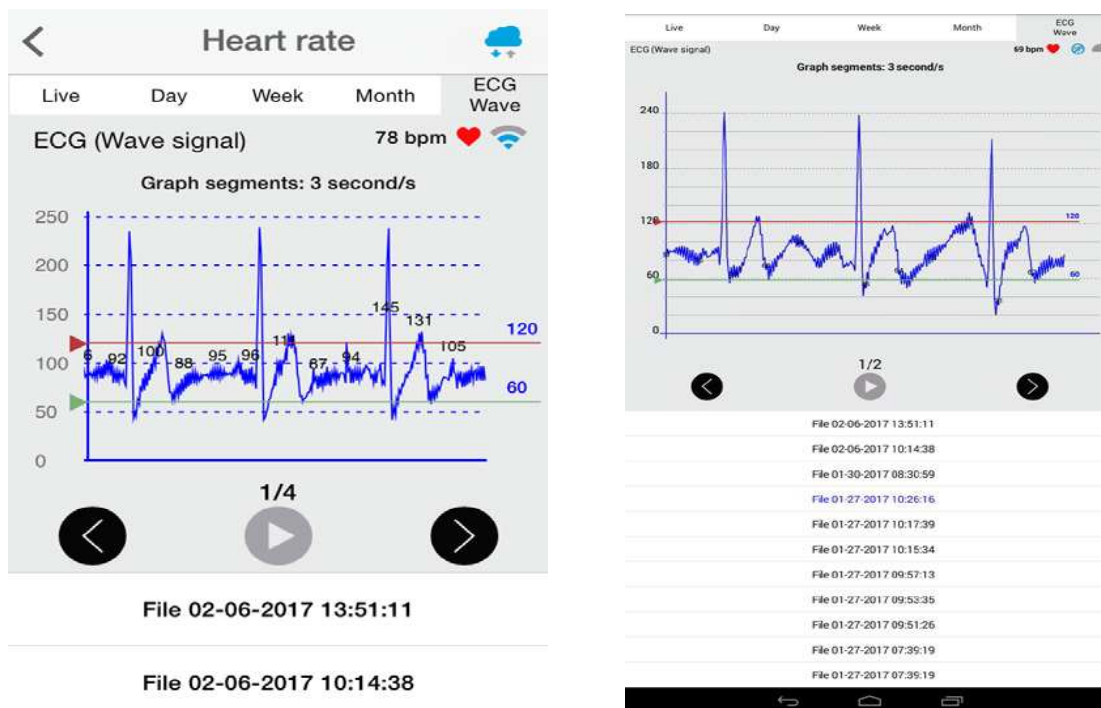


Рис.16 – Результаты измерения ЭКГ

На графике рис. 16, вы можете заметить значения для каждого важного пика данных, вы можете отслеживать изменения волн, наблюдая эти значения. Можно перемещать границы графика зелеными и красными линиями, касаясь каждой линии, чтобы перемещать ее вдоль графика.

В нижней части графика рис. 16 отображаются три кнопки:

Кнопки со стрелками вправо и влево позволяют перемещать график вправо или влево. В средней позиции есть воспроизведение / пауза кнопка для запуска или остановки режима карусели. По умолчанию и после окончания загрузки графика воспроизводится анимация графика автоматически.

Например, если вы записываете 30 секунд на устройстве MySignals, приложение покажет 11 частей перемещения с помощью кнопок со стрелками влево / вправо. Как только загрузка графика закончится, анимация будет воспроизведена автоматически.

Прямо над кнопкой воспроизведения / паузы вы можете увидеть небольшую легенду навигации, чтобы узнать, какую часть полного графика вы показывают.

В конце экрана вы можете получить список записей MySignals, предоставленных пользователем с устройства, это список отображается в порядке от самого старого до самого старого, в каждой строке отображается дата и время записи.

Нажмите на один ряд, чтобы выберите одну запись, и мобильное приложение начнет отображать данные на графике, строка также будет выделено, чтобы дать пользователю знать, какая строка в настоящее время строится.

Строки списка имеют частоту дискретизации, которая составляет около 10 миллисекунд.

#### ***5.4 Примеры использования. Приложение MySignals для веб-сервера***

Это пример просмотра данных датчиков для конкретного пользователя в режиме веб-сервера MySignals.

Прежде всего выберите пользователя, данные которого вы хотите визуализировать. Далее необходимо выбрать данные, полученные для данного пользователя. Вы можете использовать быстрое меню, расположенное в левой части меню Веб-сервера. Выберите user.igure: подробный режим.

Вы можете выбрать интервал загрузки в облако в настройках Wi-Fi 10, 20, 30 или 60 секунд. После этого вы можете увидеть общую страницу датчика.

MySignals Web Server будет контролировать все параметры в обычном режиме где он показывает только числовые значения.


На экране вы можете увидеть цветовой код в логотипах датчиков:

- Зеленый: это данные, измеренные в реальном времени в программном обеспечении MySignals.
- Оранжевый: это старые значения, измеренные в предыдущем соединении некоторое время назад.
- Серый: датчик не подключен.

MySignals DEMO MODE

Updates Device Members Departments Account Settings Demo User pub

### Account Settings


**Name:** Demo User (public) **Sign up:** 2018-02-07 08:53:05  
**Email:** \*\*\*\*\* **Last update:** 2019-02-07 08:56:17

Usage

License Usage Time 0 / 0































Database Storage 0 of 50000

API Calls  
Your license has not API Cloud access  
\* License expires on 2019-03-01

Statistics

Devices	5 / 1
Members	15 / 5
Departments	1 / 1

### Usage by Member

Member	DB records (%)	DB records	Action
 Adeline Gilach		0	
 Aynke Nizze		0	
 Barbara McGlynn		0	
 Clifford Marks		0	
 Daryl Harvey		0	
 Jacqueline Aufderhar		0	
 Jonathan Watson		0	
 Rally Schmidt		0	
 Kyle Mante		0	
 Lashia Hertz		0	
 Lourdes Gaskowski		0	
 Kovella Dedochal		0	
 Oliver Christiansen		0	
 Rosale Wolf		0	
 Sasha Zhornitski		0	

© 2019 MySignals Computational Intelligence LLC

Рис. 17 - Выбор пользователя

The screenshot displays the 'MySignals' web interface. On the left is a dark sidebar with navigation options: ORGANIZATION, CARDIOLOGY, DERMATOLOGY, TRAUMATOLOGY, DEVICES, and MEMBERS. The main content area is titled 'Member' and features a profile picture of a woman. Below the photo is a table with personal information:

Name:	Anna	Height:	173 cm
Surname:	Grifoid	Weight:	100 kg
Member ID:	25	Birthday:	10 Jun 1987
Last update:		Department:	Dermatology

Below the member information is a 'Data' section containing a list of physiological parameters, each with a corresponding icon and a normal range:

- Body position
- Temperature (Normal measure: 36 - 38 °C)
- Muscle contraction (cpm) (Normal measure: 0 - 10 cpm)
- Heart rate (bpm) (Normal measure: 60 - 120 bpm)
- Respiratory rate (ppm) (Normal measure: 12 - 20 ppm)
- Conductance (Normal measure: 2 - 7 μs)
- Diastolic pressure / Systolic pressure (Normal measure: 40 - 90 mmHg / 80 - 120 mmHg)
- Oxygen saturation (Normal measure: 95 - 98 %)
- Glucose mg (Normal measure: 72 - 114 mg/dl)
- PEF / FEV1 (Normal measure: 540 - 780 l/min / 100 - 300 l)
- Snore rate (spm) (Normal measure: 15 - 25 spm)
- Weight (Normal measure: 40 - 120 kg)
- Diastolic pressure / Systolic pressure (Normal measure: 40 - 90 mmHg / 80 - 120 mmHg)
- Oxygen saturation (Normal measure: 95 - 98 %)
- Glucose (Normal measure: 72 - 144 mg/dl)
- EEG Attention / EEG Meditation (Normal measure: 90 - 95 % / 80 - 95 %)

Рис. 18 - Общий режим пользователя на веб-сервере

Наконец, вы можете перейти в детальный режим для каждого выбранного датчика. Нажмите на логотип датчика в общем режиме, если вы хотите увидеть графические и числовые значения конкретного датчика, см. рис. 19.

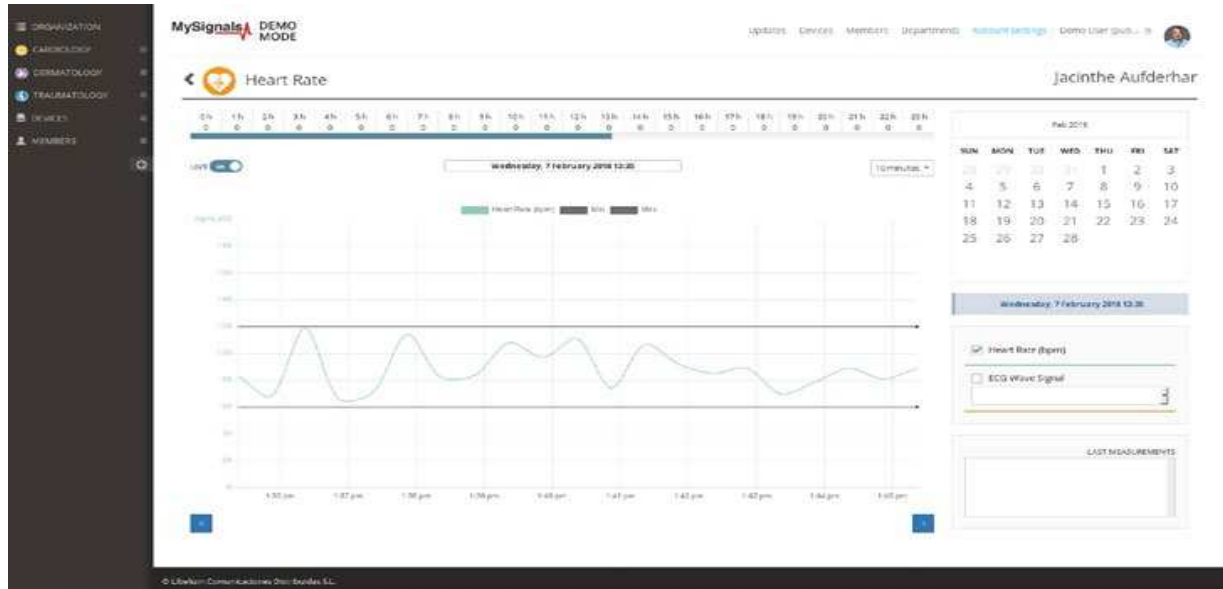


Рис. 19 - Детальный режим веб-сервера

Вы можете изменить интервал, который настраивает MySignals для отправки данных на сервер. Введите значение в секундах, см. рис.20, и MySignals будет отправлять данные на сервер, в том режиме измерения, как вы его настроили.



Рис. 20 - Настройки WiFi

## Предварительный просмотр данных

Была добавлена новая функция, позволяющая нам видеть необработанные данные, также известные как волновой сигнал, для датчиков, в том числе и ЭКГ, см. рис.21.

The screenshot displays the MySignals interface. On the left is a navigation menu with categories like ORGANIZATION, CARDIOLOGY, DERMATOLOGY, TRAUMATOLOGY, DEVICES, and MEMBERS. The main content area shows a 'Member' profile for 'Esta Hane' with personal details like height (156 cm), weight (60 Kg), and birthdate (04 Dec 1955). Below this is a 'Data' section listing various health metrics. Red arrows highlight the current values for several metrics: Muscle contraction (0 cpm), Heart rate (106 bpm), Respiratory rate (0 ppm), and Snore rate (12 spm).

Member Information	Value
Name	Esta
Height	156 cm
Surname	Hane
Weight	60 Kg
Member ID	5
BirthDay	04 Dec 1955
Last update	2017-02-06 06:51:22:05:00
Department	Cardiology

Metric	Current Value	Normal Measure
Body position	non-defined position	-
Temperature	25.73 °C	36 - 38 °C
Muscle contraction (cpm)	0 cpm	0 - 10 cpm
Heart rate (bpm)	106 bpm	60 - 120 bpm
Respiratory rate (ppm)	0 ppm	12 - 25 ppm
Conductance	2764.87 µs	2 - 7 µs
Diastolic pressure / Systolic pressure	- / -	40 - 90 mmHg / 80 - 120 mmHg
Oxygen saturation	-	95 - 98 %
Glucose mg	-	72 - 114 mg/dl
PEF / FEV1	- / -	540 - 780 l/min / 180 - 300 l
Snore rate (spm)	12 spm	12 - 25 spm
Weight	-	40 - 120 Kg
Diastolic pressure / Systolic pressure	- / -	40 - 90 mmHg / 80 - 120 mmHg
Oxygen saturation	-	95 - 98 %
Glucose	-	72 - 144 mg/dl
EEG Attention / EEG Meditation	- / -	30 - 50 % / 30 - 50 %

Рис. 21 – Страница сведений об измерениях

На странице сведений об измерениях показан общий вид последних значений, полученных для разных датчиков.



Выберите один из следующих датчиков, чтобы перейти на страницу сведений о датчике:

- Поток воздуха: (частота дыхания)
- ЭКГ: (ЧСС)
- ЭМГ: (сокращение мышц)

На этой странице, см. рис. 22, перейдите на вкладку «Волновой сигнал».

В правом нижнем углу страницы находится раскрывающийся селектор с доступными необработанными значениями, отсортированными по дате. В этом случае вы можете выбрать волну, которая была записана с использованием оборудования MySignals.



Рис. 22 – Переход на вкладку «Волновой сигнал»

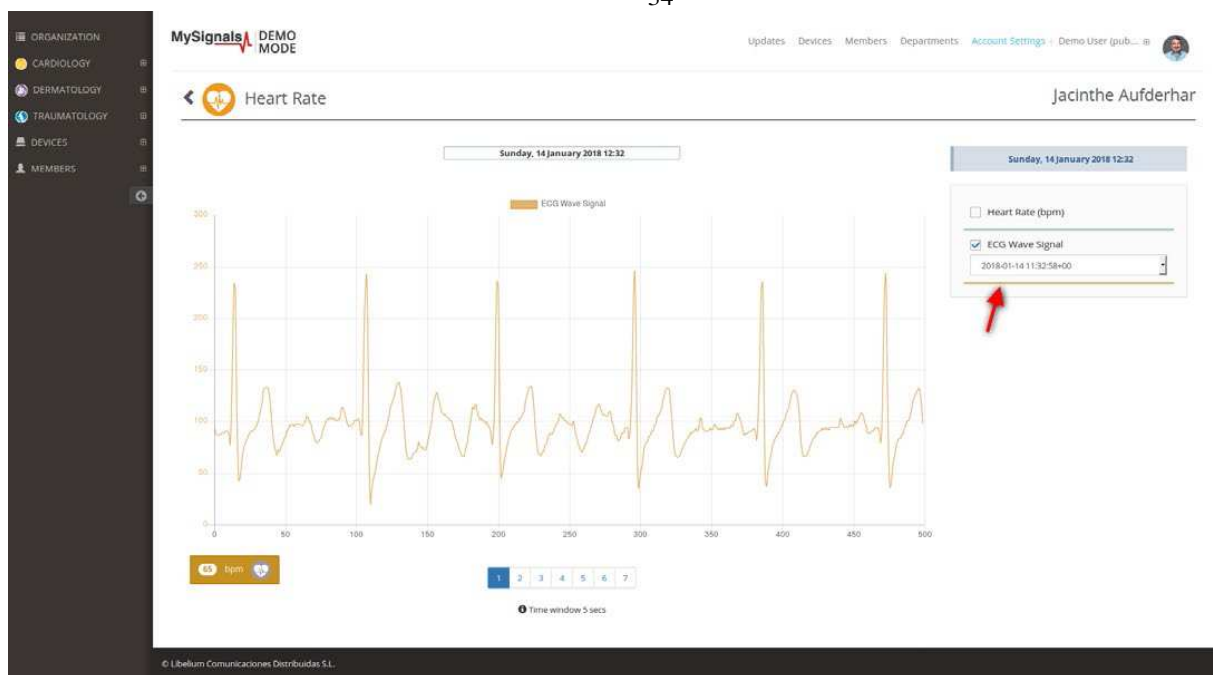


Рис. 23 – Результаты данных, полученные для выбранной даты

В нижнем центре, см. рис. 23, есть управление разбиением на страницы, которое вы можете использовать для навигации по волне, продвижения вперед и назад в сроки.

## 6 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

- Ознакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации самописца « Endim 620.02.»
- Подготовить к измерению электрокардиограмм самописец: определить места подсоединения, коэффициенты усиления, скорость развертки, порядок включения самописца. Подготовить кабели, электроды, марлевые салфетки, места подсоединения электродов протереть спиртом (запястья рук и щиколотки добровольца-студента).

- Провести пробные измерения электрокардиограммы одного из подключений без разделительного конденсатора и эмиттерного повторителя, используя усилитель самописца. По результатам измерений сделать выводы.
- Провести измерения электрокардиограмм трех подключений с разделительным конденсатором и эмиттерным повторителем.
- Ознакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации медицинской платформы MySignals.
- Провести измерения электрокардиограмм трех подключений с помощью медицинской платформы MySignals.
- По результатам измерений сравнить (качественно и количественно) полученные ЭКГ друг с другом и с теоретическими (типовыми) ЭКГ, выполнить необходимые расчеты, определить положение вектора электрической оси сердца, сделать выводы, написать отчет.
- Сдать отчет по лабораторной работе с защитой (ответами на тестовые вопросы преподавателя).

## 7 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ремизов А.Н. Курс физики. Учебник. - М.: Высшая школа, 2001. – 500 с.
2. Ремизов А.Н. Курс физики, электроники и кибернетики для медицинских институтов: Учебник. – М.: Высшая школа, 1982. – 607 с.
3. Медицинская электронная аппаратура для здравоохранения: Пер. с англ./ Л. Кромвел, М. Ардитти, Ф. Вейбел и др.; Пер под ред. Утямышева Р.И. – М.: Радио и связь, 1981. – 344 с.
4. Фомин Н.А. Физиология человека: Учебное пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. институтов. – М.: Просвещение, 1982. – 320 с.
5. Брин В.Б. Физиология человека в схемах и таблицах. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 1999. – 352 с.