

**ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС  
“КАРДИОТЕХНИКА-САКР” ДЛЯ НАСТРОЙКИ  
КАРДИОСТИМУЛЯТОРОВ СЕРДЕЧНОЙ  
РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ**

Санкт-Петербург, НАО «ИНКАРТ», gkz@incart.ru

**Аннотация:** Разработан измерительно-информационный комплекс определения оптимальных параметров работы электрокардиостимуляторов. Основным критерием является максимизация артериального давления при заданном параметре. Значения АВ задержки соответствуют значениям, полученным с помощью эхокардиографии, и обладают лучшей воспроизводимостью. Время процедуры существенно уменьшается.  
**Ключевые слова:** настройки электрокардиостимуляторов, АВ задержка, непрерывное измерение АД

Современные методы лечения сердечной недостаточности позволяют устранить или минимизировать диссинхронию сердца путем имплантации специального электрокардиостимулятора с тремя стимулирующими электродами. В итоге возрастает производительность сердца и, как следствие снижается сердечная недостаточность. Такой метод лечения называется сердечной ресинхронизирующей терапией (СРТ).

Настройка электрокардиостимуляторов СРТ весьма сложная процедура, которая предполагает определение оптимальных временных интервалов, в частности: стимуляции предсердия и желудочка (АВ), задержка между сокращениями левого и правого желудочков (ВВ), задержка стимуляции желудочка после собственной стимуляции предсердия (детектируемая АВ). Процедура требует создания специального комплекса измерительных и анализирующих устройств. Поскольку установка стимуляторов СРТ направлена на улучшение функции сердца, максимизация величины артериального давления (АД) является определяющей при выборе параметров стимуляции.

Для решения задачи настройки электрокардиостимуляторов был разработан измерительно-информационный комплекс «Кардиотехника-САКР» функциональная схема которой показана на Рис 1.

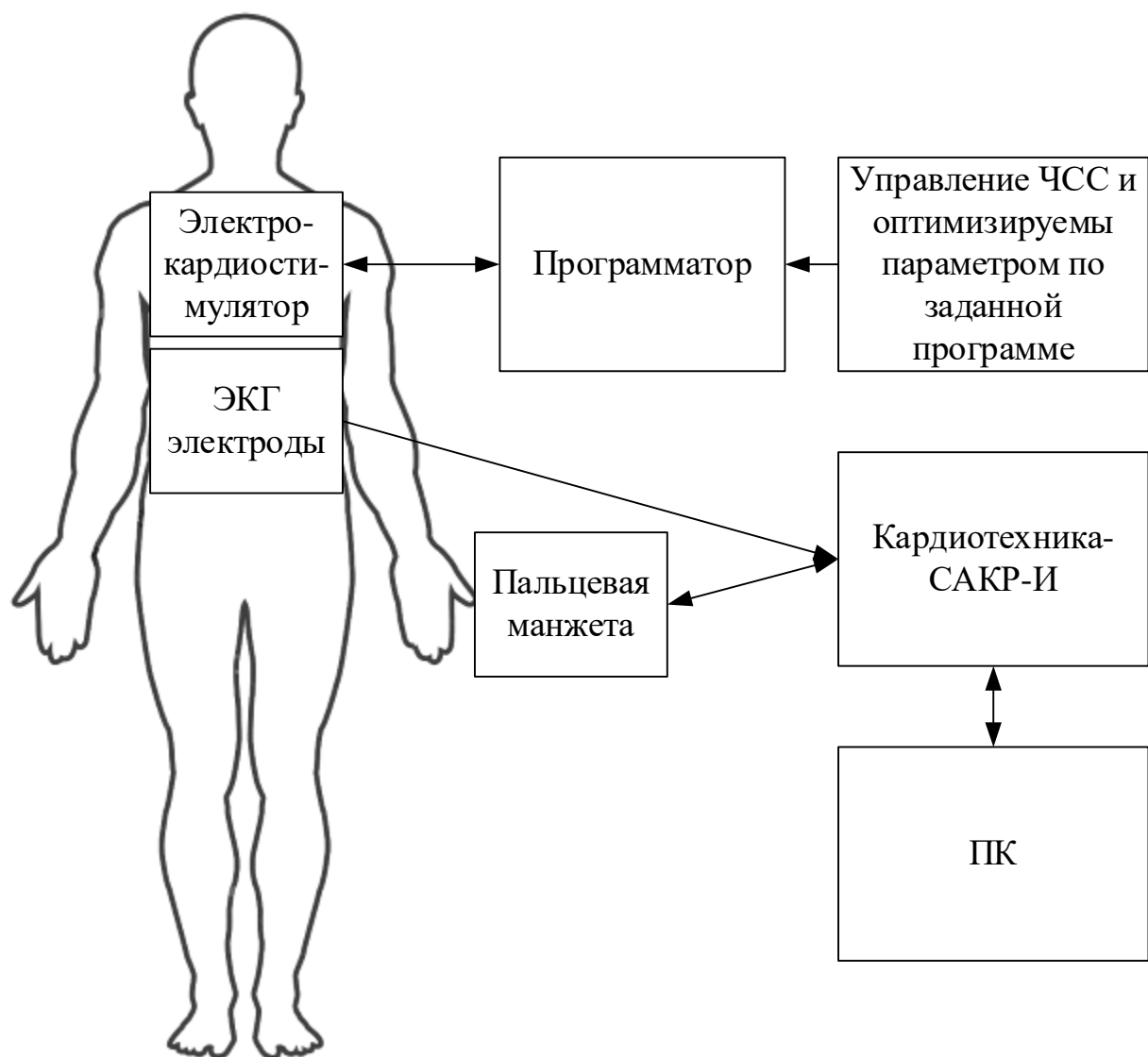


Рис. 1. Комплекс «Кардиотехника-САКР» для настройки кардиостимуляторов СРТ.

В состав комплекса входят: регистратор «Кардиотехника-САКР-И», осуществляющий непрерывные неинвазивные измерения АД на каждом сердечном сокращении [1,2] и регистрацию ЭКГ в 12-отведениях; компьютер для выделения импульсов стимуляции из ЭКГ в режиме реального времени, анализа АД и расчета оптимизируемого параметра; система программирования стимулятора.

Сложность задачи настройки электрокардиостимулятора СРТ на основе измерения АД связана с тем, что оптимальную величину задержки необходимо получить на фоне помех, вызванных воздействием на контролируемый сигнал различных физиологических процессов, протекающих в организме человека в процессе неподвижного лежания во время процедуры настройки, таких как дыхание, динамики изменения ЧСС, состояния сосудов и других факторов. Причем величина этих помех сопоставима или даже может превышать эффект от оптимизации, что может делать всю процедуру настройки невозможной или, даже, ошибочной.

Основным настраиваемым параметром электрокардиостимулятора СРТ является время задержки между стимуляцией предсердий и желудочков, которое обозначается АВ. Чтобы повысить надежность процедуры был предложен специальный алгоритм настройки [3], повышающий отношение сигнал-шум и, как следствие, надежность всей процедуры. Рассмотрим, как этот алгоритм реализуется при помощи комплекса “Кардиотехника-САКР”.

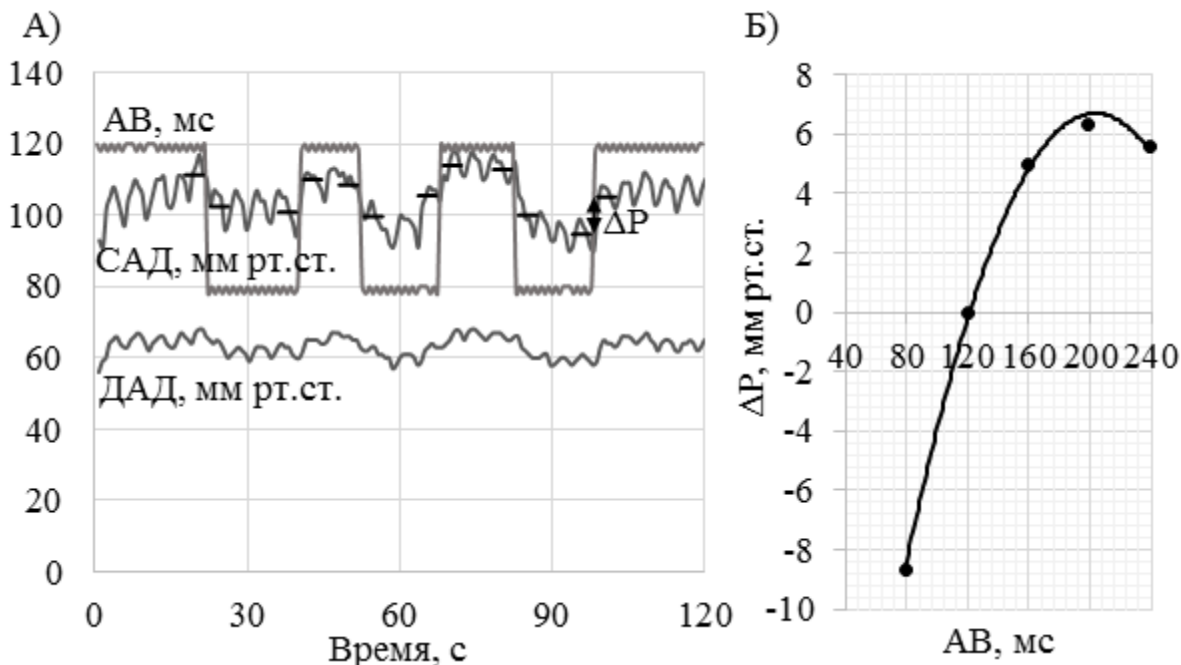


Рис. 2. Схематическое представление алгоритма для настройки кардиостимулятора. А) Пример регистрации сигналов при переключении АВ задержки между значением 80 мс и опорным 120 мс. Б) Результирующий график средних изменений давлений на каждом значении АВ, и аппроксимирующая парабола.

Схематически алгоритм настройки показан на Рис. 2. Настройка производится под непрерывным контролем АД на каждом сердечном сокращении. Изменения давления фиксируются относительно давления при опорной АВ задержке 120 мс путем неоднократных переключений между опорной и заранее определенной одной и той же АВ задержкой (Рис. 2.А), затем выбирается следующая АВ задержка. Оптимизация проводится при АВ задержках 80, 160, 200, 240 мс, но ограничиваются той задержкой, при которой еще происходит стимуляция, а не сокращение, вызванное собственной желудочковой проводимостью. Величина изменения систолического АД (САД) определяется средней разницей САД на шести (если не известен период дыхания) сердечных сокращениях, взятых непосредственно до и после каждого переключения АВ задержки независимо от его направления. Желательно, чтобы количество точек усреднения САД непосредственно до и после переключения АВ задержки соответствовало периоду дыхания, т.к. это будет улучшать отношение сигнал шум. Окна усреднения должны примыкать непосредственно к месту переключения АВ задержки, т.к. согласно работе [4] отступ на одно

сердечное сокращение будет уменьшать отношение сигнал шум на 3.6 %, а на пять сокращений уже 17.5 %. Строится график зависимости усредненных изменений САД от значения параметра (Рис. 2.Б). отсчеты аппроксимируются параболой. Максимум функции принимается за оптимальное значение параметра.

Существенное влияние на качество настройки АВ задержки оказывает ЧСС. При более высоких ЧСС во всех измерениях наблюдается выраженный пик САД при изменении АВ задержки [3]. При ЧСС покоя только 3 пациента из 12 показали заметный гемодинамический пик. Этот факт имеет физиологическое обоснование. Ресинхронизация оказывает два важных воздействия на активность миокарда. Во-первых, делает сжатие более синхронным, повышая скорость подъема давления левым желудочком, что делает систолу более эффективной. Во-вторых, остается больше времени для наполнения левого желудочка кровью. Для многих пациентов, в состоянии покоя, улучшение наполнения не играет роли, т.к. время наполнения уже достаточное. Тем не менее, при более высокой ЧСС, время заполнения может стать ограничивающим фактором, тогда выбор идеальной АВ задержки улучшит артериальную гемодинамику.

Выполненная описанным выше способом настройка АВ задержки с контролем АД на каждом сердечном сокращении показала хорошую воспроизводимость, так как через три месяца задержка в среднем отличалась только на  $3 \pm 8$  мс, тогда, как при использовании эхокардиографии повторная настройка давала результаты, отличающиеся на  $17 \pm 20$  мс.

Но вопрос повышения ЧСС актуален только в случае стимулированной АВ задержки и ВВ задержки. Получение оптимального значения детектируемой АВ задержки делает невозможным задание частоты стимулятором.

Учитывая результаты описанного выше исследования, предложена следующая процедура выполнения настройки кардиостимуляторов ресинхронизирующей терапии.

Переключение задержек (АВ, ВВ или детектируемой АВ) осуществляется вручную врачом с помощью программатора соответствующего установленному стимулятору. Длительность каждого уровня параметра составляет 15 с. Протокол переключения для ориентировки врача отображается на экране измерительной системы. Каждое значение параметра проверяется отдельно. При необходимости врач может прервать пробу целиком или после проверки любого из уровней временно установить исходные параметры стимулятора для уменьшения нагрузки на пациента. При определении стимулированной АВ задержки и ВВ задержки ЧСС пациента повышается до 90 уд/мин, но не менее чем на 10 уд/мин больше чем ЧСС покоя.

Регистрация ЭКГ и неинвазивное измерение АД на каждом сердечном сокращении выполняется прибором «Кардиотехника-САКР-И». Данные сохраняются в память прибора, и передаются на персональный компьютер. ПО отображает на экране доступные отведения ЭКГ (в зависимости от

выбора кабеля), давление, рассчитывает задержки по кардиограмме и автоматически строит график относительного изменения АД от длительности интервала АВ или ВВ, что позволяет сразу определить оптимальное время задержки стимуляции. Длительность процедуры на данный момент составляет 15 - 20 мин.

Серия процедур с использованием комплекса была проведена на базе ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова». Рассчитанные значения оптимальной стимулированной АВ задержки соответствовали предварительно полученному значению параметра с помощью эхокардиографии.

Реализованный метод позволяет автоматически оценить параметры работы электрокардиостимулятора конкретным значением, без необходимости экспертной оценки. Полученное значение обладает лучшей воспроизводимостью по сравнению с классическими методами, при этом значительно снижается время проведения процедуры. Задачей дальнейшего развития метода является необходимость автоматического определения детектируемой АВ задержки, на данный момент этот параметр может быть определен только ручной обработкой данных измерения.

#### Литература:

1. Пивоваров, В.В. Измерительно-информационная система функциональной диагностики нервной регуляции кровообращения. Часть I. Разработка // Датчики и системы. – 2008. – N 10. – С. 2-8.
2. Пивоваров, В.В. Измерительно-информационная система функциональной диагностики нервной регуляции кровообращения. Часть II. Реализация // Датчики и системы. – 2008. – N 12. – С. 2-5.
3. Whinnett Z.I., Davies J.E., Willson K., Chow A.W., Foale R.A., Davies D.W., Hughes A.D., Francis D.P., Mayet J. Determination of optimal atrioventricular delay for cardiac resynchronization therapy using acute non-invasive blood pressure // Europace. – 2006. – Vol. 8(5). – P. 358-366.
4. Whinnett Z.I., Nott G., Davies J.E., Willson K., Manisty C.H., Kanagaratnam P., Peters N.S., Davies D.W., Hughes A.D., Mayet J., Francis D.P. Maximizing Efficiency of Alternation Algorithms for Hemodynamic Optimization of the AV Delay of Cardiac Resynchronization Therapy. Pacing Clin // Electrophysiol. – 2011. – Vol. 34(2). – P. 217-225.