

## **Медицинские приборно-компьютерные системы.**

Медицинские приборно-компьютерные системы (МПКС) являются одним из распространенных видов медицинских информационных систем базового уровня. В современных медицинских приборах осуществлен переход от аналоговых измерительных и регистрирующих устройств к цифровым приборам и аппаратам на основе применения вычислительной техники. В состав медицинских приборов и систем входят микропроцессоры или микро ЭВМ, чаще всего переносные ПК (ноутбуки). Применение цифровой техники позволило увеличить точность проводимых измерений, создавать электронные архивы результатов исследований, передавать информацию на расстояние, а также осуществлять обработку данных, используя специальные программы анализа медицинских исследований. Все это позволило поднять медицинскую аппаратуру на новый уровень, позволяющий повысить эффективность инструментальных методов диагностики, прогнозирования, лечения и контроля состояния тяжелых пациентов.

МПКС состоят из электронных медицинских устройств, микропроцессоров или ПК и программного обеспечения. Микропроцессоры, обычно, входят в состав мобильных приборов и выполняют обработку данных и управление прибором по определенной программе, зашитой в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Приборы на базе универсальных ПК обладают большими функциями и более гибким программным обеспечением, т.к. используют внешнюю память, позволяющую хранить большие объемы информации и легко менять программу обработки данных.

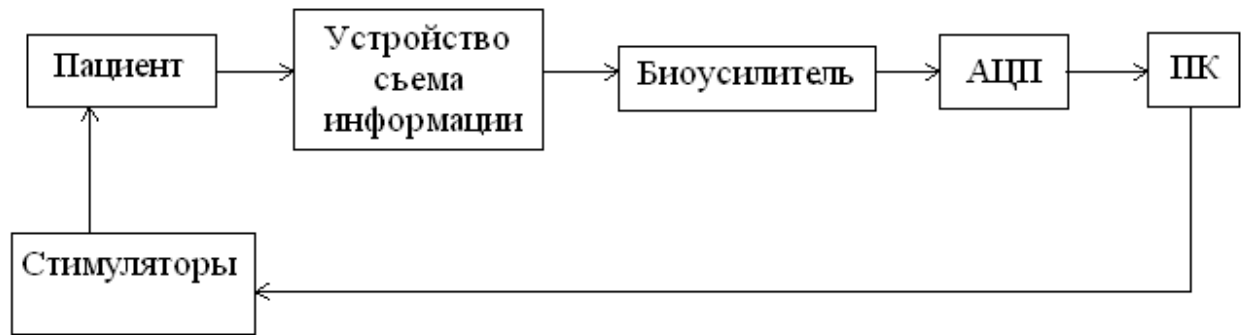
По назначению МПКС могут быть разделены на следующие группы:

- системы функциональной диагностики;
- системы оперативного слежения за состоянием пациента (мониторные системы);
- системы обработки медицинских изображений;
- системы лабораторной диагностики;
- системы лечебных воздействий;
- биотехнические системы замещения жизненно важных функций организма и протезирования.

Компьютерные системы функциональной диагностики (КСФД) позволяют значительно повышать точность и скорость обработки информации о состоянии пациента. Наиболее распространенными являются КСФД анализа электрокардиограмм (ЭКГ), электроэнцефалограмм (ЭЭГ), электромиограмм (ЭМГ), реограмм (РГ), вызванных потенциалов (ВП) мозга и др.

КСФД представляют наиболее вероятный вариант заключения, на который врач должен обратить внимание в первую очередь. Наряду с этим, исходя из собственного опыта, знаний и интуиции, он может сформулировать более правильное, на его взгляд, заключение.

Рассмотрим основные компоненты КСФД, которые являются основой технологических АРМ врача функциональной диагностики, в частности врача-кардиолога.



**Рис. 1. Структурная схема контрольной системы функциональной диагностики.**

Аппаратное обеспечение компьютерной системы анализа электрокардиограмм включает в себя следующие основные устройства (рис. 1)

- *Устройства съема электрических сигналов* – электроды, которые закрепляются непосредственно на теле пациента и представляют собой проводники специальной формы, покрытые сверху слоем хлористого серебра. По своим характеристикам они близки к неполяризуемым электродам. Между электродом и кожной поверхностью существует переходное сопротивление, при увеличении которого уменьшается амплитуда снимаемого сигнала и увеличивается сигнал сетевой наводки. Для уменьшения переходного сопротивления применяют марлевые прокладки, смоченные физиологическим раствором, или специальную электродную пасту.

- *Биоусилитель* предназначен для усиления сигналов до уровня порядка  $\pm 1В$ ,  $\pm 5В$ ,  $\pm 10В$ , необходимого для работы аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Кроме усиления биоусилители осуществляют фильтрацию сигналов с целью удаления низкочастотных и высокочастотных составляющих, а также снижения уровня сетевых помех. Для удаления синфазных помех в биоусилителях применяют дифференциальные усилители, которые усиливают полезный сигнал и ослабляют сигнал наводки. Кроме того, в биоусилителях имеются фильтры нижних и верхних частот, а также полосовые режекторные фильтры. *Фильтр нижних частот* пропускает только частоты, лежащие ниже определенной заданной частоты – частоты среза. Такие фильтры применяются для ослабления высокочастотных помех. *Фильтры верхних частот* пропускают только частоты, лежащие выше частоты среза. Такие фильтры применяются для уменьшения влияния низкочастотных артефактов, например, электромиограмм, дыхания. *Полосовые режекторные фильтры* ослабляют частоты, расположенные между двумя частотами среза. Обычно они используются для удаления узкой полосы частот в области 50 Гц, т.е. сигнала сетевой наводки. Следует отметить, что

фильтрация сигналов может осуществляться и программным путем, используя метод цифровой фильтрации.

- *Аналого-цифровой преобразователь (АЦП)* осуществляет преобразование входных аналоговых сигналов в цифровую форму для ввода и дальнейшей обработки в ПК. В процессе этого преобразования непрерывный сигнал превращается в совокупность дискретных уровней напряжений, которые измеряются с определенной точностью и поступают на вход ПК. Важными характеристиками АЦП являются частота квантования и точность преобразования сигнала. Частота квантования определяется максимальной частотой составляющей анализируемого сигнала и должна превышать ее в два раза. Обычно в компьютерной электрокардиографии используют 256 или 512 отсчетов в секунду, что позволяет вводить ЭКГ практически без искажения.

- *Персональный компьютер* с набором периферийных устройств и специальным программным обеспечением анализа ЭКГ.

- *Стимуляторы* используются для воздействия на пациента световыми, звуковыми, электрическими и другими сигналами для изучения ответных реакций организма на действующие раздражители. В частности такие методы используются для изучения вызванных потенциалов мозга.

Программное обеспечение КСФД предназначено для автоматизации следующих основных этапов проведения комплексного функционального исследования пациента:

1. Предварительная подготовка.
2. Проведение исследования, запись ЭКГ.
3. Отбор и редактирование записей.
4. Выделение характерных графоэлементов и измерение параметров ЭКГ.
5. Интерпретация результатов анализа и оформление заключения.
6. Документирование исследования.

*Предварительная подготовка* заключается в выборе методики и режимов исследования, нагрузок и функциональных проб, дополнительной аппаратуры (например, велоэргометра). На этом этапе осуществляется настройка компьютерной программы путем определения количества регистрируемых каналов, системы отведения биопотенциалов, коэффициента усиления и частоты дискретизации сигнала, величины калибровочного импульса, полосы пропускания биоусилителей т.д. В базу данных вводится информация об испытуемом: паспортные данные, предварительный диагноз, сведения о приеме лекарств, дата регистрации. Кроме того, проводится подготовка пациента к обследованию, закрепляются электроды, подключается кабель отведения.

*Запись ЭКГ* включает обычно 12 отведений: три стандартных (I, II, III), три усиленных однополюсных отведения от конечностей ( $avR$ ;  $avL$ ;  $avF$ ) и шесть грудных однополюсных отведений (V1-V6). Регистрируемый сигнал отображается на мониторе, что позволяет визуально выделить и зарегистрировать

записи, свободные от артефактов и наводок. На экране монитора сигнал отображается в реальном масштабе времени, что затрудняет визуальный детальный анализ исследуемых сигналов, поэтому осуществляется избыточная запись в базу данных, предполагающая их дальнейшую редакцию.

*Отбор и редактирование данных* производится после записи ЭКГ в базу данных и предназначены для выделения участков сигналов с целью дальнейшего анализа. На этом этапе возможно более медленное воспроизведение сигналов на экране монитора с остановками картинки с целью выявления артефактов, связанных с движением пациента, дыханием и т.п. Монитор является основным инструментом визуального изучения записей, ручного измерения и редактирования. Окно монитора занимает большую часть экранного пространства и содержит записи ЭКГ в порядке каналов отведений сверху вниз.

На экране монитора могут быть поставлены различные оси, например, горизонтальная (ось времени) и вертикальная (ось амплитуды). В любом месте экрана может быть поставлен маркер и визир (вертикальная линия), чтобы с помощью соответствующей команды удалить участок записи, расположенный между ними. Таким образом убираются участки, имеющие артефакты и сетевые наводки. Предусмотрена цифровая фильтрация каждого канала и всех каналов одновременно для снижения уровня сетевых помех или сигнала электромиограммы в записи ЭКГ.

*Выделение характерных графоэлементов и измерение параметров ЭКГ.* Наиболее важным этапом работы программы является распознавание зубцов P,Q,R,S,T.

Задача распознавания состоит в определении точек начала и окончания каждого зубца, нахождения максимумов высоты зубцов и их идентификации. Для решения этой задачи фирмы, выпускающие компьютерные кардиоанализаторы, используют различные математические методы. Для устранения многочисленных мелких зубцов, маскирующих истинные точки перегиба и максимумы сигнала ЭКГ, используют аппроксимацию сигнала сплайн-функциями или полиномами разных порядков. Эта задача решается также методом цифровой фильтрации высокочастотных составляющих. Следует отметить, что все методы фильтрации и аппроксимации опираются на априорное знание структуры исследуемого сигнала и маскирующего шума. Выделение точки начала и конца каждого зубца являются основой для измерения длительности комплексов, интервалов и сегментов (расстояние между зубцами).

*Интерпретация результатов анализа и оформление заключения* основывается на данных выявления элементов ЭКГ и измерения их параметров. При этом вычисляются некоторые вспомогательные показатели, например, индексы Макруза и Долобчана, положение электрической оси сердца.

Результаты измерений и расчетов используются для выявления основных электрокардиографических синдромов. Алгоритмы синдромального анализа ЭКГ

основаны на врачебной логике: сравнении параметров ЭКГ с диагностическими критериями, основанными на данных литературы, экспериментальных данных и опыте ведущих специалистов в данной области.

*Документирование исследования* состоит в выдаче на печать числовых, графических результатов и компьютерного ЭКГ-заключения. Если компьютерное заключение верифицировано только по ЭКГ, то для создания врачебного заключения необходимо сопоставление ЭКГ и клинических данных.

В настоящее время отечественными и зарубежными фирмами выпускается большое количество компьютерных электрокардиографов.

В качестве примера рассмотрим электрокардиоанализатор «Анкар-131», выпускаемый НПКФ «Медиком МТД» (Россия, г. Таганрог).

Кардиоанализатор «Анкар-131» может применяться в диагностических, реабилитационных и кардиологических центрах и санаториях, в отделениях и кабинетах функциональной диагностики, а также в палатах интенсивной терапии различных медицинских учреждений, в службах скорой помощи и МЧС, для научных исследований и в учебных целях.

Состав кардиоанализатора (рис.2):

- электронный блок пациента;
- интерфейсный блок для связи с компьютером через порт USB;
- электроды, датчики, кабели и другие принадлежности;
- компакт-диск с программно-методическим обеспечением ОС Windows'98, 2000;
- компьютер (типа PentiumIII, Athlon, Celeron) или аналогичный NoteBook, принтер.



**Рис. 2. Кардиоанализатор «Анкар-131»**

## Основные возможности кардиоанализатора:

- полный цикл обследования от ведения карточки до получения квалифицированного медицинского заключения;
- покардиоцикловое мониторирование любых количественных параметров ЭКГ (ЧСС, QT, PQ, смещение ST-сегмента и др.) синхронно с нативной электрокардиограммой для анализа их динамики и взаимосвязи в процессе ЭКГ-исследования и при проведении различных функциональных проб.
- анализ дисперсии интервала QT для оценки риска внезапной сердечной смерти;
- автоматическое формирование синдромального заключения;
- автоматическая генерация протокола, характеризующего выбранные параметры ЭКГ в исходном состоянии и в привязке к функциональным пробам;
- спектральный анализ (построение спектрограмм и таблиц спектральных характеристик) для выявления модулирующих влияний;
- статистический анализ и построение гистограмм, скаттерграмм и таблиц статистических характеристик по любым амплитудно-временным параметрам ЭКГ;
- создание и редактирование нормативных справочников по любым количественным параметрам ЭКГ для нескольких возрастных групп;
- электронная картотека исследований обеспечивает сетевой многопользовательский режим с единой базой данных по пациентам, распечатку отчетов, возможность работы с распределенной системой хранения данных. Имеются развитые средства поиска исследований по любым заданным критериям.

## Дополнительные возможности:

- программа оценки состояния вегетативной нервной системы (ВНС) на основе анализа вариабельности сердечного ритма (в соответствии с Международным стандартом 1996 г.);
- автоматическое формирование текстового заключения о тоне и реактивности ВНС;
- проведение нагрузочных кардиографических исследований (тесты PWC170, PWC) с тревожной сигнализацией по критичным показателям ЭКГ. При наличии велоэргометра организуется полнофункциональный велоэргометрический комплекс.

**Компьютерный мониторинг больных** предназначен для наблюдения за состоянием физиологических параметров больных, экспресс-анализа и оповещение врачебного персонала о критических и предкритических состояниях пациентов по значениям контролируемых параметров, накопления и хранения информации с целью выявления неблагоприятной динамики жизненно важных показателей состояния больных.

Современные мониторные системы обладают следующими важными качествами:

1. Возможность накапливать информацию о больном путем измерения и регистрации значений выбранных физиологических параметров, исключая субъективные ошибки обслуживающего персонала.

2. Аналитическая обработка в компьютере измеряемых показателей позволяет объективно оценить состояние пациентов и дать рекомендации врачу (на уровне экспертной системы) по виду и объему необходимой коррекции отдельных параметров.

3. Компьютерная оценка состояния больного в пространстве измеряемых физиологических параметров и анализ их динамики позволяет дать объективный прогноз в развитии состояния пациента.

4. Возможность объединения компьютерных мониторов в единую локальную сеть для создания единой базы данных при компьютеризации медицинского учреждения.

В зависимости от вариантов использования выделяют следующие разновидности мониторинга:

- *Операционный мониторинг.* Операционный компьютерный монитор предназначен для автоматического наблюдения за состоянием больного во время операции, ведения наркозной карты с автоматическим занесением в наркозную карту значений физиологических параметров (частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления, содержания кислорода в гемоглобине артериальной крови) при проведении операции, автоматического ведения протокола наркозной карты с привязкой ко времени, ведения протокола анестезии, автоматического формирования на дискете результатов (заполненного протокола анестезии, наркозной карты с трендами, протокола заполнения наркозной карты) для передачи в персональный компьютер заведующего отделением. В тех случаях, когда предполагается автоматическое управление капельницами, аппаратом искусственного дыхания, кардиостимуляторами, контрпульсаторами и т. п., система должна включать устройство, преобразующее код в управляющий сигнал.

- *Кардиомониторирование в период оказания экстренной медицинской помощи.* Кардиомонитор находится в оснащении бригад скорой медицинской помощи и служит для оптимизации ранней диагностики острых коронарных синдромов, нестабильной стенокардии, острой коронарной недостаточности, острого инфаркта миокарда и внезапной остановки кровообращения на догоспитальном этапе.

- *Мониторинг больных отделений интенсивной терапии* необходим для одновременного наблюдения за состоянием тяжелобольных пациентов. В состав таких систем входят прикроватные мониторы для каждого пациента и центральная станция для сбора и представления информации о каждом пациенте.

- *Суточное мониторирование электрофизиологических показателей.* Традиционное разовое измерение артериального давления, разовая регистрация ЭКГ не всегда отражают реальную картину заболевания пациента, оставляя открытым вопрос о корректности диагностики и лечения болезни. Выходом этой ситуации является суточное мониторирование жизненно важных показателей. Суточный мониторинг ЭКГ был разработан Норманом Холтером еще 40 лет назад и представляет собой систему непрерывной регистрации электрокардиосигналов на магнитной ленте и ускоренной интерпретации данных. В большинстве моделей при электрокардиографии по Холтеру используют прекардиальные биполярные отведения. В последнее время были разработаны записывающие устройства, которые одновременно регистрируют и анализируют ЭКГ с помощью вмонтированного микрокомпьютера (холтеровское мониторирование в реальном масштабе времени). Электрокардиоанализатор служит для последующего воспроизведения ЭКГ с различной скоростью, оснащен программами, анализирующими ритмическую деятельность сердца, ишемический сегмент ST. Регистрирующая аппаратура обеспечивает изображение суммарных данных в виде цифр, кривых и гистограмм, фрагментов записи ЭКГ.

- *Телеметрия электрофизиологических сигналов.* Под этим термином понимают дискретный мониторинг электрофизиологических сигналов пациентов, удаленных территориально и находящихся на врачебном наблюдении, с использованием телекоммуникационных технологий связи. Дискретная ЭКГ-запись передается, через сеть Интернет удаленному консультанту и через определенное время к пациенту возвращается ЭКГ-заключение с врачебными рекомендациями.

- *Индивидуальный мониторинг жизненно важных параметров (аутотрансляция по телефону).* Для эффективного предупреждения первичного и повторного инфарктов миокарда и внезапной коронарной смерти у больных группы риска возможно применение аутотрансляции ЭКГ. Особенность этого вида мониторинга заключается в том, что регистрация ЭКГ производится с помощью носимого прибора самим пациентом при появлении симптомов или в соответствии с инструкциями лечащего врача, а затем зафиксированный фрагмент ЭКГ передается по телефону в дистанционный кардиологический центр. Это позволяет осуществлять динамический контроль за больными, оперативную коррекцию проводимой терапии, эффективную адаптацию к бытовым и производственным нагрузкам, оптимизацию ведения больных инфарктом миокарда на постгоспитальном этапе.

- *Мониторинг интегрального состояния жизненно важных физических систем стационарных больных.* Компьютерные полианализаторы могут одновременно мониторировать следующие физиологические показатели пациентов:

- электрокардиосигнал (форма, полярность, зубцы, амплитуда, частота сердечных сокращений);

- реопневмосигнал импедансной пневмограммы – вид дыхания, глубина дыхания, частота дыхания, остановка дыхания;
- фотоплетизмограмма (вид кривой периферического кровообращения);
- фотоплетизмограмма красная и инфракрасная с датчика пульсоксиметра ( вид кривой периферического кровообращения, частота сердечных сокращений, процентное содержание кислорода в гемоглобине артериальной крови);
- реограмма (снимается тетрополярным методом, вычисляются частота сердечных сокращений, частота дыхания, гемодинамические показатели);
- поверхностная температура;
- ректальная температура;
- артериальное давление неинвазивное (график тонов Короткова в манжете);
- электроэнцефалограмма.

*Программное обеспечение* врачебных компьютерных мониторов, несмотря на вариации, как правило, обеспечивает сбор информации, обработку, накопление трендов, создание дежурного экрана, таблицы тревожной сигнализации, меню конфигурации монитора, графические окна с изменением их размеров, регулировкой масштабов отображаемых сигналов. Наличие качественного программного обеспечения позволяет автоматически накапливать данные об измеряемых параметрах, проводить их аналитическую обработку, отслеживать изменение параметров, оценивать и прогнозировать состояние здоровья пациента в пространстве наблюдаемых параметров, давать врачу рекомендации о виде и объеме необходимой коррекции регистрируемых параметров.

В качестве примера рассмотрим монитор реанимационный и анестезиологический МИТАР-01-«Р-Д» разработки НПП «Монитор» (Россия, г. Ростов-на-Дону).

Монитор предназначен для работы в операционных, реанимационных отделениях, а также в палатах интенсивной терапии (рис. 3).



**Рис. 3. Прикроватный монитор МИТАР-01-«Р-Д».**

Основные характеристики:

- цветной сенсорный экран на 10.4 или 12.1 дюйм с возможностью отображения до 12 кривых;

- измеряемые параметры: частота сердечных сокращений, от 1 до 12 отведений ЭКГ, фотоплетизмограмма и SpO<sub>2</sub>, частота пульса, артериальное давление, пневмограмма, частота дыхания, АПНОЭ, температура, до 4-х каналов инвазивного артериального давления, сердечный выброс, мультигазы, парамагнитный датчик O<sub>2</sub>, термопринтер.

- возможность работы с различными группами пациентов: взрослые, дети и новорожденные;

- измерение смещения сегмента STЭКГ и расширенный анализ аритмий;

- индекс напряжения вегетативной нервной системы по Р. Баевскому;

- работа от встроенной батареи до 4 часов;

- калькуляторы: расчет доз препаратов, гемодинамики, оксигенации, вентиляции, функции почек;

- возможность переноса данных пациента и настроек с одного монитора на другой с помощью SDкарты;

- память до 100 фрагментов любых физиологических кривых, полная запись информации на SDкарту;

- визуальная и звуковая тревога трех уровней;
- сочетание возможности использования до 10 типовых форм (профилей) отображения с возможностью их индивидуальных настроек;
- возможность отображения рядом с физиологическими функциями коротких трендов, а также заморозки кривых полностью или на 2/3 экрана;
- возможность отображения в любой графической зоне графических или табличных трендов;
- возможность одновременного съема 1, 7 или 12 отведений ЭКГ, синтез 12 отведений ЭКГ с 5 электродного кабеля и построение оксикардиореспираграммы;
- возможность мониторинга мультигазов при помощи датчика IRMA фирмы Phasein: EtCO<sub>2</sub> и InsCO<sub>2</sub>, EtO<sub>2</sub> и InsO<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>O, галоган, изофлюран, севофлюран, дефлюран, энфлюран;
- управление сенсорное или при помощи манипулятора;
- удобная ручка для переноса и встроенный термопринтер с шириной бумаги 57 мм;
- возможность измерения неинвазивного АД в ручном и автоматическом режимах, а также автоматическое включение его измерения при превышении заданного порога времени распространения пульсовой волны;
- возможность вывода информации на центральную мониторную станцию, отключение неиспользуемых в работе модулей;
- возможность подключения модуля BIS, производства компании Covidien, предназначенного для прямого измерения эффекта общей анестезии и седации головного мозга, вычисляемого на основе непрерывно регистрируемой ЭЭГ.

Центральная мониторная станция предназначена для централизованного наблюдения за состоянием параметров жизнедеятельности пациента путем получения информации из медицинских мониторов МИТАР-01 «Р-Д» (рис. 4.).



**Рис. 4. Центральная мониторинговая станция.**

Центральная станция обеспечивает:

- одновременный контроль за состоянием до 24 пациентов, находящихся в критическом состоянии, с подключенными мониторами МИТАР-01 «Р-Д» от 1 до 24.
- отображение на экране следующих физиологических параметров: частота сердечных сокращений, частота нарушения ритмов сердца, индекс напряжения по Баевскому, SpO<sub>2</sub>, неинвазивное артериальное давление, частоты дыхания, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, инвазивное артериальное давление (четыре канала) и температура (два канала). На экране также отображаются физиологические кривые: ЭКГ, фотоплетизмограмма, пневмограмма, капнограмма, инвазивное давление.
- подачу звуковых и визуальных уведомлений о выходе физиологических параметров за установленные пределы, формирование технических сигналов тревоги при ошибках и неисправностях самой системы.
- возможность ведения базы данных для сохранения сигналов тревог, их последующего просмотра и анализа.
- возможность записи событий длительностью от 2 до 20 секунд.
- возможность записи событий вручную и автоматически
- тренды до 96 часов
- возможность вывода всей информации на принтер
- возможность подключения к локальной компьютерной сети
- возможность записи ЭКГ до 96 часов

**Системы обработки изображений** предназначены для визуализации, анализа и архивирования результатов томографических исследований и облегчения работы врача, интерпретирующего полученное изображение.

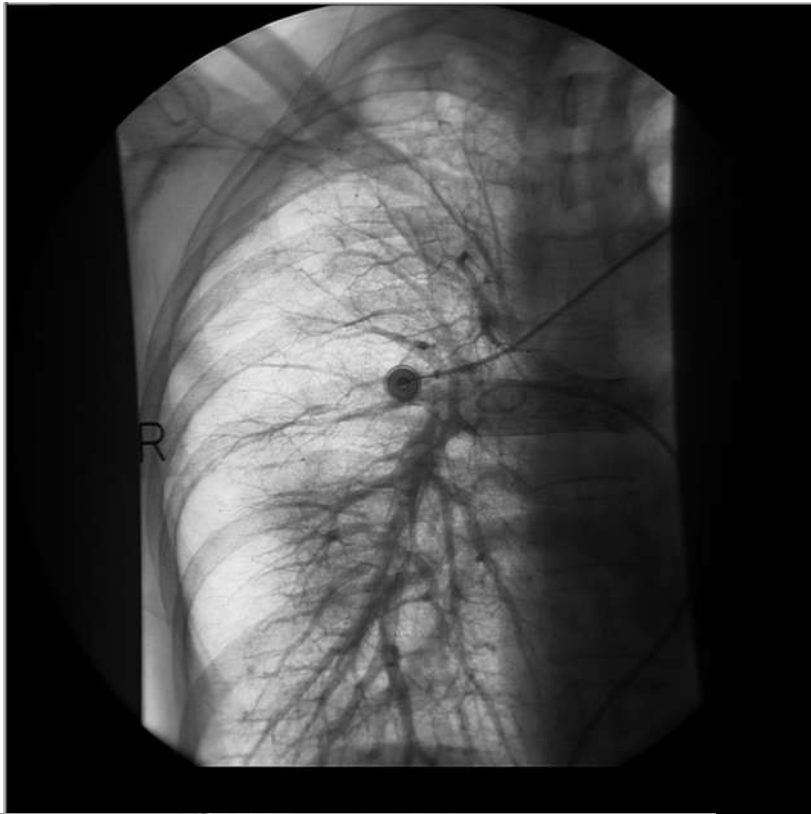
В Институте хирургии им. А.В. Вишневского разработана автоматизированная радиологическая информационная система (АРИС) на основе рабочих станций серии MultiVox, которая применяется для автоматизации работы медперсонала:

- в рентгеновских, флюорографических, маммологических кабинетах;
- в ангиографических диагностических кабинетах и операционных;
- в компьютерной и магниторезонансной томографии;
- в ультразвуковых и эндоскопических исследованиях;
- в радиоизотопных исследованиях;
- при микроскопических исследованиях.

Рабочие станции MultiVox позволяют производить обработку 2D- и 3D-медицинских изображений. Режим обработки 2D-изображений позволяет:

- повысить качество визуализации путем управления шкалой интенсивности, что позволяет получить более контрастное представление интересующих врача деталей;
- провести подавление шумов, выполнить выделение границ областей, используя различные методы фильтрации изображений;
- выполнить сложение и вычитание изображений и серии изображений, осуществлять режим субтракции при работе с контрастами для выделения кровеносных сосудов на фоне остальных тканей;
- провести статистические измерения, включающие графики профиля и гистограммы интенсивности;

На рис. 5. показан результат обработки изображения с целью выделения сосудистой системы.



**Рис. 5. 2D-изображение до (а) и после (б) цифровой обработки**

Работа с 3D-изображениями включает:

- одновременную работу с несколькими 2D- и 3D-изображениями разных модальностей;

- выделение объектов интереса в 3D-серошкальном массиве данных, построение объемных анатомических моделей сегментированных областей с представлением их псевдоцветами;
- реконструкцию произвольных сечений 3D-массива, выполнение вырезов, позволяющих видеть его внутреннюю структуру, делать повороты массива и сегментирования объектов на задаваемый врачом угол;
- точное измерение объемов сегментированных объектов.

Все это позволяет объективизировать и ускорить процесс обработки изображения врачом, выявить и уточнить наличие патологических проявлений, а следовательно, повысить точность диагностического процесса.

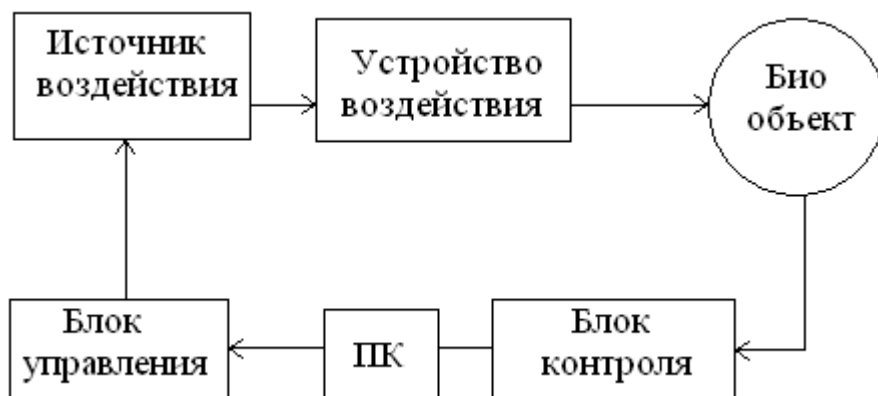
Учитывая большой объем информации, которой дают медицинские изображения пациента, в Концепции создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения особое внимание уделяется работе с цифровыми медицинскими изображениями. В частности говорится, что медицинские организации, имеющие в своем составе отделение компьютерной и магниторезонансной томографии, радиоизотопной, ультразвуковой и тепловизионной диагностики, а также проводящие иные исследования, результатом которых являются медицинские изображения, обеспечивают автоматизацию процессов получения, обработки, архивного хранения и представления доступа к таким изображениям. Для обеспечения долговременного хранения медицинских изображений могут создаваться централизованные цифровые архивы, обслуживающие несколько медицинских организаций. Создаваемые цифровые архивы и программное обеспечение, используемое в аппаратуре медицинской диагностики и лабораторных комплексах, должны интегрироваться с используемой данным учреждением здравоохранения медицинской информационной системой.

**Системы управления лечебным процессом** предназначены для дозированного воздействия на пациента различными факторами (лекарственными, физическими и др.), оценки его функционального состояния и подбора адекватных параметров воздействия для оптимизации лечебного воздействия.

На рис. 5 показана общая схема системы лечебных воздействий:

- *источник воздействия*— устройство генерирующее различные физические факторы (электрические, магнитные, электромагнитные излучения, тепловые, ультразвуковые, ионизирующее излучения и др.);
- *устройство воздействия*— элементы прибора, передающие физические воздействия на пациента (электроды, датчики, индукторы, излучатели и др.);
- *блок управления*— устройство для регулирования и выбора режима работы источника воздействия (регулировка амплитуды, частоты, мощности, выбор периода воздействия лечебного фактора и др.);

- *блок контроля* – необходим для сбора, усиления и ввода в ПК основных физиологических характеристик человека (ЭКГ, ЭЭГ, давление, температура, дыхание и др.);
- *ПК (персональный компьютер или микропроцессор)* – осуществляет обработку текущей информации о функциональном состоянии организма или отдельных органов и систем организма и сравнивает с параметрами, которые заданы лечащим врачом. При наличии рассогласования программное обеспечение выбирает наиболее оптимальное воздействие и из режимы, информация о которых поступает на блок управления.



**Рис. 6. Схема системы лечебных воздействий.**

В качестве воздействующих факторов могут выступать и лекарственные средства, которые вводятся с помощью специальных дозаторов или добавляются к содержимому капельниц. Такие системы могут использоваться в анестезиологии, реаниматологии, а также для регулирования уровня сахара в крови.

В некоторых устройствах в качестве элемента обратной связи выступает сам пациент, которому предоставляется информация о состоянии его внутренних органов и систем, а пациент путем волевого усилия стремится достигнуть нормализации их функционирования. Такие устройства носят название биологической обратной связи (БОС).

В качестве сигналов БОС пациенту могут предъявляться зрительные образы (шкалы, фигуры, изображения, видео), игровые (2D и 3D), тактильные (электростимуляция), слуховые (аудио-шум, аудио-сообщение, генератор последовательных звуков).

НПКФ «Медиком МТД» (Россия, г. Таганрог) выпускается реабилитационный психофизиологический комплекс с БОС «Реакор».



**Рис. 7. Комплекс реабилитационный психологический для тренинга БОС «Реакор»**

Основой комплекса является четырехканальный универсальный полиграфический блок пациента, позволяющий регистрировать различные физиологические показатели (до 4-х сигналов в произвольном сочетании из набора: КГР, КП, ЭЭГ, Т, РД, ЭКГ, ЭМГ, ОЭМГ, ФПГ, РЭГ, РЕО-ЦГД), изменения которых в процессе тренировки приводят к соответствующим изменениям звуковых или графических образов, формируемых программно на дисплее персонального компьютера или его звуковой системой. Для моделирования стрессогенных воздействий используется беспроводной электростимулятор.

В процессе занятий тренингом с БОС могут быть использованы различные регистрируемые физиологические показатели, такие как кожно-гальваническая реакция по Фере (КГР), как аналог электрокожного сопротивления измеряемого на зондирующей частоте, кожно-гальваническая реакция по Тарханову (кожный потенциал – КП), электроэнцефалограмма (ЭЭГ), температура (Т), рекурсия дыхания (РД) – грудная и/или абдоминальная, электрокардиограмма (ЭКГ), электромиограмма (ЭМГ), огибающая электромиограммы (ОЭМГ), фотоплетизмограмма (ФПГ), реоэнцефалограмма (РЭГ), реограмма центральной гемодинамики для управления параметрами насосной функций сердца (РЕО-ЦГД), в необходимом количестве отведений, а также их сочетаний.

Основная сфера применения реабилитационных комплексов «Реакор» – различные формы психосоматических нарушений, когда одним из ведущих патогенных факторов является хронический стресс.

Некоторые возможности функционального биоуправления с БОС которые реализуются комплексом «РЕАКОР»:

- немедикаментозное восстановление функций физиологических систем организма при различных патологиях и стрессах, лечение головных болей напряжения;
- улучшение нервной регуляции и коррекция состояния при неврозах, депрессиях, психосоматических заболеваниях, патологических зависимостях, пристрастиях, наркозависимости в постабстинентный период и др.;

- коррекция проявлений синдрома гиперактивности и дефицита внимания у детей и подростков;
- реабилитация при нарушениях функций опорно-двигательного аппарата, кардиореспираторной, вегетативной нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма;
- оптимизация психоэмоциональной сферы, повышение адаптационных возможностей, обучение навыкам стрессоустойчивости и аутотренинга широкого круга условно здоровых лиц – от школьников и студентов до пенсионеров и домохозяек;
- специальная психофизиологическая подготовка и формирование психоэмоциональной устойчивости лиц, профессионально связанных с риском, высокой ответственностью и нагрузками – спортсменов, сотрудников силовых структур, работников транспорта, операторов, руководителей и др.

**Клиническая лабораторная диагностика** представляет собой диагностическую процедуру, состоящую из совокупности исследований «in Vitro» биоматериала человеческого организма, основанных на использовании гематологических, общеклинических, паразитарных, биохимических, иммунологических, серологических, молекулярно-биологических, бактериологических, генетических, цитологических, токсикологических, вирусологических методов с клиническими данными и формулирования лабораторного заключения.

Компьютеризация клинической лабораторной диагностики идет в двух направлениях: первое – замена трудоемких ручных методов на автоматизированные анализаторы, второе – внедрение лабораторных информационных систем (ЛИС), предназначенных для повышения эффективности организации работы лаборатории, сокращение числа ошибок и ручных операций. Эти два направления тесно взаимосвязаны и важнейшая функция ЛИС – это сопряжение информационной составляющей с автоматическими анализаторами, позволяющими исключить ручное управление материалами и сортировку ответов. Это возможно при наличии в лабораторных анализаторах программно-аппаратных интерфейсов для передачи информации в ЛИС.

Основные функции, которые выполняют ЛИС, рассмотрим на примере некоторых программных продуктов, поставляемых ALTEY Laboratory (ЗАО НПО «АЛТЭЙ» г. Москва).

*Лабораторный журнал Altey Laboratory Journal* обеспечивает выполнение следующих операций:

- Регистрация пробы (№ карты, ФИО пациента, отделение, направивший врач и т.п.) и заказанные тесты.
- Формирование журнала исследований, которые требуется выполнить за указанный период.

- Регистрация результатов исследований (вручную или с подключением к компьютеру анализатора) и автоматический расчет вычисляемых показателей.
- Проверка результатов на соответствие референтным интервалам (норме и патологии с учетом пола и возраста).
- Вывод результатов на печать в виде, соответствующем требованиям медучреждения.
- Архивацию результатов в течение неограниченного времени
- Вывод на печать журнала результатов и получение статистических отчетов о количестве выполненных исследований, с отдельным указанием количества и процентов доли патологических результатов.

ЛИС *ALTEY Laboratory business* предназначена для автоматизации средних и крупных лабораторий, оказывающих платные медицинские услуги. Система обеспечивает комплексную автоматизацию технологического процесса лаборатории и, в частности, обеспечивает:

- Ведение номенклатуры услуг, прейскурантов, договоров.
- Прием физических лиц с регистрацией заказов, приемом наличных платежей, выдачей квитанций.
- Регистрацию заказов корпоративных клиентов.
- Поддержка штрихового кодирования и алиquotирования проб.
- Анализ динамики результатов исследований пациента.
- Вывод результатов исследований на печать и в электронном виде для отправки по электронной почте.
- Автоматический учёт оказанных лабораторией медицинских услуг.

В состав системы включена специальная технология быстрого и надёжного подключения более 200 видов лабораторных анализаторов известных производителей лабораторного оборудования: Abbott, Roche, Bio-Rad, Olympus, Date, Tecan, Labsystems и т.д. При появлении на рынке нового типа анализатора, разработка соответствующего драйвера ЛИС занимает от 2-х до 4-х рабочих недель.

**Биотехнические системы замещения жизненно важных функций организма и протезирования** предназначены для поддержания или восстановления естественных функций органов и физиологических систем больного человека в пределах нормы, а также для замены утраченных конечностей и неудовлетворительно функционирующих органов и систем организма.

В операционных и реанимационных отделениях и палатах интенсивной терапии используют системы замещения жизненно важных функций организма к которым относятся искусственное сердце, искусственные легкие, искусственная почка и др. Эти приборы замещают органы и системы организма больного на

время проведения операции, в послеоперационный период и до подбора подходящего донорского органа.

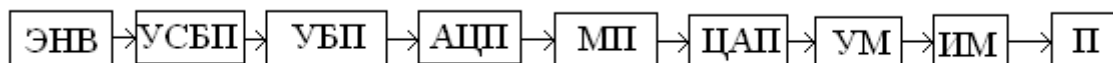
*Искусственное легкое* представляет собой пульсирующий насос, который подает воздух порциями с частотой 40-50 раз в минуту. В подобных устройствах используют меха их гофрированного металла или пластика – сильфолы. Очищенный и доведенный до определенной температуры воздух подается непосредственно в бронхи.

*Искусственное сердце* – имплантируемое механическое устройство, позволяющее временно заменить насосную функцию собственного сердца больного, когда оно становится неспособным выполнять требующую работу по обеспечению организма достаточным количеством крови. Разработаны и проходят апробацию электромеханические и электрогидравлические искусственные сердца (рис. 8). Их механическая часть, электронный блок управления и источник питания являются полностью имплантируемыми. Эти устройства рассчитаны на длительное использование у тех пациентов, которые нуждаются в пересадке сердца, но имеют противопоказания к ней.



**Рис. 8. Искусственное сердце.**

**Биоуправляемые протезы** используются в тех случаях, когда сохраняются нервные окончания, посылавшие и принимавшие нервные импульсы от несуществующих конечностей. Тогда имеется возможность использовать эти нервные импульсы для управления механизмами протезов и приема информации от различных датчиков, расположенных на протезе. Для выполнения этих действий необходимо преобразование биоэлектрических сигналов приходящих по сохранившимся нервным волокнам в управляющие сигналы для исполнительных механизмов протеза и обратное преобразование сигналов с датчиков протеза в афферентный поток. Эту роль в биоуправляемом протезе выполняет микропроцессор по заранее заданной программе. Имеется два варианта управления протезом – без обратной связи и с обратной связью. Структурная схема протеза без обратной связи представлена на рис. 9.



**Рис. 9. Структурная схема протеза без обратной связи.**

Сигнал с эфферентных нервных волокон (ЭНВ) с помощью устройства съема биопотенциалов (УСБП) поступает на усилитель биопотенциалов, а затем после аналого-цифрового преобразователя (АЦП) в микропроцессор (МП). В микропроцессоре происходит расшифровка сигнала и выдача команды на исполнительные механизмы (ИМ) протеза (П). Для этого цифровой код с выхода МП преобразуется с помощью цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) в аналоговый сигнал и усиливается усилителем мощности (УМ). Таким образом, осуществляется преобразование управляющих нервных импульсов в механические движения протеза конечности.

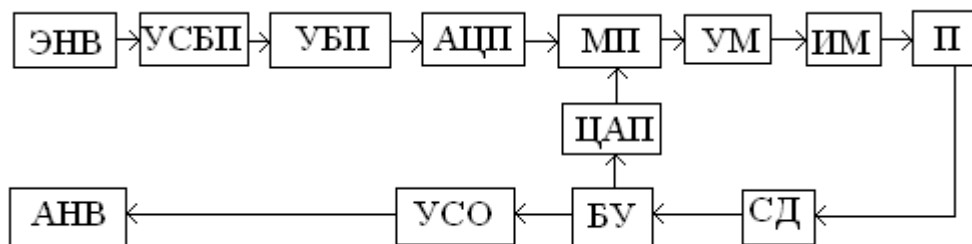


**Рис. 10. Биоуправляемый протез кисти руки.**

В частности, на Международном конгрессе по протезированию и ортопедии ISPO World Congress в Лейпциге (Германия) компания BeBionic показала собственную разработку - протез кисти руки, с помощью которого человек может выполнять даже сложные манипуляции (рис.10). Устройство обладает миоэлектрической системой управления, когда на сохранившемся участке конечности считываются мышечные импульсы и преобразуются в соответствующие команды для исполнительных приводов протеза.

Недостатком такого протеза является отсутствие обратной связи, которая имеется в биологических системах, что приводит к недостаточной точности выполнения движения. Этот недостаток компенсируется введением обратной связи, позволяющей координировать движение конечности за счет информации о

положении в пространстве, скорости движения, прилагаемых усилиях и др. В этом случае структурная схема будет выглядеть следующим образом (рис. 11).



**Рис. 11. Структурная схема протеза с обратной связью.**

В данной схеме имеется система датчиков (СД), которая контролирует движение протеза в пространстве, а также усилия развиваемые исполнительными механизмами. Эта информация поступает в МП и сравнивается с заданными параметрами выполнения движения. Таким образом, осуществляется корректировка движения протеза. Кроме того, возможно «очувствление» протеза с помощью датчиков, способных воспринимать тактильную информацию, которую возможно передавать на сохранившиеся афферентные нервные волокна (АНВ) через устройство сопряжения с объектом (УСО). В этом случае человек будет ощущать объект, к которому прикасается протез конечности.

Ученые из Тель-Авивского университета (Tel-Aviv University, TAU) провели первую в мире успешную операцию, в результате которой искусственная рука-протез была подключена к живым нервным окончаниям пациента, что дало возможность пациенту не только управлять движениями протеза, но и чувствовать прикосновения к предметам.

Пациенту Робину Экенстаму (Швеция) потребовалось всего несколько занятий для обучения, после чего он стал владеть искусственной рукой как своей собственной. Он сам высказался по этому поводу весьма эмоционально: «Я двигаю мышцами, которых я не чувствовал и не использовал уже много лет. Я могу взять что угодно и почувствовать это кончиками пальцев, которых у меня нет. Это удивительно» (рис.12).



**Рис. 4.12. Биуправляемый протез с тактильными датчиками**

**Контрольные вопросы:**

1. Принципы построения МПКС.
2. Приведите классификацию МПКС.
3. Основные задачи, решаемые КСФД.
4. Какие разновидности мониторинговых систем применяются в медицине?
5. Какие задачи решают системы обработки изображений?
6. Укажите особенности лечебных систем с биологической обратной связью.
7. Назначение лабораторных информационных систем.
8. В чем особенности биуправляемых протезов?