

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ БИООБЪЕКТОВ

Методы исследования с применением технических средств получили широкое распространение в медико-биологической практике и все чаще вытесняют методы качественного изучения состояния человека, реализация которых основывалась на использовании органов чувств человека-врача, исследователя. Такая замена опыта и интуиции процедурами формальной оценки состояния биологического объекта (БО) на основании регистрации некоторого набора физиологических процессов и измерения ряда медико-биологических показателей не всегда целесообразна. Тем не менее существуют медико-биологические задачи, выполнение которых возможно только с применением технических средств.

Оставляя в стороне дискуссию об оптимальном соотношении аппаратурных и не аппаратурных методов в медико-биологической практике, оценим место и роль технических средств разного назначения при выполнении исследований живых систем. Учитывая комплексный характер вопроса, затрагивающий различные аспекты организации исследований биологического объекта, при анализе роли методов исследований целесообразно воспользоваться положениями системного анализа.

Основным элементом любой системы исследований является звено «исследователь - исследуемый объект» («И – ИО»).

Это звено представляет собой пример специализированной диалоговой подсистемы (рис. 3.1), в которой хотя бы один элемент элемент И – биологического происхождения. Каждый из элементов подсистемы «И – ИО» должен выполнять определенные функции, чтобы подсистема в целом смогла эффективно выполнять свое назначение. Элемент ИО является источником осведомительной (измерительной) информации и объектом для воздействия со стороны другого элемента – И. Элемент И отвечает за прием и анализ информации, а также за выработку решений по воздействию на ИО. Содержательная функция осведомительной информации и смысл принимаемых решений зависят от целевой функции всего звена «Исс – ИО».



Рис. 3.1. Диалоговая подсистема "Исс - ИО"

В подсистему «И – ИО» включен еще один элемент – внешняя Среда (Внеш. С), которая может быть весьма активной, и даже агрессивной по отношению к каждому элементу. Диалог между И и ИО происходит в этой Среде, причем она оказывает существенное воздействие на свойства каждого элемента подсистемы, и сама испытывает воздействие со стороны каждого элемента.

В медико-биологических исследованиях оба основных элемента звена «И – ИО» – биологические системы, а, кроме того, внешняя среда, выступая фоном, на котором разворачивается диалог, тоже содержит хорошо выраженную биологическую составляющую.

В различных медико-биологических задачах конкретное содержание диалога И и ИО различно.

Если решается сугубо медицинская задача, то в качестве И выступает врач, а в роли ИО – пациент. Осведомительная информация от пациента должна быть достаточно полной для правильной постановки диагноза. В то же время опыт и уровень знаний врача должен обеспечить объективную оценку этой информации и выработку достоверных рекомендаций по лечению больного. Подключение к этому звену новых элементов возможно только, если они будут способствовать обеспечению оптимальных условий для его функционирования, т. е. достижению поставленной задачи исследования за заданное время.

При контроле за состоянием человека в процессе выполнения им производственных заданий (задача охраны труда и оптимизации трудовой деятельности человека, при решении которой в качестве ИО выступает работающий человек, а И анализирует его текущее состояние) нет необходимости в полной информации о текущем состоянии. Однако она должна быть достаточной для того, чтобы судить об утомлении, о нарушении функций, о критических стадиях состояния.

При решении биологических задач, например, изучении поведения определенного вида животного или растительного организма в условиях управляемого эксперимента, элементы И и ИО иные: в качестве ИО выступает животное (растение), а в качестве И – специалист соответствующего профиля. Осведомительная информация позволяет исследователю контролировать состояние организма и в зависимости от этого состояния формировать воздействия и программу самого эксперимента.

Для оценки качества работы малого коллектива специалистов, занятых общей работой (одна из задач инженерной психологии, когда в качестве ИО выступает коллектив, включающий несколько человек), содержание осведомительной информации существенно меняется за счет включения показателей (кроме физиологических показателей состояния членов группы), характеризующих «психологический климат» в коллективе, уровень взаимопонимания, согласованности действий и т. п.

Возможен вариант медико-биологического исследования, когда функции И выполняет автоматизированный комплекс принятия решений, который вроде бы и не включает И непосредственно. Однако в пакете прикладных программ, под действием которого он работает, в базе данных, используемой комплексом при формировании решений, в других его составляющих заложены формализованные опыт и знания человека-исследователя. Таким образом, и в этом варианте системы И негласно присутствует и оказывает влияние на качество работы звена «Исс – ИО» в целом.

Анализ примеров медико-биологических задач показывает, что биологический объект (БО) в структуре системы «И – ИО» могут занимать одно из двух положений: либо он выступает в роли объекта исследования, либо в роли исследователя, ответственного за ход эксперимента. При этом можно определить **четыре основных функции**, которые выполняют БО:

1. БО как **источник измерительной информации**, позволяющей оценивать характеристики и отдельные параметры его жизнедеятельности;
2. БО, проводящий **анализ осведомительной информации** с целью формирования представлений о мгновенном состоянии исследуемого объекта и выработке прогноза его развития;
3. БО, ответственный за **принятие решений** о способах управления состоянием объекта исследования;
4. БО, подвергающийся **воздействиям** с целью изменения его состояния в нужном направлении.

Эти функции присутствуют на любом этапе развития системы взаимоотношений в звене «И – ИО». Рассмотрим процесс развития и совершенствования системы взаимодействий в звене «И – ИО» медико-биологических исследований в эволюционном плане [8]. На ранних стадиях эволюционного развития основной формой взаимодействий являлся непосредственный контакт, когда исследователь изучал физические характе-

ристики БО, используя свои органы чувств, настроенные на восприятие соответствующего вида «порождающее» поля, путем осмотра, прослушивания, прощупывания, оценки запахов и вкуса (см. рис. 3.1). При этом под **«порождающим» полем** понимается *вид физического или "химического" поля, посту поющего непосредственно от исследуемого объекта и воздействующего на чувствительную к этому полю структуру – рецепторы организма И.*

Качественный характер и низкая точность дифференцирования различных физических свойств, ограниченность модальностей порождающих полей, которые может использовать человек, невозможность объективного учета влияний внешней среды на состояние БО и ряд других факторов определяют низкий уровень диагностики, достижимый в такой системе. Незначительными были и возможности по воздействию на БО – постельный режим, промывание желудка, кровопускание и подобные им процедуры.

Уже появление простых **технических средств диагностики (ТСД)**, в которых включены технические элементы, такие как средства регистрации биопотенциалов, измерения импеданса, оптических характеристик, плотности, температуры, давления и т.п., позволило резко повысить эффективность функционирования звена «И – ИО». Намечился также переход от качественной оценки свойств БО к количественной характеристике параметров, к объективизации процесса постановки диагноза. Таким образом, **инструментальные средства медико-биологических исследований** представляют собой *совокупность приборов, аппаратов, систем, комплексов и приспособлений к ним, в которых реализуются физические и физико-химические методы исследования различных биологических объектов-* Выполнение этих исследований позволяет получить диагностическую информацию о состоянии объекта в виде **множества медико-биологических показателей (МБП) и записей физиологических процессов (ФП)**, на основании анализа которых строится *диагностическое заключение.*

Развитие науки и техники позволили предложить, кроме лекарственного способа управления состоянием, и **технические средства воздействия (ТСВ)** на БО, существенно расширив их арсенал в направлении *средств управления состоянием ИО.* Здесь также имеется большое число способов оказания физических воздействий различной модальности и мощности, приводящих к оздоровительным эффектам. Инструментальные средства таких воздействий объединяются во вторую группу технических средств, обеспечивающих эффективное функционирование звена "Исс - ИО".

В дальнейшем появилась еще одна группа технических средств – **системы управления параметрами среды (ТСУС.)** пребывания пациента с заданными характеристиками - температурой, влажностью, давлением, кислородосодержанием и т. н. Такие системы должны не только оценивать параметры среды в замкнутых объемах пребывания БО, но и содержать технические средства, работа которых связана с изменениями этих параметров. Следовательно, системы ТСУС должны объединять в себе как *средства диагностики среды, так и средства управления ею.*

В ряде случаев для поддержания жизнедеятельности БО оказываются необходимыми технические средства четвертой группы – **средства замещения утраченных функций (ТСЗФ).** Они *заменяют* в функциональном отношении *отдельные органы и даже целые физиологические системы организма* либо на короткое время (экстракорпоральная техника: например, аппараты искусственного кровообращения, искусственной почки, протез сердца и др.), либо на продолжительный срок (протезы конечностей, коронарных сосудов, суставов и т.д.), или стимулируют работу отдельных органов (например, электрокардиостимуляторы, стимуляторы мышц и т.д.). При этом исследователь управляет этой разнообразной техникой, задавая режимы и продолжительность их работы.

Переход на количественную оценку параметров ИО и развитие вычислительных методов анализа информации и теории управления привели к разработке **автоматизированных систем обработки информации (ТСОИ)** – пятая группа

технических средств, позволяющая *проводить анализ данных и формировать программы управления состоянием БО*. Эти комплексы освобождают исследователя от рутинной работы по измерению параметров сигналов, а в ряде случаев могут решать задачи распознавания образов с целью поиска информативных признаков, классификации, прогнозирования по заранее составленным программам обработки, и даже независимо от Исс, хотя и под его контролем, вырабатывать решения по воздействию на ИО. Одной из тенденций применения вычислительной техники при анализе осведомительной количественной информации является **интерактивный режим обработки**, в котором *исследователь*, работая в режиме взаимного обмена информацией с ЭВМ, *формирует программу обработки в реальном масштабе времени*.

Сложность систем экспериментальных исследований, для которых невозможно заранее составить жесткую программу управления, предугадать весь ход эксперимента, работа в условиях, когда могут возникнуть непредвиденные ситуации, требующие быстрой смены программы работы, затрудняют работу исследователя. В таких условиях он уже становится звеном, ограничивающим надежность функционирования всей системы в целом. Поэтому исследователь сам становится элементом, состояние которого контролируется и управляется с помощью специальных (шестая группа) **технических средств нормализации состояния И (ТСНС)**.

Таким образом, на рис. 3.2. представлена схема, отражающая современное состояние технического обеспечения медико-биологических исследований. При этом каждый элемент схемы может быть рассмотрен как подсистема соответствующего назначения, включающая определенное многообразие подэлементов – технических средств этого назначения. Например, подсистема ТСД включает разнообразные средства, с помощью которых можно получить диагностическую информацию, подсистема ТСВ – средства терапевтического воздействия и т. д. Такой анализ соответствует рассмотрению этой системы уже на первом нижнем уровне (см. подраздел 2.4.2.). Следовательно, «морфологическое» описание технических средств медико-биологических исследований имеет все свойства иерархически построенного описания.

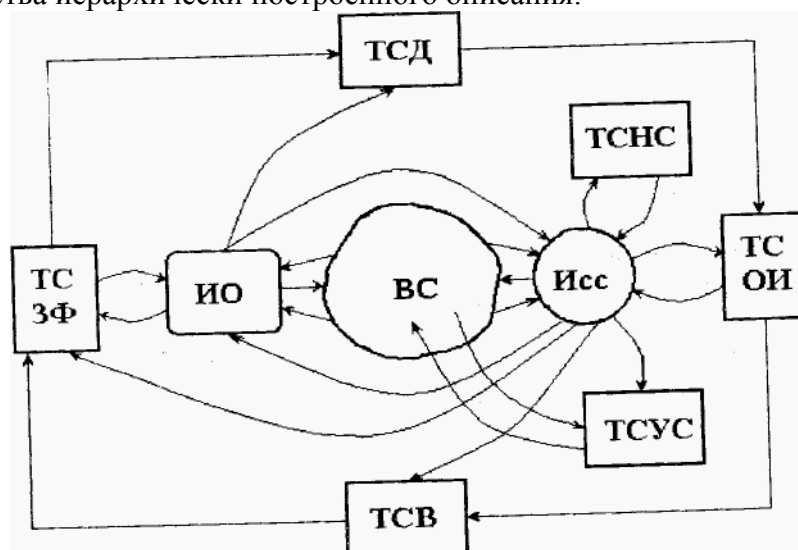


Рис. 3.2. Структура технических средств медико-биологических исследований

Анализ тенденций развития подсистемы "Исс - ИО" убедительно показывает, что система исследований ИО постоянно усложняется за счет охвата основных элементов И и ИО дополнительными связями с включением все новых технических средств. Усложнение взаимосвязей между И и ИО приводит к мысли о необходимости рассмотрения биомедицинской техники различного назначения как подсистем в некоторой кибернетической системе, предназначенной для исследования состояния БО и управления этим состоянием. Для медицинских задач назначение такой системы определится как

диагностика и лечение заболеваний человека. Такая система (рис. 3.3) по своим функциональным элементам напоминает систему автоматического регулирования.

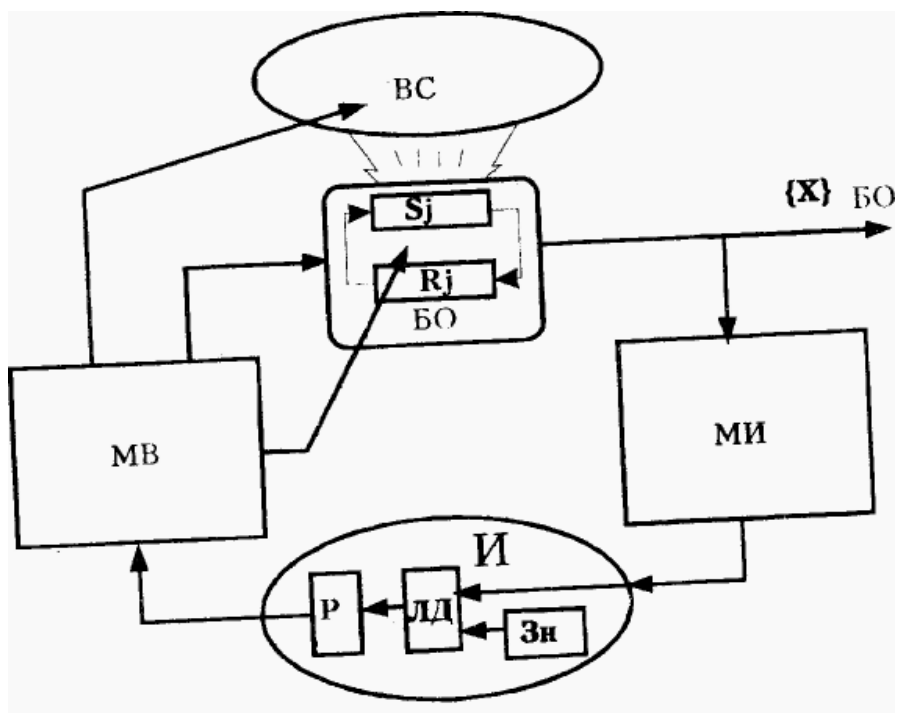


Рис. 3.3. Система диагностики и лечения

Используя модель рис. 3.3, можно отразить назначение и функции биомедицинской техники различных видов. Рассмотрим этот вопрос на примере (рис. 3.4). В этом случае основные два элемента системы – пациент (П) и врач (В.) – связаны между собой через каналы диагностики и управляющих воздействий.

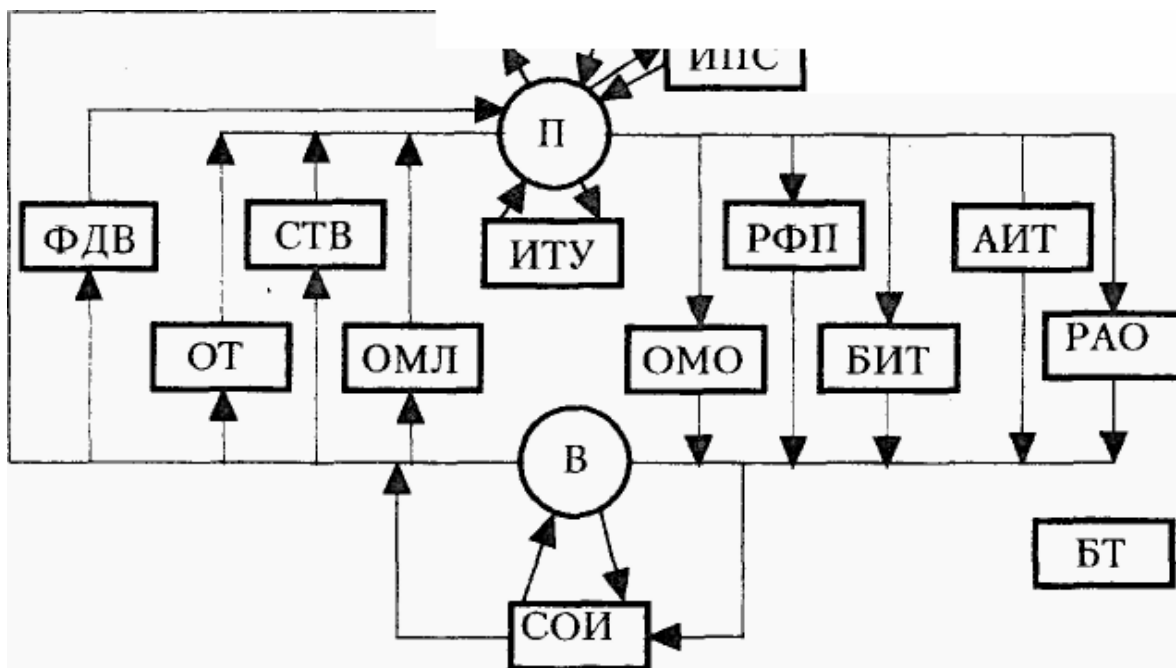


Рис. 3.4. Виды медицинской техники

В канале диагностики целесообразно выделить несколько групп технических средств:

- **средства регистрации физиологических процессов (РФП)**, предназначенные для получения записей этих процессов на различных носителях информации (например, бумага, пленка);
- **биоизмерительная техника (БИТ)**, которая позволяет получить количественные оценки параметров, характеризующих процессы;
- **аналитико-измерительная техника (АИТ)**, включающая лабораторные приборы для исследования биопроб.

Кроме этих средств, необходимо учитывать и **обычные методы обследования (ОМО)**, включающие опрос, осмотр, пальпацию и т. д.

В канале управляющих воздействий можно выделить **средства терапевтического воздействия (СТВ) и операционную технику (ОТ)**. Кроме них, естественно учитывать **обычные методы лечения (ОМЛ)**: медикаменты, постельный режим, диетпитание и т. п.

Учитывая, что ряд нарушений функций организма выявляется только в ответ на внешние воздействия, в схеме указаны

технические средства, используемые для функциональных исследований: **средства функциональных дозированных воздействий (ФДВ) и средства регистрации и анализа ответных реакций (РАО)**.

Можно легко выделить еще несколько групп медицинской техники. Это группы **экстракорпоральных (ЭКТУ)**, и **имплантируемых (ИТУ)** технических устройств, а также **изделий про-тезостроения (ИПС)**, применяемых в случае временного или полного выхода из строя подсистем БО. Кроме того, целесообразно выделить и группу **средств обработки информации (СОИ)**, связанную с анализом данных и выработкой рекомендаций, которая может включать как специализированные, так и универсальные ЭВМ.

В качестве еще одной группы можно выделить группу **больничной техники (БТ)**, включающую большой арсенал вспомогательных средств обеспечения процессов диагностики, лечения и пребывания пациента в клинике.

Таким образом, рассмотрение системы выполнения медико-биологических исследований позволяет установить, что совокупность методов и средств исследований является одной из главных подсистем, определяющих эффективность всей системы в целом. От качества получения измерительной информации о состоянии БО, ее обработки и представления исследователю зависят суждения последнего о функциональных возможностях ИО, что определяет выработку исследователем рекомендаций по управлению и в конечном счете определяет способность всей системы выполнять свое назначение.

На рис. 3.5 модель, представленная на рис. 3.4, изображена в виде своеобразной **«функциональной системы»** медико-биологических исследований, структура которой повторяет структуру функциональной системы организма. Здесь конечный полезный эффект - состояние исследуемого объекта (БО), диагностические средства (ТСД) и подсистема органов чувств Исс (ПОЧ) выполняют роль рецепторной подсистемы, различные средства управления состоянием организма (ТСВ, ТСУС, ТСЗФ ТСДВ)- роль эффекторной подсистемы, а Исс совместно с системами обработки информации и принятия решений (ТСОИ) – функции, аналогичные функциям центральной нервной системы в организме (рефлексивная подсистема Реф. П). Процессы функционирования такой системы применительно к различным задачам исследования складываются в своеобразные "технологии" функционирования системы «И – ИО». Такое представление позволяет еще раз убедиться в единстве принципов организации систем различного назначения.

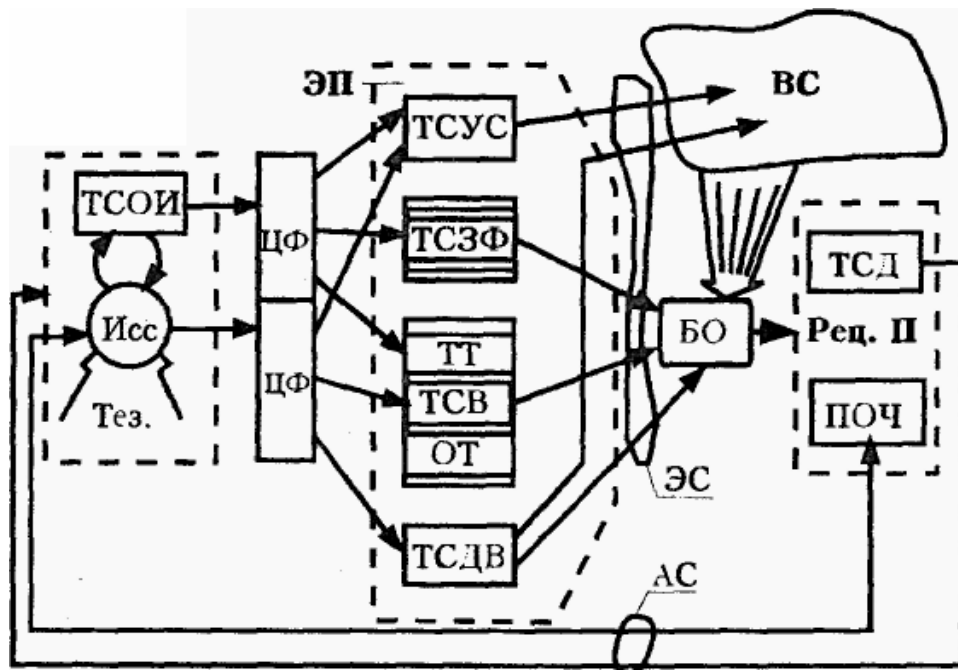


Рис. 3.5. "Функциональная система" медико-биологических исследований