

Лекция №7

Технологические схемы процесса исследования биообъектов

Исходная информация о параметрах объекта исследования содержится в параметрах исходящих от него «порождающих» полей, в то время как основной формой передачи, хранения, преобразования и обработки информации в технических системах является электрический сигнал. Поэтому устройства сопряжения технических средств с объектами исследования должны содержать специальные преобразователи параметров порождающих полей в электрический сигнал - измерительные преобразователи. Следовательно, после преобразования в ИП исходная информация должна содержаться в параметрах электрических сигналов, а последующий анализ сигналов должен предоставить возможность ее получения в удобном для восприятия человека виде - графике, цифровом эквиваленте, изображении и т. д.

В общем случае схема подключения биообъекта и технических средств исследования приведена на рис. 1. Кроме объекта исследования (БО) в ее состав обязательно входят измерительный преобразователь (ИП), блок усилителя (БУ), регистратор (Р) или устройство отображения (индикатор И) измеренного параметра (УО). В состав канала может входить также и устройство первичной обработки (УПО) по оцениванию количественного значения измеряемого параметра, а также логический блок (ЛБ), который предназначен для выполнения логических операций, связанных с конечной целью исследования: постановка диагноза, оценка плана лечения, определение уровня работоспособности и т. п. На ИП с БО поступает порождающее поле некоторой физической природы $\{\lambda\}$, а после ИП формируется множество сигналов $\{U\}$, которые затем поступают на усилительную часть (Ус) (сигналы на выходе $\{U\}$). Дальнейшие преобразования с сигналами выполняются в УПО (сигналы $\{U\}_B$), ЛБ и других, структура которых определяется алгоритмом обработки сигналов. С блоков ЛБ и Ус сигналы поступают на устройства отображения информации (Р или И), формирующие информационную модель объекта исследования $(ИМ)_{ОБ}$. Кроме того, с блока ЛБ показатели состояния объекта $\{X\}_{ОБ}$ могут быть переданы во внешние устройства обработки или накопления исследовательской информации.

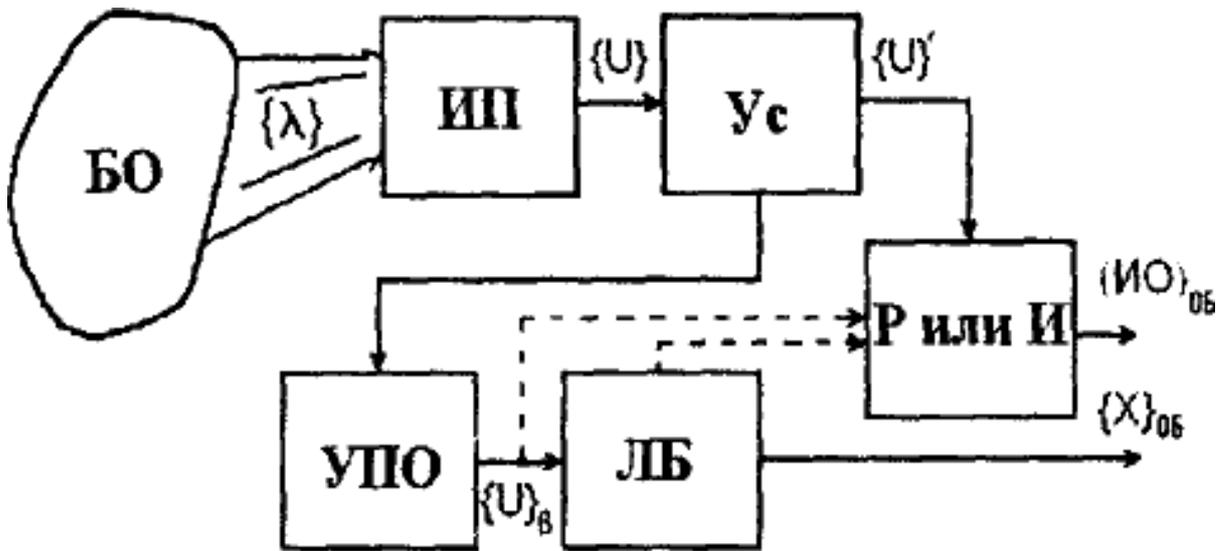


Рис. 1. Общая схема измерительного устройства

«Информационное качество» (определим его как *способность передавать исследовательскую информацию с минимальными ошибками*) как порождающих полей, так и сигналов зависит от многих факторов.

Ранее были рассмотрены различные методические схемы организации исследований биологических объектов, которые характеризовали способ подключения технических средств к биологическому объекту исследования. Анализ этих схем показывает, что происхождение и свойства порождающих полей, а затем и сигналов могут быть различным. Но их информационное качество зависит не только от методической схемы; на него оказывают влияние подготовка объекта исследования к эксперименту и алгоритм обработки сигналов измерительного преобразователя. При этом следует принять во внимание четыре обстоятельства:

- 1) порождающие поля поступают от объекта исследования и, следовательно, **исходным носителем информации** является *сам объект*, а **порождающие поля** служат лишь *переносчиком информации до измерительного преобразователя*;
- 2) **параметры порождающего поля** содержат не только интересующую исследователя так называемую **«релевантную» информацию**, но и **помехи**, уровень которых зависит от *подготовленности объекта к эксперименту*;
- 3) параметры порождающего поля преобразуются в ИП в **электрический сигнал**, и, следовательно, он уже становится **носителем информации**;
- 4) **алгоритм обработки** электрического сигнала *должен быть приспособлен к тому из его параметров, который содержит эту релевантную информацию*.

Смысл преобразований исходной информации заключается в выделении ее **«релевантной» составляющей** - *полезной составляющей (т. е, исследовательской информацией), по возможности свободной от мешающих компонентов (помех, шумов, искажений и т. п.) и содержащей сведения об объекте исследования, ради получения которых ставится медико-биологический эксперимент.*

Определим *последовательность операций по извлечению релевантной информации от момента выбора объекта до получения оценок его параметров* как **технологическую схему** выполнения исследований. Все операции, используемые в технологических схемах, по сути являются информационными, и, следовательно, эти схемы можно трактовать как результат отображения **последовательности информационных преобразований**.

Любые преобразования исходной информации приводят к искажениям ее релевантной составляющей. Поэтому целесообразность применения тех или иных информационных преобразований определяется существенностью их влияния на подавление мешающих компонентов при допустимых искажениях релевантной составляющей.

Отмеченные выше обстоятельства позволяют разделить технологическую схему на два этапа (рис. 2). Основанием для такого разделения служит отличие носителя информации на каждом из этапов.

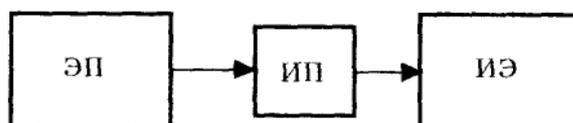


Рис. 2. Этапы технологической схемы исследований

Операции, включаемые в технологические схемы каждого этапа, должны обеспечивать получение исследовательской информации с минимальными потерями. Для первого этапа – «**этапа подготовки**» (ЭП), характерны операции, связанные с подготовкой объекта исследования к подключению измерительного преобразователя, а для второго – «**измерительного этапа**» (ИЭ) - операции по обработке сигналов для получения оценки исследуемого свойства объекта. Оба этапа связаны через измерительный преобразователь (ИП), в котором происходит изменение типа носителя информации.

На первом этапе - этапе ЭП - исходно носителем информации является сам *объект исследования* (определим его как материальный носитель); **на втором** - носителем выступает *сигнал* - энергетический носитель. В процессе реализации технологической схемы эксперимента (исследования) при использовании различных операций материальный носитель и физическая природа сигнала могут изменяться, если это приводит к повышению надежности оценки релевантной составляющей исходной информации.

Операции на этапе подготовки объекта исследования реализуют различные **методические эффекты** — *приемы обработки объекта исследования, позволяющие вносить в него изменения, которые способствуют более надежному выделению релевантной составляющей*. Операции на измерительном этапе реализуют различные **измерительные эффекты**, позволяющие *преобразовать параметры порождающих полей в*

числовые значения медико-биологических показателей или в графические записи физиологических процессов.

Измерительные эффекты достаточно подробно изучены в учебной литературе по обработке сигналов. В то же время некоторые типы ИП, используемые в медико-биологической практике, могут включать длинные цепочки модификаций порождающего поля до момента, пока не будет получен сигнал в электрической форме. Каждая модификация приводит к дополнительным погрешностям, анализ которых представляет значительные трудности для разработчика. Эти вопросы подробно рассмотрены в технической литературе по измерительным преобразователям. Менее известно представление о методических эффектах, используемых при проведении медико-биологических исследований.

При проведении физиологических исследований арсенал операций по подготовке объекта исследования относительно ограничен. Преобразования исходного объекта в другие невозможны, так как в исследованиях непосредственно участвует сам организм. Таким образом, все операции этапа подготовки связаны с подготовкой объекта к медико-биологическому эксперименту, при этом основным условием является обеспечение физиологичности экспериментов с организмом. Однако и в этом случае таких операций не мало, и от качества подготовки объекта будет зависеть достоверность получаемой информации. Конкретный набор операций по подготовке объекта специфичен для каждого метода. В качестве примера рассмотрим два класса методов, значительно различающихся по технологическим схемам их выполнения.

В группе *методов электрофизиологических исследований*, для которых порождающим полем является электрическое поле, для сопряжения технических средств с биологическим объектом служат электроды. Остается только зафиксировать интенсивность этого поля в виде электрического сигнала. **Целевой функцией** для электрофизиологических методов следует считать получение *либо отображений процессов, проявляющихся во временных изменениях электрических параметров* (пассивных электрических свойств или уровней биопотенциалов), *либо числовых значений некоторых из этих параметров - свойств биотканей*, которые однозначно связаны с процессами, протекающими в биообъекте. Поэтому прежде всего необходимо выполнить ряд процедур, способствующих качественному контакту электродов с кожей. Здесь используются специальная очистка кожи, удаление ороговевшего слоя, наложение токопроводящих паст или мази и др. Кроме этого, большое значение имеет *место установки электродов и их взаимное пространственное расположение* — **система отведений**, с помощью которой можно определить электрические параметры локальных участков организма. Эти операции и соответствуют представлению о методических эффектах.

Удаление волос, специальная обработка кожи и другие операции используются и в *фотометрических методах исследований*. Физиологические процессы и медико-биологические показатели в этой

группе методов оцениваются посредством регистрации и измерения параметров потоков электромагнитных излучений оптического диапазона спектра после их взаимодействия с объектом исследования. Таким образом, целевую функцию этих методов можно определить как *преобразование оптических свойств объекта в совокупность эквивалентных выходных параметров, которые представляются в виде фотометрических параметров или медицинских показателей*. В процессе жизнедеятельности организма параметры или показатели могут изменяться, поэтому возможна и регистрация этих изменений во времени. Для преобразования параметров оптического излучения в электрический сигнал используются более сложные устройства сопряжения — оптико-электрические измерительные преобразователи (ОЭИП), включающие, кроме самого объекта, источник излучения и один или несколько фотоэлектрических преобразователей. В последнем варианте оптические свойства объекта исследования могут передаваться не одним, а несколькими одновременно регистрируемыми сигналами, поэтому для получения выходного параметра необходимо выполнить соответствующие вычисления. Результат измерений и расчета зависит от нескольких характеристик ОЭИП: интенсивности и спектрального состава исходного излучения, параметров оптического тракта, геометрии потока излучения и других факторов. Таким образом, кроме подготовки объекта требуется выполнить ряд операций по подготовке технического средства; вместе они представляют ту совокупность методических эффектов, которые необходимо использовать в данной группе методов.

В особо сложных исследованиях, например, при использовании методов биологической интроскопии, индикаторных методов оценки параметров кровообращения, проведении функциональных исследований и др., этап подготовки объекта может включать большое число методических эффектов, связанных с подготовкой объекта, оборудования, выполнения целого ряда вспомогательных процедур. Вот некоторые из них: введение рентгеноконтрастного вещества для рентгеновской биоинтроскопии; предварительное дыхание специальной воздушной смесью и подбор параметров технического средства измерения при выполнении исследования параметров кровообращения индикаторными методами; подбор параметров электрических и магнитных полей, определение положения тела и специального режима подготовки организма в методах ядерно-магнитной интроскопии и т. д.

Более сложной может быть последовательность операций по подготовке объекта исследования для аналитических исследований. Методические схемы изучения биопроб весьма разнообразны, так как проба не возвращается в организм и с ней можно делать все, что угодно. Для методов аналитических исследований характерны операции по трансформации исходного вещества биопробы вплоть до ее полного уничтожения (например, в методе пламенной фотометрии, когда проба сжигается, а компонентный состав пробы определяется путем спектрального анализа газового потока). В этом классе методов вещество биопробы

является материальным носителем информации о состоянии организма. На этапе подготовки оно трансформируется в некоторый так называемый **конечный продукт** путем изменения агрегатного состояния, химических превращений, воздействий физическими полями и т. д. Конечный продукт может значительно отличаться от исходного вещества, однако некоторые его характеристики должны отражать исследуемые свойства биопробы. Именно на эти характеристики и настраиваются параметры ИП, а все преобразования необходимы для упрощения процедуры подключения ИП к конечному продукту.

Такая свобода обращения с веществом биопробы открывает широкие возможности как по вариантам выполнения целого ряда специфических для лабораторного анализа операций: дозирования, перемешивания, высушивания, термостатирования, фракционирования и т. п., операциям преобразования биопробы путем использования активных воздействий: химических преобразований, проникающих излучений, комбинаций физических полей и др. (т. е. практически всего арсенала средств про-боподготовки), так и по использованию различных методов измерения параметров биопроб. Причем последовательность таких операций, их продолжительность по времени и условия выполнения являются принципиальными для того или иного вида исследования.

Процессом формирования электрических сигналов как эквивалентов некоторого порождающего поля не заканчивается процедура получения диагностической информации. Необходима дальнейшая обработка сигналов с тем, чтобы содержащаяся в них информация стала доступной для пользователя при ее предъявлении на устройствах отображения. Такая обработка осуществляется в специальных электронных блоках, совокупность и последовательность включения которых определяет структуру специальных технических средств - средств обработки сигналов. Подходы к анализу ошибок работы алгоритмов обработки сигналов также хорошо представлены в доступной технической литературе и здесь не обсуждаются.

Для упрощения исследований различных технологических схем было бы целесообразно записать последовательность операций в некотором условном виде для последующего изучения и оптимизации. Однако сложность технологических схем исследования биологического объекта не позволяет использовать известные в технике приемы записи этих последовательностей. Кроме того, на сегодня далеко не все исследования имеют отработанные и общепринятые схемы экспериментов.

Один из возможных подходов к записи структур информационных преобразований - представление о том, что все используемые в ней операции являются *операциями по преобразованиям информации, носители которой могут изменяться в процессе исследования биообъекта*,

Для записи структуры информационных преобразований разработан структурно-символьный способ, позволяющий в виде единой для обоих этапов записи отразить все операции с носителями информации, которые используются в том или ином исследовании. Сама запись в этом способе

представляется как **информационно-структурная модель (ИСМ)** исследования, причем 'каждый этап эксперимента может включать несколько операций либо относительно простых, но принципиально необходимых актов воздействия на носитель. Представление о технологической схеме исследования как о структуре информационных преобразований позволяет применять для оптимизации и сравнительной оценки различных вариантов выполнения исследований результаты теории информационных систем и информационные критерии.

Структурно-символьный способ построения ИСМ подтвердил свою эффективность не только при изучении методов исследования биологических объектов.

Совокупность устройств сопряжения с биообъектом, обработки сигналов и отображения информации, отраженная в виде структуры информационных преобразований, определяет полную информационно-структурную модель соответствующего метода исследования.