

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 10.11.2023 03:12:02  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d79e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Юго-Западный государственный университет»**  
**(ЮЗГУ)**

Кафедра биомедицинской инженерии



**ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**

Методические указания к проведению практических занятий для  
студентов направления подготовки 30.05.03 – “Медицинская  
кибернетика”

Курск 2017

УДК 615.478

Составитель: Н.А. Кореневский.

Рецензент:

Доктор технических наук, профессор *В.С.Титов*

**Введение в специальность:** методические указания к проведению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Н.А. Кореневский, Курск, 2017. 161 с. с ил.

Содержатся теоретические и справочные сведения, необходимые для выполнения практических работ по разработке и проектированию приборов систем и комплексов медицинского и экологического назначения

Методические указания по структуре, содержанию и стилю изложения материала соответствуют методическим и научным требованиям, предъявляемым к учебным и методическим пособиям..

Предназначены для студентов направления подготовки 30.05.03 очной формы обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 5.05.17. Формат 60x84 1/16  
Усо.печ.л.9,35. Уч.-изд.л.8,47. Тираж 50 экз. Заказ:843. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040. г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Занятие 1. Структура и работа нейрона	4
Занятие 2. Тестирование адаптационных резервов организма	17
Занятие 3. Структурные схемы типовых медицинских приборов	29
Занятие 4. Программирование микропроцессоров	69
Занятие 5. Компьютерные тестовые системы оценки состояния человека	101
Библиографический список	150
Приложение 1	152

## ЗАНЯТИЕ 1

### СТРУКТУРА И РАБОТА НЕЙРОНА

**1. Цель работы:** изучить биологическую структуру и работу нейрона, простейшую структуру его технического аналога и способы обучения.

В результате самостоятельного изучения материалов и выполнения практических занятий студент должен овладеть следующей структурной составляющей в рамках общих компетенций ОК8, ПК5 и ПК20:

**Знать:** структуру и принцип работы нейрона и его электрического аналога.

**Уметь:**

- обучать искусственный нейрон на отделение двух классов по двум признакам с использованием обучающей выборки;
- оценивать качество классификации реализуемой нейроном.

**Владеть:** общими представлениями о решении задач классификации с помощью искусственных нейронных структур и высокой мотивации к использованию идей искусственного интеллекта в различных сферах человеческой деятельности.

#### **2. Информационные материалы к занятию**

Основным элементом нервной системы человека является нервная клетка, сокращенно называется нейроном.

Как у любой другой клетки, у нейрона имеется тело со стандартным набором органелл, называемое сомой, внутри которого располагается ядро.

Из сомы нейрона выходят многочисленные отростки, играющие ключевую роль в его взаимодействии с другими нервными клетками. Можно выделить два типа отростков: многочисленные тонкие, густо ветвящиеся дендриты и более толстый, расщепляющийся на конце аксон (рис. 1.1).

Входные сигналы поступают в клетку через синапсы, тогда как выходной сигнал отводится аксоном через его многочисленные нервные окончания, называемые коллатералами. Коллатералы контактируют с сомой и дендритами других нейронов, образуя

очередные синапсы. Синапсы, подключающие к клетке выходы других нейронов, могут находиться как на дендритах, так и непосредственно на теле клетки.

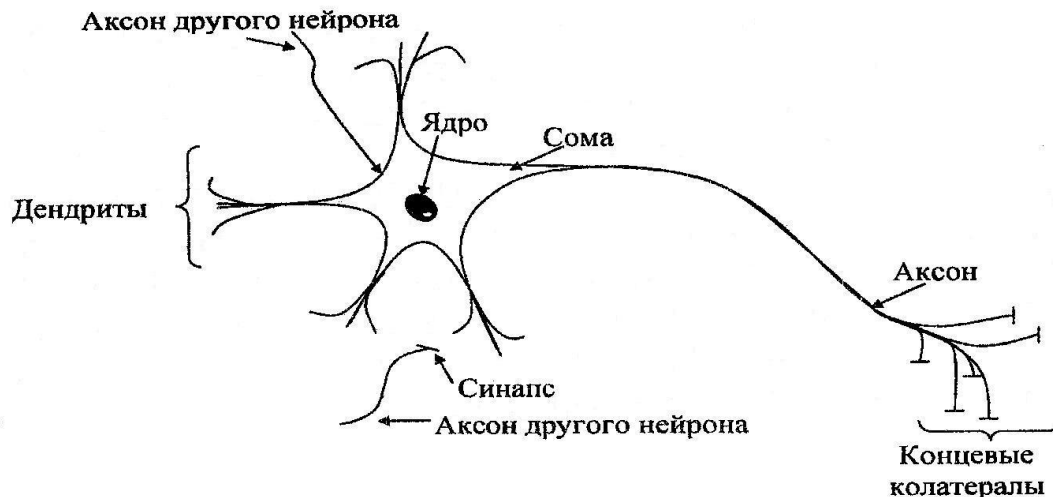


Рис. 1.1. Упрощенная биологическая структура нервной клетки

Передача сигналов внутри нервной системы - это очень сложный электрохимический процесс. С большим упрощением можно считать, что передача нервного импульса между двумя клетками основана на выделении особых химических субстанций, называемых нейромедиаторами, которые формируются под влиянием поступающих от синапсов раздражителей. Эти субстанции воздействуют на клеточную мембрану, вызывая изменение ее энергетического потенциала, причем величина этого изменения пропорциональна количеству нейромедиатора, попадающего на мембрану.

Синапсы отличаются друг от друга размерами и возможностями концентрации нейромедиатора вблизи своей оболочки. По этой причине импульсы одинаковой величины, поступающие на входы нервной клетки через различные синапсы, могут возбуждать ее в разной степени. Мерой возбуждения клетки считается уровень поляризации ее мембран, зависящий от суммарного количества нейромедиатора, выделенного на всех синапсах.

Из сказанного следует, что каждому входу клетки можно сопоставить численные коэффициенты (веса), пропорциональные количеству нейромедиатора, однократно выделяемого на

соответствующем синапсе. В математической модели нейрона входные сигналы должны умножаться на эти коэффициенты для того, чтобы корректно учитывать влияние каждого сигнала на состояние нервной клетки. Синаптические веса должны быть натуральными числами, принимающими как положительные, так и отрицательные значения. В первом случае синапс оказывает возбуждающее, а во втором - тормозящее действие, препятствующее возбуждению клетки другими сигналами. Таким образом, действие, возбуждающего синапса может моделироваться положительным значением синаптического веса, а действие тормозящего синапса - отрицательным значением.

В результате поступления входных импульсов на конкретные синапсы и высвобождения соответствующих количеств нейромедиатора происходит определенное электрическое возбуждение нервной клетки. Если отклонение от состояния электрического равновесия невелико, либо если баланс возбуждений и торможений является отрицательным, клетка самостоятельно возвращается в исходное состояние, и на ее выходе какие-либо изменения не регистрируются. В этом случае считается, что уровень возбуждения клетки был ниже порога ее срабатывания. Если же сумма возбуждений и торможений превысила порог активации клетки, значение выходного сигнала начинает лавинообразно нарастать, принимая характерный вид нервного импульса (рис. 1.2), пересылаемого аксоном на другие нейроны, подключенные к данной клетке. Величина этого сигнала не зависит от степени превышения порога.

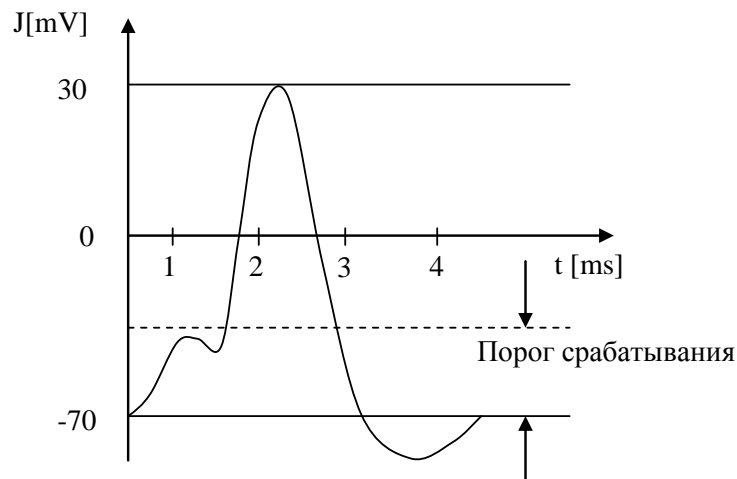


Рис. 1.2. Типичная форма нервного импульса

После выполнения своей функции, нейромедиатор удаляется. Механизм удаления заключается либо во всасывании этой субстанции клеткой, либо в ее разложении, либо в удалении за пределы синапса.

Одновременно с генерацией нервного импульса в клетке запускается процесс рефракции. Он проявляется как стремительное возрастание порога активации клетки до очень большого положительного значения, в результате чего сразу после генерации импульса нейрон теряет способность вырабатывать очередной сигнал даже при сильном возбуждении. Такое состояние сохраняется в течение времени, называемого периодом абсолютной рефракции. По окончании этого срока наступает период относительной рефракции, за который порог срабатывания возвращается к первоначальному значению. В это время клетку можно активировать, но только с приложением более сильных возбуждений.

Количество взаимодействующих друг с другом нервных клеток чрезвычайно велико. Считается, что человеческий мозг содержит около 10 нейронов, каждый из которых выполняет относительно примитивные функции суммирования весовых коэффициентов входных сигналов и сравнения полученной суммы с пороговым значением. Каждый нейрон имеет свои веса и свое пороговое значение. Они определяются местонахождением нейрона и решаемой им задачей и могут интерпретироваться аналогично содержимому локальной памяти процессора.

Громадное количество нейронов и межнейронных связей (до 1000 входов в каждый нейрон) приводит к тому, что ошибка в срабатывании отдельного нейрона остается незаметной в общей массе взаимодействующих клеток. Нейронная сеть проявляет высокую устойчивость к помехам - это «стабильная» сеть, в которой отдельные сбои не оказывают существенного влияния на результаты ее функционирования. Таково главное отличие нейронных систем от обычных электронных систем, созданных человеком. Следует подчеркнуть, что ни одна современная технология не позволяет построить искусственную нейронную сеть, близкую по масштабам к нейронной сети мозга. Однако

изучение и копирование биологических нервных систем позволяют надеяться на создание нового поколения электронных устройств, имеющих аналогичные характеристики.

Другая важная особенность нервных систем - высокая скорость их функционирования, несмотря на относительно длительный цикл срабатывания каждой отдельной клетки, измеряемый в миллисекундах. Она достигается благодаря параллельной обработке информации в мозге огромным количеством нейронов, соединенных многочисленными межнейронными связями. Такие операции, как распознавание образов и звуков либо принятие решений, выполняются человеческим мозгом за промежутки времени, измеряемые миллисекундами. Достижение такого результата при использовании полупроводниковой технологии все еще выходит за границы современных технических возможностей, хотя цикл срабатывания отдельных исполнительных элементов СБИС является достаточно коротким и имеет порядок  $10^{-8}$  с. Если удастся, взяв за образец нервную систему, создать устройство с высокой степенью параллельности выполнения независимых операций, то скорость его функционирования может быть существенно увеличена и приближена к уровню, наблюдаемому в процессах обработки информации биологическими объектами [10].

Из приведенных сведений следует, что в некотором приближении нейрон может рассматриваться как сумматор, который суммирует сигналы  $X_1, \dots, X_n$  приходящие с других нейронов, умножает каждый из них на определенный вес  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$  и полученную сумму сравнивает с некоторым числом, называемым порогом  $\alpha_0$ .

Далее, если полученная сумма

$\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i$  превышает пороговое значение,

нейрон возбуждается, если не превышает, не возбуждается. В технике построения нейронных сетей возбужденное состояние нейрона принято обозначать как единичное состояние (состояние 1), а не возбужденное состояние - как нулевое состояние (состояние 0).



Обозначив состояние нейрона через  $Y$ , можно записать

$$Y = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i \leq \alpha_0; \\ 0, & \text{если } \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i > \alpha_0; \end{cases}$$

Или то же самое

$$Y = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i - \alpha_0 \leq 0; \\ 0, & \text{если } \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i - \alpha_0 > 0; \end{cases} \quad (1.1)$$

Физически такие математические выражения могут быть реализованы схемой приведенной на рис. 1.3 или в виде программы на ПЭВМ.

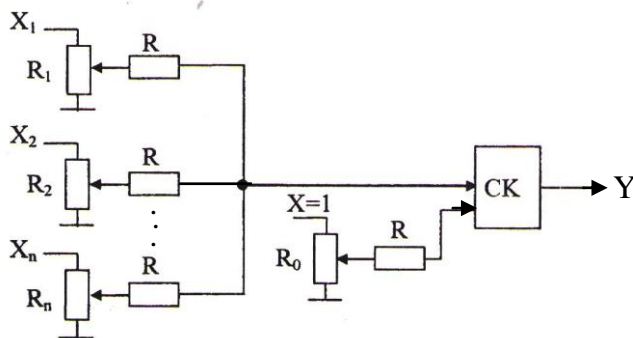


Рис. 1.3. Структурная схема электрического эквивалента нейрона

В электрическом эквиваленте нейрона переменными сопротивлениями  $R_1, \dots, R_n$  устанавливаются значения весов  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ , сопротивлением  $R_0$  -  $\alpha_0$ . Блок СК-сумматор - компаратор реализует функции суммирования, сравнения суммы с пороговым значением од и в зависимости от результатов сравнения устанавливается в одно из двух состояний в соответствии с выражением (1.1).

На рис. 1.4 приведена характеристика работы СК схемы 1.3.,

при условии, что  $Z = \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i - \alpha_0$ .

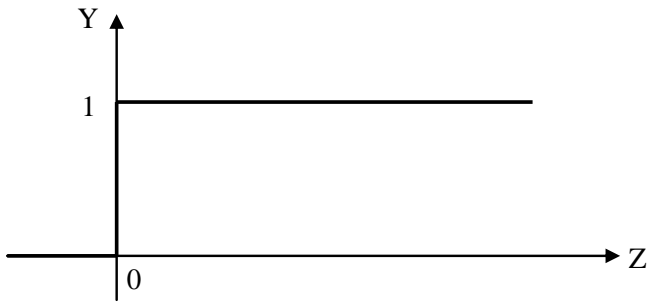


Рис. 1.4. График работы сумматора-компаратора

Многочисленными исследованиями было показано, что приведенная на рис. 1.3 схема способна настраиваться (обучаться) на решение задач классификации (выделения) двух классов. Например, на распознавание двух букв, определение двух классов заболеваний, отделения здоровых и больных и т. д. При этом договариваются, что одному классу (например, здоров) соответствует состояние 0, а другому классу (например, болен) - состояние 1. В этом случае величины  $X_1, \dots, X_n$  рассматриваются как признаки описывающие состояние человека. В случае распознавания букв  $X_1, \dots, X_n$  вычисляются по их графическим контурам регистрируемым, например, фотокамерой.

Задача настройки (обучения) нейрона заключается в нахождении таких значений  $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n$  и соответствующих им величин настройки  $R_0, R_1, \dots, R_n$ , чтобы при различных значениях  $X_1, \dots, X_n$  нейрон не ошибался в классификации.

Один из возможных механизмов обучения нейрона на разделение двух классов рассмотрим на примере графического разделения двух классов  $W_1$  и  $W_2$  в пространстве двух признаков  $X_1$  и  $X_2$  (рис. 1.5).

Для обучения нейрона используют объекты для которых каким либо известным и надежным способом установлена точная их принадлежность к исследуемым классам и точно измерены значения их признаков  $X_1$  и  $X_2$ .

Пусть имеется два класса здоров и болен:  $W_1$  и  $W_2$  соответственно. Для каждого из этих классов по людям, при достаточном их количестве, измерены значения их признаков, например, систолическое  $X_1$  и диастолическое  $X_2$  давление. Если измеренное для каждого человека значение признаков изобразить в

координатах  $\{X_1, X_2\}$ , то получится «картинка», пример которой приведен на рис. 1.5. В удачном случае люди (объекты) класса  $W_1$  будут формировать свою, достаточно компактную область, а класс  $W_2$  – свою.

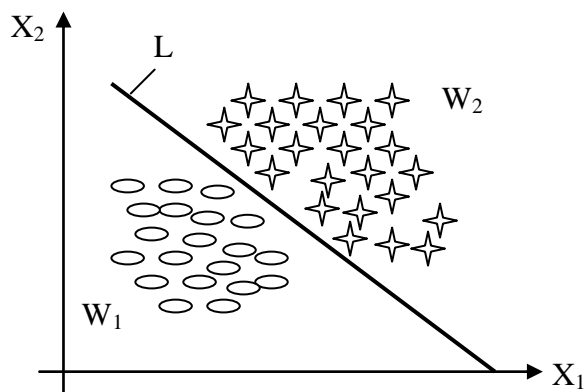


Рис. 1.5. Разделение двух классов в двумерном пространстве признаков:  $\circ$  - объекты класса 1, например здоров;  $\star$  - объекты класса 2, например болен

В приведенном примере, очевидно, что существует такая линия  $L$  по отношению к которой объекты одного класса  $W_1$  лежат под линией, а  $W_2$  - над линией. Из геометрии известно, что уравнение линии  $L$  может быть представлено в виде:

$$\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 - \alpha_0 = 0, \quad (1.2)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - коэффициенты определяющие наклон линии по отношению к координатам  $X_1 X_2$ , а  $\alpha_0$  - расстояние от  $L$  - до начала координат. Легко заметить, что выражение (1.2) является частью выражения (1.1).

При этом, если в схеме рис. 1.3 с помощью резисторов  $R_1$ ,  $R_2$ , и  $R_0$  задать величины  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\alpha_0$ , то можно будет решать задачу классификации здоровых и больных.

Решение задачи классификации осуществляется следующим образом. У человека, состояние которого необходимо определить измеряют значения признаков  $X_1$  и  $X_2$  и полученные величины в виде электрического эквивалента подают на вход схемы 1.3. Если признаки таковы, что они находятся ниже линии (рис. 1.5.), то сумматор - компаратор будет находиться в состоянии 0, а для объекта «лежащего» выше линии - в состоянии - 1. То есть схема рис. 1.3 будет осуществлять разделение больных и здоровых.

В рассматриваемом варианте величины коэффициентов  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\alpha_0$  легко определяются методами аналитической геометрии.

Выберем  $\alpha_2=1$ , тогда при  $X_1=0$ ,  $\alpha_0=X_2$ , а при  $X_2=0$   $\alpha_1=\alpha_0/X_1$ .

Для разделения многих классов и в пространствах многих переменных используется не один, а много нейронов объединяющихся в нейронные сети для обучения которых разработаны специальные пакеты прикладных программ.

В реальных задачах классы  $\omega_1$  и  $\omega_2$  чаще всего пересекаются в пространстве признаков или структура классов настолько сложна, что после обучения (получения разделяющей поверхности) не все объекты будут классифицироваться правильно. То есть будут наблюдаться объекты класса  $\omega_2$  ошибочно классифицируемые как объекты класса  $\omega_1$  (объекты класса  $\omega_2$  будут лежать ниже разделяющей линии на рис 1.5). Аналогично будут наблюдаться объекты класса  $\omega_1$ , которые классифицируются решающим правилом как объекты класса  $\omega_2$  (объект класса  $\omega_1$  лежит выше разделяющей линии). Такая ситуация иллюстрируется рисунком 1.6.

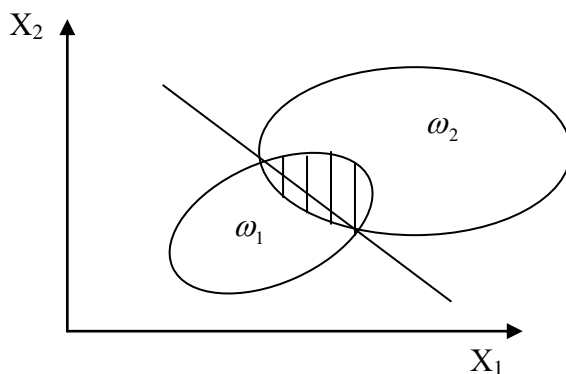


Рис. 1.6. Линейное разделение двух пересекающихся классов  $\omega_1$  и  $\omega_2$ .

На этом рисунке замкнутые контура обозначают области, где «появляются» объекты соответствующих классов. Область, где будут наблюдаться ошибки классификации на рис 1.6, заштрихована.

Технологически процесс обучения нейронов разбивают на два этапа: обучение и контроль качества классификации. В процессе

обучения собирается информация об объектах, для которых точно известна их классификация. Затем объекты с известной классификацией делятся на две части. По одной части называемой обучающей выборкой с использованием стандартных пакетов прикладных программ получают уравнения разделяющих поверхностей обеспечивающих минимальную ошибку классификации. Этот этап называется этапом обучения.

Для второй части, которую называют контрольной выборкой, определяют количество совершаемых полученным решающим правилом ошибок. Если это количество ошибок не превышает допустимых значений, считается, что полученная искусственная нейронная сеть справляется со своей задачей и процесс обучения заканчивается. В противном случае принимается решение о продолжении процесса обучения.

Количество ошибок классификации, которое определяет качество классификации, может определяться различными способами. В медицинских приложениях принято качество классификации определять таким показателями качества как: диагностическая чувствительность (ДЧ), диагностическая специфичность (ДС), прогностическая значимость положительных (ПЗ<sup>+</sup>) и отрицательных (ПЗ<sup>-</sup>) результатов и диагностическая эффективность.

Для расчета этих показателей составляется таблица распределения результатов наблюдений (таблица 1.1).

Таблица 1.1

*Распределение результатов наблюдений*

Обследуемые	Результаты исследований		Всего
	положительные	отрицательные	
Количество обследуемых класса $\omega_2 - n_{\omega_2}$ (болен)	Истино (ИП)	Ложно (ЛО)	ИП+ЛО
Количество обследуемых класса $\omega_1 - n_{\omega_1}$ (здоров)	Ложно (ЛП)	Истино (ИО)	ЛП+ИО
Всего	ИП+ЛП	ЛО+ ИО	ИП+ ЛП+ ЛО+ ИО

В этой таблице ИП – истинно-положительный результат работы решающего правила (РП), который численно равен количеству больных людей правильно классифицированных решающим правилом.

ЛП – ложно положительный результат, численно равный количеству здоровых людей, классифицированных решающим правилом как больные.

ЛО – ложно отрицательный результат, численно равный количеству больных людей, классифицируемых решающим правилом как здоровые люди.

ИО – истинно отрицательный результат, численно равный количеству здоровых людей, классифицируемых решающим правилом как здоровые люди.

Диагностическая чувствительность (ДЧ) решающего правила по отношению к классу  $\omega_2$  определяется отношением числа истинно положительных результатов к количеству больных, т.е.

$$ДЧ = \frac{ИП}{n_{\omega_2}} \quad (1.3)$$

Диагностическая специфичность (ДС) решающего правила для класса  $\omega_1$  представляет собой отношение истинно отрицательных результатов к числу здоровых людей то есть

$$ДС = \frac{ИО}{n_{\omega_1}} \quad (1.4)$$

Предсказательность (прогностическая значимость) положительных результатов  $ПЗ^+$  определяется выражением:

$$ПЗ^+ = \frac{ИП}{ИП + ЛП} \quad (1.5)$$

Предсказательная (прогностическая значимость) отрицательных результатов  $ПЗ^-$  определяется выражением:

$$ПЗ^- = \frac{ИО}{ЛО + ИО} \quad (1.6).$$

Диагностическая эффективность (ДЭ) определяется выражением типа

$$ДЭ = \frac{ИП + ИО}{ИП + ЛП + ЛО + ИО} \quad (1.7).$$

### **3. Порядок выполнения работы**

3.1. Получите у преподавателя изображение контуров классов  $\omega_1$  и  $\omega_2$  в пространстве двух признаков в виде картинок, приведенных на рис. 1.6.

3.2. В каждом классе произвольно разными значками (например, точками и звездочками) поставьте координаты объектов (не менее 30 объектов на каждый класс). Обязательно наличие объектов в зоне пересечения классов.

3.3. Проведите разделяющую линию, которая на Ваш взгляд обеспечит минимум ошибки классификации и получите уравнение этой линии.

3.4. Составьте таблицу распределения результатов наблюдений и рассчитайте показатели качества полученной разделяющей поверхности

### **4. Вопросы для самоконтроля**

4.1. Нарисуйте биологическую схему нейрона и поясните принцип его работы.

4.2. Нарисуйте вариант электрической модели нейрона.

4.3. Расскажите о механизме обучения нейронных моделей.

4.4. Расскажите о механизме расчета показателей качества классификации.

## ЗАНЯТИЕ 2

### ТЕСТИРОВАНИЕ АДАПТАЦИОННЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА

**1. Цель работы:** изучение основ системной организации организма в соответствии с теорией функциональных систем П. К. Анохина и приобретение навыков в определении функционального состояния организма.

В результате самостоятельного изучения материалов и выполнения практических занятий студент должен обладать следующей структурной составляющей в рамках общих компетенций ОК8, ПК6, ПК20.

**Знать:** современные подходы к решению задач ранней диагностики с использованием современных информационных технологий.

**Уметь:** рассчитывать индекс функциональных изменений организма и делать выводы об уровне функционирования системы кровообращения.

**Владеть:** общими представлениями о теории функциональных систем и высокой мотивации к использованию идей системного подхода к решению различных задач теории биотехнических систем.

#### **2. Информационные материалы к занятию**

*Современные подходы и решению задач донозологической диагностики*

Анализ многочисленных отечественных и зарубежных публикаций по проблемам прогнозирования и ранней (донозологической) диагностики показывает, что большинство из них основывается на современных представлениях физиологии об адаптации и гомеостазе, положениях биологической кибернетики и теории функциональных систем [1,2].

Одной из научных школ достаточно полно исследовавших, проблему риска возникновения и развития заболеваний с точки зрения оценки функциональных состояний и адаптационного



резерва на основе системного подхода является школа профессоров В. П. Казначеева и Р. М. Баевского положившая начало новому научному направлению - донозологической диагностике.

Ими было разработано учение о донозологических состояниях, пограничных между здоровьем и болезнью. Было показано, что большинство людей, которых относили к классу больных, на самом деле находятся в состоянии между здоровьем и болезнью. Они не нуждаются в дорогостоящих обследованиях и лекарствах, и задача состоит не в том, чтобы их лечить, а в том, чтобы сохранить и укрепить здоровье [2].

На сегодняшний день существует более ста определений понятия «здоровье». В большинстве случаев эти понятия исходят из того, что здоровье является конкретным, качественно специфическим состоянием человека, которое характеризуется нормальным течением физиологических процессов, обеспечивающих его оптимальную жизнедеятельность. Здоровье, как функциональный оптимум, определяется внутренними и внешними условиями, причинами и факторами.

В Уставе ВОЗ здоровье определяется как состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не только как отсутствие болезней или физических дефектов. Переход от здоровья к болезни может рассматриваться, как процесс постепенного снижения способности организма приспосабливаться к изменениям социальной и производственной среды, окружающих условий.

В общем, плане под здоровьем можно понимать возможность организма активно адаптироваться к условиям окружающей среды, взаимодействуя с ней свободно, на основе биологической, психологической и социальной сущности человека.

По В. П. Казначееву, здоровье - это процесс сохранения и развития физиологических, биологических и психических функций, оптимальной трудовой и социальной активности при максимальной продолжительности активной творческой жизни.

В общечеловеческом плане здоровье определяется как гармоническое единство всевозможных обменных процессов между организмом и окружающей средой, и как результат этого, -

согласование перечня обменных процессов внутри самого организма, проявляющегося в оптимальной жизнедеятельности его органов и систем.

Организм человека, испытывающего практически непрерывные стрессовые воздействия, по мнению Р. М. Баевского, следует рассматривать как динамическую систему, которая непрерывно приспосабливается к условиям окружающей среды путем изменения условия функционирования отдельных систем и соответствующего напряжения регуляторных механизмов. Приспособление, или адаптация, к новым условиям достигается путем затрат функциональных ресурсов организма за счет определенной «биосоциальной платы» [2].

Адаптация, как одно из фундаментальных свойств живой материи, является результатом и средством разрешения внутренних и внешних противоречий. Плата за адаптацию зависит от резервных возможностей организма.

Реакция организма в процессе взаимодействия с факторами окружающей среды протекает по-разному: в зависимости от силы воздействующего фактора, времени воздействия и адаптационных возможностей организма, которые определяются функциональным состоянием человека, его функциональными ресурсами.

Вариации функционального состояния достаточно полно определяются в рамках теории функциональных систем П. К. Анохина [1], основные положения которой базируются на том, что состояние организма является результатом деятельности его функциональных систем. В целом, состояние организма является обобщенным понятием, которое отражает способность организма находиться в равновесии с окружающей средой при заданных уровнях регуляции, а также возможность его адаптации к изменяющимся условиям среды.

Любая функциональная система организма имеет однотипную структуру (рис. 1.1), ядром которой является системообразующий фактор - полезный для метаболизма приспособительный результат. При отклонении жизненно важной функции от оптимального для метаболизма уровня включается специальный рецепторный аппарат, широко представленный в организме. Рецепторы являются первым звеном формирования так называемой обратной

афферентации - обратной связи, играющей пусковую роль в регуляции функций и информирующей эти же центры о результатах действий, является той основой, которая определяет целенаправленную деятельность каждой функциональной системы.

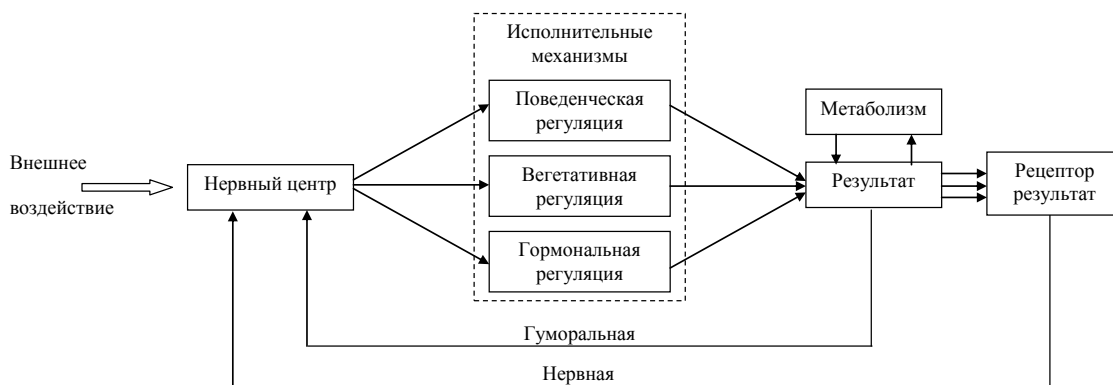


Рис. 2.1. Структурная схема функциональной системы организма

Для удержания полезного результата на заданном уровне каждая функциональная система имеет различные исполнительные механизмы, которые реализуются посредством поведенческой, вегетативной, гормональной регуляции. Эффекторный аппарат функциональных систем является в определенной степени универсальным, так как одни и те же исполнительные механизмы могут быть включены для выполнения различных функций организма. Совместный характер деятельности различных функциональных систем в организме приводит к обобщенному результату, который зависит от совокупности всех систем. Примером обобщенной функциональной системы организма может служить совокупность физиологических систем, обеспечивающих регуляцию гомеостатических показателей внутренней среды организма.

Внутри обобщенной системы отдельные функциональные системы обладают определенной иерархией, устанавливаемой иерархией достигаемых результатов. Главенство функциональных систем определяется в соответствии с принципом доминанты А. А. Ухтомского. По отношению к каждой, доминирующей в данный момент функциональной системе, образуется иерархический

порядок, причем на всех уровнях организаций, начиная от молекулярного вплоть до социально-общественного.

Таким образом, состояние организма, отражающее гомеостаз и адаптацию, является результатом действия обобщенной функциональной системы, определяющей течение метаболических и поведенческих процессов. Необходимость в использовании корректирующих лечебных воздействий возникает в тех случаях, когда эндогенные механизмы соответствующих функциональных систем не в состоянии скомпенсировать влияние раздражающего патологического фактора. При этом величины показателей, характеризующие состояние организма, выходят за рамки гомеостатической нормы.

По Р. М. Баевскому [2], состояние организма определяется следующими основными факторами:

- уровнем функционирования системы;
- степенью напряжения регуляторных механизмов;
- функциональным резервом.

Уровень функционирования целостной системы определяется как относительно стабильная величина специфических реакций организма. Обусловленная природой раздражителя и свойствами системы [2]. На уровень функционирования системы влияют биологические свойства организма, исходное функциональное состояние, интенсивность раздражающего воздействия, определяемая амплитудно-временными характеристиками раздражения.

Изменение интенсивности воздействующих факторов внешней среды является одной из причин перехода физиологических систем с одного уровня функционирования на другой. Количественно уровни функционирования определяются интегративными параметрами доминирующих функциональных систем. Например, если в качестве индикатора функционирования организма использовать сердечнососудистую систему, то указанными параметрами являются: минутный объем крови, данные балисто- и сейсмокардиограмм, характеризующих механическую работу сердца [2]. Изучение уровней функционирования систем показывает, что наиболее полно состояние организма определяет следующая шкала уровней:

1. Средний уровень жизнедеятельности;
2. Уровень контроля, при котором включаются рецепторы функциональных систем;
3. Уровень регуляции, характеризующийся включением периферических механизмов регуляции;
4. Уровень управления, определяемый генерализацией механизмов регуляции;
5. Нарушение гомеостаза;
6. Нарушение структуры.

Первые две градации характерны для здорового организма, третья и четвертая относятся к донозологическим формам, когда функционирование уже нарушено, но внешнее проявление заболеваний еще отсутствует, а две последние связаны с патологическими сдвигами.

Достижение того или иного уровня функционирования связано с деятельностью механизмов регуляции и управления. Функционирование целостного организма определяют три основных механизма:

- низшая регуляция, обеспечивающая работу отдельных функциональных систем и регуляторные процессы внутри этих систем, например, регуляция кровообращения, пищеварения и др.;
- высшая регуляция (управление), являющаяся основой высшей нервной деятельности, которая в полной мере обеспечивает связь организма с внешней средой;
- механизмы взаимодействия процессов высшего кортикального уровня с функциональными отделами низшего уровня регуляции, являющиеся условием согласованного функционирования управления и регуляции.

Активность регуляторных механизмов, степень генерализации управления, необходимые для поддержания соответствующего уровня функционирования или для перехода на другой более адекватный уровень, определяются степенью напряжения регуляторных механизмов. Для оценки состояния организма используется следующая шкала степеней напряжения [2].

1. Релаксация, характеризующая минимальное напряжение регуляторных механизмов, полную или частичную адаптацию организма к неадекватным факторам среды;

2. Напряжение, проявляющееся мобилизацией защитных механизмов приспособления к неадекватным условиям;

3. Перенапряжение, для которого характерна недостаточность регуляторных механизмов;

4. Истощение регуляторных механизмов с преобладанием неспецифических изменений над специфическими.

В работе [2] предлагается десятибалльная шкала функционального состояния организма, представленная в таблице 2.1.

Таблица 2.1

## Классификация функциональных состояний

Донозологическая диагностика	Степень напряжения регуляторных систем
I. Физиологическая норма	1. Оптимальный уровень. 2. Нормальный уровень. 3. Умеренное функциональное напряжение
2. Донозологические состояния	4. Выраженное функциональное напряжение. 5. Резко выраженное функциональное напряжение. 6. Перенапряжение регуляторных механизмов
3. Преморбидные состояния	7. Резко выраженное перенапряжение регуляторных механизмов. 8. Истощение регуляторных систем
4. Срыв адаптации	9. Резко выраженное истощение регуляторных систем. 10. Полном (срыв) механизма регуляции

Вводя понятие донозологических состояний, Р. М. Баевский, характеризуя переход от донозологических состояний к болезни, выделяет два вида преморбидных состояний: преморбидные состояния с преобладанием неспецифических изменений и преморбидные состояния с преобладанием специфических изменений.

В понимании клиницистов болезнь связывается с наличием специфических изменений, позволяющих поставить конкретный диагноз, поэтому только второй тип преморбидных состояний может считаться предболезнью в клиническом понимании этого

слова. В то же время мы имеем дело с непрерывным процессом снижения приспособительных свойств организма, в результате чего и наступает переход от первого ко второму виду преморбидных состояний, а затем к болезни. Следовательно, именно снижение адаптационных возможностей организма выступает в качестве главного причинного фактора развития болезни. Иными словами, основной причиной предрасположенности к тем или иным заболеваниям является снижение адаптационных возможностей организм [2].

Таким образом, донозологическая диагностика рассматривает снижение адаптационных возможностей организма в качестве ведущей причины возникновения и развития болезней. При этом естественный (возрастной) процесс снижения адаптационных возможностей ускоряется или замедляется воздействием разнообразных внешних и внутренних факторов риска, отдельные из которых при их кратковременном резком усилении могут становиться причинными факторами различных расстройств, нарушений и даже патологических состояний.

Адаптация организма к воздействию неадекватных факторов окружающей среды происходит путем мобилизации и расходования функциональных резервов. Процессы мобилизации этих резервов могут быть описаны в общепринятых представлениях теории адаптации с выделением срочного и долговременного этапов. При срочной адаптации мобилизуются существующие адаптационные механизмы и, в зависимости от их мощности, используются определенные ресурсы. Недостаток энергетических ресурсов на уровне клетки запускает пусковой механизм долговременной адаптации.

Переход от срочной адаптации к долговременной обеспечивает значительное возрастание функциональных резервов организма и, в частности, особенно тех систем, которые ответственны за адаптацию. Если необходимые информационные, энергетические и метаболические ресурсы отсутствуют, то возникает функциональная недостаточность организма, которая проявляется патологическими синдромами или заболеваниями.

В работе [2] приводится схема иерархии функционального взаимодействия элементов функциональной системы, представленная рис. 2.2.

На этом рисунке  $\Phi P_{1a} - \Phi P_{1b}$  - оперативные функциональные резервы систем организма (а, б, в);  $\Phi P_{2a} - \Phi P_{2b}$  - стратегические резервы систем организма. Каждая из систем организма а, б, в имеет определенный уровень функционирования:  $УФ_a \div УФ_b$ . Оперативные резервы мобилизуются и расходуются автономными регуляторными механизмами  $PC_a$ , в частности, симпатическими и парасимпатическими отделами вегетативной нервной системы.

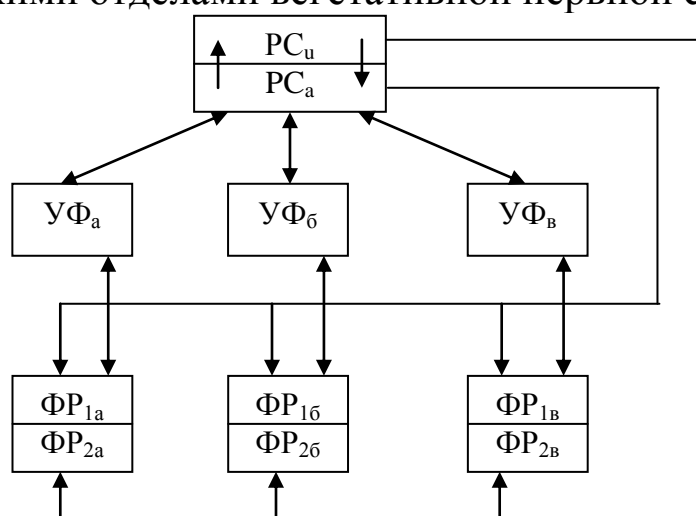


Рис. 2.2. Схема иерархии функционального взаимодействия элементов функциональной системы.

Любое воздействие на организм вызывает стресс-реакцию, которая выражается увеличением уровня функционирования определенных систем организма, одновременно включаются регуляторные системы, которые мобилизуют функциональные резервы. Контролируя уровень функционирования (обратная связь) и управляя ими (прямая связь), регуляторные системы так регулируют расходование функционального резерва, чтобы обеспечить гомеостатический режим взаимодействия систем, участвующих в реакции на воздействующий фактор. Если автономные механизмы не обеспечивают поддержания необходимого уровня функционирования отдельных систем, мобилизация стратегических резервов осуществляется регуляторными механизмами. При этом центральные механизмы регуляции производят перераспределение функциональных



резервов от одних связанных систем к другим в случае истощения ресурсов последних, что позволяет получать конечный результат различными путями. В работе [2] предлагается оденивать функциональный резерв (ФР) организма по соотношению:

$$\text{ФР} = \text{УФ}/\text{СН}, \quad (2.1)$$

где УФ - уровень функционирования доминирующей системы;  
СН - степень напряжения регуляторных систем.

Из этой формулы следует, что о функциональном резерве можно судить, не измеряя его непосредственно, а анализируя соотношение между уровнем функционирования и степенью напряжения регуляторных систем.

Исследование соотношения между ФР, УФ и СН позволяет производить оценку характеристик адаптационного потенциала при различных функциональных состояниях. Состояние удовлетворительной адаптации характеризуется практическим отсутствием в измерении ФР, УФ и СН. Состояние напряжения адаптационных механизмов связано с увеличением степени напряжения регуляторных систем и повышением уровня функционирования. Состояние неудовлетворительной адаптации характеризуется дальнейшим ростом степени напряжения регуляторных систем, но уже сопровождается снижением функционального резерва. При срыве адаптации основное значение приобретает, снижение уровня функционирования системы, происходящее в результате значительного снижения функционального резерва и истощения регуляторных систем.

В работе [2] для решения задач оценки адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний в качестве индикатора функционального резерва предлагается использовать реакцию системы кровообращения как системы, ответственной за адаптацию организма к большому числу разнообразных факторов внешней среды. В работе [2] приводятся достаточно убедительные аргументы в пользу такого подхода:

1. В большинстве случаев систему кровообращения можно рассматривать как индикатор адаптационных возможностей целого организма, а с точки зрения оценки функционального резерва, мобилизация и расходование его оперативных и стратегических

резервов, которые мобилизуются на этапах срочной и долговременной адаптации, изучение реакций системы кровообращения дает наиболее наглядные и типичные примеры.

2. Аппаратура для измерения уровня функционирования системы кровообращения (минутный и ударный объем, частота пульса, артериальное давление) не дорога, доступна и не требует специальной подготовки пациента.

3. Чувствительные рецепторные приборы человека, баро- и хеморецепторы контролируют различные параметры кровообращения в самых разных точках сосудистого русла и в самом сердце и постоянно информируют центральную нервную систему о происходящих изменениях. Это обеспечивает гибкость приспособления сердца и сосудов к непрерывно изменяющимся условиям окружающей среды. В свою очередь, существуют доступные методы оценки состояния регуляторных механизмов системы кровообращения, одним из которых является математический анализ ритмов сердца.

4. Функциональные резервы сердечно-сосудистой системы хорошо известны и так же поддаются измерению и оценке. К ним относятся рефлекторные механизмы увеличения легочной вентиляции, скорости кровотока, потребления кислорода; гиперфункция сердца; оптимизация метаболических процессов в тканях и др.

Функциональные резервы системы кровообращения можно разделить на внутренние и внешние. Последние можно отнести к ресурсам других систем организма, которые прямо или косвенно связаны с выполнением основной функции кровообращения - доставкой тканям адекватного количества кислорода и питательных веществ.

Относительно формулы (2.1) для системы кровообращения УФ характеризует миокардиально-гемодинамический гомеостаз, а СН -вегетативный гомеостаз.

Для оценки уровня функционирования системы кровообращения и определения ее адаптационного потенциала в работе [2] был предложен индекс функциональных изменений (ИФИ), определяемый выражением:

$$\text{ИФИ} = 0,011\text{ЧП} + 0,014\text{САД} + 0,008\text{ДАД} + 0,014\text{В} + 0,009\text{МТ} - 0,009\text{Р} - 0,27, \quad (2.2)$$

где ЧП - частота пульса;

САД - систолическое артериальное давление (АД);

ДАД - диастолическое артериальное давление;

В - возраст;

МТ - масса тела;

Р - рост.

Для этой формулы был получен алгоритм классификации уровней здоровья представленный в таблице 2.2.

Таблица 2.2.

Оценка уровня функционирования системы кровообращения (адаптационного потенциала) по ИФИ

Уровень функционирования (адаптационный потенциал)	Значения ИФИ (в баллах)
Удовлетворительная адаптация	до 2,53
Напряжение механизмов адаптации	2,53-3,09
Неудовлетворительная адаптация	3,10-3,49
Срыв адаптации	3,5 и выше

### **3. Порядок выполнения работы**

3.1. Проведите измерение частоты пульса систолического и диа-столического давления в состоянии спокойного бодрствования.

3.2. Определите индекс ИФИ.

3.3. Определите класс своего состояния по таблице 2.2.

3.4. Выполните упражнение на велотренажере и определите класс своего состояния при нагрузке.

### **4. Вопросы для самопроверки**

4.1. Какую информацию можно получить анализируя адаптационные резервы организма?

4.2. Нарисуйте структуру функциональной системы организма по П. К. Анохину.

4.3. Дайте классификацию функциональных состояний по Р. М. Баевскому.

4.4. Как определяется функциональный резерв организма?

### ЗАНЯТИЕ 3

## СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ТИПОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ

**1. Цель работы:** изучить типовые структурные схемы диагностических и терапевтических электронных медицинских приборов и систем и сформировать навыки по составлению простых структурных схем по описанию функций медицинских приборов.

В результате самостоятельного изучения материалов и выполнения практического задания студент должен овладеть следующей структурной составляющей компетенций ОК-8 и ПК-20

**Знать:**

- типовые структуры аппаратов и систем, обеспечивающих лечебно-диагностический процесс;
- назначение, принципы работы и место в общей структуре биотехнических систем основных их блоков;

**Уметь:** по описанию назначения, методу функционирования и особенностей использования биотехнической системы строить её обобщенную структурную схему.

**Владеть:** общими принципами составления структурных схем биотехнических систем и способами описания их функционирования.

### **2. Информационные материалы к занятию**

#### **2.1 Техническое обеспечение лечебно-диагностического процесса.**

Современное состояние технического обеспечения системы здравоохранения характеризуется наличием огромного арсенала различных аппаратов, систем и комплексов, решающих задачи диагностических исследований различных проявлений жизнедеятельности и проведения лечебно-оздоровительных мероприятий.

Совокупность приборов, аппаратов, систем, комплексов и приспособлений к ним, в которых реализуются различные физические и физико-химические методы исследований биообъектов (БО), определяют как инструментальные средства медико-биологических исследований. Выполнение этих исследований с помощью технических средств диагностики (ТСД) позволяет получить диагностическую информацию о состоянии объекта в виде множества медико-биологических показателей (МБП) и записей физиологических процессов (ФП), на основании анализа которых исследователем (Исс) строится диагностическое заключение [7,13].

Инструментальные средства, реализующие различные способы оказания физических воздействий на БО различной модальности и мощности, приводящие к оздоровительным эффектам, составляют вторую группу медицинских приборов, систем и комплексов – группу технических средств воздействия (ТСВ) (рис. 3.1).

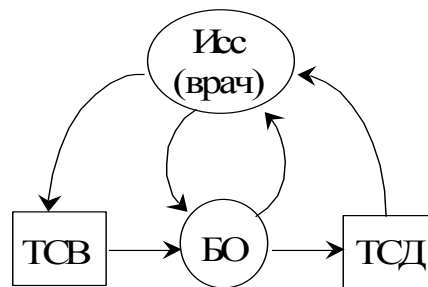


Рис. 3.1. Схема взаимодействия средств медицинской техники с биообъектом и исследователем

Приведенная схема уже может рассматриваться как классификационная, делящая совокупность медицинской техники на два класса – ТСД и ТСВ.

В ходе эволюции медицинской техники появилась еще одна группа технических средств – системы управления параметрами среды (ТСУС), обеспечивающие пребывание пациента в среде с заданными характеристиками: температурой, влажностью, давлением, кислородосодержанием и т.п. Такие системы должны не только оценивать параметры внешней среды (ВС) 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 (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 БО и развитие вычислительных методов анализа информации и теории управления привели к разработке автоматизированных систем обработки информации (ТСОИ) – пятой группе технических средств, позволяющих проводить анализ данных и формировать программы управления состоянием биообъекта. Эти комплексы освобождают исследователя от рутинной работы по измерению параметров сигналов, могут решать задачи распознавания образов с целью поиска информативных признаков, классификации, прогнозирования по заранее составленным программам обработки и даже вырабатывать решения по воздействию на БО. Одной из тенденций применения вычислительной техники при анализе осведомительной количественной информации является интерактивный режим обработки, в котором исследователь (врач), 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 с помощью специальных (шестая группа) технических средств нормализации состояния Исс (ТСНС). Анализ состава технических средств этой группы показывает, что их основу составляют рассмотренные ранее ТСД и ТСВ, реализуемые с учетом их работы не с пациентом, а с врачом (исследователем).

На рис. 3.2 представлена обобщенная структура технических средств (ТС), применяемых в системе здравоохранения для решения задач медико-биологических исследований, с указанием основных связей взаимодействия между ТС различных типов и назначений [13].

При этом каждый элемент схемы может быть рассмотрен как подсистема соответствующего назначения, включающий 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.

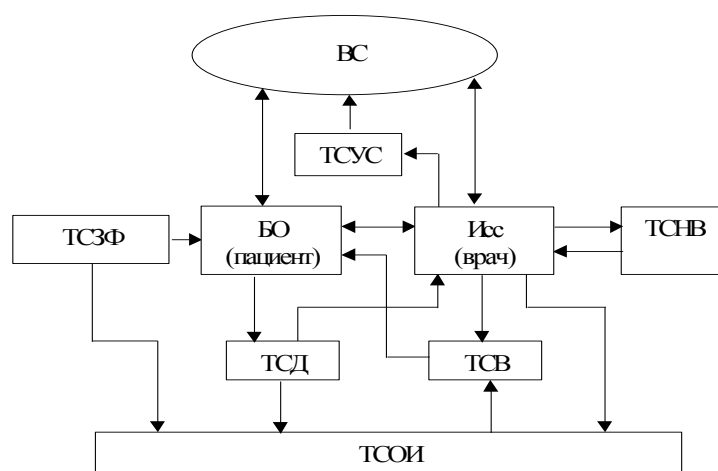


Рис. 3.2. Структура технических средств, используемых в здравоохранении

Схема, представленная на рис. 3.2, по существу может так же рассматриваться, как классификационная, каждая из подсистем которой может быть развернута в свою классификационную группу.

В соответствующей медицинской литературе можно найти несколько вариантов классификации медицинского оборудования в зависимости от того, какой классификационный признак положен в ее основу.

Например, в зависимости от типа решаемых задач средства медицинской техники делятся на:

1) диагностическую технику, предназначенную для исследования структурных и функциональных характеристик организма;

2) лабораторное оборудование – для анализа выделенных из организма биологических субстратов и продуктов жизнедеятельности;

3) аппаратуру для профилактических, лечебных и реабилитационных воздействий;

4) мониторные системы – для продолжительного контроля функциональных параметров организма;

5) биотехнические системы для функционального протезирования организма.

Популярной является классификация, вытекающая из рассмотрения взаимодействия «исследователь – биообъект – технические следствия» как некоторой кибернетической системы, в которой два основных элемента системы – пациент (П) и врач (В) – связаны между собой через каналы диагностики и управляющих воздействий так, как это показано на рис. 3.3 [7].

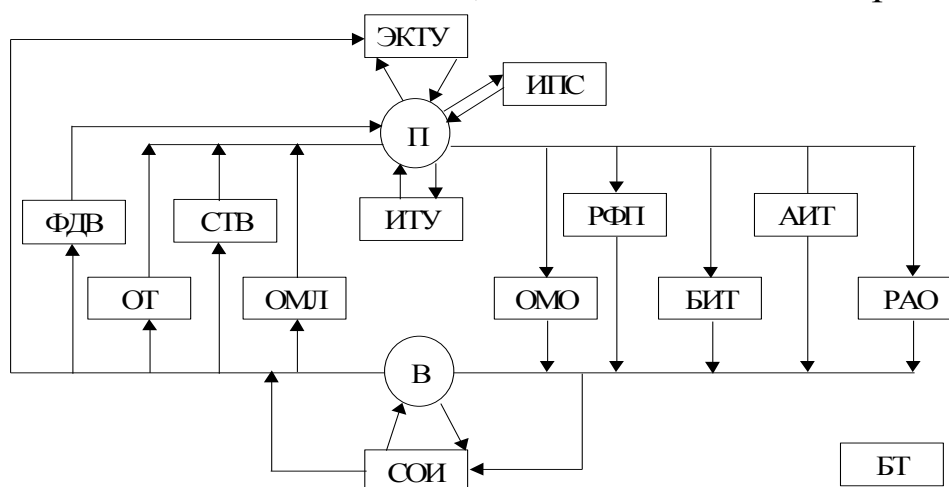


Рис. 3.3. Виды медицинской техники



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), а также учитывать обычные методы лечения (ОМЛ): медикаменты, постельный режим, диетпитание и т.п.

Можно легко выделить еще несколько групп медицинской техники – это группы экстракорпоральных (ЭКТУ) и имплантируемых (ИТУ) технических устройств, а также изделий протезостроения (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 заключение отметим, что приведенные системы классификации не претендуют на полноту, а лишь отражают некоторые наиболее популярные из действующих подходов к ней. Тем более что с развитием науки и техники медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы непрерывно модернизируются и их парк постоянно расширяется.

## **2.2. Аппараты для электрофизиологических исследований.**

Характерной особенностью аппаратуры для электрофизиологических исследований является то, что она

ориентирована на исследование электрических явлений, порождаемых организмом в процессе его жизнедеятельности. Электрические процессы, протекающие в биообъектах, проявляются в изменении как пассивных электрических свойств биологических тканей, органов и систем — импеданса, проводимости, емкости, диэлектрической проницаемости, так и активных - величин и параметров биоэлектрических потенциалов, связанных с процессами жизнедеятельности.

Существующие медицинские аппараты, приборы, системы и комплексы в зависимости от решаемых ими задач используют в качестве исходной информации все перечисленные электрические характеристики биообъектов с дальнейшей их обработкой, целью которой является такое преобразование информации, чтобы она могла интерпретироваться специалистами предметной области как соответствующая диагностическая информация.

Несмотря на большое разнообразие методов и технических средств, используемых в медицине для проведения электрофизиологических исследований, все они построены в основном по трем типовым структурам, в которых одной из основных частей является система отведений (СО). Она позволяет подключить биологический объект к техническому средству через систему электродов (СЭ), привязанную, как правило, к определенным анатомическим точкам на теле человека. СО используется для получения электрических сигналов несущих информацию об исследуемых процессах в биологическом объекте (БО) (рис. 3.4) [7].

При этом способ получения информативного сигнала для разных групп электрофизиологических методов различен. Различна и роль электродов в этом процессе. Так, при регистрации биопотенциалов электроды накладываются на точки тела, где электрическая активность максимальна или имеет особенности, регистрация которых позволяет осуществлять диагностику, поэтому они как бы «снимают» сигнал с биологического объекта, т.е. являются измерительными (некоторые из них могут быть индифферентными) (рис.3.4.а).

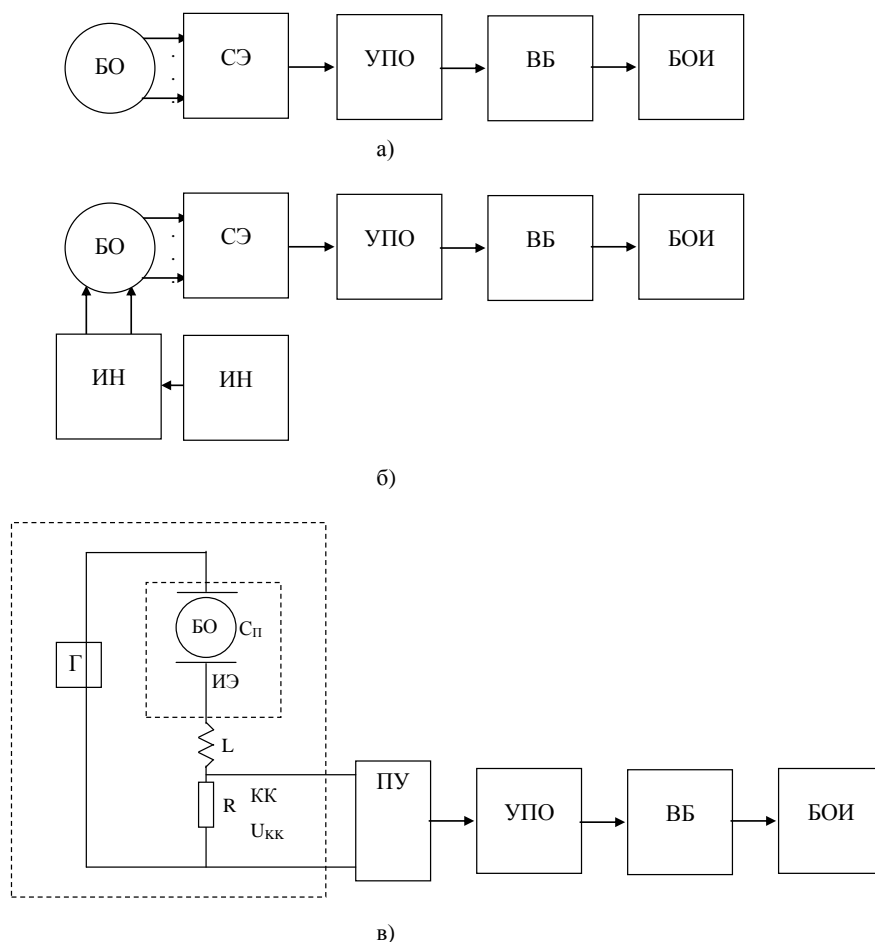


Рис. 3.4. Обобщенная схема электрофизиологических исследований

При регистрации биопотенциалов измерительные электроды подключаются к устройствам первичной обработки (УПО), содержащим усилительный канал (УК) электрофизиологического прибора или комплекса, основные проблемы проектирования которого связаны с разработкой, так называемых усилителей биопотенциалов (УБП). Схемотехническое решение этого узла зависит от характеристик регистрируемого сигнала, места нахождения электрода и его взаимодействия с другими электродами «отведения». Именно в обеспечении необходимого контакта биологического объекта с электродом, который является входным элементом усилителя, связаны многие технические проблемы проектирования входных цепей усилительных узлов этого вида медицинской аппаратуры. Например, для регистрации биопотенциалов сердца (электрокардиография) на пары электродов накладываются одинаковые по величине помехи для устранения,

которые используют дифференциальные усилители, реализующие операции типа:

$$U_{вых} = K_Y (U_{вх1} - U_{вх2}), \quad (3.1)$$

где  $K_Y$  – коэффициент усиления усилителя,  $U_{вх1}$  и  $U_{вх2}$  – показания, снимаемые с первого и второго электродов. Одинаковые входные помехи электродов вычитаются, и их составляющая становится почти равной нулю, в то время как полезный сигнал усиливается. Кроме этого в УПО могут быть реализованы дополнительные функции защиты от перегрузок, ослабления (фильтрации) помех попадающих на электроды тем же путем, что и полезный сигнал, индикацию отрыва электродов от биообъекта, преобразование аналогового сигнала в цифровой код, если дальнейшая обработка сигналов осуществляется цифровым устройством (микропроцессоры, микроконтроллеры, ПЭВМ) и т.д. Для преобразования электрических сигналов в информацию понятную врачам в схему включается вычислительный блок (ВБ), а отражение информации в виде цифр, других символов и графиков осуществляет блок отображения информации. Он может быть электронным или с бумажным носителем. Во многих случаях между электродами и ВБ ставят блоки гальванической развязки, обеспечивающие обеспечивающий электрический разрыв цепи пациент - электрически опасная (в основном при неисправностях) часть медицинского прибора. Это тоже функция УПО. При выполнении импедансных, электроемкостных и некоторых других видах исследований к биообъекту необходимо подводить измерительный ток. Для этого в схему соответствующих приборов включаются токовые электроды (ТЭ) и источники напряжения (ИН) рис. 3.4.б.

В ряде случаев для этой группы технических средств между измерительными электродами (ИЭ) и усилительным узлом дополнительно включаются измерительные преобразователи электрического параметра (ИПЭП), осуществляющие преобразование пассивного электрического параметра (ЭП) объекта исследования (например, активного сопротивления, полного электрического сопротивления, электрического заряда,

диэлектрической проницаемости и т.п.) в электрическое напряжение, которое подвергается дальнейшей обработке. Тип преобразователя определяется техническими приемами реализации соответствующего метода.

Для группы методов электроемкостной регистрации электроды сами образуют измерительный преобразователь электрического параметра генераторного типа (ИПЭП-ГТ) (рис. 3.4,в). Измерительные электроды в таком преобразователе используются как обкладки конденсатора  $C_{II}$ , включенного в колебательный контур (КК), который входит в генератор (Г) высокочастотного сигнала. В этом случае сигнал с колебательного контура  $U_{КК}$  должен быть усилен до соответствующего уровня с помощью полосовых усилителей (ПУ). Основная функция этого усилителя пропустить полезный сигнал и подавлять сигнал частоты, на которой работает генератор Г.

### **2.3. Исследование неэлектрических характеристик организма**

Как и в аппаратуре для электрофизиологических исследований, основным источником информации в приборах, аппаратах и системах, исследующих неэлектрические характеристики организма, являются датчики, преобразующие сигналы, отражающие биомедицинскую величину в электрический сигнал, являясь своеобразным интерфейсом между биообъектом и измерительной системой. В зависимости от типа измеряемой величины применяются физические и химические датчики. Физические датчики измеряют геометрические, механические, оптические, термические, гидродинамические и т.д. величины. Химические датчики измеряют состав и концентрацию различных веществ. Технология изготовления биомедицинских датчиков в значительной мере базируется на технологиях микроэлектроники, причем наблюдаются тенденции размещения в одной микросистеме датчиков с элементами предварительной обработки информации, включая контроль работоспособности, калибровку, различные типы компенсаций, микроконтроллеры, каналы коммуникаций и т.д. Примерами промышленных микросистем являются механоэлектрические микросистемы, электрохимические

микросистемы, миниатюрные системы комплексного анализа, которые могут оперировать с микропотоками жидкостей и газов, и др.

Подробно техническая реализация датчиков различных типов и назначений рассматривается в курсе «Измерительные преобразователи и электроды». Так же, как и в электрофизиологической аппаратуре, часто сигналы с датчиков не могут непосредственно управлять регистрирующей аппаратурой или передаваться на цифровую обработку. В этом случае к ним подключаются усилители, фильтры, аналого-цифровые преобразователи и т.д. Причем этот набор естественно зависит от регистрируемых параметров и методов исследований. Часть методов исследований предполагает наличие воздействий на биообъект и (или) обязательного управления элементами измерительной аппаратуры, что требует введения в состав проектируемой аппаратуры дополнительных узлов и блоков.

Для удобства дальнейшего рассмотрения вопросов построения этого класса медицинской техники введём понятие измерительного функционального блока (ИФБ), объединяющего в своем составе элементы и узлы, решающие задачи съема и подготовки информации для отображения, регистрации или передачи на дальнейшую цифровую обработку. Для элементов и узлов, формирующих управляющие команды для ИФБ, введем понятие управляющего функционального блока (УФБ), а для элементов и узлов, формирующих сигналы воздействия на биообъект, - понятие функционального блока воздействия (ФБВ).

Тогда обобщенная структурная схема одноканального измерительного медицинского прибора с регистратором, без ФБВ и без применения средств вычислительной техники будет иметь вид, приведенный на рисунке 3.5, а.

На рисунке 3.5 б приведен вариант медицинского прибора с ФБВ. В этих схемах информация с биообъекта (БО), проходя через ИФБ, регистрируется блоком отображения информации (БОИ), в качестве которого может выступать графический регистратор, матричный или графический жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) и т.д. В варианте использования ЖКИ ИФБ должен содержать элементы управления выбранным типом индикатора.

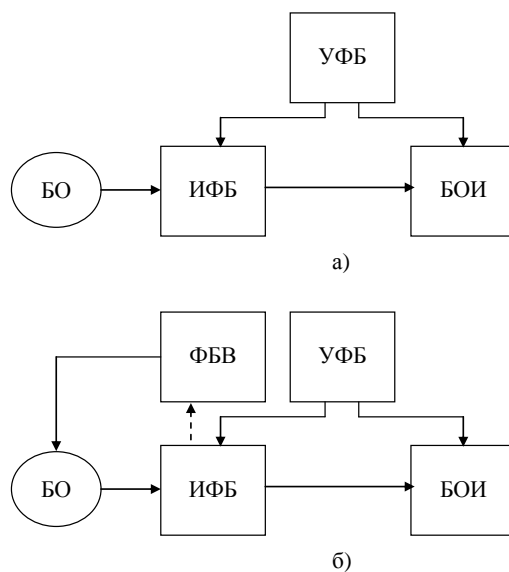


Рис. 3.5 Варианты обобщенных структурных схем автономных медицинских измерительных приборов

В простейших случаях УФБ реализует функции включения прибора, выбора коэффициента усиления, выбора масштаба и скорости отображения данных и т.д. В более сложных системах УФБ может управлять работой компрессора измерителя давления, задавать режимы работы и т.д. УФБ дополнительно управляет работой ФБВ и при необходимости обеспечивает согласованную работу ИФБ и УФБ. При необходимости подключения вычислительных ресурсов для управления, обработки и отображения медицинской информации решается вопрос о необходимых мощностях привлекаемых средств с учетом ограничений на быстродействие, массогабаритные характеристики, стоимость, количество регистрируемых параметров, предпочтительные варианты отображения информации и т.д.

#### 2.4. Аппаратура для физиотерапии.

Под физиотерапией понимают область клинической медицины, изучающую свойства физических факторов и разрабатывающую методы их применения для лечения и профилактики болезней, а также медицинской реабилитации.

Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы, с помощью которых искусственно создаются физические факторы,

используемые для проведения терапии, называются физиотерапевтическими.

Современная медицина располагает значительным арсеналом технических средств, решающих различные задачи физиотерапии, и их парк непрерывно расширяется за счет модификации известных методик и разработки новой техники.

Наиболее широкое применение в медицинской практике получила физиотерапевтическая аппаратура, реализующая воздействие электрическим током различной частоты и интенсивности с различными формами сигналов воздействия, электрическими и магнитными полями, ионизирующим излучением, электромагнитными излучениями оптического диапазона, ультразвуком и т.д.

Из всего многообразия физиотерапевтической аппаратуры рассмотрим подробнее класс электротерапевтической техники.

Существуют различные подходы к классификации многообразной и разнотипной электротерапевтической аппаратуры, например: по типу используемого тока (постоянный, переменный); по физическим факторам, с помощью которых осуществляется воздействие на организм (табл. 3.1.); по эффекту воздействия (механическое, тепловое, физико-химическое, информационное и т.д.).

Одним из самых многочисленных и разнообразных подклассов электрофизиотерапевтической техники являются аппараты для терапии модулированными и непрерывными последовательностями токов низкой и средней частоты. На рисунке 3.6 приведены графики различных смодулированных и модулированных токов, широко используемых в медицинской практике.

Здесь под модуляцией понимается смещение сигналов различной амплитуды и частоты.

Величина импульсов может модулироваться по разным законам. На импульсы могут накладываться постоянные или переменные токи различных частот и различных форм. Воздействия могут осуществляться синусоидальными электрическими токами, суммой токов синусоидальной формы, имеющих разные частоты, модулированными по разным законам



Таблица 3.1

Классификация основных методов электротерапии по физическим характеристикам фактора, действующего на организм

Основной фактор, действующий на организм	Характеристика фактора	Режим действия фактора	Название метода, применяемого в медицинской практике
1	2	3	4
Воздействие током через контактно наложенные электроды	Постоянный ток	Непрерывный	Гальванизация, лечебный электрофорез
	Импульсная последовательность одной полярности	Импульсный	Фарадизация, электростимуляция, электросон
	Переменный ток низкой и средней частоты	Непрерывный, импульсный	Синусоидальный модулированный ток; интерференционный ток; ток с широким спектром частот
	Переменный ток высокой частоты	То же	Диаметрия, электрохирургия, местная дарсонвализация
Воздействие полем без контактного наложения электродов	Магнитное поле постоянной или переменной низкой частоты	Непрерывное, импульсное	Магнитотерапия
	Магнитная составляющая поля индукции	То же	Индуктометрия
	Электромагнитное поле индукции	Непрерывное	То же
		Импульсное	Общая дарсонвализация
	Электромагнитное поле излучения	Непрерывное, импульсное	Микроволновая и ДЦВ-терапия
	Электрическая составляющая электромагнитного поля	Непрерывное	Терапия электрическим полем УВЧ (УВЧ-терапия)
		Импульсное	Импульсная УВЧ-терапия
Постоянное электрическое поле	Непрерывное	Статический душ, аэроионотерапия	

синусоидальными или случайно изменяющимися электрическими токами. Спектр случайно изменяющихся токов может приближаться к спектру белого шума и др.

Электрический ток может создаваться электродами, которые устанавливаются на поверхность кожного покрова или вводятся внутрь биологической ткани или в естественные полости (прямую кишку, мочеиспускательный канал, рот, уши, нос), и подключаются к источнику электрической энергии. В отдельных случаях электрод находится на небольшом расстоянии от кожного покрова, а электрический ток создается за счет разряда через газовый промежуток, имеющийся между ним и кожным покровом.

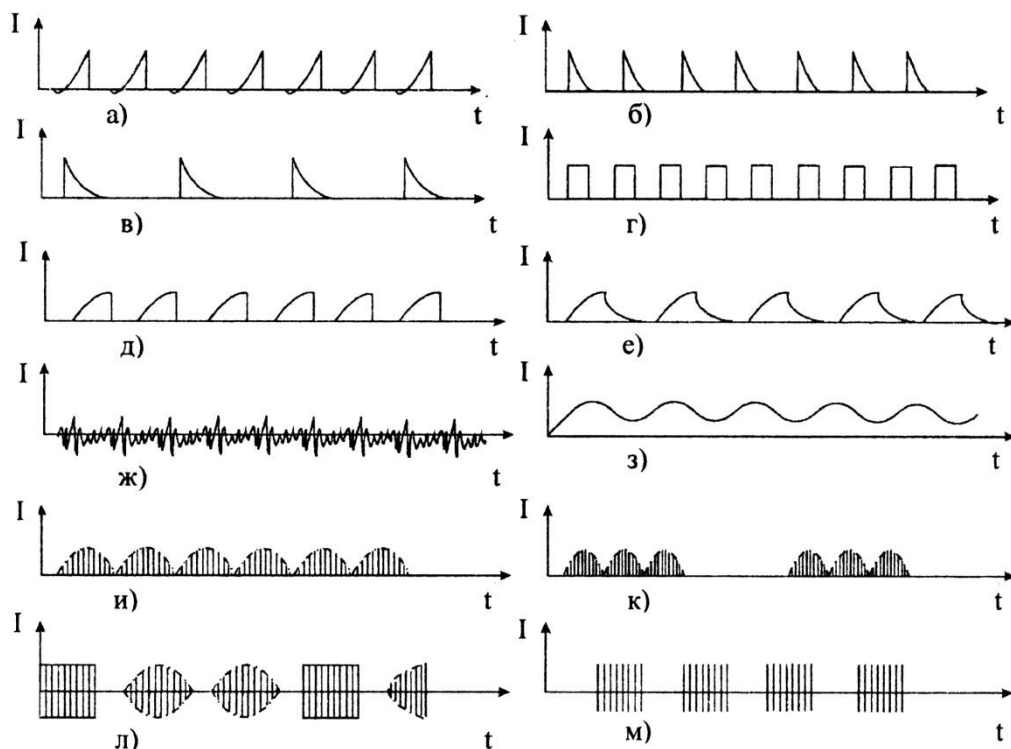


Рис. 3.6. Временные диаграммы токов, применяемые в медицинской практике: *а* - фарадический ток от индукционной катушки; *б* - тетанизирующий ток (размыкательные импульсы фарадического тока); *в* - ток конденсаторных разрядов; *г* - прямоугольные импульсы; *д* - экспоненциально нарастающие импульсы; *е* - экспоненциально нарастающие и спадающие импульсы; *ж* - переменный ток с шумовым спектром (20Гц~20кГц), препятствующий возникновению сумационных и адапционных процессов в тканях; *з* - диадинамические токи Беррара; *и* - токи с непрерывной однополярной модуляцией; *к* -

токи с прерывистой однополярной модуляцией; *л* - токи с двуполярной модуляцией различной формы; *м* - токи с модуляцией прямоугольными импульсами

Несмотря на многообразие физиотерапевтической техники, как и для измерительных медицинских приборов, для неё можно составить несколько типов обобщенных структурных схем. Для этого введем понятие функционального блока воздействия (ФБВ), управляющего функционального блока (УФБ), измерительного функционального блока (ИФБ) и блока отображения информации (БОИ). Отличительной особенностью физиотерапевтической аппаратуры является то, что в ней важную роль играет ФБВ, остальные блоки решают задачи его «обслуживания». В простейшем варианте физиотерапевтический прибор может состоять только из ФБВ, например, как аппараты для гальванизации и электрофореза. В более сложных приборах, системах и комплексах, например в биоуправляемой терапевтической технике, реализуется «настройка» физиотерапевтического воздействия в зависимости от информации, снимаемой с обследуемого. Тогда обобщенная схема физиотерапевтической аппаратуры может иметь вид, приведенный на рисунке 3.7. На рисунке 3.7,а дан пример автономного физиотерапевтического прибора, в котором обратная связь от биообъекта (пациента) организуется через ИФБ, информация с которого воспринимается.; УФБ, который реализует программу настройки ФБВ на реализацию требуемой методики воздействия.

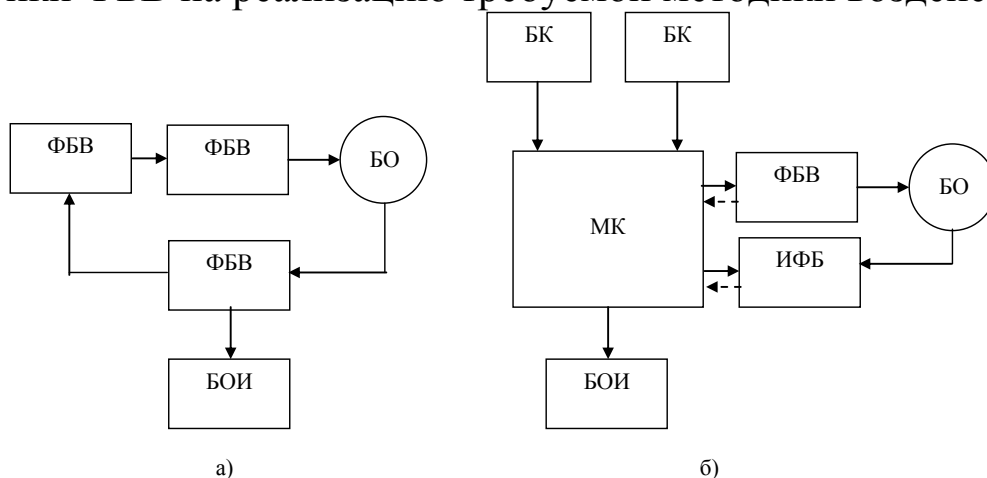


Рис. 3.7. Варианты автономных приборов для физиотерапии

На рисунке 3.7,б приведен вариант, в котором функции УФБ выполняет микроконтроллер (МК), программа работы которого может использовать информацию с ИФБ и информацию, вносимую с блока клавиатуры. Использование МК позволяет не только гибко управлять методиками физиотерапевтического воздействия, но и следить за работоспособностью отдельных узлов и блоков аппаратуры, например путем анализа статусной информации (на рис. 3.7,б) показан пунктирными связями).

Вариант обобщенной структуры устройства для воздействия электрическим током приведен на рис. 3.8

В этой схеме назначение блока питания (БП) является очевидным. Задатчик воздействия (ЗВ) формирует электрический сигнал заданной формы и амплитуды. Его структура зависит от выбранного вида электрического воздействия, например: в аппаратах для терапии постоянным током – это источник тока, а в аппаратах для УВЧ-терапии – генератор токов ультравысокой частоты (25...50 МГц) и т. д.

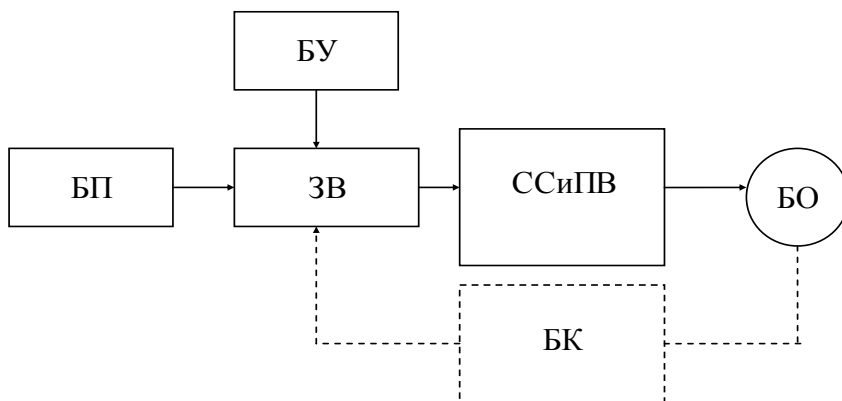


Рис. 3.8. Обобщенная схема системы для воздействия электрическим током: БП – блок питания; БУ – блок управления; ЗВ – задатчик воздействия; БК – блок контроля; ССиПВ – средства согласования и передачи воздействия; БО – биообъект

В зависимости от реализуемой процедуры воздействия его параметры могут быть изменены блоком управления (БУ), который может представлять собой клавиатуру и схемотехнические решения, меняющие параметры настройки задатчика воздействий. С учетом особенностей биообъекта (БО), аналогично тому, как обеспечивалось его согласование с техническими

диагностическими средствами, в терапевтической аппаратуре эти задачи решаются средствами согласования и передачи воздействия (ССиПВ). В простейшем случае это металлические электроды, возможно с блоками согласования, например, в виде усилителей напряжения, мощности и т. д.

В ряде приборов параметры воздействия настраиваются в зависимости от признаков, характеризующих состояние пациента, что позволяет проводить лечение с учетом индивидуальной реакции организма. В такой схеме этот режим реализуется при использовании блока контроля (БК) за состоянием биообъекта.

## 2.5. Типовые блоки электронных приборов медицинского назначения.

**2.5.1. Усилители** – электронные приборы, предназначенные для усиления электрических сигналов. Различают усилители напряжения, тока и мощности. Усилители напряжения обеспечивают усиление в соответствии с формулой  $U_{\text{вых}} = k \cdot U_{\text{вх}}$  ( $k$  – коэффициент усиления усилителя,  $U_{\text{вых}}$  – выходное напряжение,  $U_{\text{вх}}$  – входное напряжение). Обычно разработчик знает входное напряжение и знает, до какого значения его надо увеличить. Отсюда он рассчитывает коэффициент усиления. На структурных схемах усилители будем обозначать прямоугольниками с входной и выходной связью. Внутри прямоугольника будем писать обозначение: УН – усилитель напряжения; УТ – усилитель тока; УМ – усилитель мощности (рис. 3.9).

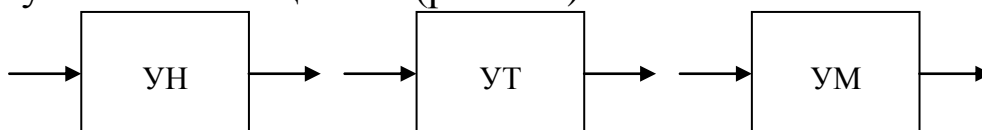


Рис. 3.9. Условные обозначения усилителей различных типов.

Усилители по току используют тогда, когда выходные цепи усилителей по напряжению не могут обеспечить ток такой силы, который требуется для следующих блоков проектируемой системы. Для аналогичных цепей используются усилитель мощности, если после усиления надо управлять достаточно мощными устройствами, например электродвигателями

лентопротяжных механизмов в регистраторах информации, двигателями рентгеновских установок, томографов и т.д.

Если не обеспечивать требуемые токи и (или) мощности, то усилитель напряжения выйдет из строя «сгорит». При управлении мощными блоками обычно используют последовательное соединение УН, УТ и УМ (вначале ставят УН).

Перечисленные типы усилителей усиливают как полезный, так и все типы сигналов помех.

В биотехнических системах распространен вариант получения информации, когда полезные сигналы и сигналы помехи по-разному подводятся к регистрирующим электродам (например, электрокардиосигнал). Для подавления такого рода помех используются дифференциальные усилители с двумя входами, различные варианты изображений которых приведены на рис 3.10.

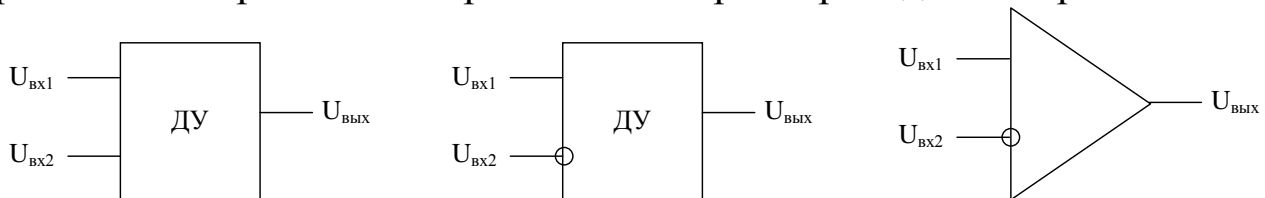


Рис. 3.10. Варианты условных обозначений дифференциальных усилителей.

Особенностью этого усилителя является то, что сигнал на его выходе определяется выражением  $U_{вых} = k \cdot (U_{вх1} - U_{вх2})$ . Вход, напряжение с которого передается на выход без изменения знака ( $U_{вх1}$ ) называется прямым входом. Вход, напряжение с которого передается на выход с изменением знака на противоположный ( $U_{вх2}$ ) - называется инверсным входом. На схемах такой вход часто изображают кружочком. Если напряжение помехи  $U_{П}$  попадает на прямой и инверсный входы одинаково, то напряжение на выходе формируется следующим образом:

$$U_{вых} = k(U_{вх1} + U_{П} - (U_{вх2} + U_{П})) = k(U_{вх1} + U_{П} - U_{вх2} - U_{П}) = k(U_{вх1} - U_{вх2})$$

К сожалению, существуют помехи, которые поступают на входы усилителя таким же образом, как и полезный сигнал. Они

усиливаются и попадают на выход с полезным сигналом. С такими помехами борются с помощью устройств называемых фильтрами.

В соответствии с требованиями безопасности, предъявляемыми к медицинской технике, не допускается электрический контакт пациента с цепями питания, которые могут нанести вред человеку. Для того, чтобы устранить такой контакт используют усилители с гальванической развязкой (УГР). В этих усилителях между входной его частью  $Y_1$  и выходной  $Y_2$  ставят изолирующий элемент (ИЭ) (рис. 3.11).

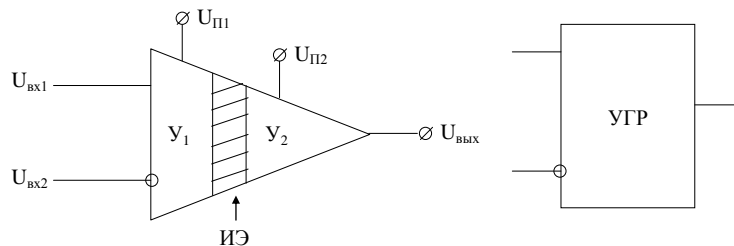


Рис. 3.11. Условное изображение усилителей с гальванической развязкой

Изолирующий элемент разрывает прямую электрическую связь между  $Y_1$  и  $Y_2$ , но обеспечивает передачу входного сигнала на вход  $Y_2$  практически без искажений. Одним из распространенных способов гальванического разделения является оптическая развязка, когда выходной сигнал  $Y_1$  превращается светоизлучающим элементом в управляемый по напряжению световой поток. На входе  $Y_2$  стоит фотоприемник, превращающий свет в напряжение, которое усиливается усилителем  $Y_2$ . Усилитель  $Y_1$  питается от источника  $U_{п1}$ , безвредного для пациента, а усилитель  $Y_2$  от источника, обеспечивающего питанием все остальные блоки медицинского прибора.

Подробнее схемотехника различных усилителей и их основные характеристики изучаются в специальных курсах.

**2.5.2. Фильтры** – устройства, предназначенные из входных сигналов пропускать на свой выход выбираемую частоту (полосу частот). фильтры подразделяются на: фильтры низких частот (ФНЧ), фильтры высоких частот (ФВЧ), полосовые фильтры (ПФ), заградительные или режекторные фильтры (РФ).

**Фильтры низких частот** пропускают на свой выход низкие частоты до выбранной (рассчитанной) частоты, называемой частотой среза  $f_{cp}$ . Выше, чем эта частота сигнал на выход ФНЧ практически не поступает или поступает сильно уменьшенный по амплитуде.

Например, если на полезный сигнал наложен шум с частотой 2кГц, а полезный сигнал идет частотой 100 Гц (рис.3.12), то поставив фильтр с частотой среза в 1 кГц, получаем на выходе «чистый полезный сигнал».

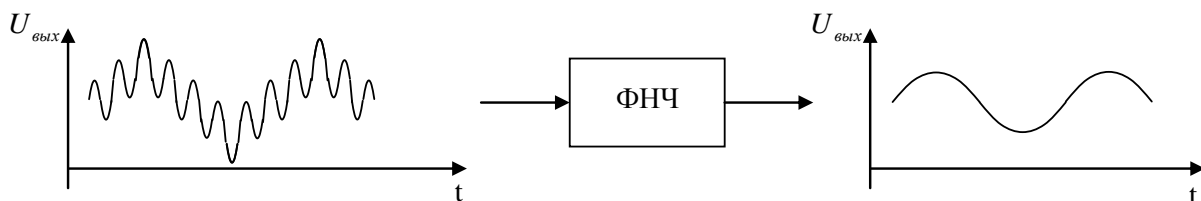


Рис. 3.12. Принцип работы ФНЧ.

**Фильтры высоких частот** пропускают на свой выход только сигналы с частотой выше, чем выбранная частота среза. Более низкочастотный сигнал, чем  $f_{cp}$  на выход не поступает (рис. 3.13).

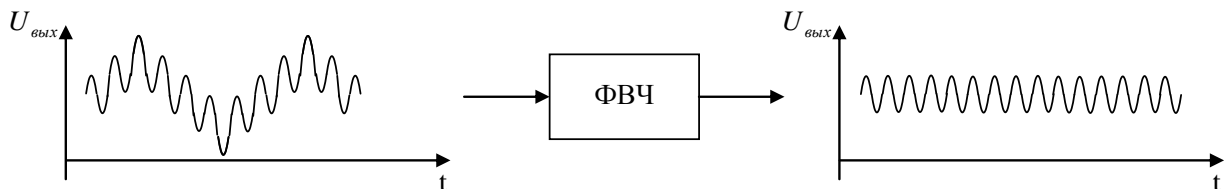


Рис. 3.13. Принцип работы ФВЧ.

**Полосовые фильтры** пропускают на свой выход частоту выбранного диапазона (заданную полосу частот) от заданной нижней частоты  $f_n$ , до заданной верхней частоты  $f_b$ .

Например, на выход фильтра необходимо пропустить частоту от  $f_n=1$ кГц до  $f_b=2$  кГц. На вход ПФ идет сигнал переменной частоты 0,1 кГц (участок 1 рис 3.14,а); 1,5 кГц (участка 2 рис 3.14, а) и 5 кГц участок 3 (рис. 3.14 а).



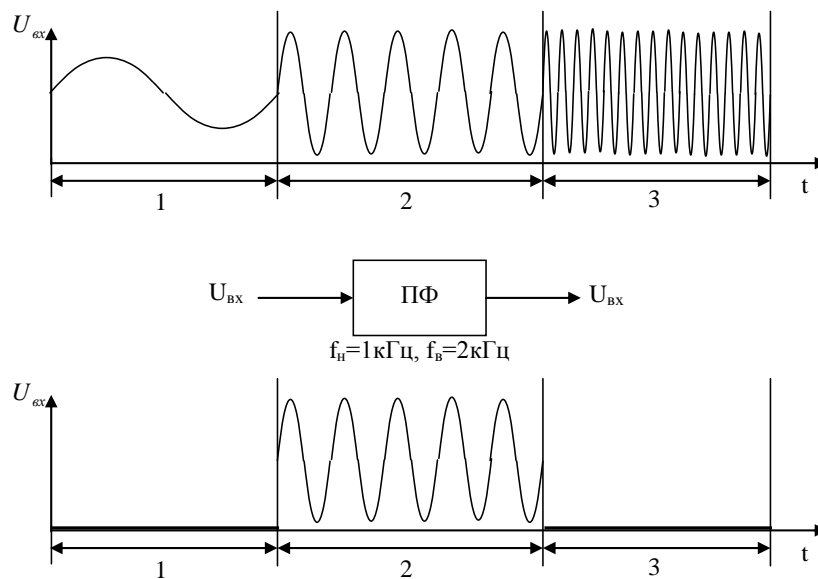


Рис. 3.14 Принцип работы ПФ

**Режекторные фильтры** решают задачи обратные задаче полосовых фильтров. Они пропускают на свой выход частоту меньшую  $f_H$  и большую  $f_B$ . Промежуточная (между  $f_H$  и  $f_B$ ) частота на выход фильтра не поступает (на рис 3.15 приведен пример работы РФ для тех же сигналов, что и в примере ПФ.)

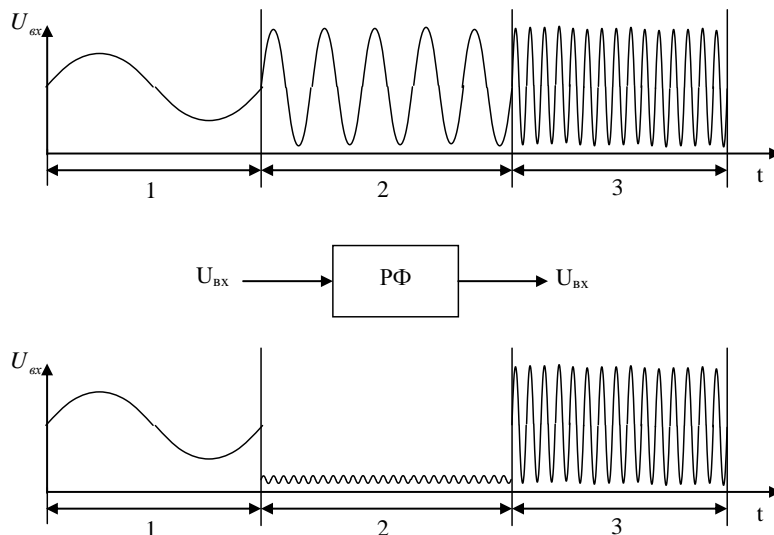


Рис. 3.15 Принцип работы РФ

Режекторные (заградительные) фильтры часто используются для подавления помех возникающих от работы в промышленной сети с частотой 50 Гц.

**2.6.3. Генераторы** предназначены для формирования на своем выходе сигналов переменного тока различной амплитуды, частоты и формы: ГСС – генератор синусоидальных сигналов, ГПИ – генератор прямоугольных импульсов и т.д. (рис. 3.16).

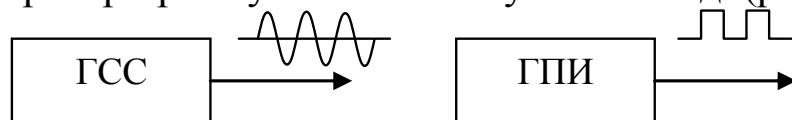


Рис. 3.16 Условные обозначения генераторов

Генераторы могут формировать сигналы специальной формы, например форму электрокардиосигнала. Выпускают генераторы с фиксированными параметрами сигналов и с изменяющимися в процессе ручной или автоматической настройки параметров.

**2.5.4 Модуляторы.** Многие терапевтические аппараты используют сигналы смешанной частоты, когда амплитуда более высокочастотного сигнала меняется с некоторой более медленной частотой. Сигналы такого типа называют модулированными, а формируют его устройства называемые **модуляторами**.

Обычно у модулятора имеется два входа (рис. 3.17) один для подачи низкочастотного сигнала  $U_H$  (огибающей), второй для высокочастотного сигнала  $U_B$  (несущей частоты). На выходе формируется смешанный сигнал.

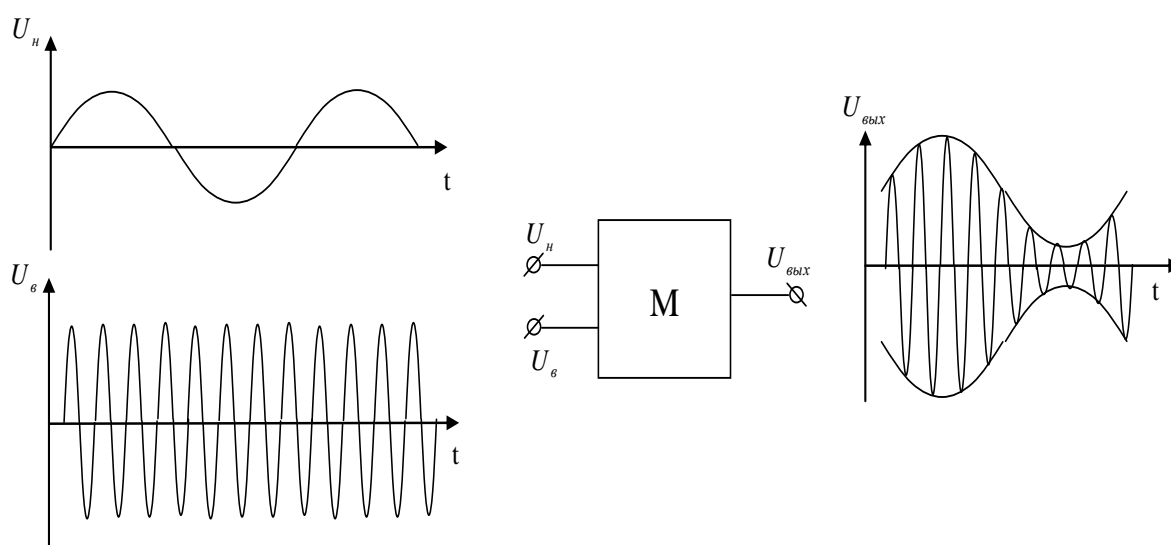


Рис. 3.17. Условное обозначение модулятора и временные диаграммы, поясняющие его работу.

На рис. 3.18 Приведены временные диаграммы модуляции прямоугольными импульсами.

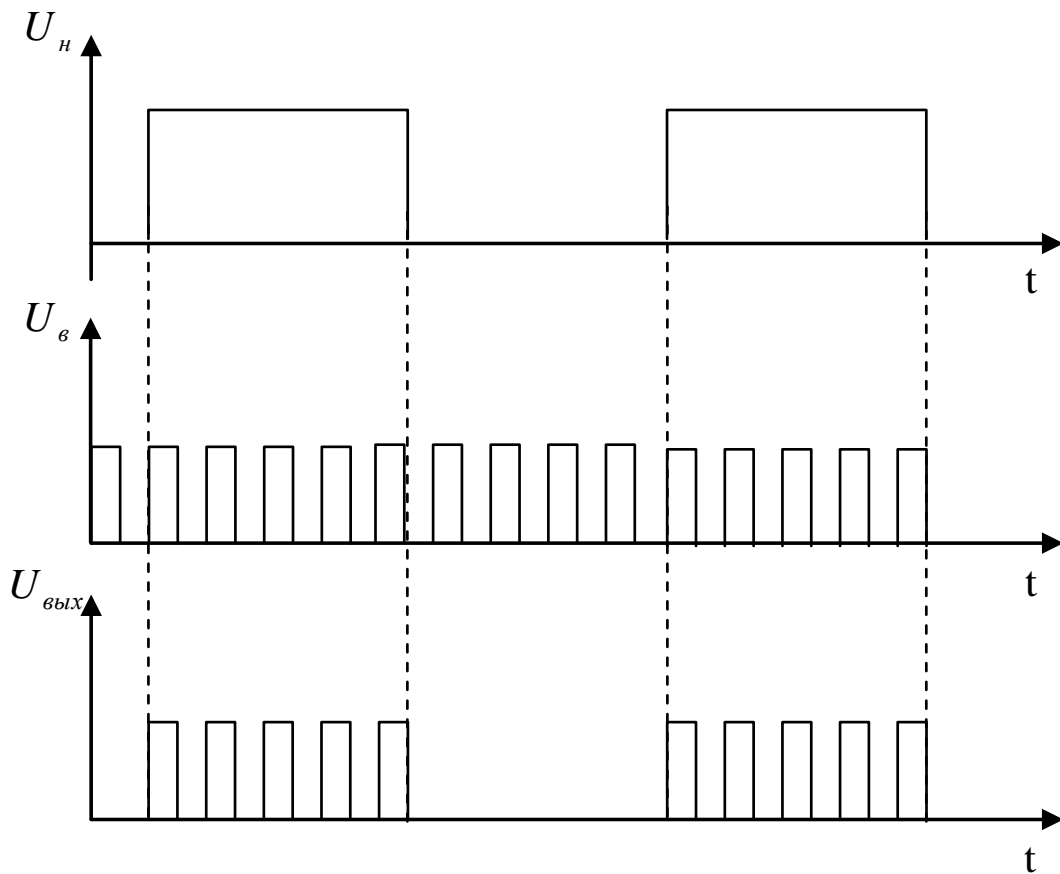


Рис. 3.18. Временные диаграммы модуляции прямоугольными импульсами.

Как правило, модуляторы изготавливают с возможностью регулирования амплитуды и частоты модулирующего и модулируемого сигнала.

В ряде исследовательских методик организм сам выполняет функции модулятора, например при исследовании кровенаполнения сосудов методами реографии. При реализации этой методики так называемые токовые электроды ТЭ1 и ТЭ2 прикладываются к телу пациента на участке, где планируется измерение кровенаполнения сосудов. На эти электроды подаются сигналы с генератора синусоидальных сигналов (ГСС) достаточно высокой частоты и постоянной амплитуды (например, в ряде конструкций 50 кГц) (рис. 3.19).

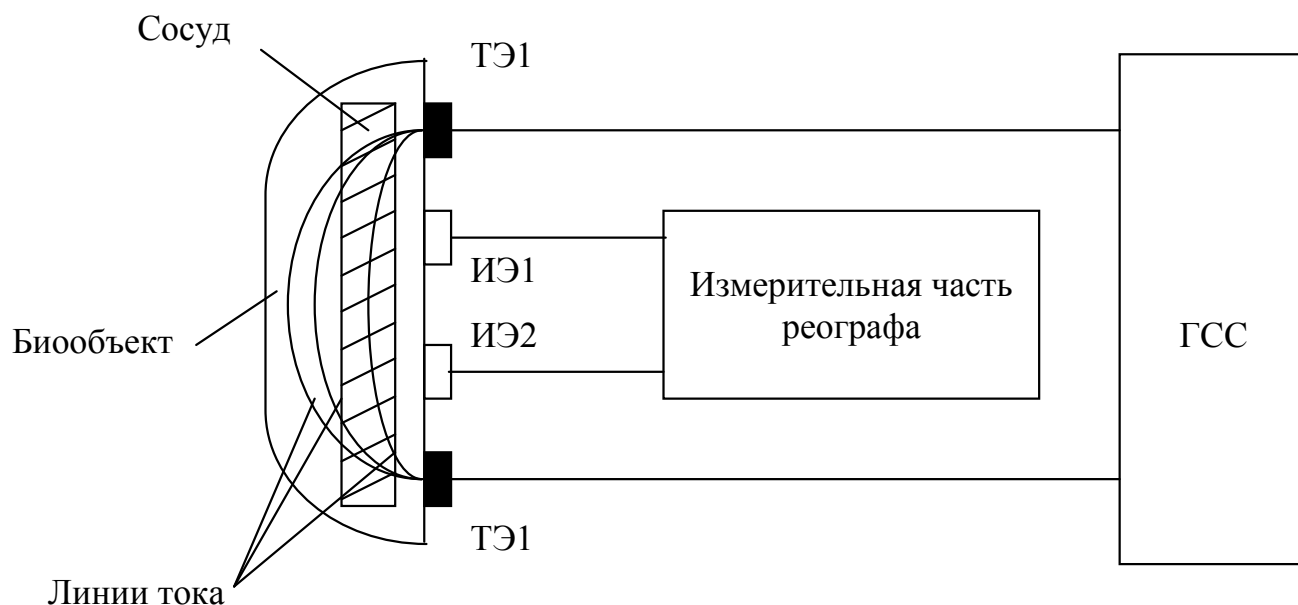


Рис. 3.19 Структура измерительной части реографа

Поскольку тело человека достаточно хорошо проводит электрический ток между токовыми электродами появляется ток условно изображенный на рис. 3.19 линиями тока. Токовые электроды располагаются на теле пациента так, что линии тока на них пересекают и исследуемый сосуд. При пульсации крови в сосуде сопротивление сосудистого русла меняется.

Поскольку ток в цепи токовых электродов поддерживается постоянным, то по закону Ома ( $U=I \cdot R$ ) изменяющееся сопротивление сосудов будет менять напряжение, которое регистрируется двумя измерительными электродами ИЭ1 и ИЭ2. Таким образом, на измерительных электродах будут наблюдаться две составляющие. Высокочастотная составляющая  $U_{\text{в}}$ , создаваемая ГСС (рис. 3.20, а) и низкочастотная составляющая ( $U_{\text{н}}$  рис 3.20 б) порождаемая изменением сопротивления пульсирующего сосуда. Эти две составляющие на измерительных электродах смешиваются, образуя модулируемый сигнал ( $U_{\text{р}}$  рис 3.20 в).

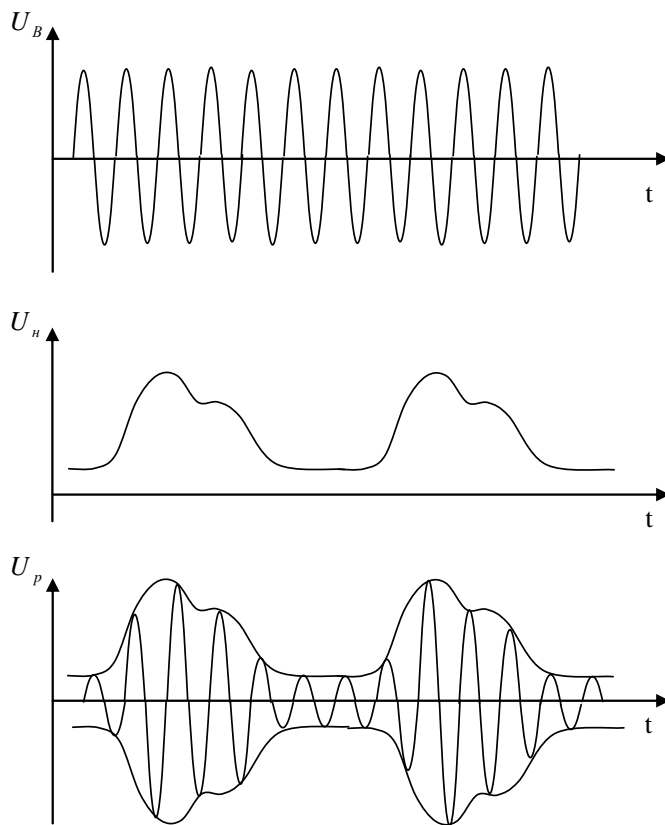


Рис. 3.20 Формирование модулирующего сигнала на измерительных электродах.

Приведенный пример показывает, как организм человека накладывает информацию о своем состоянии (кровенаполнение сосудов) на зондирующий ток исследовательского прибора. Однако врача интересует не весь сигнал полученный на ИЭ1 и ИЭ2, а только та его составляющая, которая относится к изменению кровенаполнения. Поэтому измерительная часть реографа прежде чем передать информацию врачу должна эту составляющую выделить. Делается это следующим образом. Вначале из двухполярного сигнала  $U_p$  выделяется однополярный сигнал (например «срезается» его отрицательная составляющая).

**2.5.5. Детекторы.** Устройства, пропускающие на свой выход сигнал только одной полярности называются **детекторами**. Простейшим детектором является обычный полупроводниковый диод. Если на вход детектора подать двухполярный сигнал  $U_p$  на его выходе будет сформирован сигнал  $U_p^*$  (рис 3.21).

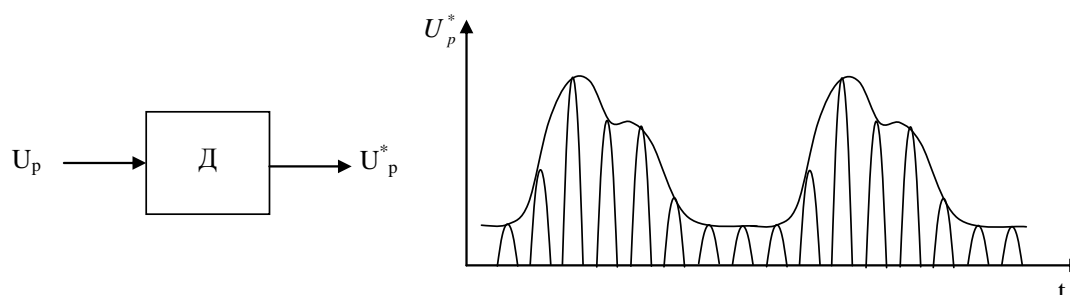


Рис. 3.21 Детектор и результат его «работы» над сигналом

Следует отметить, что на регистрирующих приборах типа осциллографа составляющая изображаемая на рисунках соответствующими линиями отсутствует, но её обычно изображают чтобы было наглядно видно, что порождает эффект модуляции.

Сигнал, приведенный на рис 3.21 продолжает содержать высокочастотную и низкочастотную составляющие. Поэтому чтобы «убрать» высокочастотную составляющую используют фильтры низких частот, принцип работы которых иллюстрирует рис. 3.12.

### 2.5.6 Схемы защиты.

Ряд медицинских измерительных приборов периодически работает в экстремальных ситуациях способных вывести их из строя. Например, при работе электрокардиографа или кардиомонитора может потребоваться подать на грудь пациента высоковольтный импульс дефибриляции чтобы запустить остановившееся сердце. Чтобы защитить от этого импульса входные усилители биопотенциалов перед ними ставят схему защиты входных цепей (СЗ<sub>вц</sub> рис 3.23,а).

При работе терапевтической аппаратуры воздействующей на пациента могут возникнуть нежелательные ситуации, когда в следствие ошибок обслуживающего персонала или неисправности медицинского прибора на биообъект может быть оказано вредное или даже смертельное воздействие. Для предотвращения этих ситуаций между технической системой (например, усилителем мощности) и биообъектом ставят схемы защиты пациента (СЗ<sub>п</sub>) (рис. 3.22,б).

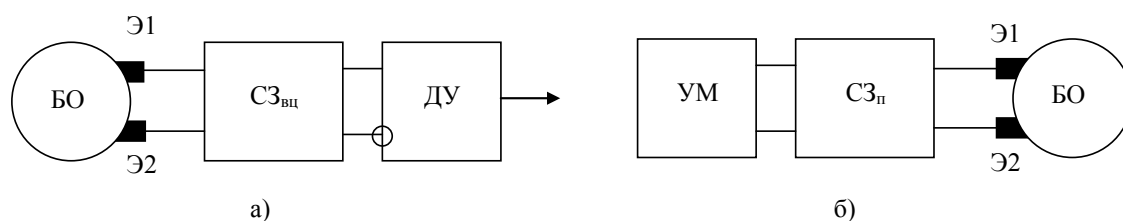


Рис. 3.22 Схемы защиты входных цепей биотехнических систем и пациента: БО – биобъект; Э1, Э2 – электроды; ДУ – дифференциальный усилитель; УМ – усилитель мощности.

**2.5.7. Измерительные преобразователи.** В современных биотехнических системах используются различные типы информации электрической и неэлектрической природы. В то же время биотехнические системы в основном обрабатывают и передают по своим каналам электрическое напряжение, которое является ведущим носителем многообразий информации в трактах биотехнических устройств. Для создания биотехнических систем, которые регистрируют сигналы различной природы, разработаны многочисленные измерительные преобразователи: ток в напряжение, сопротивление в напряжение, заряд в напряжение; перемещение в напряжение (тензодатчики), давления в напряжение; ускорение в напряжение (акселерометры); сила в напряжение; концентрация жидкостей в напряжение; световой поток в напряжение; магнитный поток в напряжение и т.д. Чаще всего для построения этих преобразователей используются достижения в области микроэлектроники с созданием соответствующих микрочипов. На структурных схемах используют различные мнемонические изображения. В качестве примера на рис. 3.23, а и б показаны различные условные обозначения преобразователей напряжения в сопротивление, на рис 3.23 в преобразователь давления в напряжение.

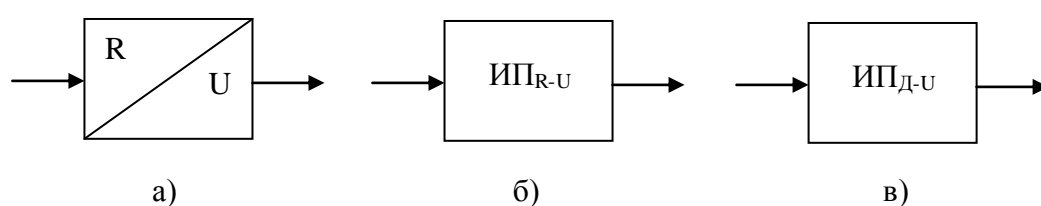


Рис. 3.23. Варианты обозначений измерительных преобразователей

При обозначениях различного типа преобразователей стремятся использовать хорошо воспринимаемую абривиатуру, которая расшифровывается текстами, прилагаемыми к описанию структурных схем.

**2.5.8. Выходные преобразователи.** В различных методах лечебных воздействий используют различные их типы: механические; электрические; акустические; магнитные; электромагнитные, включая инфракрасные, видимое и ультрафиолетовое излучения и т.д. В подавляющем большинстве биотехнических систем эти воздействия реализуются через преобразователи напряжения в соответствующие виды воздействий. Например, преобразование напряжения в ультразвуковые колебания осуществляется пьезоэлементами, питание и управление лазерами осуществляется электрическими приборами, магнитное поле создается индукторами. На структурных схемах этот тип преобразователей изображается прямоугольником с абривиатурой легко ассоциирующей с типом преобразователя и с пояснениями по тексту описания структурой схемы (рис. 3.24).

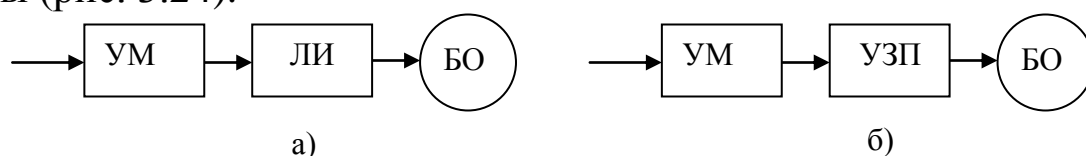


Рис. 3.24 Варианты обозначений выходных преобразователей различных типов: УМ – усилитель мощности; ЛИ – лазерный излучатель; БО – биообъект; УЗП – ультразвуковой преобразователь.

**2.5.9. Блоки управления.** Для согласования (синхронизации) работы различных узлов и блоков биотехнических систем, а так же для управления режимами их работы используются блоки управления (БУ), другое название которых устройство управления (УУ). Эти блоки могут работать автоматически или под управлением человека оператора, например через клавиатуру (Кл, рис. 3.25).



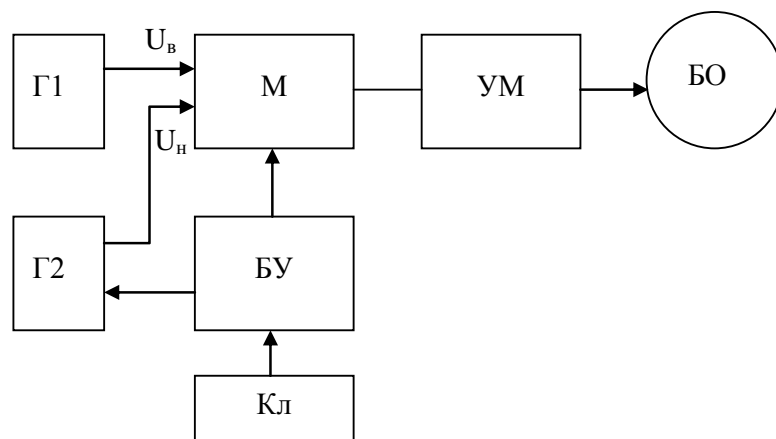


Рис. 3.25 Пример схемы включения блока управления

В этой схеме: Г1 – высокочастотный генератор несущей частоты; Г2 – генератор низкой частоты; М – модулятор; УМ – усилитель мощности; БО – биообъект.

Стрелками на схеме показаны направления управления. Например, на схеме рис 3.25 блок управления задает частоту и (или) амплитуду низкочастотного сигнала  $U_n$ . Для модулятора БУ задает силу (глубину) модуляции. Этот параметр определяет насколько сильно влияет низкочастотный сигнал на амплитуду несущего сигнала. Параметры управления задаются через клавиатуру.

**2.5.10. Аналогово-цифровые преобразователи (АЦП)** предназначены для преобразования аналоговых сигналов в цифровой код. Их основное назначение обеспечивать сопряжение между аналоговыми частями биотехнических систем и цифровыми устройствами (блоки сопряжения с ПЭВМ, микропроцессоры, микроконтроллеры, каналы передачи цифровых данных и т.д.) (рис. 3.26).

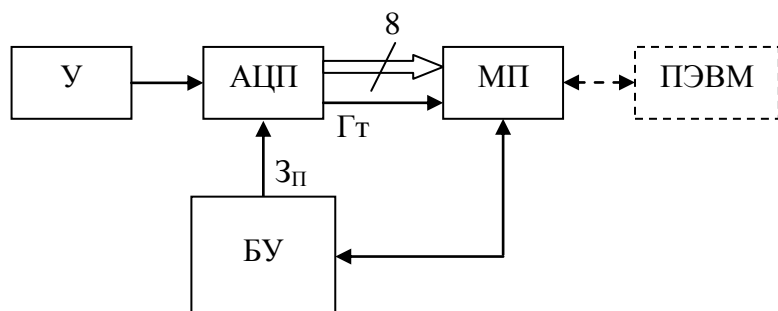


Рис. 3.26 Вариант схемы подключения АЦП:

У – усилитель; МП – микропроцессор; БУ – блок управления.

Двойная стрелка на выходе показывает, что аналоговый сигнал превратился в несколько разрядов цифрового кода. Цифра 8 над косой чертой указывает, что на выходе 8 проводов передающих 8-ми разрядный цифровой код.

По сигналу запуск  $Z_n$  от БУ АЦП начинает преобразование аналогового сигнала в цифровой код (этот процесс не происходит мгновенно). Когда АЦП закончит преобразования, то на выходе готовности (ГТ) он выставляет сигнал, который может быть передан в МП для принятия решений о считывании цифрового кода с АЦП.

Если вычислительной мощности МП не хватает, разработчики используют ПЭВМ или добавляют ПЭВМ к микропроцессору распределяя между ними функции обработки (пунктир на рис 3.26).

**2.5.11 Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП)** предназначены для преобразования цифрового кода в аналоговый сигнал, который может быть использован для управления аналоговой частью биотехнических систем, для отображения графиков с помощью самописцев и других аналоговых регистраторов и т.д. (рис. 3.27).

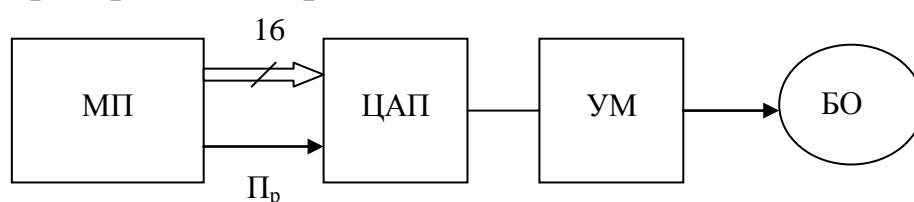


Рис. 3.27 Вариант схемы использования ЦАП: МП – микропроцессор; УМ – усилитель мощности; БО – биообъект.

В этой схеме микропроцессор формирует 16-ти разрядный код и по сигналу преобразование (Пр) включает ЦАП, на выходе которого формируется аналоговое напряжение, величина которого определяется цифровым кодом. Полученный аналоговый сигнал усиливается усилителем мощности и воздействует на биообъект.

### 2.6.12 Блоки отображения информации (БОИ)

предназначены для формирования промежуточной и итоговой информации о состоянии и результатах работы биотехнической системы. Номенклатура БОИ весьма многообразна от простейших лампочек и светодиодов до символьных и графических дисплеев, включая сенсорные дисплеи. Иногда в схемах рисуют несколько блоков отображения и индикаторов (ИН), если они решают разные задачи (рис. 3.28).

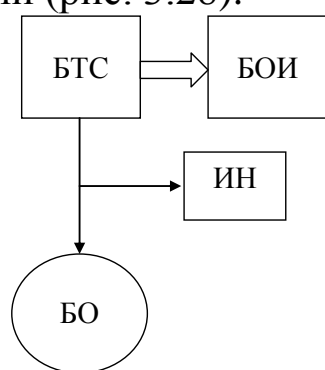


Рис. 3.28 Вариант схем подключения БОИ и Ин к биотехнической системе и биообъекту:

БТС – биотехническая система; БОИ – блок отображения информации о состоянии и режиме работы БТС; ИН – индикатор силы воздействия на биообъект; БО – биообъект.

### 2.5.13 Блоки питания (БП)

обеспечивают создание требуемых мощностей и напряжений для питания биотехнических систем и сопутствующего оборудования. Иногда эти блоки не рисуют, иногда рисуют, указывая только их выходные напряжения, (рис 3.29) иногда стрелками указывают на какие блоки, какое напряжение подается.

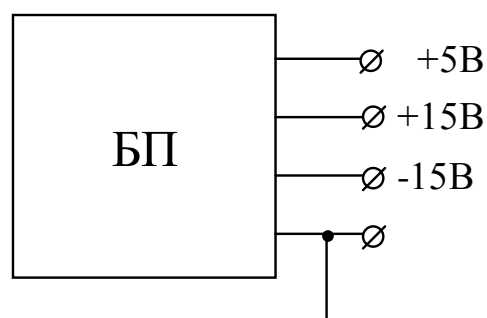


Рис. 3.29 Вариант условного обозначения блока питания

### **3. Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь с обобщенными структурными схемами биотехнических систем для диагностики и лечения.

2. Изучите назначения и условные обозначения элементов, узлов и блоков биотехнических систем, приведенных в описательной части работы.

3. В соответствии с вашим регистрационным номером выберите вариант задания, ознакомьтесь с ним, нарисуйте соответствующую структурную схему. Обоснуйте выбор типов и параметров усилителей и фильтров, опишите принцип работы схемы с поясняющими временными диаграммами работы основных блоков.

### **4. Вопросы для самопроверки**

1. Перечислите основные технические средства, используемые в здравоохранении.

2. Нарисуйте три обобщенные схемы для электрофизиологических исследований, объясните назначения и принцип работы каждого из блоков этого типа медицинских приборов.

3. Для каких цепей в качестве усилителя биопотенциалов используют дифференциальные усилители, и объясните принцип их работы.

4. Нарисуйте две обобщенные схемы устройств для исследования неэлектрических характеристик организма, объясните назначение и принцип работы каждого из блоков этого типа медицинских приборов.

5. Назовите основные методы электротерапии с учетом физических факторов действующих на организм и постройте временные диаграммы токов, применяемых для воздействия на организм.

6. Нарисуйте варианты схем автономных физиотерапевтических приборов, объясните назначение и принцип действия этого типа медицинских приборов.

7. Какие типы усилителей, и для каких целей используют при построении биотехнических систем. В чем особенность их

функционирования и как они изображаются на структурных схемах?

8. Дайте определения фильтра. Какие типы фильтров используют при построении биотехнических систем, как они работают и изображаются на структурных схемах?

9. Что такое генераторы и какую роль они играют в биотехнических системах?

10. Дайте определение модулятора, как они работают и для чего используются в биотехнических системах?

11. Может ли модулировать сигнал биотехническая система? При каких условиях это происходит? Как и с помощью какого устройства можно выделить полезный сигнал из модулированного сигнала?

12. С какой целью используются схемы защиты входных цепей биотехнических систем и схемы защиты пациента? Как они обозначаются на структурных схемах?

13. С какой целью используются измерительные и выходные преобразователи? Приведите несколько примеров. Как они обозначаются на структурных схемах?

14. Какие роли играют блоки управления и как они изображаются в структурных схемах. Приведите примеры их использования в биотехнических системах.

15. Что такое аналогоцифровые и цифроаналоговые преобразователи? Как они работают и изображаются на структурных схемах? Приведите примеры их использования в биотехнических системах.

16. Приведите типы и примеры использования блоков отображения информации.

### **Варианты заданий**

**Вариант 1.** Составьте структурную схему и описание прибора для регистрации электрокардиосигнала при условии высокого уровня синфазных помех, защитив входные цепи прибора от импульсов дефибрилятора. Дополнительно необходимо подавить сетевые помехи (50 Гц). В качестве индикатора электрокардиосигнала использовать электронный блок

отображения с возможностью подключения графического регистратора требующего достаточно мощного сигнала управления. Предусмотреть защиту пациента от технической системы.

**Вариант 2.** Составьте структурную схему и описание работы электрокардиографа с подавлением синфазной помехи и высокочастотной помехи свыше 700 кГц. Предусмотреть защиту от дефибриллятора. Обработку данных осуществляет цифровой микроконтроллер с питанием от автономного и неопасного для человека источника.

**Вариант 3.** Составьте структурную схему и описание работы кардиографа с подавлением синфазной помехи и с защитой от дефибриллятора. Подавление помех осуществляется с помощью программ микроконтроллера. Предусмотреть вывод информации на аналоговый графический регистратор. Питание прибора автономное от неопасного для человека источника.

**Вариант 4.** Составьте структурную схему и описание прибора для регистрации электрофизиологического сигнала частотой 1 кГц. На сигнал наложены помехи в полосе 0, ..., 0,5 кГц. Предварительная обработка сигнала осуществляется микроконтроллером, подключенным к ПЭВМ. Предусмотреть защиту пациента от технической системы.

**Вариант 5.** Составьте структурную схему и описание прибора для регистрации электрофизиологического сигнала, лежащего в полосе частот 500-800 Гц. Подавать помеху 50 Гц и высокочастотную помеху с частотой выше 1 кГц. Обработка данных на микроконтроллере, отображение на графическом дисплее. Предусмотреть защиту пациента от прибора.

**Вариант 6.** Составить структурную схему и описание прибора для регистрации электрофизиологического сигнала, лежащего в полосе частот 0, ..., 60 Гц. В качестве блока индикации используется графический регистратор, требующий достаточно мощного сигнала. Предусмотреть защиту пациента от прибора.

**Вариант 7.** Составить структурную схему и описание прибора для электрофизиологических исследований, в которых полезная информация снимается как сигнал, накладываемый на зондирующие прямоугольные импульсы, посылаемые с частотой

50 кГц в организм человека с токовых электродов. Полученную информацию отобразить на экране графического монитора в виде однополярной огибающей модулированного сигнала.

**Вариант 8.** Составить структуру и описание прибора для электрофизиологических исследований, в котором полезная информация получается путем зондирования биообъекта синусоидальным сигналом с частотой 100 кГц. Обработку данных осуществляет ПЭВМ. Перед ПЭВМ предусмотреть: защиту пациента, выделение полезной составляющей сигнала, подавление помехи 50Гц.

**Вариант 9.** Составить структурную схему и описание прибора, в котором полезная информация получается путем зондирования биообъекта синусоидальным сигналом с частотой 75 и 150 кГц (по выбору врача), обработка данных осуществляется микроконтроллером. Предусмотреть защиту биообъекта от прибора.

Примечание: переключение диапазонов частот производить ключом К (рис. 3.30).

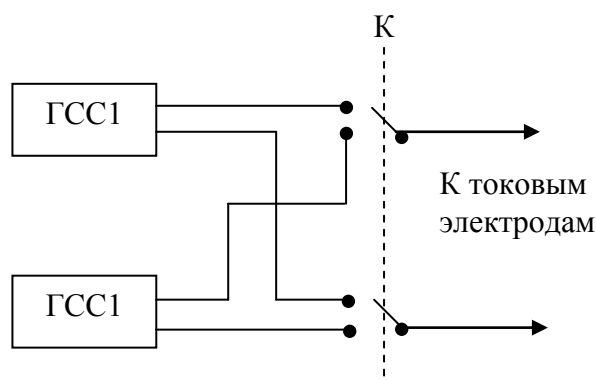


Рис. 3.30. Схема переключения генераторов синусоидальных сигналов (ГСС1 и ГСС2)

Аналогично переключаются фильтры, настроенные на различные частоты при их подключении к аналогово-цифровому преобразователю.

**Вариант 10.** Составить структуру и описание прибора, в котором полезная информация получается путем зондирования биообъекта прямоугольными импульсами частотой 200 кГц и 400 кГц (по выбору врача). Отображение осуществляется графическим

регистратором. Предусмотреть защиту биообъекта от прибора. Переключение каналов производить аналогично варианту 9.

**Вариант 11.** Составить структуру и описание прибора, регистрирующего механическую активность биообъекта. В качестве датчика перемещения используется пьезоэлемент. Частота полезного сигнала 0,...,10Гц. Предусмотреть подавление помехи с частотой 50 Гц и выше и защиту пациента от прибора. Информация регистрируется самописцем, для управления которым необходим сигнал достаточной мощности.

**Вариант 12.** Составить структуру и описание прибора, регистрирующего механическую активность биообъекта. В качестве датчика используется пьезоэлемент. Частота полезного сигнала 0,...,15 Гц. Предусмотреть подавление помехи частотой 50 Гц. Обработку данных осуществлять ПЭВМ. Предусмотреть защиту пациента от прибора.

**Вариант 13.** Составить структуру и описание прибора регистрирующего механическую активность биообъекта. В качестве датчика движения использовать пластины конденсатора так, как это показано на рис 3.4.в. Частота работы генератора 100 кГц. Частота полезного сигнала 0,..., 10 Гц. Предусмотреть подавление помехи 50 Гц и защиту пациента от прибора. Обработку данных производит ПЭВМ.

**Вариант 14.** Составить структуру и описания прибора регистрации механической активности биообъекта. В качестве датчика движения используются две катушки. Одна подключена к генератору 500 кГц. Она перемещается синхронно с движением биообъекта. Вторая включена в колебательный контур аналогично рис. 3.4,в. Предусмотреть подавление помехи. Обработку данных производит микроконтроллер.

**Вариант 15.** Составить структуру и описание прибора регистрации инфракрасного излучения биообъекта. Датчиком является инфракрасный преобразователь (инфракрасный фотоприемник) преобразующий интенсивность инфракрасного излучения в напряжение, требующее значительного усиления. В усилительном тракте требуется подавить сигнал помехи 50 Гц. Обработку данных осуществляет микроконтроллер, который управляет цифровым блоком отображения информации.



**Вариант 16.** Составить структуру и описания прибора для регистрации фонокардиограммы лежащей в полосе частот 10,..., 800 Гц. Регистрация фонокардиограммы осуществляется микрофоном. Предусмотреть два канала обработки и предоставления данных врачу через наушники и на мониторе ПЭВМ. В канале передачи информации на ПЭВМ предусмотреть подавление помех частотой выше 800 Гц.

**Вариант 17.** Составить структуру и описание спирометра определяющего объем выдыхаемого воздуха пациентом. В качестве датчика используется измерительный преобразователь объем – электрическое напряжение. Расчет медицинских показателей связанных с объемом выдыхаемого воздуха осуществляется микроконтроллером. Выбор выводимого показателя производится клавиатурой, а данные отображаются на экране цифрового блока отображения информации. В усилительном канале предусмотреть подавление помехи 50 Гц.

**Вариант 18.** Составить структуру и описание прибора для измерения параметров слуха (аудиометра). Источником звука для обследуемого является генератор синусоидальных сигналов (ГСС) и генератор шума (Гш). Сигналы с ГСС и Гш смешиваются специальным блоком называемым смесителем, усиливаются и подаются в наушники пациента. Предусмотреть с помощью клавиатуру перенастройку ГСС по частотам 500, 1000, 2000 и 4000 Гц и изменение коэффициента усиления по каналу синусоидального сигнала и шума.

**Вариант 19.** Составить структуру и описание прибора для автоматизированного измерения давления по методу Короткова. Воздух в манжету и его травление производит блок управления по команде микроконтроллера. Датчик тонов Короткова (появление пульсирующего звука между верхним и нижним давлением в пережимаемом сосуде) выполнен в виде микрофона, сигнал с которого необходимо усиливать. Расчет показателей давления осуществляет микроконтроллер. Отображение данных на цифровом табло.

**Вариант 20.** Составить структуру и описание прибора для ультразвуковой эхолокации биообъекта. Ультразвуковые колебания, посылаемые в биообъект генерируются пьезоэлементом

подключаемым к генератору. Отраженный эхосигнал регистрируется пьезодатчиком, усиливается и передается на обработку в ПЭВМ.

**Вариант 21.** Составить структуру и описание прибора для осуществления тормозных процессов головного мозга (электросон). Воздействие на человека осуществляется через металлические электроды. Частота воздействия регулируется в пределах от 1 до 100 импульсов с секунду. Длительность импульсов от 0,2 до 0,5 мс. Установка параметров генератора осуществляется с помощью блока клавиатуры. Предусмотреть регулировку усиления в тракте усилителя и защиту пациента от прибора.

**Вариант 22.** Составить структуру и описание прибора для амплипульстерапии (терапия импульсным током синусоидальной формы модулированной по амплитуде низкой частотой). Основная (несущая) частота 5 кГц. Частота модуляции 100 Гц. На выходе модулятора двухполярный сигнал. Предусмотреть воздействие на пациента положительными и отрицательными промодулированными полуволнами.

**Вариант 23.** Составить структуру и описание прибора для магнитотерапии. Воздействие на пациента осуществляется индуктором (электромагнит). Воздействие импульсное. Частота изменения магнитного поля 1000 Гц. Питание электромагнита от усилителя мощности. Амплитуда магнитного поля модулируется частотой дыхания для чего в приборе использовать датчик дыхания с усилителем.

**Вариант 24.** Составить структурную схему и описания прибора для лазерной терапии. Лазер питается от усилителя мощности с регулируемым коэффициентом усиления. Лазер сканирует поверхность биообъекта под управлением электромеханического блока управления. Траектория движения формируется микроконтроллером и задается врачом с клавиатуры.

**Вариант 25.** Составить структурную схему и описание прибора для лазерной терапии. Лазер питается от усилителя мощности управляемого микроконтроллером. Микроконтроллер формирует сигнал управления, амплитуда которого модулируется

частотой пульса. Для этого микроконтроллер получает информацию от датчика пульса.

**Вариант 26.** Составить структурную схему и описание прибора для лазерной терапии. Лазер питается от усилителя мощности. Амплитуда воздействия моделируется частотой дыхания для чего необходимо предусмотреть датчик дыхания с соответствующим усилителем.

**Вариант 27.** Составить структурную схему и описание прибора для ультразвуковой терапии. Пьезопреобразователь питается от усилителя мощности управляемого импульсами 0,88 МГц модулированными импульсами длительностью 5 мс с периодом следования 20мс.

**Вариант 28.** Составить структурную схему и описание прибора для ультразвуковой терапии. Пьезопреобразователь питается от усилителя мощности подключенного к генератору 1 МГц. Несущая частота модулируется дыханием пациента. Для этого в схеме предусмотреть использование датчика дыхания с соответствующим усилителем.

**Вариант 29.** Составить структурную схему и описание прибора для ультразвуковой терапии. Пьезопреобразователь питается от усилителя мощности, подключаемого к генератору 0,7 мГц, модуляция сигналов с генератора осуществляется от микроконтроллера задающего закон модуляции.

**Вариант 30.** Составить структурную схему и описание прибора для рефлексотерапии электрическим током переменной частоты 1 кГц, который модулируется пульсом и дыханием. Для создания такого режима модуляции используются датчики дыхания и пульса со «своими» усилителями. Предусмотреть схему защиты пациента от прибора.

## **ЗАНЯТИЕ 4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ**

**1. Цель работы:** изучить особенности программирования микропроцессоров биотехнических систем.

В результате самостоятельного изучения материалов и выполнения практических занятий студент должен овладеть следующей структурной составляющей в рамках общих компетенций ОК8 и ПК3:

**Знать:** типовую структуру микропроцессора и базовую систему его команд

**Уметь** составлять простые арифметические программы линейного и разветвляющегося типов на языке микропроцессора

**Владеть** общими представлениями о роли микропроцессорной техники в биотехнических системах.

### **2. Информационные материалы к занятию.**

Современные биотехнические системы активно используют вычислительную технику и в частности такие её устройства как микропроцессоры и микроконтроллеры. Эти устройства можно найти в таких простых приборах как термометр, измеритель давления, а такие сложные системы как аппараты для ультразвуковых исследований, томографы, аппараты поддержания жизненно важных функций (искусственная почка, аппарат для переливания крови и т.д.) обязательно содержат элементы вычислительной техники.

В разнообразных биотехнических системах микропроцессоры и микроконтроллеры выполняют различные вычислительные и логические функции по обработке данных и управлению работой систем биотехнического назначения.

Перед первыми разработчиками современных средств вычислительной техники стояла достаточно серьезная проблема - как считать. Человечеству известно достаточно много различных

систем вычислений (счислений<sup>1</sup>). Например, известна двенадцатеричная система счисления (счет дюжинами, английская система мер 1 фут=12 дюймов). В древнем Вавилоне существовала достаточно сложная шестидесятеричная система счисления, которая сохранилась в современном мире (1 час= 60 мин, 1 мин = 60 с, 1°=60 мин и т.д.). У древних ацтеков и народов Майя существовала двадцатеричная система счисления. Наша десятичная система возникла в Индии, а в Европу была перенесена арабами, поэтому у нас она называется Арабской системой счисления. Некоторые племена Австралии и Полинезии использовали двоичную систему счисления. В ходе развития технических средств вычислений механического, а затем и электронного типа человечество остановилось на двоичной системе счисления, в которой используется только два символа 0 и 1, а различные цифры, (впоследствии другая полезная информация, например, буквы) кодируется набором нулей и единиц.

Такому выбору способствовало несколько факторов. Во-первых, с помощью двоичных кодов можно представить практически любую информацию необходимую для решения нужных (и не нужных) человеку задач. Во-вторых, такой тип кодирования легко реализуется очень простыми электронными средствами, которые хранят, передают и обрабатывают двоичные коды. При этом двоичные коды технически легко преобразуются в привычные нам десятичные цифры и другие знаки (буквы, знаки препинания и т.д.). Несколько сложнее, но вполне доступными средствами двоичные коды преобразуются в изображение. В-третьих, специально проведенными исследованиями было установлено, что двоичное кодирование и устройства на его основе работают более надежно, чем системы использующие другие типы представления данных.

В современной практике обработки информации используются различные научно и практически обоснованные способы двоичного кодирования и обработки данных (двоично-десятичные коды, шестидесятеричные коды, помехоустойчивые

---

<sup>1</sup> \* *Системой счисления* называют совокупность приемов и правил наименования и обозначения чисел, с помощью которых можно установить взаимно однозначное соответствие между любым числом и его представлением в совокупности конечного числа символов.

коды и т.д.). Всё это изучается в специальных курсах, начиная с информатики.

С технической точки зрения для хранения одного разряда двоичного кода используется электронное устройство называемое триггером (ячейкой памяти). В простейшем случае триггер состоит из двух транзисторов со специально организованными связями и узлами управления, с помощью которых транзисторы переводятся в два хорошо различимых состояния (открыт, закрыт). Открытому состоянию транзистора соответствует практически нулевой потенциал на выходе транзистора, закрытому состоянию соответствует высокий (почти напряжение питания) потенциал на выходе транзистора и триггера в целом. Обычно договариваются, что открытому состоянию транзистора соответствует двоичный код – 0, закрытому состоянию двоичный код – 1. По цепям управления триггера имеется возможность управлять состоянием триггера. То есть переводить его из состояния 1 в состояние 0 и наоборот. При отсутствии управляющих воздействий триггер не меняет своего состояния, то есть хранит информацию о том, в какое состояние он установлен. Подробно способы построения и управления триггерами различных типов и назначений рассматриваются в курсе электроники. В качестве примера на рис 1 приведено условное обозначение простого так называемого R-S триггера «Т», у которого имеется два управляющих входа: установки в «0» (вход R) и установки в «1» (вход S).

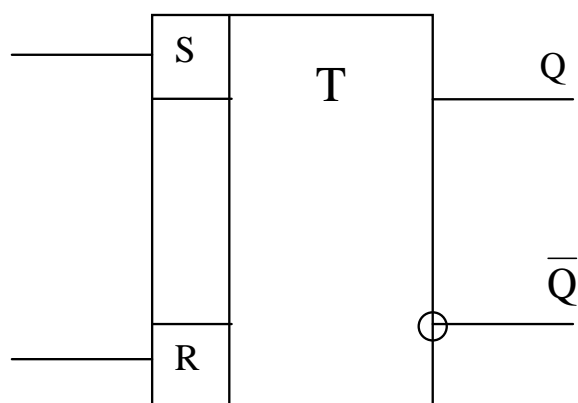


Рис. 4.1. Условное обозначение R-S триггера.

Установка триггера производится следующим образом. Если на вход S подать электрический сигнал соответствующий

напряжению единицы, на вход  $R$  подать сигнал соответствующий напряжению нуля, то на выходе  $Q$ , называемом прямым, устанавливается состояние «1», а на выходе  $\bar{Q}$ , называемом инверсным выходом, устанавливается состояние «0». Если поменять местами напряжения на входах  $R$  и  $S$ , то на выходе  $Q$  устанавливается состояние «0», а на выходе  $\bar{Q}$  состояние единицы. Если на обоих входах  $R$  и  $S$  установить низкий потенциал, то триггер будет хранить ту информацию, которая была записана ранее. Ситуация, когда на оба входа подается высокий потенциал для триггера, представленного на рис 1, является запрещенной.

Если в одном устройстве объединить несколько триггеров с элементами управления, то организуется схема хранения нескольких двоичных разрядов. Такая схема с элементами управления называется регистром (рис. 4.2.).

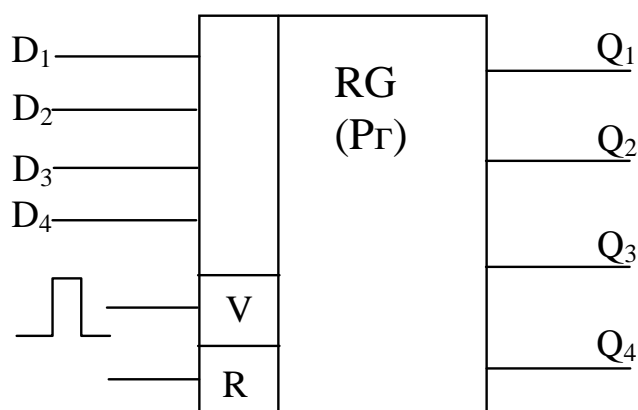


Рис. 4.2. Условное обозначение 4х разрядного регистра без инверсных выходов с двумя управляющими входами.

В примере, изображенном на рис 2 двоичный код, который следует передать (записать) в регистр (условное обозначение RG или Pг), устанавливается на входах  $D_1, \dots, D_4$ . Чтобы этот код был принят в регистр надо подать импульсный сигнал ( $\square$ ) на вход записи  $V$ . Тогда этот код установится на выходах  $Q_1, \dots, Q_4$  (прямые выходы триггеров регистра), и будет храниться там до тех пор, пока на входы  $D_1, \dots, D_4$  не будет подан новый код, который должен быть обязательно сопровождается импульсом записи на входе  $V$ . Содержимое регистра может быть «стерто» с установлением на его

выходах кода «0000» при подаче импульса на вход установки в «ноль» - R.

Если в одном устройстве (микросхеме) объединяются множество регистров со схемами управления и выбора нужного регистра (схема адресации), то такое устройство называют запоминающим (рис.4.3.).

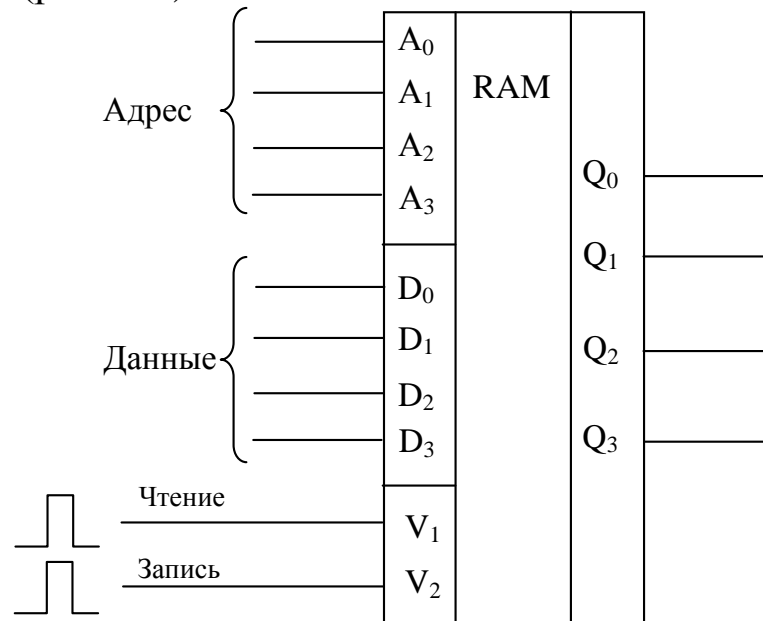


Рис. 4.3. Условное обозначение оперативного запоминающего устройства.

Чтобы выбрать одну ячейку памяти (эквивалент регистра) на адресные входы запоминающего устройства необходимо подать двоичный код адреса (например код 0000 на входах A<sub>0</sub>,...,A<sub>3</sub> выбирает первую четырехразрядную ячейку памяти, код 0010 выбирает третью ячейку памяти и т.д.).

Чтобы в выбранную ячейку памяти записать число необходимо на входы адреса A<sub>0</sub>,...,A<sub>3</sub> подать код адреса, на входах D<sub>0</sub>,...,D<sub>3</sub> установить четырехразрядный код записываемого числа, а на вход V<sub>2</sub> установить импульс записи. Чтобы из выбранной ячейки памяти передать соответствующие данные на выходы Q<sub>0</sub>,...,Q<sub>3</sub> необходимо на входы A<sub>0</sub>,...,A<sub>3</sub> подать код адреса ячейки и на вход V<sub>1</sub> подать импульс или потенциал чтения.

Одним из центральных узлов микропроцессоров и микроконтроллеров является арифметико-логическое устройство (АЛУ), которое преобразует двоичные коды данных, поданных на его входы в соответствии с командами, хранимыми в различных



типах запоминающих устройств. Каждой команде соответствует свой двоичный код, получив который устройство управления (УУ) организует систему управляющих сигналов реализующих требуемую операцию. Например, при реализации операции сложения устройство управления должно организовать по адресу первого числа его выбор и запись в один из регистров подключаемый к АЛУ, выбрать второе число из памяти и передать его в АЛУ, организовать выполнение операции сложения и затем запись результата либо во внутренние регистры «привязанные» к АЛУ, либо в заданную ячейку внешней памяти. Из приведенного описания видно, что АЛУ, которое кроме операции сложения реализует достаточно много (сотни) операций и УУ представляют собой достаточно сложные электронные устройства. Обобщенная структурная схема АЛУ приведена на рис.4.4.

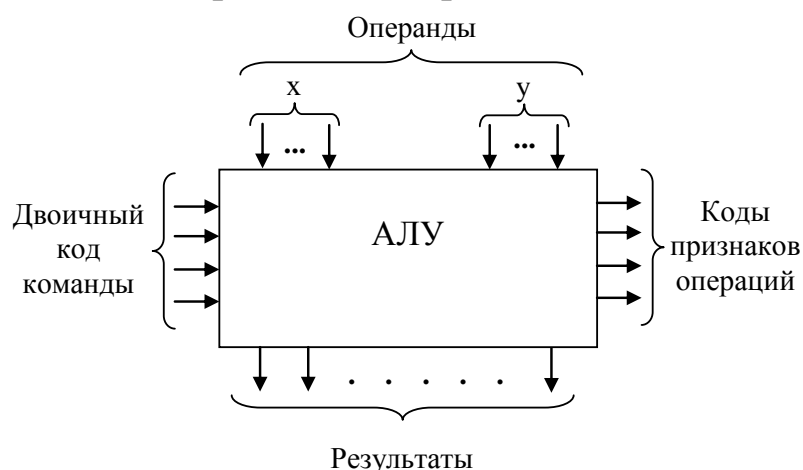


Рис. 4.4. Структурная схема АЛУ

В вычислительной технике обрабатываемые данные принято называть операндами. В ходе обработки операндов  $x$  и  $y$ , в соответствии с законами определяемыми кодами команд, на выходах АЛУ формируется результат и коды признаков операций. Коды признаков операций позволяют значительно расширить возможности вычислительных устройств.

Рассмотрим простой пример преобразования данных в АЛУ при выполнении операции сложения.

Для одного разряда в двоичном сложении, как и в десятичной системе счисления, используются разряды двух операндов  $x_i$ ,  $y_i$  и перенос из предыдущего разряда  $P_{i-1}$  ( $i$  – номер разряда).

В ходе выполнения операций образуется результат  $Z_i$  и перенос в последующие разряды  $P_{i+1}$ . Удобно результат выполнения операции сложения представлять в виде следующей таблицы.

Таблица 4.1

Таблица выполнения операции сложения

$x_i$	$y_i$	$P_{i-1}$	$Z_i$	$P_{i+1}$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Для того, чтобы учесть все возможные входные комбинации в левой части таблицы выписываются все возможные сочетания входных переменных. Понять закон получения значений  $Z_i$  и  $P_{i+1}$  легко, проведя аналогию с законами сложения десятичных чисел. Зная закон сложения для одного разряда можно организовать сложение много разрядных чисел.

Пример сложения двух  $4^x$  разрядных чисел

$$\begin{array}{r}
 1\ 0\ 1\ 0 \quad \leftarrow \text{переносы} \\
 1\ 0\ 1\ 0 \quad \leftarrow \text{операнд } x \\
 1\ 0\ 1\ 1 \quad \leftarrow \text{операнд } y \\
 \hline
 0\ 1\ 0\ 1 \quad \leftarrow \text{результат } Z
 \end{array}$$

Работу над четырехразрядными числами осуществляет четырехразрядное арифметическое устройство. При этом, как видно из примера, в старшем (четвертом) разряде АЛУ будет сформирован результат 0, что будет практически неверный результат, если не учесть перенос из четвертого разряда дальше. В рамках специальных курсов будут изучаться вопросы выполнения арифметических и логических операций с двоичными числами и их

перевод в другие системы счисления. Здесь, чтобы понять масштабы получаемой погрешности, приведем десятичный эквивалент получаемого четырехразрядного результата:

$$10+11=5$$

Результат абсурдный, тогда как с учетом переноса образуется пятиразрядный двоичный код 10101 соответствующий верному результату – десятичному числу 21.

$$(10101 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 16 + 4 + 1 = 21).$$

Сохранить точность вычислений можно увеличив разрядность АЛУ, но если это невозможно, то можно использовать последовательное соединение 4-х разрядных АЛУ или последовательное вычисление операций сначала с младшими разрядами четырехразрядных чисел, а потом с более старшими.

В любом случае получение точного результата обеспечивается, если учитывать перенос из старшего разряда. В АЛУ это обеспечивается тем, что один из выводов (проводов) признаков результата (схема 4) выделяется под разряд переноса из старшего разряда. Если перенос из старшего разряда отсутствует, то на этом проводе формируется напряжение соответствующее нулю, а если перенос присутствует, то напряжение соответствующее единице.

Кроме этого выделяются провода, на которых формируются коды единицы, если:

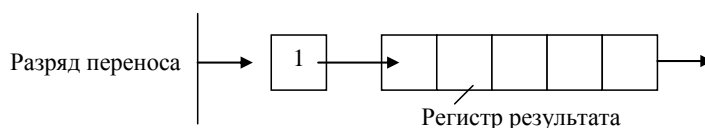
- результат выполнения операции равен нулю;
- результат операции отрицательный;
- результат операции положительный и тд.

Коды состояний признаков операций используются, например, при выполнении операций переходов, которые при определенных условиях выбирают различные фрагменты программ записанных в специально отводимых ячейках памяти.

В реальных микроконтроллерах не всегда имеется возможность наращивать разрядность используемых регистров и памяти. В этом случае погрешность вычисления при возникновении переноса в старшем разряде можно уменьшить

следующим простым способом. В качестве регистра, где образуется результат вычисления, используется так называемый сдвиговый регистр (регистр сдвига). По специальным командам он может сдвигать свои разряды влево и вправо.

С использованием такого регистра реализуется такая процедура вычислений. Если переноса в старшем разряде не возникает, результат вычислений не изменяется. При возникновении переноса содержимое регистра результата сдвигается на один разряд вправо. При этом младший разряд результата теряется, а на место освободившегося старшего разряда записывается единица переноса. Схематично это выглядит следующим образом



Такая операция несколько напоминает операцию округления чисел. Точность вычисления несколько снижается, но часто с этим можно мириться.

Простой пример использования кодов признаков операций.

В ходе мониторинга за состоянием частоты сердечных сокращений (ЧСС) необходимо, чтобы микроконтроллер зажег красную лампочку тревоги, если ЧСС превысит 140 уд/мин.

Для решения такой задачи человек пишущий программу для микроконтроллера выбирает ячейку памяти, в которую периодически будет записываться текущее значение ЧСС. Обозначим условно адрес этой ячейки памяти через  $a_1$ . В ячейку памяти  $a_2$  следует записать константу 140. Программист располагает программу включения красной лампочки в памяти так, что начало этой программы (первая команда программы) располагается в строго определенном месте, например в ячейке с адресом  $a_{400}$ .

В наборе команд микроконтроллера обязательно есть команды вычитания (ВЫЧ) и команда перехода по адресу  $a_i$  (ПО  $a_i$ ), если результат вычисления команды АЛУ отрицательный.

При такой системе команд программа включения красной лампочки может иметь следующий вид:

```

.....
a100 ВЫЧ a2, a1      (Вычитание числа записанного в ячейке
                          памяти a1 из числа, записанного в ячейке
                          памяти a2)
a101 ПО a400          (Переход к фрагменту программы,
                          начинающемуся с ячейки a400, если
                          результат отрицательный)
a102 ...              (Адрес команды, которая будет
                          выполняться, если результат вычитания
                          положителен (a102=a101+1))
.....
a400                  (Программа включения красной лампочки)

```

В этом фрагменте  $a_{100}$  и  $a_{101}$  адреса ячеек памяти, где записаны команды ВЫЧ и ПО. Следует помнить, что приведенная запись весьма условна, поскольку в реальных микропроцессорах и микроконтроллерах даже такая простая команда как вычитание имеет различные модификации с различными способами выбора операндов для вычитания.

Для более точного представления о том, как пишутся программы для микропроцессоров и микроконтроллеров на языках низкого уровня, рассмотрим более подробно структуру одного из самых простых микроконтроллеров типа КР580 [4].

Обобщенная структура (достаточная для понимания принципов его программирования) приведена на рис 4.5.

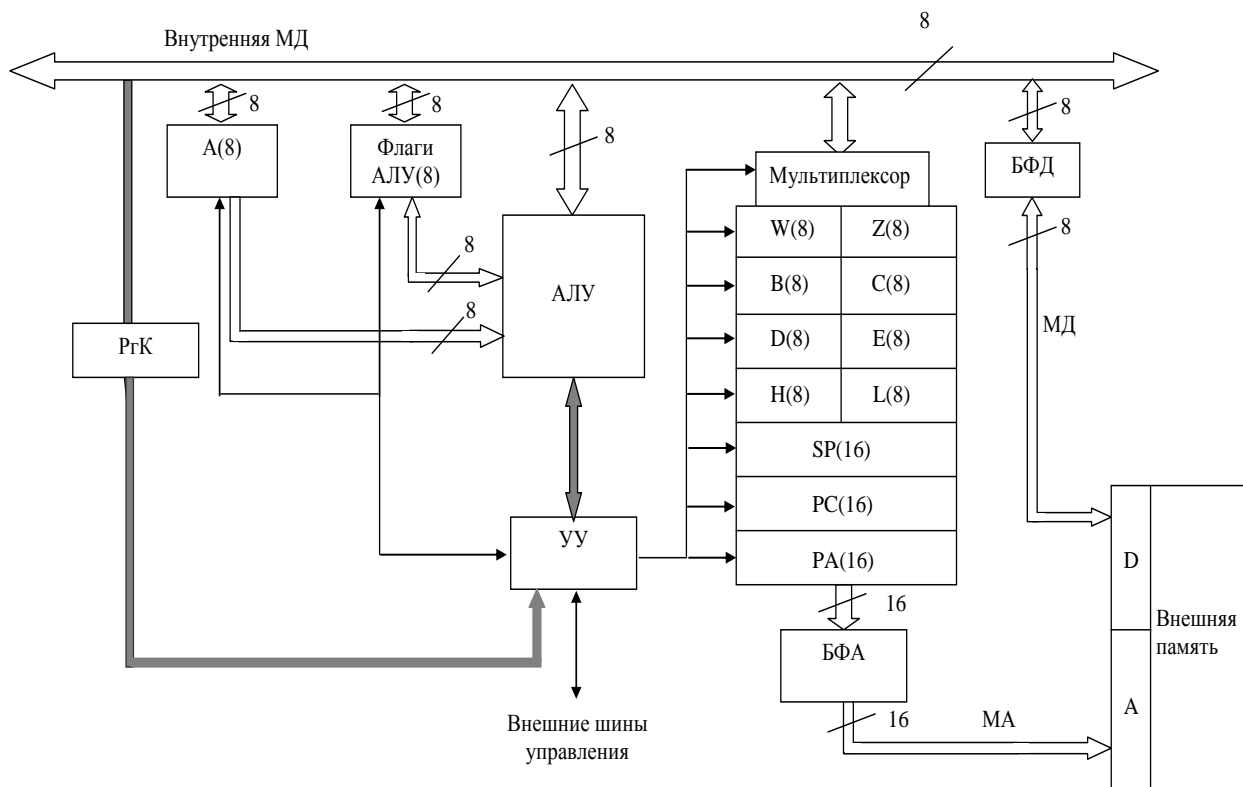


Рис. 4.5. Структурная схема микропроцессора КР580

Микропроцессор обрабатывает 8-разрядные данные, которыми он обменивается с «внешним миром» по 8-ми разрядным магистралям данных (МД). Магистраль данных, контакты, которой располагаются на корпусе микросхемы, соединена с внутренней магистралью данных через буфер данных (БФД). Важной функцией буфера данных является его способность, передавая данные отключать МД от внутренней магистрали, что в свою очередь позволяет не мешать автономной работе внешних устройств, подключенных к микропроцессору и самого микропроцессора, в то время, когда по программам вычислений обмена данными не требуется. По шине данных последовательно подаются команды операций, которые поступают в регистр команд (РгК), и собственно данные, которые поступают на входы АЛУ или в систему внутренних регистров. Внутренние регистры обозначены буквами латинского алфавита от А до L. Иногда отдельно стоящий регистр А называют аккумулятором. Остальные регистры (W,Z,D,C,D,E,H,L) имеют по 8 разрядов. Каждый из них (но одновременно только один) в соответствии с выполняемой

командой может быть подключен к внутренней магистрали специальным устройством называемым мультиплексором. Какой из регистров и как подключать определяет УУ после того, как получит команду, подлежащую исполнению. По специальным командам восьмиразрядные регистры  $W, \dots, L$  могут обрабатывать 16-ти разрядные операнды в регистрах  $B, D, H$ , которые образуются объединением пар  $B-C; D-E; H-L$ .

Кроме того в секции регистров есть еще три 16-ти разрядных регистра специального назначения. Например, выделяется регистр адреса  $PA$ . Регистр  $PC$  называется программным счетчиком.  $PC$  используется для хранения адреса команды. Содержимое  $PC$  автоматически изменяется после выполнения команды, указывая адрес следующей команды. Назначение остальных регистров определено технической документацией на микропроцессор. Результат выполнения операции через АЛУ выдается либо на внешнюю магистраль данных, либо записывает в один из внутренних регистров. Сформированный микропроцессором адрес через буфер адреса (БФА) передается на внешнюю 16-ти разрядную шину адреса. Блок «Флаги АЛУ» позволяет подключать к магистрали данных коды признаков операций и обрабатывать их.

Из приведенного описания следует, что микропроцессор будет работать, если к его магистралям данных и адреса подключено внешнее устройство, из которого он по заданным адресам выбирает команды и данные, и в которое посылает результаты своей работы. Одним из таких типичных устройств является запоминающее устройство (внешняя память).

Выше отмечалось, что и команды и операнды поступают в микропроцессор и перерабатываются в двоичном коде. Однако писать программы в виде наборов нулей и единиц настолько трудно, что так практически никто не делает. Для упрощения записи программ и данных были придуманы специальные мнемонические обозначения, которым сопоставляются хотя и двоичные коды, но специального вида. При программировании микропроцессора КР580 и целого семейства других микроконтроллеров и микропроцессоров принято использовать так называемое шестнадцатеричное кодирование. Один символ в

шестнадцетиричном коде представляется четырьмя двоичными разрядами в соответствии с таблицей 4.2.

Таблица 4.2

## Шестнадцетиричное кодирование информации

Десятичный код	Двоичный код		Шестнадцетиричный код
0		0000	0
1		0001	1
2		0010	2
3		0011	3
4		0100	4
5		0101	5
6		0110	6
7		0111	7
8		1000	8
9		1001	9
10		1010	A
11		1011	B
12		1100	C
13		1101	D
14		1110	E
15		1111	F
16	0001	0000	10
17	0001	0001	11

Кодирование команд осуществляется с помощью буквенных обозначений, за которым следует способ выбора данных (адреса) или сами данные.

Различные микропроцессоры характеризуются своей системой команд, способом и скоростью их выполнения. В системе команд КР580 выделяют три группы команд. Команды пересылок, команды арифметико-логических операций и команды управления.

**Команды пересылок** передают данные с одного устройства на другое. Команды с мнемокодом MOV организуют пересылки данных между внутренними регистрами А,В,С,D,Е, Н и L, и так же между внешней памятью, обозначаемой буквой М и этими же



регистрами. Следует обратить внимание на то, что обмен данными между внутренними регистрами микропроцессора отличается от способов обмена данными между внешней памятью и внутренними регистрами.

Общая структура команды MOV

MOV [приемник], [источник],

где [приемник] – имя регистра (памяти), куда передаются данные; [источник] – имя регистра, откуда данные берутся.

**При обмене между внутренними регистрами** двоичный код регистра источника переписывается в регистр с именем приемника. Например команда MOV A,B переписывает содержимое регистра B в регистр A (в аккумулятор). Этой команде разработчики присвоили двоичный код 0111 1000, что в соответствии с таблицей 2 имеет шестнадцетиричное обозначение 78. При выполнении команды MOV A,B её восьмиразрядный код выбранный из внешней памяти по шине данных передается через БФД и внутреннюю шину в регистр команд (РгК) (рис 5). Далее он расшифровывается в устройстве управления, которое организует следующую последовательность действий. С помощью мультиплексора УУ подсоединяет регистр B к внутренней магистрали (МД) и подает на вход записи регистра A импульсный сигнал открывающий регистр A для записи в него содержимого регистра B.

После выполнения команды MOV A,B содержимое регистров A и B становятся одинаковыми. Далее если не будет специальных команд, адрес команды увеличивается на единицу, выбирая из внешнего (по отношению к микропроцессору) устройства следующую команду. То есть команду, адрес которой во внешнем устройстве является следующим (на единицу больше) после команды MOV A,B.

При обмене внешней памяти M с **внутренними регистрами** адрес ячейки памяти (не данные) для взаимодействия с M определяются содержимым регистров H и L, причем в регистре H находится старший байт адреса, а в регистре L – младший. Например по команде MOV B,M будет выполняться следующая последовательность действий. Устройство управления к магистрали адреса через БФА подключит регистры H и L. А затем

сформирует сигнал чтения на внешней шине управления. В результате из внешней памяти будет выбрана ячейка с адресом, записанным в регистрах H,L. Далее выходные шины внешней памяти через БФД будут подключены к внутренней МД, а мультиплексор подключит к этой шине регистр В после чего для этого регистра УУ сформирует сигнал записи. Таким образом, содержимое внешней памяти из ячейки с номером, извлеченным из H,L будет переписано в регистр В. Другой пример, по команде MOV M,E число из внутреннего регистра E переписывается из регистра E по адресу M, который хранится в регистрах H и L. Таким образом, если производится обмен микропроцессора с внешней памятью, необходимо до команды обмена в регистры H и L **обязательно** записать адрес обращения к внешней памяти. Команда MOV с указанием источников и приемников занимает один байт памяти, в котором записывается соответствующий ей код, например команда MOV D,E кодируется шестнадцетиричным кодом 53 (двоичный эквивалент 0101 0011), команда MOV M, L – шестнадцетиричным кодом 75 (двоичный байт 01110101 и т.д.).

Кроме команд пересылка типа MOV оперирующих типами источников и приемников в системе команд КР580 имеются команды пересылок, оперирующих кодами данных или адресов источников и приемников.

**Команда типа MVI** посылает во внутренние регистры и память, данные записываемые в шестнадцетиричном коде во втором байте команды. Например, команда MVIA,1E запишет в регистр A (аккумулятор) число 1E (0001 1110). Нетрудно видеть, что эта команда двухбайтовая. Один байт – код команды MVIA (шестнадцетиричный код 3E), второй байт – константа (число) 1E. Второй пример MVIM, A0. По этой команде (код 36) константа A0 (двоичный код 1010000) переписывается в ячейку внешней памяти, адрес которой задан в регистрах H и L.

**Команда LXI** трёхбайтовая (один байт код команды плюс два байта 16-ти разрядное число). Она обеспечивает запись кодов второго и третьего байтов, указанного после мнемкода команды в соответствующие пары регистров. Например, команда LXID,12A2 записывает шестнадцати разрядное число 12A2 в спаренный

регистр D состоящий из регистров D и E. Команда LXI PC, 1011 записывает двоичный код 0001 0000 0001 0001 в регистр PC и тд.

Команды группы Load загружают данные в соответствующие группы регистров.

В команде LHLD (код команды 2 A) после мнемкода команды записывается двухбайтовый адрес внешней памяти, из которой будут переданы данные в регистры L и H. Таким образом, команда LHLD трехбайтовая с адресацией к внешней памяти. Например, команда LHLD21A0 выполняется следующим образом. Вначале из ячейки памяти с адресом 21A0 будут записаны данные в регистр L. Затем из следующей ячейки памяти ( $21A1 = 21A0+1$ ) будут записаны данные в регистр H.

Таким образом эта команда может подготовить к выполнению команд MOV с внешней памятью.

Команда типа LDA (код 3A) записывает в аккумулятор (регистр A), данные из внешней памяти, адрес которых указан после мнемкода команды. Например, по команде LDA F100 данные выбранные из внешней памяти по адресу F100 будут переписаны в регистр A.

Команды группы Store данные из регистров переписывают во внешнюю память.

Например, по команде STA 2205 содержимое аккумулятора переписывается в ячейку памяти с адресом 2205 (0010 0010 0000 0101).

С другими типами команд пересылки микропроцессора KP580 можно ознакомиться в справочной литературе и в приложении 1.

Рассмотрим особенности выполнения команд арифметических операций.

В командах **арифметического типа** один операнд находится в аккумуляторе, а откуда взять второй операнд указывается в конце команды (обычно это внутренние регистры A,B,C,D,E,H,L) и внешняя память M. Причем, как и в операциях с пересылками при работе с внешней памятью её адрес берется из регистров H и L. Результат выполнения операции отправляется в аккумулятор, стирая то, что там было раньше. Например, команда сложения имеет код ADD. Сложение аккумулятора с регистром B записывается командой ADDB (шестнадцатиричный код команды

80), сложение аккумулятора с регистром E записывается командой ADDE (код команды 83), сложение аккумулятора с ячейкой внешней памяти, адрес которой хранится в регистрах H и L обеспечивается командой ADDM.

Послать данные в аккумулятор можно командой LDA, а сохранить содержимое аккумулятора во внешней памяти командой STA.

Вычитание из содержимого аккумулятора выполняется командой SUB, например SUBH, SUBM и т.д. Команды INR и DCR соответственно увеличивают и уменьшают на единицу содержимое указанного в команде регистра или ячейки памяти (адрес в регистрах H и L). Все арифметические команды однобайтовые.

Обычный порядок выполнения команд по очереди одна за другой путем увеличения содержимого счетчика команд на единицу.

Нарушить естественный ход выполнения команд можно **командами управления**, организуя безусловные и условные переходы по адресам команд, записанным во внешней памяти.

По командам безусловного перехода, коков бы ни был результат, вычислений следующей будет выполняться команда, адрес которой записан в команде.

По командам условного перехода передача управления выполняется только тогда, когда выполняется некоторое условие, сопровождающееся установкой в единицу соответствующего регистра признаков по флагам АЛУ. К этим условиям в микропроцессоре КР580 относятся: С – перенос из старшего разряда; Z- результат операции равен нулю; М – результат операции отрицателен, Р – результат положителен; F – результат операции – четное число.

Команда выполняется следующим образом. Если условие выполняется, то выполняется команда, адрес которой указан в команде. Если условие не выполняется, то выполняется следующая по номеру команда (плюс 1 в счетчик адреса команд).

Рассмотрим примеры организации переходов по командам условных переходов типа Jump. При записи мнемкода этой группы команд первая буква J, вторая и последующие буквы –

условия перехода. Например, JZ – переход по нулевому результату; JM – переход по отрицательному результату и т.д.

Запись JZ 2EF0 означает, что если результат вычислений будет равен нулю, то следующей будет выполняться команда с адресом 2EF0 (в двоичном коде 0010 1010 1111 0000). Эта команда трехбайтовая. Один байт – код команды плюс два байта шестнадцатиразрядного адреса.

Команда HLT останавливает работу микропроцессора.

В командах этого и многих других микропроцессоров нет многих очень важных команд умножения, деления и т.д. Для организации этих операций необходимо написать соответствующие программы. Например, операция умножения выполняется многократным сложением, деление – многократным вычитанием и т.д. Очевидно, что каждый раз писать такие программы заново очень трудоемко, требует специальных навыков и совершенно не выгодно. Гораздо целесообразнее один раз написать программу и хранить её в составе стандартного программного обеспечения и затем, по мере необходимости, обращаться к нужным стандартным программам с автоматическим возвратом в основную программу. Организованные таким образом стандартные программы называют подпрограммами. Обращение к ним организуется по команде CALL, в которой указывается адрес первый выполняемой команды подпрограммы. Если таких подпрограмм много, то трудно запомнить все их начальные адреса. Поэтому, для наиболее распространенных подпрограмм адреса записывают в виде хорошо запоминающихся символов, которые автоматически переводятся в физический адрес. Например, для вызова подпрограммы умножения выполняют команду CALL MUL.

Рассмотрим примеры программирования микропроцессора КР580 в мнемокодах и машинных кодах.

**Пример 1.** К числу, расположенному в ячейке памяти с адресом 08A1 прибавить единицу и результат отправить в ячейку с адресом 03E1.

**Решение.** С учетом того, что арифметическая операция выполняется с участием аккумулятора (регистра А) необходимо число из ячейки с номером 08A1 переслать в регистр А. Выбор чисел по заданному адресу осуществляется командой пересылки типа LDA. Далее необходимо к числу, находящемуся в аккумуляторе прибавить единицу (команда INR). Отправка результата из регистра А по заданному адресу осуществляется командой STA. После этого работа программы может быть остановлена командой HLT.

Описанная последовательность действий, приводящая к требуемому результату (алгоритм) при кодировании мнемосодами реализуется следующей программой.

### Программа 1

<b>&lt;Мнемосокод&gt;</b>	<b>Комментарий</b>
LDA 08A1	В регистр А переписывается число из ячейки 08A1
INR A	К содержимому регистра А прибавляется 1
STA 03E1	Содержимое регистра А записывается в ячейку 03E1
HLT	Остановка

Чтобы эта программа выполнялась микропроцессором, она размещается во внешней памяти по адресам, выбранным программистом. Память восьмиразрядная. Поэтому каждая из этих команд занимает больше чем один байт (двухбайтовые и трехбайтовые команды). Они должны размещаться в нескольких следующих друг за другом байтах. Например, команда LDA 08A1 занимает три байта (1 байт – код команды - 3A; второй байт – младший байт адреса A1; третий байт – старший разряд адреса 08).

Перевод мнемосокодов в машинные коды, располагающиеся в памяти, осуществляется автоматически с помощью специальной программы переводчика, называемой **транслятором**. Пусть программист решил расположить программу 1 в памяти, начиная с ячейки с номером 0800, тогда в обозначениях шестнадцатиричного кода программа разместится следующим образом (табл. 4.2).

Таблица 4.2

## Размещение программы 1 в памяти

Шестнадцетиричный адрес	Шестнадцетиричный код	Комментарий
0800	3A	Код команды LDA
0801	A1	Младший байт адреса
0802	08	Старший байт адреса
0803	3C	Код команды INR
0804	32	Код команды STA
0805	E1	Младший байт адреса
0806	03	Старший байт адреса
0807	76	Код команды HLT

В таблице 4.2 размещение программы для наглядности выполнено в шестнадцетиричном коде. Физически в памяти расположены двоичные коды. Адрес выбираемой ячейки памяти так же так же подается на входы памяти в двоичном коде. Таким образом, чтобы, например, обратиться к ячейке памяти 0800 необходимо на входы адреса памяти  $A_{15}, \dots, A_0$  подать код  $0000\ 1000\ 0000\ 0000 = 0800$ . В ответ из памяти на шину данных будет выдан код  $0011\ 1010 = 3A$ .

Анализ таблицы 2 показывает, что даже очень простая программа занимает достаточный объем при её записи. Для того, чтобы сократить объем описания программы и сделать более простым их анализ, разработчики и программисты договорились для двух и трехбайтовых команд писать только начальные адреса их расположения. То есть, записывать только адреса команд имея в уме в виду, что реально в памяти они будут занимать от одной до трёх последовательных ячеек памяти.

При такой договоренности запись программы 1 будет иметь вид, представленный таблицей 4.3.

Таблица 4.3

## Общий вид записи программы

Адрес	Мнемокод	Машинный код	Комментарий
0800	LDA 08A1	3A A1 08	Число, выбранное по адресу 08A1 в PтА
0803	INR A	3C	$\langle PтА \rangle = \langle PтА \rangle + 1$ *
0804	STA 03E1	32 E1 03	$\langle PтА \rangle \rightarrow \text{adr } 03E1$
0807	HLT	76	остановить

\* для упрощения записи содержимое регистров обозначается скобками  $\langle \rangle$ , а стрелкой  $\rightarrow$  обозначают операции пересылки.

**Пример 2.** Вычислить  $x=(1+3) \cdot 2$ .

**Решение.** В приведенном примере есть два различных блока требующих размещения в памяти. Блок программ, обеспечивающий выполнение требуемой последовательности действий и блок чисел (данных), участвующих в вычислениях. Начальные адреса расположения этих блоков выбирает программист исходя из простого условия. Области памяти, занимаемые командами и данными не должны пересекаться, поскольку команды выбираются с помощью счетчика команд последовательно ячейка за ячейкой (если нет команд переходов). Если при этом в блоке команд попадет число, оно будет расшифровано микроконтроллером как команда, и получится то, что программист совсем не ожидает. Таким образом, если программист затрудняется в определении длины программы, следует вначале записать программу, а ячейки памяти данных пока записать условно, например буквами, которые потом заменить на реальные адреса.

Ещё одна рекомендация. Для обмена данными между микропроцессором и памятью удобнее пользоваться командами типа MOV, поскольку они однобайтовые и, следовательно, будут выполняться быстрее. Но при этом следует помнить, что адреса памяти хранятся в регистрах H, L. Это означает, что при выборе различных данных из памяти необходимо менять содержимое этих регистров. Если данные в памяти расположить подряд и в том



порядке, как они используются в вычислениях, то процедура смены адресов для выбора данных сильно упрощается при использовании команды INRL ( $\langle L \rangle = \langle L+1 \rangle$ ). С учетом этих рекомендаций для решаемого примера следует в первую ячейку памяти блока данных поместить цифры 1 или 3. Для определенности 1, во вторую ячейку цифру 3, в третью ячейку цифру 2 и в четвертую запланировать помещение результата.

Порядок вычислений  $x$  может быть описан следующей последовательностью действий (алгоритмом).

1. Задать начальные адреса команд  $a_1$  и данных  $a_2$ .
2. В регистры  $H, L$  записать адрес  $a_2$ .
3. В аккумулятор поместить число взятое по адресу  $a_2$ .
4. Изменить адрес регистра  $L$  на единицу  $\langle L \rangle = \langle L+1 \rangle$  (новый адрес числа  $a = a_2 + 1$ ).
5. Сложить содержимое регистра  $A$  с ячейкой памяти с адресом  $a_2 + 1$  (в аккумуляторе результат сложения  $1+3$ ).
6. Вызвать процедуру умножения, которая увеличивает содержимое регистра  $L$  на единицу ( $a = a + 1$ ) и производим умножение содержимого аккумулятора на число хранящееся по адресу  $a = a + 1 = a_2 + 1 + 1$  (в аккумуляторе  $x = (1+3) \cdot 2$ ).
7. Увеличить содержимое  $L$  на единицу получив адрес  $a = a + 1$  ( $a = a_2 + 3$ ) для пересылки результата из аккумулятора в ячейку памяти выделенной под результат.
8. Переслать  $\langle RgA \rangle$  в ячейку памяти с адресом  $a = a_2 + 3$ .
9. Остановить программу.

Записанную последовательность действий принято называть словесным алгоритмом.

В вычислительной технике принято использовать графические схемы алгоритмов, где каждое действие изображается прямоугольником с номером внутри, в который кратко записывают существо действия. Порядок выполнения действий определяется стрелками соединяющими прямоугольники (или другие фигуры принятые в обозначении алгоритмов).

В таких обозначениях словесный алгоритм вычисления  $x$  микропроцессором будет иметь вид, приведенный на рис. 4.6.

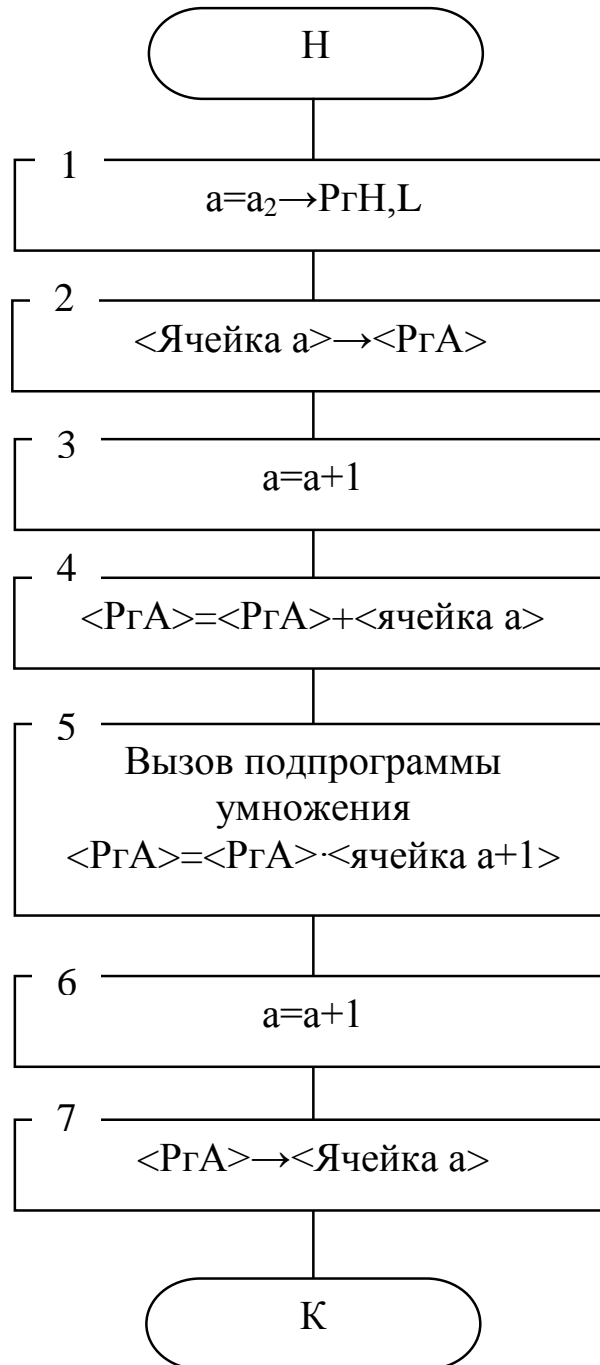


Рис. 4.6. Схема алгоритма вычисления  $x$ .

В этой схеме буквой  $a$  обозначен текущий адрес ячейки памяти данных. Блоки с буквами  $H$  и  $K$  означают начало и конец алгоритма. Знак  $=$  несколько отличается от знака равенства принятого в математике. При написании алгоритмов он рассматривается как оператор присваивания, который присваивает переменной (ячейке памяти, регистру и т.д.) указанной слева

значение, которое получается в результате преобразований, выполненных справа.

Предположим, что программист выбрал ячейку памяти 0201 как начальную ячейку блока команд, а ячейку 0301 как начальную ячейку блока данных. Тогда в соответствии со словесным алгоритмом и схемой алгоритма (рис.4.6.) программа вычисления  $x$  в мнемокодах будет выглядеть следующим образом:

Таблица 4.4

Программа вычисления  $x$ 

Адрес	Мнемокод	Комментарий
0201	LXI H 0301	В двойной регистр H (H-L) запись числа 0301 (начальный адрес блока данных)
0204	MOV A,M	Содержимое ячейки 0301 (число 1 переписывается в RгA(аккумулятор))
0205	INR L	$\langle L \rangle = \langle L + 1 \rangle$ ( $a = a + 1$ ) формирование адреса 0302
0206	ADD M	$A = A + \langle a \rangle$ в аккумуляторе 1+3
0207	CALL MUL	$A = A \cdot \langle a + 1 \rangle$ в аккумуляторе $x$ команда 3-х байтовая, занимает 3 ячейки
020A	INRL	$a = a + 1$ формирование адреса 0304
020B	MOV M,A	$\langle RгA \rangle \rightarrow \langle \text{ячейка } 0304 \rangle$
020C	HLT	Остановка
0301	1( $b_1$ )	
0302	3( $b_2$ )	
0303	2( $b_3$ )	
0304	$\langle A \rangle(x)$	Результат $x$

Чтобы не привязываться к конкретным цифровым данным, которые могут изменяться от задачи к задаче, удобно в примерах задавать их условные обозначения, тогда программа будет не изменяться, а в блок данных, например с клавиатуры, вводят разные цифры. В такой интерпретации рассматриваемый пример удобно записать в виде

$$x = (b_1 + b_2) \cdot b_3.$$

Естественно так следует записать и в программе (обозначение в скобках табл.4.4).

Программа, приведенная в таблице 4.4, записана при условии, что все данные не выходят за формат одного байта. При более длинных операндах используются различные схемы представления данных и различные приемы работы с форматами чисел больше байта. Все эти особенности изучаются в специальных курсах.

**Пример 3.** Вычислить

$$y = \begin{cases} a + b, & \text{если } x < 3; \\ a \cdot b, & \text{если } x \geq 3, \end{cases}$$

$$x = c + d$$

Этот пример отличается наличием условия. В схемах алгоритмов условие обозначается ромбом с одним входом и двумя выходами. По одному выходу, обозначаемому символами «да» или «1», алгоритм реализует ветвь, если условие, записанное внутри ромба, выполняется. По второму выходу, обозначаемому символами «нет» или «0», алгоритм выполняется, если «условие ромба» не выполняется. Для примера 3 заданное условие изображается следующим образом (рис. 4.7.).

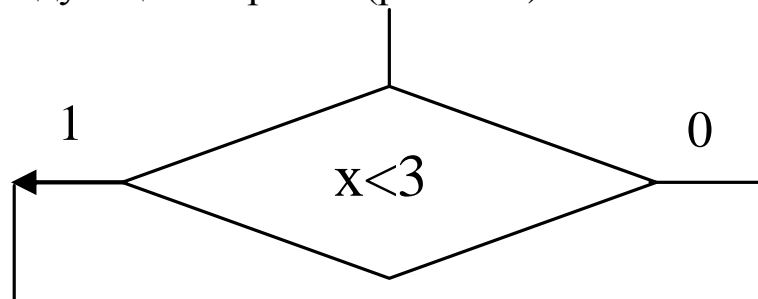


Рис.4.7. Графическое обозначение условия

Работает этот блок алгоритма следующим образом, если в ходе предыдущих вычислений значение  $x < 3$ , то будет выполняться часть алгоритма, нарисованная по ветви «1», в противном случае будет выполняться действие по ветви «0».

Программно различные условия реализуются командами условных переходов. При этом следует иметь в виду, что микропроцессоры не содержат команд сравнивающих результат с произвольными числами, но есть команды анализирующие знак результата (больше или меньше нуля). Для примера 3 легко видеть,

что сравнение с цифрой 3 можно заменить эквивалентными сравнениями  $z=x-3<0$  и  $z=x-3\geq 0$ . Тогда для организации переходов к различным фрагментам программы могут быть использованы команды типа JM (переход при отрицательном результате) или JP (переход при положительном результате).

При составлении графических схем алгоритмов программист самостоятельно выбирает степени их подробности. Для примера 3 удобно использовать алгоритм, отражающий суть вычислений (рис. 4.8.).

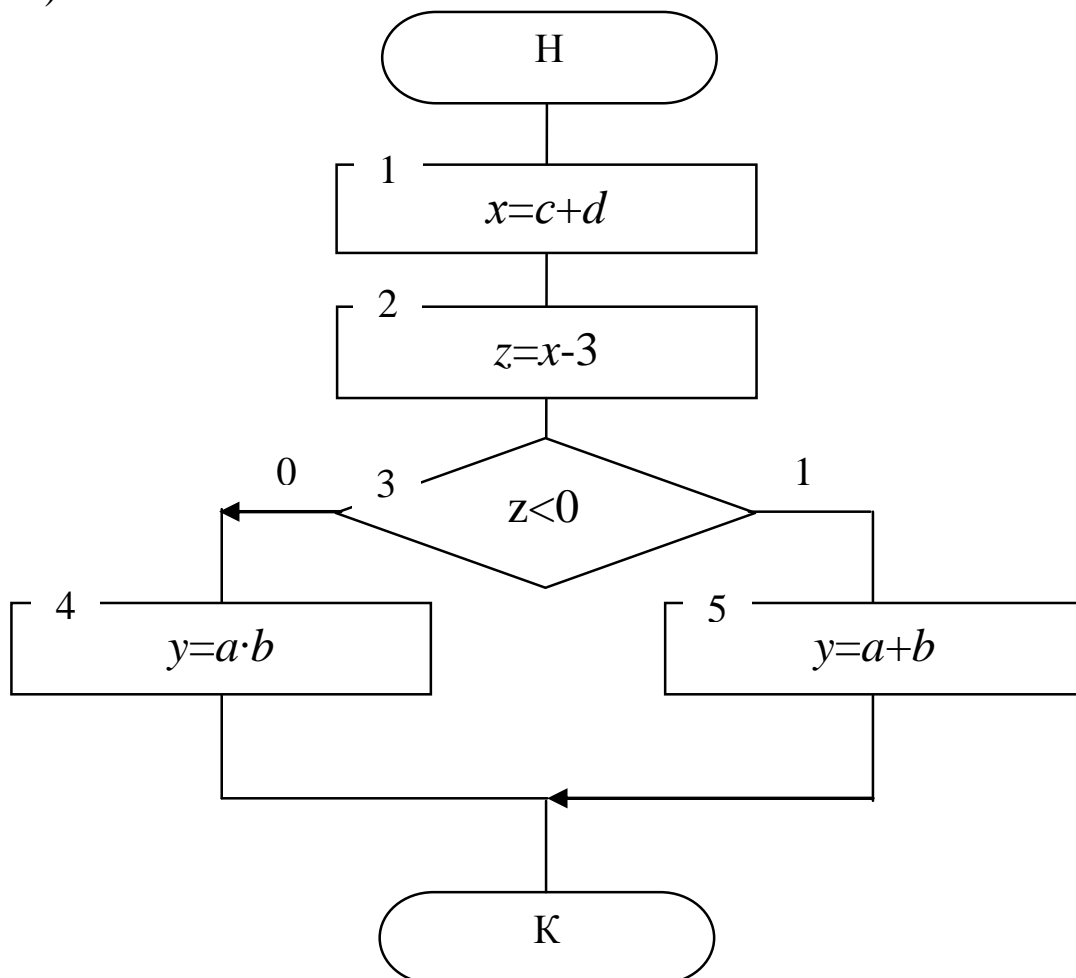


Рис. 4.8. Схема алгоритма вычисления примера 4.3.

При составлении программы вычислений для примера 3 в качестве адресов, используем их условные обозначения  $a_i$ , имея в виду, что в реальных программах они будут заменены на двухбайтовые адреса в шестнадцатиричном коде (табл.4.5).

Таблица 4.5

## Фрагменты программы реализации примера 3

Адрес	Мнемокод	Комментарий	
a <sub>1</sub>	LXIH a <sub>16</sub>	В двойной регистр H адрес	} Блок вычисления x и z
a <sub>2</sub>	MOV A,M	числа c	
a <sub>3</sub>	INRL	c→PrA	
a <sub>4</sub>	ADD M	<L>=<L+1> (адрес a <sub>17</sub> )	
a <sub>5</sub>	INRL	<PrA>=c+d	
a <sub>6</sub>	SUBM	<L>=<L+1> (адрес a <sub>18</sub> )	
a <sub>7</sub>	INRL	вычисление x-3	
		<L>=<L+1> (адрес a <sub>19</sub> )	} y=a·b
a <sub>8</sub>	JM a <sub>12</sub>	Переход по адресу a <sub>12</sub> , если x-3<0	} y=a+b
a <sub>9</sub>	MOV A,M	Число a в аккумулятор	
a <sub>10</sub>	CALL MUL	y=a·b (команда трехбайтовая)	
a <sub>11</sub>	BR a <sub>15</sub>	Безусловный переход к адресу a <sub>15</sub>	} Блок данных
a <sub>12</sub>	MOV A,M	Число a в аккумулятор	
a <sub>13</sub>	INRL	<L>=<L+1> (адрес a <sub>20</sub> )	
a <sub>14</sub>	ADD M	y=a+b	
a <sub>15</sub>	HLT	остановка	
a <sub>16</sub>	c		
a <sub>17</sub>	d		
a <sub>18</sub>	3		
a <sub>19</sub>	a		
a <sub>20</sub>	b		

Следует отметить, что при выполнении подпрограммы умножения одно число берется из аккумулятора, а адрес второго вычисляется автоматически добавлением к регистру L единицы. До этой подпрограммы в L был установлен адрес a<sub>19</sub> (число a). Во время выполнения подпрограммы умножения и после него в регистре L адрес a<sub>20</sub>. При выполнении операции сложения содержимое L для перехода к адресу a<sub>20</sub> надо менять командой INR. Следует обратить внимание на команде безусловного перехода, расположенной по условному адресу a<sub>11</sub>. Если бы её не

было, то при не выполнении условия  $x-3 < 0$  команда JM игнорируется. В счетчик команд добавляется единица и начинает выполняться блок команд  $y=a \cdot b$ , после чего (при отсутствии  $BRa_{15}$ ) в счетчик команд добавляется единица и начинает выполняться блок команд вычисления  $y=a+b$ , хотя по условию задачи нужно выполнить  $y=a \cdot b$  и остановиться. В результате выполнения «лишних» операций  $y=a+b$  содержимое регистра, хранящего нужный результат, меняется, и решение задачи становится неверным.

Приведенные примеры не охватывают огромного многообразия задач решаемых микропроцессорной техникой, но дают возможность понять некоторые принципы программирования и дают возможность подготовиться к восприятию специальных предметов.

### **3. Порядок выполнения работы.**

3.1. В зависимости от Вашей оценки своего уровня подготовки выберите базовую или повышенную степень сложности выполняемого задания. В соответствии с Вашим номером в журнале регистрации выберите вариант задания.

3.2. Составьте графическую схему алгоритма выполнения Вашего задания.

3.3. Составьте таблицу распределения памяти команд и данных в шестнадцатичных кодах.

3.4. Составьте программу выполнения Вашего задания в мнемонических кодах микропроцессора.

### **4. Вопросы для самоконтроля.**

4.1. Нарисуйте структурную схему микропроцессора КР580.

4.2. Какую роль играют внутренние регистры микропроцессора, и какова особая роль аккумулятора?

4.3. Для чего внутренние магистрали микропроцессора отделяют от внешних магистралей буферными схемами?

4.4. Где находятся операнды для работы АЛУ и куда отправляется результат вычислений?

4.5. Какие группы команд используют для пересылки данных и как они выполняются? Сколько байт требуется для записи команд этого типа?

4.6. Как выполняются арифметические команды, и сколько байт занимает каждая из них?

4.7. Для чего нужны команды управления, как они выполняются, и сколько байт занимают?

4.8. Как составляются графические схемы алгоритмов? Какую роль в них играют блоки условий?

4.9. Как реализуются требуемые последовательности выполнения команд?

4.10. Для чего при выполнении операций формируются признаки выполнения этих операций?



### Базовые варианты заданий

№ варианта	1	2	3	4	5
Задание	$x=(ab+1)c$	$x=a^2+c$	$x=(a-1)b^2$	$x=b^3+4$	$x=z^2-y^2$

№ варианта	6	7	8	9	10
Задание	$x=(c^2+e)k$	$x=2c^2+3$	$x=5(a-z)$	$x=(a+b)^2$	$x=a^2-c$

№ варианта	11	12	13	14	15
Задание	$x=a^3-c$	$x=z^2+3a$	$x=z^3-4a$	$x=(3+a^2c)b$	$x=a^2+bc^2$

№ варианта	16	17	18	19	20
Задание	$x=az+z^2$	$x=z^2-ba$	$x=(5+bc^2)3$	$x=a^2+3y$	$x=(2z+3y)a$

№ варианта	21	22	23	24	25
Задание	$x=z^3+2a^2$	$x=5z+3a^3$	$x=8a^2-3z$	$x=3z-a^3$	$x=a^2-3z^2$

№ варианта	26	27	28	29	30
Задание	$x=z^2-5x+2$	$x=3z+a^2-8$	$x=z^3-3a+c$	$x=z^3+8a$	$x=a^2+2z-y$

### Вариант заданий повышенной сложности

По формулам базового задания вычислить  $x$ , проверить условие и вычислить  $q$  в соответствии со следующими вариантами заданий.

Вариант1

$$q = \begin{cases} z + 5, & \text{если } x > 2 \\ zz + 2, & \text{если } x \leq 2 \end{cases}$$

Вариант2

$$q = \begin{cases} z - x, & \text{если } x < 4 \\ x^2, & \text{если } x \geq 4 \end{cases}$$

Вариант3

$$q = \begin{cases} z + a, & \text{если } x \leq 0 \\ p^2 + 4, & \text{если } x > 0 \end{cases}$$

Вариант5

$$q = \begin{cases} a^2 + 6, & \text{если } x \leq 4 \\ a^2 + b, & \text{если } x > 4 \end{cases}$$

Вариант7

$$q = \begin{cases} c + 2a, & \text{если } x < 2 \\ c^2, & \text{если } x \geq 2 \end{cases}$$

Вариант9

$$q = \begin{cases} a + b^2, & \text{если } x > 10 \\ c + x, & \text{если } x \leq 10 \end{cases}$$

Вариант11

$$q = \begin{cases} z - b, & \text{если } x \geq 3 \\ a + b, & \text{если } x < 3 \end{cases}$$

Вариант13

$$q = \begin{cases} e^2 - 1, & \text{если } x \leq 5 \\ d + 2, & \text{если } x > 5 \end{cases}$$

Вариант15

$$q = \begin{cases} a^2 - bc^2, & \text{если } x < 3 \\ a^2, & \text{если } x \geq 3 \end{cases}$$

Вариант17

$$q = \begin{cases} ab, & \text{если } x > 7 \\ a - b, & \text{если } x \leq 7 \end{cases}$$

Вариант19

$$q = \begin{cases} 3y + a, & \text{если } x < 0 \\ a^2, & \text{если } x \geq 0 \end{cases}$$

Вариант4

$$q = \begin{cases} z^2 + x, & \text{если } x < 0 \\ x^2 - 2, & \text{если } x \geq 0 \end{cases}$$

Вариант6

$$q = \begin{cases} x - 2a, & \text{если } x < 1 \\ e + 2, & \text{если } x \geq 1 \end{cases}$$

Вариант8

$$q = \begin{cases} b + a, & \text{если } x < 3 \\ a - 1, & \text{если } x \geq 3 \end{cases}$$

Вариант10

$$q = \begin{cases} c^3 - a, & \text{если } x < 12 \\ c^2, & \text{если } x \geq 12 \end{cases}$$

Вариант12

$$q = \begin{cases} b^2 - 1, & \text{если } x < 1 \\ b^2 + 1, & \text{если } x \geq 1 \end{cases}$$

Вариант14

$$q = \begin{cases} b + c, & \text{если } x < 5 \\ b - c, & \text{если } x \geq 5 \end{cases}$$

Вариант16

$$q = \begin{cases} az + z^2, & \text{если } x < 3 \\ az - z^2, & \text{если } x \geq 3 \end{cases}$$

Вариант18

$$q = \begin{cases} bc^2 + 1, & \text{если } x > 8 \\ 3b, & \text{если } x \leq 8 \end{cases}$$

Вариант20

$$q = \begin{cases} 2z, & \text{если } x < 3 \\ 3y, & \text{если } x \geq 3 \end{cases}$$

Вариант 21

$$q = \begin{cases} 2a^2, & \text{если } x < 9 \\ z^3, & \text{если } x \geq 9 \end{cases}$$

Вариант 23

$$q = \begin{cases} 8a^2, & \text{если } x > 8 \\ 3z + 1, & \text{если } x \leq 8 \end{cases}$$

Вариант 25

$$q = \begin{cases} 3z^2, & \text{если } x > 12 \\ a^2 + 1, & \text{если } x \leq 12 \end{cases}$$

Вариант 27

$$q = \begin{cases} a^2 - 8, & \text{если } x \leq 12 \\ a^2 + 8, & \text{если } x > 12 \end{cases}$$

Вариант 29

$$q = \begin{cases} 8a + 1, & \text{если } x \leq 13 \\ z^3 + 1, & \text{если } x > 13 \end{cases}$$

Вариант 22

$$q = \begin{cases} 3a^2, & \text{если } x < 11 \\ 5a^2 + 1, & \text{если } x \geq 11 \end{cases}$$

Вариант 24

$$q = \begin{cases} 3z + 1, & \text{если } x < 5 \\ 3z - 1, & \text{если } x \geq 5 \end{cases}$$

Вариант 26

$$q = \begin{cases} 5x + 2, & \text{если } x < 2 \\ z^2 - 5x, & \text{если } x \geq 2 \end{cases}$$

Вариант 28

$$q = \begin{cases} 3a + c, & \text{если } x < 5 \\ z^3 + c, & \text{если } x \geq 5 \end{cases}$$

Вариант 30

$$q = \begin{cases} 2z - y, & \text{если } x > 6 \\ a^2 + 1, & \text{если } x \leq 6 \end{cases}$$

Примечание при описании примера 3 использовались условные адреса  $a_i$  без учета количества байт команд. При написании Ваших программ необходимо перейти к адресам в шестнадцатиричных кодах с учетом количества байт занимаемых каждой командой.

## ЗАНЯТИЕ 5

### КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕСТИРОВЫЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

**1. Цель работы.** Знакомство с современными системами тестового контроля состояния человека и составление тестовых программ.

В результате самостоятельного изучения материалов и выполнения практических занятий студент должен овладеть следующей структурной составляющей в рамках общих компетенций ОК8 и ПК3.

**Знать.** Принципы построения компьютерных тестовых систем оценки состояния человека.

**Уметь.** Составлять программы реализаций простейших компьютерных тестов.

**Владеть** приемами тестирования психофизиологического состояния человека с использованием компьютерных тестов в применении средств вычислительной техники для оценки состояния биотехнических систем.

#### **2. Информационные материалы к занятию.**

Современная психологическая наука предлагает большой арсенал методов и средств решения большого количества актуальных практических задач. Так, психологическая диагностика является решающим фактором не только при диагностике заболеваний, но и при проектировании современных человеко-машинных систем, при создании техники, максимально приспособленной к человеческим характеристикам, при решении задач профессионального отбора и профессиональной ориентации, при разработке мероприятий по поддержанию высокой работоспособности операторов социотехнических систем и т. д.

Для успешного практического решения перечисленных и многих других аналогичных проблем необходимо иметь соответствующий инструментарий для проведения конкретно-психологических исследований.

В специальной психологической литературе описано несколько тысяч различных экспериментально-психологических методик, включая мощные компьютерные «интеллектуальные» системы.

При изучении психической сферы человека аппаратными средствами решаются задачи получения количественных показателей, характеризующих такие функции психической деятельности, как: внимание, память, мышление, личностные характеристики, работа сенсорных систем, психомоторика. Практика эксплуатации различных систем психодиагностики показала, что сложность объекта исследования не позволяет разработать универсальные критерии, позволяющие однозначно ставить оптимальное соответствие между набором методов и средств психологических исследований и конкретными задачами психодиагностики, психопрогноза и психоуправления. Это сложный процесс, требующий объединенных усилий специалистов психологов со специалистами той предметной области, в интересах которой решается психологическая задача. Исследования, проведенные отечественными учеными, показали, что «хорошая» аппаратная база получается, если ее проектирование основывается на системных принципах теории функциональных систем П.К. Анохина [1]. Использование названной теории позволяет чисто психическим поведенческим явлениям давать физиологическую интерпретацию, а следовательно, относить методы и реализующие их аппаратные средства для исследования характеристик высшей нервной деятельности к классу психофизиологической медицинской техники, среди которой могут выделяться различные подклассы, разделяемые по различным признакам.

Традиционно методы и аппараты, позволяющие исследовать зависимость ощущений человека от физических свойств внешних стимулов, относят к классу средств для психофизических исследований.

С точки зрения психологической науки ощущение – это отражение свойств предметов объективного мира, возникающее у человека при их непосредственном воздействии на его сенсорные системы (органы чувств).

С этой точки зрения технические средства для психофизических исследований должны обеспечивать получение количественных показателей, характеризующих состояние слуховой, зрительной, тактильно-вибрационной, мышечной, вкусовой и обонятельной систем, которые несут многообразную информацию о состоянии окружающего мира, обеспечивая возможность адекватного и тонкого приспособления к меняющимся условиям жизни и деятельности человека.

Значительное число компьютерных тестов посвящено оценке функционального состояния (ФС) работающего человека.

Под ФС понимается интегральный комплекс тех функций и качеств человека, которые актуализируются в конкретный момент времени для решения стоящей перед ним задачи и отражают сложившиеся механизмы регуляции деятельности. В зависимости от того насколько эффективна работа сложившейся регуляторной системы в целом (максимум результата при минимальном расходе внутренних средств), ФС квалифицируется как оптимальное или неоптимальное. Конкретные виды ФС — состояния оптимальной работоспособности, экстренной мобилизации, утомления, монотонии, стресса и др. — отражают особенности задействованных механизмов регуляции и могут быть описаны в виде качественно-специфичных синдромов ФС.

Полноценная диагностика конкретных видов ФС предполагает анализ механизмов регуляции на разных уровнях жизнедеятельности: физиологическом, психологическом и поведенческом. Причем психологический уровень включает два разных типа регуляторных процессов — когнитивных и рефлексивно-оценочных. В связи с этим в практике оценки ФС используются разные классы диагностических методов: регистрация физиологических параметров функционирования различных систем организма, поведенческие пробы и наблюдение за исполнением трудовых заданий, объективирующие психометрические тесты. Особый класс диагностических процедур составляют методы субъективной оценки состояния.

Оценка субъективных проявлений (или признаков) состояния является необходимым элементом комплексной диагностики ФС. Она существенным образом обогащает возможности

интерпретации объективных параметров физиологического и психологического функционирования, поскольку в ней содержится информация о том, что переживает человек в конкретной ситуации, каково его отношение к ней, какими мотивационными факторами регулируется его деятельность. Помимо использования в комплексе с другими методами, необходимыми для детального анализа механизмов регуляции деятельности, методики субъективной оценки являются удобным средством для проведения предварительной характеристики ФС у представителей той или иной профессиональной группы. С их помощью определяются наиболее типичные проявления дискомфорта и снижения работоспособности, сдвиги в мотивационном отношении к ситуации и эмоциональная окраска ее субъективного восприятия. На этом основании можно сделать вывод о степени благоприятности или неблагоприятности ФС в целом и сформулировать гипотезы о наличии того или иного конкретного синдрома ФС, который в дальнейшем подлежит более детальной диагностике.

Несмотря на то, что использование методов субъективной оценки состояния имеет существенные ограничения (доступность для оценки только осознаваемых проявлений, неоднозначность прочтения вербальных формулировок, возможность искажения результатов в сторону социальной желательности и пр.), содержание этого класса методов постоянно расширяется и обновляется.

В психологической практике применяется большое число тестов для диагностики индивидуальных, личностных и социально-психологических особенностей человека. Их описание можно найти в специальной литературе, например в [14].

Интересную группу тестов представляющих психологу объективную оценку состояния внимания человека составляют тесты на селективность, переключаемость, объем, распределяемость, устойчивость и концентрированность внимания. Разработка программ реализующих эти методики требует определенных навыков программирования и поэтому их выполнение оценивается как творческая компонента для предмета

«Введение в направление подготовки». Реализация этой группы методик оценивается в 15-20 баллов.

### **3. Порядок выполнения работы.**

3.1. Выберите психологическую методику обычной или повышенной (компьютерная оценка показателей внимания) сложности в соответствии с Вашим вариантом заданий.

3.2. Выберите язык программирования и реализуйте компьютерный вариант методики.

3.3. Проведите тестирование Ваших психологических свойств для всех членов бригады выполняющих тест.

3.4. Проверьте правильность выполнения тестов ручным счетом.

3.5. При получении некорректных результатов найдите ошибки в программе и проведите их коррекцию.

### **4. Вопросы для самопроверки.**

4.1. Какие свойства человека исследуются группой психологических тестов?

4.2. Что такое функциональное состояние человека?

4.3. Какие классы функциональных состояний исследуют при изучении готовности человека к деятельности?

4.4. Какие показатели внимания исследуются группой объективных тестов?

### **5. Варианты заданий обычной сложности.**

#### **Вариант 1. Методика «Шкала состояний».**

Методика направлена на оценку степени субъективной комфортности переживаемого человеком ФС в данный момент времени. Она состоит из 10 биполярных шкал, полюса которых обозначены противоположными по своему значению прилагательными, описывающими характерные признаки «хорошего» и «плохого» субъективного состояния (например, «сильный —слабый», «спокойный — взволнованный», «скудный—



заинтересованный»). Опросный лист, предлагаемый испытуемому для заполнения, представлен ниже (см. бланк 5.1).

Для оценки степени выраженности переживаний по каждой паре признаков используется традиционная 7-балльная шкала с фиксированной нейтральной оценкой «0» и тремя градациями в сторону каждого из полярных переживаний (1 — слабая выраженность, 2 — умеренная выраженность, 3 — сильная выраженность). На бланке методики оценочная шкала представлена в симметричной цифровой форме «3210123». При подсчете результатов тестирования она трансформируется в последовательность от 7 до 1 баллов, причем оценочный балл 7 присваивается максимально позитивной оценке признака, а балл 1 — максимально негативной. Оценка 4 балла соответствует нейтральному пункту «0».

Следует отметить, что в состав методики входят как прямые (п. 1, 2, 4, 5, 7, 9), так и обратные шкалы (п. 3, 6, 8, 10). В случае прямых шкал оценка в 7 баллов находится на левом полюсе шкалы (оценочная шкала выглядит как последовательность «по убывающей»: 7654321). В случае обратных шкал оценка в 7 баллов перемещается на правый полюс шкалы — оценочная шкала как бы «переворачивается» и имеет вид последовательности «по возрастающей» (1 2 3 4 5 6 7).

Основным показателем данной методики является так называемый *индекс субъективного комфорта* (ИСК), который рассчитывается как общая сумма баллов, набранная испытуемым по всем 10 шкалам.

Оценки испытуемых могут варьировать в диапазоне от 10 до 70 баллов. Чем выше значение ИСК, тем благополучнее общее субъективное состояние испытуемого. Интерпретация результатов строится с учетом следующих градаций ИСК:

ИСК > 54 баллам	Высокий уровень субъективного комфорта, хорошее самочувствие
48 < ИСК < 54 баллов	Приемлемый уровень субъективного комфорта, нормальное самочувствие
41 < ИСК < 48 баллов	Сниженный уровень субъективного комфорта, пониженное самочувствие
ИСК < 41 балла	Низкий уровень субъективного комфорта, плохое самочувствие

**Бланк 5.1. Шкала состояний**

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Время заполнения \_\_\_\_\_

*Инструкция.* Прочтите каждую из представленных ниже пар полярных утверждений и на оценочной шкале отметьте, в какой степени ваши ощущения в данный момент времени ближе к тому или иному полюсу шкалы. Отсутствию сколь-нибудь выраженного сдвига в сторону того или иного переживания по данной шкале соответствует оценка «0». Не задумывайтесь, пожалуйста, долго над выбором ответа — обычно первое ощущение, которое приходит вам в голову, оказывается наиболее точным.

1	Сильный	3210123	Слабый
2	Веселый	3210123	Грустный
3	Сонный	3210123	Бодрый
4	Спокойный	3210123	Взволнованный
5	Счастливый	3210123	Несчастный
6	Ленивый	3210123	Энергичный
7	Свежий	3210123	Усталый
8	Расслабленный	3210123	Собранный
9	Полный сил	32 10123	Истощенный
10	Скучный	3210123	Заинтересованный

Индекс субъективного комфорта

**Вариант 2. Опросник для оценки «Острого физического утомления»**

Методика направлена на определение степени острого физического утомления, развивающегося на протяжении одного рабочего дня. Она пригодна для диагностики данного вида утомления не только и не столько в тяжелых видах физического труда, но и при выполнении работ с интенсивными динамическими и статическими нагрузками, необходимостью длительного поддержания фиксированной рабочей позы, частого чередования различных видов активности и поездками (например, работа в офисах, учебная деятельность, операторский труд и др.).

Опросник состоит из 18 коротких утверждений, включающих как прямую симптоматику физического дискомфорта (п. 1 — 10,

группа симптомов усталости), так и сопутствующие им изменения со стороны группы проявлений психической нестабильности и истощения (п. 11 — 14), а также эмоционально-мотивационных оценок (п. 15—18, группа симптомов мотивационной включенности). Формулировки симптомов первой и второй групп даны в прямой форме, т. е. указывают на признаки утомления, а третьей группы — в обратной форме, т. е. фиксируют возможные позитивные проявления состояния. Опросный лист, предлагаемый испытуемому для заполнения, дан ниже (см. бланк 5.2).

### Бланк 5.2. Опросник для оценки острого физического утомления

*Инструкция.* Ниже приводится список утверждений, характеризующих те или иные симптомы, которые могут появляться у вас в процессе работы. В зависимости от того, что вы чувствуете в данный момент времени, выберите нужный ответ. Зачеркните «Да», если у вас присутствует данное переживание, или «Нет» — если оно отсутствует. При колебаниях в выборе ответа подчеркните оба ответа «Да—Нет». Старайтесь не оставлять пропусков при заполнении опросника и не задумывайтесь долго над выбором ответа.

1	Ощущение усталости	Да — Нет
2	Боль в мышцах	Да — Нет
3	Учащенное дыхание	Да—Нет
4	Слабость в ногах	Да — Нет
5	Одышка	Да — Нет
6	Учащенное сердцебиение	Да — Нет
7	Сухость во рту	Да—Нет
8	Дрожь в руках	Да—Нет
9	Затрудненность дыхания	Да — Нет
10	Истощение сил	Да — Нет
11	Повышенное напряжение	Да — Нет
12	Желание изменить характер работы	Да—Нет
13	Взбудораженность	Да—Нет
14	Общее ощущение дискомфорта	Да — Нет
15	Точность и целенаправленность в действиях	Да — Нет
16	Заинтересованность	Да—Нет
17	Ощущение свежести	Да—Нет
18	Энергичность	Да—Нет

*Индекс физического утомления*

Схема работы испытуемого с данной методикой проста: он выражает свое согласие (ответ «Да») или несогласие (ответ «Нет») с каждым из утверждений. При наличии сомнений в выборе ответа («И вроде бы да, и вроде бы нет...») ему предоставляется возможность дать промежуточную оценку, подчеркнув оба варианта ответа (ответ «Да—Нет»). Для количественной обработки результатов ответы испытуемого легко трансформируются в трехбалльную оценочную шкалу.

Прямые утверждения (п. 1-14)	«Да» = 2 балла	«Да — Нет» = 1 балл	«Нет» = 0 баллов
Обратные утверждения (п. 15-18)	«Да» = 0 баллов	«Да — Нет» = 1 балл	«Нет» = 2 балла

Основным показателем данной методики является *индекс физического утомления* (ИФУ), который подсчитывается как общая сумма баллов по 18 утверждениям. Оценки ИФУ могут принимать значения в диапазоне от 0 до 36 баллов. Для интерпретации получаемых оценок используются следующие градации ИФУ:

ИФУ < 11 баллов	Отсутствие признаков физического утомления
11 < ИФУ < 18 баллов	Легкая степень физического утомления
18 < ИФУ < 25 баллов	Умеренная степень физического утомления
ИФУ > 25 баллам	Сильная степень физического утомления

Для более тонкой качественной интерпретации данных можно определить степень выраженности симптомов утомления по разным группам проявлений («усталость», «психическое истощение» и «мотивационная включенность»), а затем оценить вклад каждой из этих групп в суммарном значении ИФУ.

### **Вариант 3. Опросник для оценки острого умственного утомления**

Данная методика предназначена для оценки степени умственного утомления, развивающегося на протяжении одного рабочего дня у лиц, работа которых связана с обработкой информационных потоков. К ним относятся представители различного рода операторских профессий, работники диспетчерских служб, пользователи ЭВМ широкого профиля, учащиеся и многие другие. В совокупности с данными по опроснику на острое физическое утомление эта методика дает возможность более полно охарактеризовать синдром острого утомления, развивающийся у представителей массовых профессий.

По форме представления тестового материала, процедуре сбора и обработки данных эта методика во многом сходна с опросником на острое физическое утомление. Она также содержит 18 утверждений, характеризующих различные проявления умственного утомления со стороны признаков снижения общей работоспособности, специфических нарушений ощущений и восприятия, когнитивного дискомфорта, изменений в эмоционально-волевой регуляции деятельности и социальных контактах.

Формулировки симптомов утомления представлены как в прямой (п. 1, 2, 5—16), так и обратной форме (п. 3, 17, 18). Опросный лист, предлагаемый испытуемому для заполнения, дан ниже (см. бланк 5.3).

Схема работы испытуемого с опросником аналогична описанной выше. По отношению к каждому утверждению он может дать один из трех вариантов ответа: согласен (ответ «Да»), не согласен (ответ «Нет»), не уверен в четком выборе (ответ «Да — Нет»).

### Бланк 5.3. Опросник для оценки острого умственного утомления

Инструкция. Прочтите внимательно каждое из представленных ниже утверждений и соотнесите их с тем, как вы чувствуете себя в данный момент времени. Зачеркните ответ «Да», если оно соответствует вашим текущим ощущениям, или ответ «Нет» — если оно отсутствует. В случае, если вы затрудняетесь с выбором ответа, подчеркните оба варианта «Да—Нет». Последовательно отвечайте на все пункты опросника и не задумывайтесь долго над выбором ответа, — как правило, первое ощущение оказывается наиболее точным

1	Чувствую общую слабость	Да—Нет
2	Мне приходится заставлять себя как можно быстрее реагировать на поступающую информацию	Да —Нет
3	Я спокоен и собран	Да—Нет
4	Мне душно	Да—Нет
5	Хочется хоть немного отвлечься от работы	Да —Нет
6	У меня тяжелая голова	Да—Нет
7	Мне стало трудно думать	Да—Нет
8	Чувствую себя раздраженным	Да—Нет
9	Мне не хочется разговаривать	Да —Нет
10	Я не обращаю внимания на то, как идет работа у моих коллег	Да—Нет
11	У меня стали появляться паузы во время работы	Да—Нет
12	Время течет медленно	Да —Нет
13	Мне хочется встать и размяться	Да —Нет
14	У меня устали глаза	Да—Нет
15	Мне приходится напрягать слух	Да —Нет
16	У меня постоянно возникают сомнения в правильности исполнения работы	Да —Нет
17	Мне весело	Да—Нет
18	Мне хочется работать	Да —Нет

Индекс умственного утомления

Полученные ответы по каждому пункту опросника переводятся в трехбалльную оценочную шкалу с учетом типа формулировки утверждения:

Прямые утверждения (п. 1, 2, 5-16)	«Да» = 2 балла	«Да—Нет» = 1 балл	«Нет» = 0 баллов
Обратные утверждения (п. 3, 17, 18)	«Да» = 0 баллов	«Да — Нет» = 1 балл	«Нет» = 2 балла

На основании полученных частных оценок подсчитывается общий показатель методики — *индекс умственного утомления* (ИУУ), — равный сумме баллов по всем пунктам опросника. Чем выше значение ИУУ, тем сильнее степень умственного утомления. Значения ИУУ могут варьировать в диапазоне от 0 до 36 баллов.

Интерпретация данных о степени выраженности умственного утомления основывается на следующих градациях ИУУ:

ИУУ < 10 баллов	Отсутствие признаков умственного утомления
10 < ИУУ < 16 баллов	Легкая степень умственного утомления
16 < ИУУ < 28 баллов	Умеренная степень умственного утомления
ИУУ > 28 баллам	Сильная степень умственного утомления

Более детальная качественная интерпретация полученных результатов может включать анализ частоты симптомов снижения работоспособности и когнитивного дискомфорта (п. 1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 14, 15, 16) по сравнению с нарушениями регуляторных процессов, обеспечивающих деятельность (п. 3, 5, 8, 10, 12, 13, 17, 18).

#### **Вариант 4. Методика «Шкала дифференциальных эмоций»**

Данная методика разработана известным американским психологом К.Изардом в виде приложения к его теоретической концепции, в которой развиваются положения о существовании 10 базовых эмоций, составляющих основу всей эмоциональной жизни человека. К ним относятся эмоции интереса, радости, удивления, горя, гнева, презрения, отвращения, страха, стыда и вины. Компактная и удобная в применении «Шкала дифференциальных

эмоций» восполняет существующий в прикладной психодиагностике дефицит средств, позволяющих получить одномоментный срез целой палитры текущих эмоциональных переживаний. Для оценки актуального ФС человека в конкретной профессиональной ситуации подобный методический инструмент незаменим, поскольку с его помощью могут быть проанализированы аффективные компоненты регуляции деятельности, отражающие особенности мотивационных установок субъекта.

Предлагаемая методика включает 30 монополярных шкал, представленных прилагательными, соответствующими различным оттенкам эмоциональных переживаний. Для оценки каждой из 10 базовых эмоций используются три частные шкалы, расположенные в следующем порядке:

I. Интерес (п. 1 — 3); II. Радость (п. 4—6); III. Удивление (п. 7 — 9); IV. Горе (п. 10-12); V. Гнев (п. 13-15); VI. Отвращение (п. 16-18); VII. Презрение (п. 19-21); VIII. Страх (п. 22-24); IX. Стыд (п. 25-27); X. Вина (п. 28-30).

Испытуемому предлагается оценить степень выраженности каждого эмоционального переживания по пятибалльной шкале: от его полного отсутствия (1 балл) до максимальной выраженности (5 баллов). В данной методике все шкалы прямые, т.е. возрастание оценок по ним непосредственно соответствует увеличению силы эмоционального переживания. Опросный лист, предлагаемый для заполнения испытуемому, дан ниже (см. бланк 5.4).

Процедура обработки данных по «Шкале дифференциальных эмоций» включает два этапа. На первом этапе подсчитываются оценки по каждой из 10 базовых эмоций. Это производится путем суммации баллов по трем шкалам, описывающим проявления соответствующих эмоций.

В результате получают 10 показателей, значение каждого из которых может варьировать в диапазоне от 3 до 15 баллов.



**Бланк 5.4. Шкала дифференциальных эмоций**

*Инструкция.* Перед вами список прилагательных, которые характеризуют различные оттенки разных эмоциональных переживаний человека. Справа от каждого прилагательного расположен ряд цифр — от 1 до 5, — соответствующий по нарастанию различной степени выраженности данного переживания. Мы просим вас оценить, насколько каждое из перечисленных переживаний присуще вам в данный момент времени, зачеркнув соответствующую цифру. Не задумывайтесь долго над выбором ответа: наиболее точным обычно оказывается ваше первое ощущение!

*Ваши возможные оценки:*

1 — переживание полностью отсутствует; 2 — переживание выражено незначительно; 3 — переживание выражено умеренно; 4 — переживание выражено сильно; 5 — переживание выражено в максимальной степени.

I	1	Внимательный	12345
	2	Сконцентрированный	12345
	3	Собранный	12345
II	4	Наслаждающийся	12345
	5	Счастливый	12345
	6	Радостный	12345
III	7	Удивленный	12345
	8	Изумленный	12345
	9	Пораженный	12345
IV	10	Унылый	12345
	11	Печальный	12345
	12	Сломленный	12345
V	13	Взбешенный	12345
	14	Гневный	12345
	15	Яростный	12345
VI	16	Чувствующий неприязнь	12345
	17	Чувствующий отвращение	12345
	18	Чувствующий омерзение	12345
VII	19	Презрительный	12345
	20	Пренебрежительный	12345
	21	Надменный	12345
VIII	22	Напуганный	12345
	23	Боязливый	12345
	24	Паникующий	12345
IX	25	Застенчивый	12345
	26	Робкий	12345
	27	Стыдливый	12345
X	28	Сожалеющий	12345
	29	Виноватый	12345
	30	Раскаивающийся	12345

*Индекс позитивных эмоций*

*Индекс острых негативных эмоций*

*Индекс тревожно-депрессивных проявлений*

Принятой формой представления этих показателей является построение так называемого «профиля эмоций» в следующем пространстве координат: по оси абсцисс наносятся наименования или номера базовых эмоций, по оси ординат — полученные балльные оценки по каждой из них. Нормативный профиль эмоций для групп испытуемых в возрасте от 18 до 25 лет представлен на рисунке 5.1.

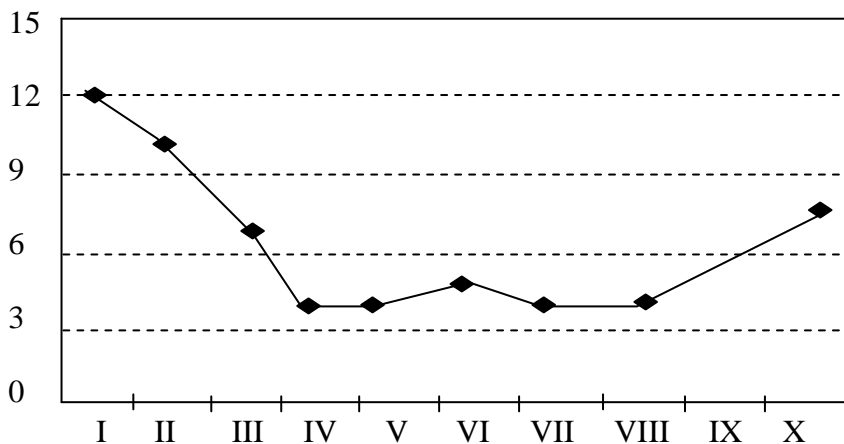


Рис. 5.1. Нормативный профиль эмоций

На втором этапе подсчитываются обобщенные показатели по укрупненным группам эмоций:

*Индекс позитивных эмоций (ПЭМ)* — характеризует степень позитивного эмоционального отношения субъекта к наличной ситуации. Подсчитывается как сумма баллов по трем первым блокам базовых эмоций:

$$\text{ПЭМ} = 2 \text{ I, II, III (Интерес + Радость + Удивление)}.$$

Значения ПЭМ могут колебаться в диапазоне от 9 до 45 баллов.

*Индекс острых негативных эмоций (НЭМ)* — отражает общий уровень негативного эмоционального отношения субъекта к наличной ситуации. Подсчитывается как сумма баллов по четырём последующим блокам базовых эмоций:

$$\text{НЭМ} = 2 \text{ IV, V, VI, VII (Горе + Гнев + Отвращение + Презрение)}.$$

Значения НЭМ могут колебаться в диапазоне от 12 до 60 баллов.

*Индекс тревожно-депрессивных эмоций (ТДЭМ)* — отражает уровень относительно устойчивых индивидуальных переживаний тревожно-депрессивного комплекса эмоций, опосредующих субъективное отношение к наличной ситуации. Подсчитывается как сумма баллов по трем последним блокам базовых эмоций:

ТДЭМ = Z VIII, IX, X (Страх + Стыд + Вина).

Баллы ТДЭМ могут колебаться в диапазоне от 9 до 45.

Для интерпретации данных по обобщенным показателям «Шкалы дифференциальных эмоций» используются следующие градации по каждому из названных индексов:

Степень эмоциональных переживаний	ПЭМ	НЭМ	ТДЭМ
Слабая	< 19 баллам	<14 баллам	< 11 баллам
Умеренная	от 20 до 28 баллов	от 15 до 24 баллов	от 12 до 20 баллов
Выраженная	от 29 до 36 баллов	от 25 до 32 баллов	от 21 до 30 баллов
Сильная	> 36 баллов	> 32 баллов	> 30 баллов

В дополнение к общей характеристике степени выраженности основных типов эмоциональных переживаний проводится качественный анализ конкретных видов эмоций, определяющий эмоциональную окраску текущей деятельности. Для этого на профиле эмоций выделяются основные пики и соотносятся с уровнем представленности других эмоций.

#### **Вариант 5. Методика «Шкала ситуативной тревожности».**

Данная методика, так же как и ее парный вариант — «Шкала личностной тревожности» (см. бланк 5.6), разработана известным американским психологом Ч.Д. Спилбергером в рамках парадигмы «эмоция как состояние и устойчивая личностная черта». Русскоязычная версия этой методики, подготовленная Ю.Л.Ханиным, являлась по сути одним из первых полностью валидизированных тестов для оценки субъективных компонентов состояния, появившихся в отечественной литературе. Это

обусловило его широкое использование в прикладных психологических исследованиях. Опыт применения данной методики для оценки ФС в различных условиях профессиональной деятельности свидетельствует о ее высокой диагностической чувствительности и удобстве использования. С ее помощью надежно дифференцируются разные степени эмоционального напряжения, сопровождающего развитие состояний адекватной мобилизации и психологического стресса.

«Шкала ситуативной тревожности» состоит из 20 монополярных шкал. Правый полюс каждой из них обозначен коротким утверждением, описывающим то или иное переживание тревожности, которое может возникнуть у человека в конкретный момент времени. Формулировки признаков тревожности даны в виде как прямых, так и обратных утверждений. К числу прямых формулировок относятся п. 3, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 17, 18; к числу обратных формулировок — п. 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19, 20. Опросный лист, предлагаемый испытуемому для заполнения, — бланк 5.5. Для оценки степени соответствия каждого утверждения субъективным переживаниям испытуемого используется четырехбалльная шкала, причем каждой числовой градации шкалы соответствует вербальный эквивалент: 1 балл — «вовсе нет»; 2 балла «пожалуй, так»; 3 балла — «верно»; 4 балла — «совершенно верно». Такая семантическая однозначность существенно облегчает выбор ответа испытуемым.

Обработка результатов тестирования по данной методике предполагает расчет одного общего показателя — *индекса ситуативной тревожности* (ИСТ), который равен разности сумм баллов, полученных по прямым и обратным шкалам, плюс поправочный коэффициент 50:

ИСТ = (Σ прямых ответов — Σ обратных ответов) + 50, где:

Σ прямых ответов = п. 3 + п. 4 + п. 6 + п. 7 + п. 9 + п. 12 +  
+ п. 13 + п. 14 + п. 17 + п. 18;

Σ обратных ответов = п. 1 + п. 2 + п. 5 + п. 8 + п. 10 + п. 11 +  
+ п. 15 + п. 16 + п. 19 + п. 20.

### Бланк 5.5. Шкала ситуативной тревожности

*Инструкция.* Прочтите внимательно каждое из приведенных ниже утверждений и зачеркните соответствующую цифру справа в зависимости от того, как вы себя чувствуете в данный момент времени. При выборе ответа пользуйтесь следующими оценочными суждениями: 1 — «вовсе нет»; 2 — «пожалуй, так»; 3 — «верно»; 4 — «совершенно верно».

№	Утверждения	Вовсе нет	Пожалуй, верно	Верно	Совершенно верно
1	Я спокоен	1	2	3	4
2	Мне ничто не угрожает	1	2	3	4
3	Я нахожусь в напряжении	1	2	3	4
4	Я испытываю сожаление	1	2	3	4
5	Я чувствую себя свободно	1	2	3	4
6	Я расстроен	1	2	3	4
7	Меня волнуют возможные	1	2	3	4
8	неудачи	1	2	3	4
9	Я чувствую себя отдохнувшим	1	2	3	4
10	Я встревожен	1	2	3	4
	Я испытываю чувство				
11	внутреннего	1	2	3	4
12	удовлетворения	1	2	3	4
13	Я уверен в себе	1	2	3	4
14	Я нервничаю	1	2	3	4
15	Я не нахожу себе места				
	Я взвинчен	1	2	3	4
16	Я не чувствую скованности,	1	2	3	4
17	напряженности	1	2	3	4
18	Я доволен	1	2	3	4
	Я озабочен				
19	Я слишком возбужден и мне	1	2	3	4
20	не по себе	1	2	3	4
	Мне радостно				
	Мне приятно				

*Индекс ситуативной тревожности*

Значения ИСТ могут варьировать в диапазоне от 20 до 80 баллов. Интерпретация уровня ситуативной тревожности проводится в соответствии со следующими градациями ИСТ:

ИСТ < 30 баллам	Низкий уровень ситуативной тревожности
30 < ИСТ < 44 баллам	Умеренный уровень ситуативной тревожности
ИСТ > 45 баллам	Высокий уровень ситуативной тревожности

Следует отметить, что при диагностике ситуативной тревожности непосредственно в течение рабочего процесса значения ИТС, соответствующие низкому уровню тревожности, далеко не всегда можно интерпретировать как оптимальные. Включенность в работу требует от человека определенного эмоционального напряжения и готовности к возникновению затруднений, получению новых заданий и пр. Поэтому для этих ситуаций в большинстве случаев более адекватным считается умеренный уровень ситуативной тревожности, соответствующий оптимальному рабочему состоянию.

### **Вариант 6. Методика «Шкала личностной тревожности»**

Данная методика является парной по отношению к описанной выше «Шкале ситуативной тревожности», поэтому по форме представления материала и организации тестирования она практически полностью идентична предыдущей. Ее отличительной чертой является направленность на диагностику устойчивых проявлений тревожности в поведении и отношении к различным ситуациям, которые интерпретируются как сформировавшаяся индивидуальная особенность или черта личности. Поэтому при проведении тестирования испытуемого ориентируют соотносить признаки тревожности в соответствии с тем, как он чувствует себя обычно, т.е. на протяжении последних месяцев (не менее полугода). Диагностика уровня тревожности, стабильно

**Бланк 5.6. Шкала личностной тревожности**

*Инструкция.* Прочтите внимательно каждое из приведенных ниже утверждений и зачеркните соответствующую цифру справа в зависимости от того, как вы обычно себя чувствуете. При выборе ответа пользуйтесь следующими оценочными суждениями: 1 — «почти никогда»; 2 — «иногда»; 3 — «часто»; 4 — «почти всегда».

№	Утверждения	Вовсе нет	Пожалуй, верно	Верно	Совершенно верно
1	Я испытываю удовольствие	1	2	3	4
2	Я обычно быстро устаю	1	2	3	4
3	Я легко могу заплакать	1	2	3	4
4	Я хотел бы быть таким же счастливым, как и другие	1	2	3	4
5	Нередко я проигрываю из-за того, что недостаточно быстро принимаю решения	1	2	3	4
6	Обычно я чувствую себя бодрым	1	2	3	4
7	Я спокоен, собран, хладнокровен	1	2	3	4
8	Ожидаемые трудности обычно очень тревожат меня	1	2	3	4
9	Я слишком переживаю из-за пустяков	1	2	3	4
10		1	1		
11	Я вполне счастлив	1	2	3	4
12	Я принимаю все слишком близко к сердцу	1	2	3	4
13	Мне не хватает уверенности в себе	1	2	3	4
14	Обычно я чувствую себя в безопасности	1	2	3	4
15	Я стараюсь избегать критических ситуаций и трудностей	1	2	3	4
16	У меня бывает хандра	1	2	3	4
17	Я доволен	1	2	3	4
18	Всякие пустяки отвлекают и волнуют меня	1	2	3	4
19	Я так сильно переживаю свои разочарования, что потом долго не могу о них забыть	1	2	3	4
20	Я уравновешенный человек	1	2	3	4
	Меня охватывает сильное беспокойство, когда я думаю о своих делах и заботах				

*Индекс личностной тревожности*

переживаемого человеком важна как фон, на котором разворачивается его повседневная активность, в том числе и трудовая деятельность. Повышенный уровень личностной тревожности может быть следствием накопления эффектов перенапряжения и длительного переживания стресса. С другой стороны, он может непосредственно провоцировать возникновение стрессовых реакций за счет субъективного восприятия ситуации как более сложной и неопределенной, чем она ее на самом деле.

«Шкала личностной тревожности» также состоит из 20 монополярных шкал, включающих как прямые, так и обратные формулировки утверждений. К прямым формулировкам относятся п. 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 20; к обратным — п. 1, 6, 7, 10, 13, 16, 19. Испытуемый оценивает каждое утверждение по четырехбалльной шкале в соответствии с частотой возникновения соответствующих переживаний: 1 балл — «почти никогда», 2 балла «иногда», 3 балла — «часто», 4 балла — «почти всегда». Опросный лист, предлагаемый испытуемому для заполнения, представлен выше (см. бланк 5.6).

При обработке результатов тестирования производится подсчет одного общего показателя — *индекса личностной тревожности* (ИЛТ), который равен разности сумм баллов, полученных по прямым и обратным шкалам, плюс поправочный коэффициент 35:

ИЛТ = (Σ прямых ответов — Σ обратных ответов) + 35, где:

Σ прямых ответов = п. 2 + п. 3 + п. 4 + п. 5 + п. 8 + п. 9 +  
+ п. 11 + п. 12 + п. 14 + п. 15 + п. 17 + п. 18 + п. 20;

Σ обратных ответов = п. 1 + п. 6 + п. 7 + п. 10 + п. 13 + п. 16 +  
+ п. 19

Значения ИЛТ могут варьировать в диапазоне от 20 до 80 баллов. Интерпретация диагностируемого уровня личностной тревожности проводится в соответствии со следующими градациями ИЛТ:

ИЛТ < 30 баллам	Низкий уровень личностной тревожности
30 < ИЛТ < 44 баллам	Умеренный уровень личностной тревожности
ИЛТ > 45 баллам	Высокий уровень личностной тревожности



### **Вариант 7. Опросник «Степень хронического утомления»**

Данная методика предназначена для диагностики доклинических степеней хронического утомления, которое в своих крайних формах переходит в разряд патологических состояний (различные формы астенического синдрома, неврозов и др.), что требует медицинского вмешательства.

Хроническое утомление даже на ранних стадиях своего развития существенно снижает работоспособность человека, а в выраженных степенях приводит к затруднению выполнения даже хорошо знакомой работы и в крайних степенях — к полному срыву деятельности.

Отличительной чертой хронического утомления является его длительное «подспудное» накопление, которое проявляется чаще всего только в различных субъективных жалобах и недомоганиях. Оно долгое время не имеет объективно регистрируемых проявлений. При сильных степенях хронического утомления распад деятельности и ухудшение здоровья могут проявиться в форме массивированного «обвала».

Поэтому своевременная диагностика развития хронического утомления чрезвычайно важна для организации профилактических и коррекционных мероприятий по поддержанию общей трудоспособности человека.

Данная методика представлена в виде традиционного опросника, который включает 36 развернутых утверждений, соответствующих наиболее типичным проявлениям хронического утомления в разных сферах жизнедеятельности. Они могут быть подразделены на четыре основные группы симптомов, включающих:

симптомы физиологического дискомфорта (п. 3, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32);

снижение общего самочувствия и когнитивный дискомфорт (п. 1, 4, 5, 8, 19, 20, 21, 34, 35, 36);

нарушения в эмоционально-аффективной сфере (п. 2, 7, 15, 18, 22, 30);

снижение мотивации и изменения в сфере социального общения (п. 6, 12, 14, 28, 33).

Формулировки симптомов хронического утомления даны как в прямой, так и обратной форме. Опросный лист, предлагаемый испытуемому для заполнения, представлен ниже (см. бланк 5.7).

Для оценки наличия признаков хронического утомления испытуемый может использовать три варианта ответов — согласен с утверждением (ответ «Да»), не согласен (ответ «Нет») и не уверен в четком выборе (ответ «Да-Нет»). Полученные ответы по каждому пункту методики переводятся в трехбалльную оценочную шкалу с учетом типа формулировки утверждения:

Прямые утверждения (п. 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35)	«Да» = = 2 балла	«Да — Нет» = = 1 балл	«Нет» = = 0 баллов
Обратные утверждения (п. 1, 6, 14, 22, 33, 36)	«Да» = = 0 баллов	«Да — Нет» = = 1 балл	«Нет» = = 2 балла

Основным показателем выполнения методики является *индекс хронического утомления (ИХРУ)*, который подсчитывается как сумма баллов по всем пунктам опросника. Значения ИХРУ могут варьировать в диапазоне от 0 до 72 баллов. Для вынесения диагностического суждения о степени хронического утомления используются следующие градации ИХРУ:

ИХРУ < 17 баллам	Отсутствие признаков хронического утомления
17 < ИХРУ < 26 баллам	Начальная степень хронического утомления
26 < ИХРУ < 37 баллам	Выраженная степень хронического утомления
37 < ИХРУ < 48 баллам	Сильная степень хронического утомления
ИХРУ > 48 баллов	Переход в область патологических состояний (астенический синдром)

Для более полной качественной интерпретации результатов целесообразно также подсчитать удельный вес разных групп симптомов в общем индексе хронического утомления (см. выше). Поскольку количество утверждений, входящих в разные группы симптомов, неодинаково, то имеет смысл подсчитать процентное отношение набранных по соответствующим пунктам опросника баллов к их максимально возможному числу:

**Бланк 5.7. Опросник «Степень хронического утомления»**

Инструкция. Прочитайте внимательно каждое из приведенных ниже утверждений и соотнесите его с тем, как вы себя обычно чувствуете в течение последних нескольких месяцев. Если оно совпадает типичными для вас ощущениями — зачеркните ответ «Да», в противном случае — зачеркните ответ «Нет». Если вы затрудняетесь в выборе ответа, подчеркните оба предложенных варианта «Да—Нет».

1	Чаще всего у меня хорошее самочувствие	Да-	Нет
2	Я стал(а) раздражительным	Да-	Нет
3	В последнее время я стал(а) хуже видеть	Да-	Нет
4	Я стал(а) забывчивым	Да-	Нет
5	После работы я чувствую себя разбитым(ой)	Да~	Нет
6	Мне нравится работать в коллективе	Да-	Нет
7	У меня часто бывает подавленное настроение	Да-	Нет
8	Я чувствую постоянную тяжесть в голове	Да-	Нет
9	У меня отекают ноги	Да-	Нет
10	У меня бывают головокружения	Да-	Нет
11	У меня бывает ощущение, что мне трудно вздохнуть	Да-	Нет
12	Мне всегда хочется как можно быстрее закончить работ и уйти домой	Да-	Нет
13	После сна я обычно встаю вялым(ой) и плохо отдохнувшим(ей)	Да-	Нет
14	Мой рабочий день обычно пролетает незаметно	Да-	Нет
15	Я стал(а) часто ссориться со своими близкими	Да-	Нет
16	После пробуждения я засыпаю с трудом	Да-	Нет
17	Я постоянно испытываю неприятные ощущения в глазах	Да-	Нет
18	В последнее время меня стали раздражать вещи, к которым раньше я относился(лась) спокойно	Да-	Нет
19	Я стал(а) вялым и безразличным	Да-	Нет
20	Мне трудно удержать в памяти даже те дела, которые нужно сделать сегодня	Да-	Нет
21	В последнее время мне стало трудно работать	Да-	Нет
22	У меня ровный и спокойный характер	Да-	Нет
23	Меня мучают боли в висках и во лбу	Да-	Нет
24	У меня часто бывают приступы сердцебиений	Да-	Нет
25	Когда я работаю, у меня почти все время болят спина и шея	Да-	Нет
26	У меня часто возникает ощущение тошноты	Да-	Нет
27	У меня часто болит голова	Да-	Нет
28	Моя работа мне перестала нравиться	Да-	Нет
29	Я постоянно хочу спать днем	Да-	Нет
30	Мои близкие стали замечать, что у меня портится характер	Да-	Нет
31	Когда я читаю, мне приходится напрягать глаза	Да-	Нет
32	Чаще всего у меня беспокойный сон	Да-	Нет
33	Я с удовольствием прихожу на работу	Да-	Нет
34	Я все время чувствую себя усталым(ой)	Да-	Нет
35	В последнее время я чувствую общее недомогание	Да-	Нет
36	Я чувствую себя абсолютно здоровым человеком	Да-	Нет

*Индекс хронического утомления*

симптомы физиологического дискомфорта — 15 пунктов, max = 30 баллов;

снижение общего самочувствия и когнитивный дискомфорт — 10 пунктов, max = 20 баллов;

нарушения в эмоционально-аффективной сфере — 6 пунктов, max = 12 баллов;

снижение мотивации и изменения в сфере социального общения — 5 пунктов, max = 10 баллов.

Преобладание той или иной группы симптомов свидетельствует о глубине соматизации негативных последствий хронического утомления и указывает на сбои в работе тех регуляторных механизмов деятельности, которые прежде всего нуждаются в корректировке.

Так же как и уровень личностной тревожности, степень развития хронического утомления является важным опосредующим фактором, который обуславливает особенности актуального ФС. Общая астенизация организма связана с истощением адаптационных ресурсов человека, что существенно ограничивает возможности человека адекватно реагировать на профессиональные нагрузки. Она приводит также к необходимости актуализировать в деятельности резервные ресурсы, что усугубляет эффекты перенапряжения и истощения.

### **Вариант 8. Опросник EP1 (Методика Г. Айзенка). Вариант А.**

*Диагностическая цель:* Опросник предназначен для изучения индивидуально-психологических черт личности с целью диагностики степени выраженности свойств, выдвигаемых в качестве существенных компонентов личности: экстра-, интроверсии и нейротизма.

Ганс Айзенк создал данный личностный опросник в 1963 году на основе своего «Моудслейского личностного опросника» (MPI). Г. Айзенк разработал два варианта данного опросника (А и В), что позволяет, например, проводить повторное исследование после тех или иных экспериментальных процедур, исключив возможность запоминания ранее данных ответов. Опросник включает девять вопросов, составляющих «шкалу лжи».

*Контингент:* данная методика рассчитана на людей в возрасте от 14 лет и старше, без ограничений по образовательным, социальным и профессиональным признакам.

*Инструкция:* «Вам предлагается ответить на 57 вопросов. Вопросы направлены на выявление вашего обычного способа поведения. Постарайтесь представить типичные ситуации и дайте первый «естественный» ответ, который придет вам в голову. Отвечайте быстро и точно. Помните, что нет «хороших» или «плохих» ответов. Если вы согласны с утверждением, поставьте рядом с его номером знак «+» (да), если нет — знак «-» (нет).

*Текст опросника (вариант А)*

1. Часто ли вы испытываете тягу к новым впечатлениям, к тому, чтобы отвлечься, испытывать сильные ощущения?
2. Часто ли вы чувствуете, что нуждаетесь в друзьях, которые могут вас понять, ободрить или посочувствовать?
3. Считаете ли вы себя беззаботным человеком?
4. Очень ли трудно вам отказываться от своих намерений?
5. Обдумываете ли вы свои дела не спеша и предполагаете ли подождать, прежде чем действовать?
6. Всегда ли вы сдерживаете свои обещания, даже «и это вам невыгодно»?
7. Часто ли у вас бывают спады и подъемы настроения?
8. Быстро ли вы обычно действуете и говорите, не тратите ли много времени на обдумывание?
9. Возникало ли у вас когда-нибудь чувство, что вы несчастны, хотя никакой серьезной причины для этого не было?
10. Верно ли, что «на спор» вы способны решиться на все?
11. Смущаетесь ли вы, когда хотите познакомиться человеком противоположного пола, который вам симпатичен?
12. Бывает ли когда-нибудь, что, разозлившись, вы выходите из себя?
13. Часто ли бывает, что вы действуете необдуманно, под влиянием момента?
14. Часто ли вас беспокоят мысли о том, что вам не следовало чего-либо делать или говорить?
15. Предпочитаете ли вы чтение книг встречам с людьми?
16. Верно ли, что вас легко задеть?

17. Любите ли вы часто бывать в компании?
18. Бывают ли иногда у вас такие мысли, которыми вам не хотелось бы делиться с другими людьми?
19. Верно ли, что иногда вы настолько полны энергии, что все «горит в руках», а иногда чувствуете сильную вялость?
20. Стараетесь ли вы ограничить круг своих знакомых небольшим числом самых близких друзей?
21. Много ли вы мечтаете?
22. Когда на вас кричат, отвечаете ли тем же?
23. Считаете ли вы все свои привычки хорошими?
24. Часто ли у вас появляется чувство, что вы в чем-то виноваты?
25. Способны ли вы иногда дать волю своим чувствам и беззаботно развлечься с веселой компанией?
26. Можно ли сказать, что нервы у вас часто бывают натянуты до предела?
27. Слывете ли вы за человека живого и веселого?
28. После того как дело сделано, часто ли вы мысленно возвращаетесь к нему и думаете, что могли бы сделать лучше?
29. Чувствуете ли вы себя беспокойно, находясь в большой компании?
30. Бывает ли, что вы передаете слухи?
31. Бывает ли, что вам не спится из-за того, что в голову лезут разные мысли?
32. Что вы предпочитаете, если хотите узнать что-либо: найти в книге или спросить у друзей?
33. Бывают ли у вас сильные сердцебиения?
34. Нравится ли вам работа, требующая сосредоточенности?
35. Бывают ли у вас приступы дрожи?
36. Всегда ли вы говорите только правду?
37. Бывает ли вам неприятно находиться в компании, где все подшучивают друг над другом?
38. Раздражительны ли вы?
39. Нравится ли вам работа, требующая быстрого действия?
40. Верно ли, что вам часто не дают покоя мысли о разных неприятностях и «ужасах», которые могли бы произойти, хотя все кончилось благополучно?

41. Верно ли, что вы неторопливы в движениях и несколько медлительны?

42. Опаздывали ли вы когда-нибудь на работу или на встречу с кем-либо?

43. Часто ли вам снятся кошмары?

44. Верно ли, что вы так любите поговорить, что не упускаете любого удобного случая побеседовать с новым человеком?

45. Беспокоят ли вас какие-нибудь боли?

46. Огорчились бы вы, если бы долго не могли видеться со своими друзьями?

47. Можете ли вы назвать себя нервным человеком?

48. Есть ли среди ваших знакомых такие, которые вам явно не нравятся?

49. Могли бы вы сказать, что вы уверенный в себе человек?

50. Легко ли вас задевает критика ваших недостатков или вашей работы?

51. Трудно ли вам получить настоящее удовольствие от мероприятий, в которых участвует много народа?

52. Беспокоит ли вас чувство, что вы чем-то хуже других?

53. Сумели бы вы внести оживление в скучную компанию?

54. Бывает ли, что вы говорите о вещах, в которых совсем не разбираетесь?

55. Беспокоитесь ли вы о своем здоровье?

56. Любите ли вы подшутить над другими?

57. Страдаете ли вы бессонницей?

### *Обработка результатов*

Инструкция, обработка данных, ключ для форм А и В — одинаковые.

Ответы, совпадающие с «ключом», оцениваются в один балл, не совпадающие с ключом, — 0 баллов. Полученные баллы суммируются.

Ключ:

*Экстраверсия — интроверсия:*

«да» («+»): 1, 3, 8, 10, 13, 17, 22, 25, 27, 39, 44, 46, 49, 53, 56.

«нет» («-»): 5, 15, 20, 29, 32, 34, 37, 41, 51.

Нейротизм (эмоциональная стабильность — эмоциональная нестабильность):

«да»(«+»): 2, 4, 7, 9, 11, 14, 16, 19, 21, 23, 26, 28, 31, 33, 35, 38, 40, 43, 45, 47, 50, 52, 55, 57.

Шкала лжи:

«да»(«+»): 6, 24, 36.

«нет»(«-»); 12, 18, 30, 42, 48, 54.

Высокие оценки по шкале экстраверсия-интроверсия (от 13 до 24 баллов) соответствуют экстравертиро-ванному типу, низкие (от 0 до 10 баллов) — интраверт-ированному. Средний балл по шкале экстра- интроверсии: 11-12.

Высокие оценки по шкале нейротизм — эмоциональная устойчивость (от 14 до 24 баллов) соответствуют высокой эмоциональной нестабильности (нейротизму), низкие (от 0 до 11 баллов) — эмоциональной устойчивости. Средний балл по шкале нейротизма: 12—13.

Показатель по шкале лжи, равный 4-5 баллам, является критическим, он свидетельствует о тенденции отвечающего давать на вопросы только «хорошие» ответы, т. е. о проявлении феномена «социальной желательности».

По окончании обработки полученные результаты переносятся на графическую схему профиля личности (рис. 5.2).

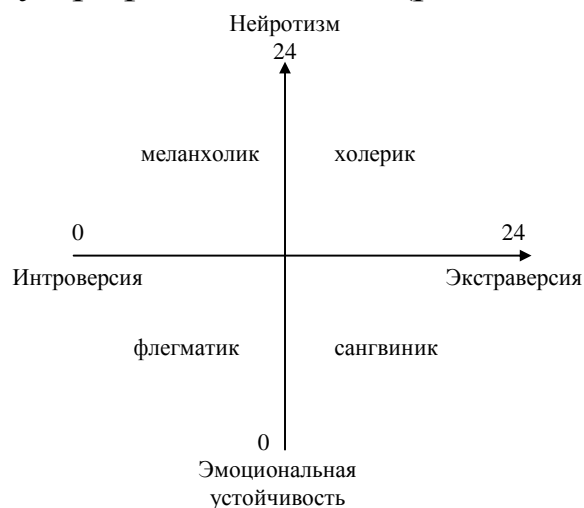


Рис. 5.2. Графический «профиль личности»

*Интерпретация результатов*

1) Экстраверсия — интроверсия.



Характеризуя типичного *экстраверта*, автор отмечает его общительность и обращенность индивида вовне, широкий круг знакомств, необходимость в контактах. Действует под влиянием момента, импульсивен, вспыльчив. Он беззаботен, оптимистичен, добродушен, весел. Предпочитает движение и действие, имеет тенденцию к агрессивности. Чувства и эмоции не имеют строгого контроля, склонен к рискованным поступкам. На него не всегда можно положиться.

Типичный *интроверт* — это спокойный, застенчивый, склонный к самоанализу. Сдержан и отдален от всех, кроме близких друзей. Планирует и обдумывает свои действия заранее, не доверяет внезапным побуждениям, серьезно относится к принятию решений, любит во всем порядок. Контролирует свои чувства, его нелегко вывести из себя. Обладает пессимистичностью, высоко ценит нравственные нормы.

2) *Нейротизм* — эмоциональная устойчивость. Характеризует эмоциональную устойчивость или неустойчивость (эмоциональная стабильность или нестабильность).

*Нейротизм* по некоторым данным связан с показателями лабильности нервной системы. Нейротизм выражается в чрезвычайной нервности, неустойчивости, плохой адаптации, склонности к быстрой смене настроений (лабильности), чувстве виновности и беспокойства, озабоченности, депрессивных реакциях, рассеянности внимания, неустойчивости в стрессовых ситуациях. Нейротизму соответствует эмоциональность, импульсивность; неровность в контактах с людьми, изменчивость интересов, неуверенность в себе, выраженная чувствительность, впечатлительность, склонность к раздражительности. Нейротическая личность характеризуется неадекватно сильными реакциями по отношению к вызывающим их стимулам. У лиц с высокими показателями по шкале нейротизма в неблагоприятных стрессовых ситуациях может развиваться невроз.

*Эмоциональная устойчивость* — черта, выражающая сохранение организованного поведения, ситуативной целенаправленности в обычных и стрессовых ситуациях. Характеризуется зрелостью, отличной адаптацией, отсутствием

большой напряженности, беспокойства, а также склонностью к лидерству, общительности.

Согласно Айзенку, высокие показатели по экстраверсии и нейротизму соответствуют психиатрическому диагнозу истерии, а высокие показатели по интроверсии и нейротизму — состоянию тревоги или реактивной депрессии.

Привлекая данные из физиологии высшей нервной деятельности, Айзенк высказывает гипотезу о том, что сильный и слабый типы по Павлову очень близки к экстравертированному и интровертированному типам личности. Природа интро- и экстраверсии усматривается во врожденных свойствах центральной нервной системы, которые обеспечивают уравновешенность процессов возбуждения и торможения. Таким образом, используя данные обследования по шкалам экстраинтроверсии и нейротизма можно вывести показатели темперамента личности по классификации Павлова, который описал четыре классических типа: сангвиник (по основным свойствам центральной нервной системы характеризуется как сильный, уравновешенный, подвижный), холерик (сильный, неуравновешенный, подвижный), флегматик (сильный, уравновешенный, инертный), меланхолик (слабый, неуравновешенный, инертный).

Как правило, следует говорить о преобладании тех или иных черт темперамента, поскольку в жизни в чистом виде они встречаются редко.

Сангвиник быстро приспосабливается к новым условиям, быстро сходится с людьми, общителен. Чувства легко возникают и сменяются, эмоциональные переживания, как правило, неглубоки. Мимика богатая, подвижная, выразительная. Несколько непоседлив, нуждается в новых впечатлениях, недостаточно регулирует свои импульсы, не умеет строго придерживаться выработанного распорядка жизни, системы в работе. В связи с этим не может успешно выполнять дело, требующее равной затраты сил, длительного и методичного напряжения, усидчивости, устойчивости внимания, терпения. При отсутствии серьезных целей, глубоких мыслей, творческой деятельности вырабатываются поверхностность и непостоянство.

Холерик — отличается повышенной возбудимостью, действия прерывисты. Ему свойственны резкость и стремительность движений, сила, импульсивность, яркая выраженность эмоциональных переживаний. Вследствие неуравновешенности, увлекшись делом, склонен действовать изо всех сил, истощаться больше, чем следует. Имея общественные интересы, темперамент проявляет в инициативности, энергичности, принципиальности. При отсутствии духовной жизни холерический темперамент часто проявляется в раздражительности, аффективности, несдержанности, вспыльчивости, неспособности к самоконтролю при эмоциональных обстоятельствах.

Флегматик — характеризуется сравнительно низким уровнем активности поведения, новые формы которого вырабатываются медленно, но являются стойкими. Обладает медлительностью и спокойствием в действиях, мимике и речи, ровностью, постоянством, глубиной чувств и настроений. Настойчивый и упорный «труженик жизни», он редко выходит из себя, не склонен к аффектам, рассчитав свои силы, доводит дело до конца, ровен в отношениях, в меру общителен, не любит попусту болтать. Экономит силы, попусту их не тратит. В зависимости от условий, в одних случаях флегматик может характеризоваться «положительными» чертами: выдержка, глубина мыслей, постоянство, основательность и т. д., в других — вялость, безучастность к окружающему, лень и безволие, бедность и слабость эмоций, склонность к выполнению одних лишь привычных действий.

Меланхолик. У него реакция часто не соответствует силе раздражителя, присутствует глубина и устойчивость чувств при слабом их выражении. Ему трудно долго на чем-то сосредоточиться. Сильные воздействия часто вызывают у меланхолика продолжительную тормозную реакцию («опускаются руки»). Ему свойственны сдержанность и приглушенность моторики и речи, застенчивость, робость, нерешительность. В нормальных условиях меланхолик — человек глубокий, содержательный, может быть хорошим тружеником, успешно справляться с жизненными задачами. При неблагоприятных

условиях может превратиться в замкнутого, боязливого, тревожного, ранимого человека, склонного к тяжелым внутренним переживаниям таких жизненных обстоятельств, которые вовсе этого не заслуживают.

### **Вариант 9. Опросник EP1 (методика Г.Айзенка). Вариант В.**

*Диагностическая цель:* Опросник предназначен для изучения индивидуально-психологических черт личности с целью диагностики степени выраженности свойств, выдвигаемых в качестве существенных компонентов личности: экстра-, интроверсии и нейротизма.

Ганс Айзенк создал данный личностный опросник в 1963 году на основе своего «Моудслейского личностного опросника» (MPI). Г. Айзенк разработал два варианта данного опросника (А и В), что позволяет, например, проводить повторное исследование после тех или иных экспериментальных процедур, исключив возможность запоминания ранее данных ответов. Опросник включает девять вопросов, составляющих «шкалу лжи».

*Контингент:* данная методика рассчитана на людей в возрасте от 14 лет и старше, без ограничений по образовательным, социальным и профессиональным признакам.

*Инструкция:* «Вам предлагается ответить на 57 вопросов. Вопросы направлены на выявление вашего обычного способа поведения. Постарайтесь представить типичные ситуации и дайте первый «естественный» ответ, который придет вам в голову. Отвечайте быстро и точно. Помните, что нет «хороших» или «плохих» ответов. Если вы согласны с утверждением, поставьте рядом с его номером знак «+» (да), если нет — знак «-» (нет).

#### *Текст опросника (вариант В)*

Этот вариант опросника отличается от предыдущего только текстом методики.

1. Нравится ли вам оживление и суета вокруг вас?
2. Часто ли у вас бывает беспокойное чувство, что вам что-нибудь хочется, а вы не знаете, что?
3. Вы из тех людей, которые не лезут за словом в карман?

4. Чувствуете ли вы себя иногда счастливым, а иногда печальным без какой-либо причины?
5. Держитесь ли вы обычно в тени на вечеринках или в компании?
6. Всегда ли в детстве вы делали немедленно и безропотно то, что вам приказывали?
7. Бывает ли у вас иногда дурное настроение?
8. Когда вас втягивают в ссору, предпочитаете ли вы отмолчаться, надеясь, что все обойдется?
9. Легко ли вы поддаетесь переменам настроения?
10. Нравится ли вам находиться среди людей?
11. Часто ли вы теряли сон из-за своих тревог?
12. Упрямитесь ли вы иногда?
13. Могли бы вы назвать себя бесчестным?
14. Часто ли вам приходят хорошие мысли слишком поздно?
15. Предпочитаете ли вы работать в одиночестве?
16. Часто ли вы чувствуете себя апатичным и усталым без серьезной причины?
17. Вы по натуре живой человек?
18. Смеетесь ли вы иногда над неприличными шутками?
19. Часто ли вам что-то так надоедает, что вы чувствуете себя «сытым по горло»?
20. Чувствуете ли вы себя неловко в какой-либо одежде, кроме повседневной?
21. Часто ли ваши мысли отвлекаются, когда вы пытаетесь сосредоточиться на чем-то?
22. Можете ли вы быстро выразить ваши мысли словами?
23. Часто ли вы бываете погружены в свои мысли?
24. Полностью ли вы свободны от всяких предрассудков?
25. Нравятся ли вам первоапрельские шутки?
26. Часто ли вы думаете о своей работе?
27. Очень ли вы любите вкусно поесть?
28. Нуждаетесь ли вы в дружески расположенном человеке, чтобы выговориться, когда вы раздражены?
29. Очень ли вам неприятно брать взаймы или продавать что-нибудь, когда вы нуждаетесь в деньгах?
30. Хвастаетесь ли вы иногда?

31. Очень ли вы чувствительны к некоторым вещам?
32. Предпочли бы вы остаться в одиночестве дома, чем пойти на скучную вечеринку?
33. Бываете ли вы иногда беспокойнными настолько, что не можете долго усидеть на месте?
34. Склонны ли вы планировать свои дела тщательно и раньше, чем следовало бы?
35. Бывают ли у вас головокружения?
36. Всегда ли вы отвечаете на письма сразу после прочтения?
37. Справляетесь ли вы с делом лучше, обдумав его самостоятельно, а не обсуждая с другими?
38. Бывает ли у вас когда-либо одышка, даже если вы не делали никакой тяжелой работы?
39. Можно ли сказать, что вы человек, которого не волнует, чтобы все было именно так, как нужно?
40. Беспокоят ли вас ваши нервы?
41. Предпочитаете ли вы больше строить планы, чем действовать?
42. Откладываете ли вы иногда на завтра то, что должны сделать сегодня?
43. Нервничаете ли вы в местах, подобных лифту, метро, туннелю?
44. При знакомстве вы обычно первыми проявляете инициативу?
45. Бывают ли у вас сильные головные боли?
46. Считаете ли вы обычно, что все само собой уладится и придет в норму?
47. Трудно ли вам заснуть ночью?
48. Лгали ли вы когда-нибудь в своей жизни?
49. Говорите ли вы иногда первое, что придет в голову?
50. Долго ли вы переживаете после случившегося конфуза?
51. Замкнуты ли вы обычно со всеми, кроме близких друзей?
52. Часто ли с вами случаются неприятности?
53. Любите ли вы рассказывать истории друзьям?
54. Предпочитаете ли вы больше выигрывать, чем проигрывать?

55. Часто ли вы чувствуете себя неловко в обществе людей выше вас по положению?

56. Когда обстоятельства против вас, обычно вы думаете, тем не менее, что стоит еще что-либо предпринять?

57. Часто ли у вас сосет «под ложечкой» перед важным делом?

#### *Обработка результатов*

Инструкция, обработка данных, ключ для форм А и В — одинаковые.

Ответы, совпадающие с «ключом», оцениваются в один балл, не совпадающие с ключом, — 0 баллов. Полученные баллы суммируются.

Ключ:

*Экстраверсия — интроверсия:*

«да» («+»): 1, 3, 8, 10, 13, 17, 22, 25, 27, 39, 44, 46, 49, 53, 56.

«нет» («-»): 5, 15, 20, 29, 32, 34, 37, 41, 51.

Нейротизм (эмоциональная стабильность — эмоциональная нестабильность):

«да» («+»): 2, 4, 7, 9, 11, 14, 16, 19, 21, 23, 26, 28, 31, 33, 35, 38, 40, 43, 45, 47, 50, 52, 55, 57.

Шкала лжи:

«да» («+»): 6, 24, 36.

«нет» («-»); 12, 18, 30, 42, 48, 54.

Высокие оценки по шкале экстраверсия-интроверсия (от 13 до 24 баллов) соответствуют экстравертиро-ванному типу, низкие (от 0 до 10 баллов) — интравертированному. Средний балл по шкале экстра- интроверсии: 11-12.

Высокие оценки по шкале нейротизм — эмоциональная устойчивость (от 14 до 24 баллов) соответствуют высокой эмоциональной нестабильности (нейротизму), низкие (от 0 до 11 баллов) — эмоциональной устойчивости. Средний балл по шкале нейротизма: 12—13.

Показатель по шкале лжи, равный 4-5 баллам, является критическим, он свидетельствует о тенденции отвечающего давать на вопросы только «хорошие» ответы, т. е. о проявлении феномена «социальной желательности».

По окончании обработки полученные результаты переносятся на графическую схему профиля личности (рис. 5.3).

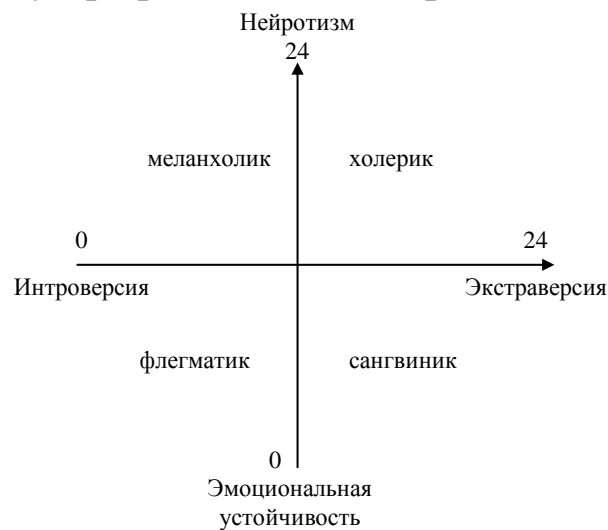


Рис. 5.3. Графический «профиль личности»

### *Интерпретация результатов*

#### *1) Экстраверсия — интроверсия.*

Характеризуя типичного *экстраверта*, автор отмечает его общительность и обращенность индивида вовне, широкий круг знакомств, необходимость в контактах. Действует под влиянием момента, импульсивен, вспыльчив. Он беззаботен, оптимистичен, добродушен, весел. Предпочитает движение и действие, имеет тенденцию к агрессивности. Чувства и эмоции не имеют строгого контроля, склонен к рискованным поступкам. На него не всегда можно положиться.

Типичный *интроверт* — это спокойный, застенчивый, склонный к самоанализу. Сдержан и отдален от всех, кроме близких друзей. Планирует и обдумывает свои действия заранее, не доверяет внезапным побуждениям, серьезно относится к принятию решений, любит во всем порядок. Контролирует свои чувства, его нелегко вывести из себя. Обладает пессимистичностью, высоко ценит нравственные нормы.

*2) Нейротизм — эмоциональная устойчивость.* Характеризует эмоциональную устойчивость или неустойчивость (эмоциональная стабильность или нестабильность).

*Нейротизм* по некоторым данным связан с показателями лабильности нервной системы. Нейротизм выражается в



чрезвычайной нервности, неустойчивости, плохой адаптации, склонности к быстрой смене настроений (лабильности), чувстве виновности и беспокойства, озабоченности, депрессивных реакциях, рассеянности внимания, неустойчивости в стрессовых ситуациях. Нейротизму соответствует эмоциональность, импульсивность; неровность в контактах с людьми, изменчивость интересов, неуверенность в себе, выраженная чувствительность, впечатлительность, склонность к раздражительности. Нейротическая личность характеризуется неадекватно сильными реакциями по отношению к вызывающим их стимулам. У лиц с высокими показателями по шкале нейротизма в неблагоприятных стрессовых ситуациях может развиваться невроз.

*Эмоциональная устойчивость* — черта, выражающая сохранение организованного поведения, ситуативной целенаправленности в обычных и стрессовых ситуациях. Характеризуется зрелостью, отличной адаптацией, отсутствием большой напряженности, беспокойства, а также склонностью к лидерству, общительности.

Согласно Айзенку, высокие показатели по экстраверсии и нейротизму соответствуют психиатрическому диагнозу истерии, а высокие показатели по интроверсии и нейротизму — состоянию тревоги или реактивной депрессии.

Привлекая данные из физиологии высшей нервной деятельности, Айзенк высказывает гипотезу о том, что сильный и слабый типы по Павлову очень близки к экстравертированному и интровертированному типам личности. Природа интро- и экстраверсии усматривается во врожденных свойствах центральной нервной системы, которые обеспечивают уравновешенность процессов возбуждения и торможения. Таким образом, используя данные обследования по шкалам экстраинтроверсии и нейротизма можно вывести показатели темперамента личности по классификации Павлова, который описал четыре классических типа: сангвиник (по основным свойствам центральной нервной системы характеризуется как сильный, уравновешенный, подвижный), холерик (сильный, неуравновешенный, подвижный), флегматик (сильный,

уравновешенный, инертный), меланхолик (слабый, неуравновешенный, инертный).

Как правило, следует говорить о преобладании тех или иных черт темперамента, поскольку в жизни в чистом виде они встречаются редко.

Сангвиник быстро приспосабливается к новым условиям, быстро сходится с людьми, общителен. Чувства легко возникают и сменяются, эмоциональные переживания, как правило, неглубоки. Мимика богатая, подвижная, выразительная. Несколько непоседлив, нуждается в новых впечатлениях, недостаточно регулирует свои импульсы, не умеет строго придерживаться выработанного распорядка жизни, системы в работе. В связи с этим не может успешно выполнять дело, требующее равной затраты сил, длительного и методичного напряжения, усидчивости, устойчивости внимания, терпения. При отсутствии серьезных целей, глубоких мыслей, творческой деятельности вырабатываются поверхностность и непостоянство.

Холерик — отличается повышенной возбудимостью, действия прерывисты. Ему свойственны резкость и стремительность движений, сила, импульсивность, яркая выраженность эмоциональных переживаний. Вследствие неуравновешенности, увлекшись делом, склонен действовать изо всех сил, истощаться больше, чем следует. Имея общественные интересы, темперамент проявляет в инициативности, энергичности, принципиальности. При отсутствии духовной жизни холерический темперамент часто проявляется в раздражительности, аффективности, несдержанности, вспыльчивости, неспособности к самоконтролю при эмоциональных обстоятельствах.

Флегматик — характеризуется сравнительно низким уровнем активности поведения, новые формы которого вырабатываются медленно, но являются стойкими. Обладает медлительностью и спокойствием в действиях, мимике и речи, ровностью, постоянством, глубиной чувств и настроений. Настойчивый и упорный «труженик жизни», он редко выходит из себя, не склонен к аффектам, рассчитав свои силы, доводит дело до конца, ровен в отношениях, в меру общителен, не любит попусту болтать.

Экономит силы, попусту их не тратит. В зависимости от условий, в одних случаях флегматик может характеризоваться «положительными» чертами: выдержка, глубина мыслей, постоянство, основательность и т. д., в других — вялость, безучастность к окружающему, лень и безволие, бедность и слабость эмоций, склонность к выполнению одних лишь привычных действий.

Меланхолик. У него реакция часто не соответствует силе раздражителя, присутствует глубина и устойчивость чувств при слабом их выражении. Ему трудно долго на чем-то сосредоточиться. Сильные воздействия часто вызывают у меланхолика продолжительную тормозную реакцию («опускаются руки»). Ему свойственны сдержанность и приглушенность моторики и речи, застенчивость, робость, нерешительность. В нормальных условиях меланхолик — человек глубокий, содержательный, может быть хорошим тружеником, успешно справляться с жизненными задачами. При неблагоприятных условиях может превратиться в замкнутого, боязливого, тревожного, ранимого человека, склонного к тяжелым внутренним переживаниям таких жизненных обстоятельств, которые вовсе этого не заслуживают.

### **Вариант 10. Оценка психической активности, интереса, эмоционального тонуса, напряжения и комфортности.**

*Диагностическая цель:* Определить особенности психического состояния человека по показателям психической активации, интереса, эмоционального тонуса, напряжения и комфортности.

Данная методика разработана на факультете психологии Ленинградского государственного университета Л. А. Курганским с сотрудниками. Под *психическим состоянием* понимается целостная картина психического функционирования в ограниченный промежуток времени. Представленность этого функционирования в сознании индивида реализуется в самооценке состояния, во многих случаях определяющей традиционные названия психических состояний.

*Контингент:* методика предназначена для людей старше 14 лет без ограничений по образовательным, социальным и профессиональным признакам.

*Процедура проведения.* Методика рассчитана на неоднократное обследование одних и тех же лиц, учитывая динамичность психических состояний. Если исследование проводится одновременно с целой группой испытуемых, то необходимо исключить возможные помехи, обсуждение ответов и т. п.

Перед началом исследования испытуемый получает следующую *инструкцию*: «Оцените свое психическое состояние в данный момент по каждому из признаков, указанных на бланке. Обведите кружком соответствующую цифру от 0 до 3 в левой или в правой половине каждой строки в зависимости от выраженности признака».

1	самочувствие хорошее	3	2	1	0	1	2	3	самочувствие плохое
2	активный	3	2	1	0	1	2	3	пассивный
3	рассеянный	3	2	1	0	1	2	3	внимательный
4	радостный	3	2	1	0	1	2	3	грустный
5	усталый	3	2	1	0	1	2	3	отдохнувший
6	беззаботный	3	2	1	0	1	2	3	озабоченный
7	медлительный	3	2	1	0	1	2	3	быстрый
8	сосредоточенный	3	2	1	0	1	2	3	отвлекающийся
9	плохое настроение	3	2	1	0	1	2	3	хорошее настроение
10	бодрый	3	2	1	0	1	2	3	вялый
11	спокойный	3	2	1	0	1	2	3	раздраженный
12	желание отдохнуть	3	2	1	0	1	2	3	желание работать
13	полный сил	3	2	1	0	1	2	3	обессиленный
14	соображать трудно	3	2	1	0	1	2	3	соображать легко
15	безучастный	3	2	1	0	1	2	3	увлеченный
16	напряженный	3	2	1	0	1	2	3	расслабленный
17	выносливый	3	2	1	0	1	2	3	утомленный
18.	равнодушный	3	2	1	0	1	2	3	взволнованный
19	возбужденный	3	2	1	0	1	2	3	сонливый
20	довольный	3	2	1	0	1	2	3	недовольный

*Обработка результатов*

Обработка результатов проводится с помощью следующих ключей для оценки конкретных психических состояний.

Таблица 5.1

## 1. Оценка психической активации

№ признака	Баллы						
5	7	6	5	4	3	2	1
10	1	2	3	4	5	6	7
12	7	6	5	4	3	2	1

Таблица 5.2

## 2. Оценка интереса

№ признака	Баллы						
3	7	6	5	4	3	2	1
8	1	2	3	4	5	6	7
15	7	6	5	4	3	2	1

Таблица 5.3

## 3. Оценка эмоционального тонуса

№ признака	Баллы						
1	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
14	7	6	5	4	3	2	1

Таблица 5.4

## 4. Оценка напряжения

№ признака	Баллы						
12	1	2	3	4	5	6	7
16	7	6	5	4	3	2	1
18	1	2	3	4	5	6	7

Таблица 5.5

## 5. Оценка комфортности

№ признака	Баллы						
6	1	2	3	4	5	6	7
9	7	6	5	4	3	2	1
20	1	2	3	4	5	6	7

Баллы, набранные испытуемым, суммируются по каждой шкале. Полученные таким образом данные заносятся в протокол исследования.

Таблица 5.6

### Протокол

Психическое состояние	Оценка, баллы	Степень выраженности
Психическая активация		
Интерес		
Эмоциональный тонус		
Напряжение		
Комфортность		

#### *Интерпретация результатов*

Степени выраженности каждого психического состояния обозначаются как «высокая», «средняя» и «низкая». Любой испытуемый может набрать по каждой шкале от 3 до 21 балла. При этом высокая степень психической активации, интереса, эмоционального тонуса и комфортности располагается в пределах от 3 до 8 баллов, средняя — от 9 до 15 баллов, низкая — от 16 до 21 балла. Степень выраженности напряжения, напротив, является высокой при количестве набранных баллов от 16 до 21, средней — при 9-15 баллах, низкой — при 3—8 баллах.

Анализ полученных результатов проводится путем сопоставления пяти состояний между собой, а также получения результатов с данными других исследований (анамнестических, психофизиологических, экспериментально-психологических и др.). Это сопоставление имеет конечной целью выяснить структурно-динамические, пространственные и временные, системные и другие характеристики и закономерности психических состояний человека в соответствии с конкретными задачами исследования.

#### **Вариант 11. Диагностика состояния стресса.**

*Диагностическая цель:* Методика позволяет выявить особенности переживания стресса: степень самоконтроля и эмоциональной лабильности в стрессовых условиях.

*Контингент:* методика предназначена для людей старше 18 лет без ограничений по образовательным, социальным и профессиональным признакам.

*Инструкция:* «Обведите кружком номера тех вопросов, на которые вы отвечаете положительно».

*Текст опросника*

1. Я всегда стремлюсь делать работу до конца, но часто не успеваю и вынужден наверстывать упущенное.

2. Когда я смотрю на себя в зеркало, я замечаю следы усталости и переутомления на своем лице.

3. На работе и дома — сплошные неприятности.

4. Я упорно борюсь со своими вредными привычками, но у меня не получается.

5. Меня беспокоит будущее.

6. Мне часто необходимы алкоголь, сигарета или снотворное, чтобы расслабиться после напряженного дня.

7. Вокруг происходят такие перемены, что голова идет кругом. Хорошо бы, если бы все не так стремительно менялось.

8. Я люблю семью и друзей, но часто вместе с ними я чувствую скуку и пустоту.

9. В жизни я ничего не достиг и часто испытываю разочарование в самом себе.

*Обработка результатов*

Подсчитывается количество положительных ответов по всем 9 вопросам. Каждому ответу «да» присваивается 1 балл (ответ «нет» оценивается в 0 баллов).

Результат 0-4 балла — означает высокий уровень регуляции\* в стрессовых ситуациях; 5—7 баллов — умеренный уровень; 8—9 баллов — слабый уровень.

*Интерпретация результатов*

*Высокий уровень регуляции в стрессовых ситуациях.* Человек ведет себя в стрессовой ситуации довольно сдержанно и умеет регулировать свои собственные эмоции. Как правило, такие люди не склонны раздражаться и винить других и себя в происходящих событиях.

*Умеренный уровень регуляции в стрессовых ситуациях.* Человек не всегда правильно и адекватно ведет себя в стрессовой

ситуации. Иногда он умеет сохранять самообладание, но бывают также случаи, когда незначительные события нарушают эмоциональное равновесие (человек «выходит из себя»).

*Слабый уровень регуляции в стрессовых ситуациях.* Такие люди характеризуются высокой степенью переутомления и истощения. Они часто теряют самоконтроль в стрессовой ситуации и не умеют владеть собой. Таким людям важно развивать навыки саморегуляции в стрессе.

## **6. Варианты заданий повышенной сложности (творческий компонент 15 баллов).**

### **Вариант 1. Селективность внимания.**

Для исследования селективности зрительного внимания используется следующая методика: испытуемому на экране монитора в случайном порядке и в заданном темпе предъявляются цифры натурального ряда и измеряется среднее время его реакции на их появление. Затем цифры предъявляются на фоне визуального шума.

Селективность внимания определяется как отношение показателей эффективности восприятия цифр на фоне визуальных помех и без них по формуле

$$CB = \frac{T2_{cp} \cdot (N - C2)}{T1_{cp} \cdot (N - C1)}$$

где  $T1_{cp}$  - среднее время опознания цифр без помех,  $T2_{cp}$  - среднее время опознания цифр на фоне помех,  $N$  - число предъявленных стимулов,  $C1$ ,  $C2$  - число ошибок испытуемого при определении цифр без помех и на фоне помех соответственно.

### **Вариант 2. Переключаемость внимания.**

Переключаемость внимания исследуется по следующей методике. Испытуемому предлагается реагировать на один из двух предупредительных сигналов (зеленый и красный) и на один пусковой (белый) сигнал. По инструкции испытуемый при проявлении зеленого предупредительного сигнала ожидает появления белого сигнала, и в момент его появления как можно быстрее нажимает на реактивный ключ. При проявлении красного



предупредительного сигнала испытуемый ждет белого пускового сигнала и нажимает реактивный ключ после его исчезновения. В такой ситуации испытуемому нужно гибко реагировать на изменение существующей установки и экстренно создавать в промежутке между предупредительными и пусковыми сигналами предварительную готовность к новому типу реакций, что при достаточной скорости чередования сигналов создает значительную нагрузку на переключаемость сенсорного внимания. Эффективность переключаемости внимания отражается временем реакции и числом совершаемых ошибок. Переключаемость сенсорного внимания рассчитывается по формуле:

$$PB = \frac{N}{N - C} T_{cp},$$

где N - число предъявляемых стимулов;

C - число ошибок испытуемого;

$T_{cp}$  - среднее время реакции. Для исследования объема внимания используется модифицированная методика Шульте-Горбова, реализуемая следующим образом. На экране монитора создается таблица размерностью 8x8, в клетках которой в случайном порядке расположены цифры от 1 до 64. Испытуемый получает задание находить цифры в строгом порядке их возрастания и как можно быстрее, с помощью мыши указывать на них меткой на экране, сопровождая эту процедуру «щелканьем» мыши.

При случайном расположении цифр в таблице у человека выявляется способность воспринимать таблицу не по элементам, а целыми блоками, обнаруживая среди них необходимую цифру. В такой методике объем внимания оценивается по формуле

$$OB = \frac{T_{cp}}{N - C}$$

где N=64 - число предъявляемых стимулов;

C - число ошибок испытуемого;

$T_{cp}$  - среднее время реакции.

Кроме этого косвенной оценкой внимания может быть показатель среднего отклонения времени реакции от его среднего значения.

#### **Вариант 4. Распределяемость внимания (супервариант 20 баллов).**

Распределяемость зрительного внимания тесно связана с его объемом и заключается в способности человека одновременно концентрировать внимание не на одном, а на двух и большем числе разнородных объектов, что дает возможность одновременно совершать несколько родов действий и следить за несколькими независимыми процессами, не теряя ни одного из них из поля своего внимания.

В предлагаемой методике распределяемость зрительного внимания исследуется с помощью измерения и сравнения среднего времени двигательных реакций в условиях постепенного увеличения числа зрительных стимулов, которые необходимо удерживать в поле внимания. С этой целью испытуемому последовательно предъявляют в определенном помеченном месте экрана заранее известную цифру и измеряют среднее время двигательных реакций. Затем ему предлагают в помеченных местах удерживать в поле внимания два известных цифровых стимула, причем, испытуемому в случайном порядке предъявляется то одна, то другая цифра. Измеряется среднее время двигательных реакций в условиях распределенного внимания между двумя стимулами. Подобным же образом измеряется среднее время реакции в условиях распределения внимания между четырьмя, шестью и восьмью помеченными стимулами. Показатели средних времен реакции сравниваются. Чем пропорциональнее зависимость между уменьшением скорости реакций и увеличением числа удерживаемых в поле внимания стимулов, тем более выражена у испытуемого способность равномерно распределять зрительное внимание.

Показатель распределяемости внимания рассчитывается по формуле:

$$PB = \frac{N - C}{N} \cdot R \cdot 1000,$$

где  $N=64$  - число предъявляемых стимулов,

$C$  - число ошибок,

1000 - множитель, используемый для более удобного расчета,

R - коэффициент прямолинейной корреляции между средними показателями времени реакции при разном числе дифференцируемых стимулов и средней информацией, приходящейся на стимул, определяемой по формуле  $T_{cp} = \log_2(M+1)$ ;

M - число альтернатив.

### **Вариант 5. Устойчивость внимания.**

Интенсивность внимания в процессе деятельности не остается постоянной, а непрерывно колеблется. Время, в течение которого человек способен сохранять определенный, адекватный конкретным задачам, уровень внимания, характеризует устойчивость внимания. Для исследования этого показателя испытуемому в центре экрана монитора в случайном порядке предъявляются цифры натурального ряда (от 0 до 9), которые он должен классифицировать по следующему простому алгоритму: при появлении четной цифры реагировать нажатием на заданную левую кнопку клавиатуры, при появлении нечетной цифры - на заданную правую кнопку. Нажатие на реактивную кнопку меняет цифру в центре экрана. Устойчивость зрительного внимания характеризуется «разбросом» среднего времени и определяется по формуле

$$UB = \frac{N}{N - C} \cdot \frac{\sum_i |T_i - T_{cp}|}{T_{cp}}$$

где  $T_i$  - время  $i$ -й реакции испытуемых на стимул. Остальные обозначения такие, как и ранее.

Средняя скорость реакции в этой методике характеризует темп психических процессов.

### **Вариант 6. Концентрированность внимания.**

Концентрированность внимания характеризует интенсивность сосредоточенности человека на одном или нескольких объектах ситуации.

Концентрированность внимания означает, что имеется фокус, в котором собрана психическая деятельность. Методика

исследования концентрированность внимания в компьютерном варианте реализуется следующим образом. На экране монитора изображена квадратная матрица точек диаметром 3 мм и размерностью 7x7. По вертикали и горизонтали, напротив мысленно проводимых линий соединяющих точки матрицы в случайном порядке попарно возникают световые метки. Задача испытуемого состоит в том, чтобы как можно быстрее указать курсором управляемым «мышью» точку матрицы, находящуюся на пересечении мысленных (невидимых) линий, идущих от световых меток через точки матрицы. Показатель концентрированности внимания определяется выражением:

$$KB = \frac{N}{N - C} \cdot T_{cp}$$

Поскольку в данном задании все 49 точек абсолютно одинаковы, и они создают равномерное зрительное поле, концентрированность зрительного внимания в этой методике проявляется в умение в процессе прослеживающих движений глаз по координатам зрительного поля, выделить из однородного фона необходимую кнопку, активно сопротивляясь при этом влиянию отвлекающего фона, создаваемого рядом расположенными точками.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анохин, П. К. Системные механизмы высшей нервной деятельности [Текст] / П.К. Анохин. М.: Медицина, 1979.352 с.
2. Баевский, Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний [Текст] / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. М: Медицина, 1997. 235 с.
3. Биотехнические системы: Теория и проектирование [Текст] / под ред. В.М. Ахугина. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.163 с.
4. Горбунов, В.П. Справочное пособие по микропроцессорам и микро-ЭВМ [Текст]/ В.П. Горбунов, Д.И. Панфилов, Д.Л. Преспухин.- М.: Высш. Шк, 1988. -272г.
5. Гусев, В.Б. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него [Текст] учеб. пособие/ В.Г. Гусев. М.: Машаностроение, 2004. 597с.
6. Калакутский, Л.И. Аппаратура и методы клинического мониторинга [Текст] /Л.И. Калакутский, Э.С. Манелис. Самара: изд-во Самар. гос. авиац.-техн. ун-та, 1999. 160 с.
7. Корневский Н.А. Медицинские триборы аппараты системы и комплексы: Учебник / Текст Н.А. Корневский, Е.П. Попечителей, С.П. Серегин: Курск, гос. техн. ун-т. - Курск: ОАО «ИПП «Курск», 2009.-986с.
8. Корневский, Н.А. Узлы и элементы медицинской техники [Текст]: учебное пособие / Н.А. Корневский, Е.П. Попечителей; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2009. 426 с.
9. Медицинские приборы. Разработка и применение [Текст] / под ред. И.В. Камышко и Дж. Г. Вебстера. М.: Медицинская книга, 2004. 720 с.
10. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. Оссовский; пер. с пол. И. Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2002. 382 с.
11. Попечителей, Е.П. Аналитические исследования в медицине, биологии и экологии [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е.П. Попечителей, О.Н. Старцева. М.: Высш. шк., 2003.279 с.

12. Попечителей, Е.П. Инженерные аспекты медико-биологических исследований [Текст] : учеб. пособие / Е.П. Попечителей. Л.: Изд-во ЛЭТИ, 1982. 151 с.

13 Попечителей, Е.П. Медико-биологические исследования. Системные аспекты [Текст] : учеб. пособие / Е.П. Попечителей. Житомир: изд-во ЖНТИ, 1997. 186 с.

14. Практикум по инженерной психологии и эргономике: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С. К. Сергиенко, В.А. Бодров, Ю.Э. Писаренко и др.; Под ред. Ю.К.Стрелкова. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 400 с.

## Приложение 1

### Система команд микропроцессоров КР580ИК80 Команды пересылки

Move	Move	Move Immediate			
<i>MOV</i>	<i>MOV</i>	<i>MVI</i>			
			$A, A$ 7F	$E, A$ 5F	$A$ <i>byte</i> 3E
			$A, B$ 78	$E, B$ 58	$B$ <i>byte</i> 06
			$A, C$ 79	$E, C$ 59	$C$ <i>byte</i> 0E
			$A, D$ 7A	$E, D$ 5A	$D$ <i>byte</i> 16
			$A, E$ 7B	$E, E$ 5B	$E$ <i>byte</i> 1E
			$A, H$ 7C	$E, H$ 5C	$H$ <i>byte</i> 26
			$A, L$ 7D	$E, L$ 5D	$L$ <i>byte</i> 2E
$A, M$ 7E	$E, M$ 5E	$M$ <i>byte</i> 36			

Move	Move	Load Immediate			
<i>MOV</i>	<i>MOV</i>	<i>LXI</i>			
			$B, A$ 47	$H, A$ 67	$B$ , <i>date</i> 01
			$B, B$ 40	$H, B$ 60	$D$ , <i>date</i> 11
			$B, C$ 41	$H, C$ 61	$H$ , <i>date</i> 21
			$B, D$ 42	$H, D$ 62	$SP$ , <i>date</i> 31
			$B, E$ 43	$H, E$ 63	
			$B, H$ 44	$H, H$ 64	
			$B, L$ 45	$H, L$ 65	
$B, M$ 46	$H, M$ 66				

Move		Move		Load/Store			
<i>MOV</i>	$\tilde{N}, A$	4F	<i>MOV</i>	$L, A$	6F	LDAXB	0A
	$\tilde{N}, B$	48		$L, B$	68	LDAXD	1A
	$\tilde{N}, C$	49		$L, C$	69	LHLD	adr 2A
	$\tilde{N}, D$	4A		$L, D$	6A	LDA	adr 3A
	$\tilde{N}, E$	4B		$L, E$	6B		
	$\tilde{N}, H$	4C		$L, H$	6C	STAXB	02
	$\tilde{N}, L$	4D		$L, L$	6D	STAXD	12
	$\tilde{N}, M$	4E		$L, M$	6E	SHLD	adr 22
				STA	adr 32		

## XCHG EB

## Команды управления

Jump		Return		Call		Restart		
<i>JMP</i>	adr C3	RET	C9	<i>CALL</i>	adr CD	<i>RST</i>	0	C7
<i>JNZ</i>	adr C2	RNZ	C0	<i>CNZ</i>	adr C4		1	CF
<i>JZ</i>	adr CA	RZ	C8	<i>CZ</i>	adr CC		2	D7
<i>JNC</i>	adr D2	RNC	D0	<i>CNC</i>	adr D4		3	DF
<i>JC</i>	adr E2	RC	D8	<i>CC</i>	adr DC		4	E7
<i>JPO</i>	adr EA	RPO	E0	<i>CPO</i>	adr E4		5	EF
<i>JPE</i>	adr F2	RPE	E8	<i>CPE</i>	adr EC		6	F7
<i>JM</i>	adr FA	RP	F0	<i>CM</i>	adr F4		7	FF
<i>PCHL</i>	adr E9	RM	F8	<i>CCHL</i>	adr FC			



	Stak	Ops	Input – Output
<i>PUSH</i>	<i>B</i>	<i>C5</i>	<i>OUT byte D3</i>
	<i>D</i>	<i>D5</i>	<i>IN byte D8</i>
	<i>H</i>	<i>E5</i>	
	<i>PSW</i>	<i>F5</i>	
<i>POP</i>	<i>B</i>	<i>C1</i>	<i>Control</i>
	<i>D</i>	<i>D1</i>	<i>DI F3</i>
	<i>H</i>	<i>E1</i>	<i>EI FB</i>
	<i>PSW</i>	<i>F1</i>	<i>NOP 00</i>
	<i>XTHL</i>	<i>E5</i>	<i>NLT 76</i>
	<i>SPHL</i>	<i>F9</i>	

## Команды арифметических и логических операций

	<i>ADD*</i>	<i>Increment***</i>	<i>Logical*</i>
<i>ADD</i>	$\left\{ \begin{array}{l} A \ 87 \\ B \ 80 \\ C \ 81 \\ D \ 82 \\ E \ 83 \\ H \ 84 \\ L \ 85 \\ M \ 86 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} A \ 3C \\ B \ 04 \\ C \ 0C \\ D \ 14 \\ E \ 1C \\ H \ 24 \\ L \ 2C \\ M \ 34 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} A \ A7 \\ B \ A0 \\ C \ A1 \\ D \ A2 \\ E \ A3 \\ H \ A4 \\ L \ A5 \\ M \ A6 \end{array} \right.$
<i>AD<math>\tilde{N}</math></i>	$\left\{ \begin{array}{l} A \ 8F \\ B \ 88 \\ C \ 89 \\ D \ 8A \\ E \ 8B \\ H \ 8C \\ L \ 8D \\ M \ 8E \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} B \ 03 \\ D \ 13 \\ H \ 23 \\ SP \ 33 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} A \ AF \\ B \ A8 \\ C \ A9 \\ D \ AA \\ E \ AB \\ H \ AC \\ L \ AD \\ M \ AE \end{array} \right.$
<i>SUB</i>	$\left\{ \begin{array}{l} A \ 97 \\ B \ 90 \\ C \ 91 \\ D \ 92 \\ E \ 93 \\ H \ 94 \\ L \ 95 \\ M \ 96 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} A \ 3D \\ B \ 05 \\ C \ 0D \\ D \ 15 \\ E \ 1D \\ H \ 25 \\ L \ 2D \\ M \ 35 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} A \ B7 \\ B \ B0 \\ C \ B1 \\ D \ B2 \\ E \ B3 \\ H \ B4 \\ L \ B5 \\ M \ B6 \end{array} \right.$

SBB	A	9F	DCX	B	0B	CPM	A	BF
	B	98		D	1B		B	B8
	C	99		H	2B		C	B9
	D	9A		SP	3B		D	BA
	E	9B	Specials		E		BB	
	H	9C	DAA''	27	H		BC	
	L	9D	CMA	2F	L		BD	
M	9E	STC'	37	M	BE			
		CMC'	3F					

			Arith & Logical				
			Immediate				
<i>Double Add**</i>		<i>Rotate**</i>					
DAD	B	09	RLC	07	ADI	byte	C6
	D	19	RRC	0F	ACI	byte	CE
	H	29	RAL	17	SUI	byte	D6
	SP	39	RAR	1F	SBI	byte	DE
				ANI	byte	E6	
				XPI	byte	EE	
				ORI	byte	F6	
				CPI	byte	FE	

*Примечание:*

в конце каждой команды приписан её код шестнадцатеричной системы счисления;

byte – константа или логическое/арифметическое выражение длиной в 8 бит (второй байт 2-байтовой команды);

date - константа или логическое/арифметическое выражение длиной в 16 бит (второй и третий байты 3-байтовой команды);

adr – 16-битовый адрес (второй и третий байты 3-байтовой команды).

\* Воздействует на все флажки (C,Z,S,P,AC).

\*\* Воздействует только на флажок C.

\*\*\* Воздействует на все флажки, кроме CARRY (команды INX и DCX на флажки не воздействуют).

Команды пересылок передают данные с одного устройства в другое. При написании команды в мнемокодах языка ассемблера в команды пересылок сначала ставится приемник, а затем источник данных. В том случае, если в обмене данных участвует память М, её адрес определяется содержимым регистров H,L (старший байт адреса находится в регистре H, младший - в регистре L). Например, по команде MOV A,B (78) содержимое регистра B переписывается в регистр A. После выполнения команды в регистрах B и A будет один и тот же код. В командах MVI пересылаемые данные содержатся во второй байте команды. Например, после исполнения команды MVI M,A0 число A0 (представленное в шестнадцатеричной системе) будет записано в ячейку памяти с адресом, определяемым содержимым регистров H, L.

Команды LXI обеспечивают запись второго и третьего байтов команды в соответствующие пары регистров.

Команды группы Load/Store отличаются между собой тем, что по командам Load данные загружаются в соответствующую группу регистров, а по командам Store данные из регистров записываются в память. Например, по команде LHLD 21A0 содержимое ячейки памяти с адресом 21A0 запишется в ячейку L, а в ячейку H – содержимое следующей ячейки 21A1. По команде STA 2108 содержимое аккумулятора запишется в ячейку с адресом 2108.

Команды арифметических и логических операций обеспечивают выполнение операций над содержимым аккумулятора и вторым операндом, источник которого указывается в коде операции. Результат помещается в аккумулятор, стирая ранее находящийся там операнд. Например, по команде ADDM содержимое ячейки памяти, адрес которой записан в регистрах H,L, суммируется с содержимым аккумулятора и результат записывается в аккумулятор.

По командам ADC происходит сложение двух операндов и признака переноса, оставшегося от предыдущей операции.

По командам SUB обеспечивается вычитание из содержимого аккумулятора операнда, записанного в одном из регистров или памяти. Результат вычисления записывается в дополнительный

коде. По командам **SBB** вычитание выполняется с заемом содержимого разряда переноса регистра признаков.

Сложение 16-разрядных кодов реализуется командами **DAD**, при этом содержимое регистров **HL** суммируется с содержимым регистров **BC, DE, HL, SP** и сумма записывается в регистры **HL**.

Команды **INR** и **DCR** соответственно увеличивают и уменьшают на единицу содержимое указанного в команде регистра или ячейки памяти, а команды **INX** и **DCX** соответственно изменяют на 1 содержимое пар регистров.

Команда логических операций позволяют вычислять функции логической суммы **ANA**, логического произведения **ORA**, исключающего ИЛИ – **XRA**. Логические функции выполняются над содержимым аккумулятора и определенным операндом.

Все арифметические и логические операции имеют модификации, оперирующие с непосредственным операндом, следующим за кодом команды. Например, команда **ANI 03** выполняет логическую операцию **И** над содержимым аккумулятора с числом **03**, результат записывается в аккумулятор.

Команда **CMR** используются для сравнения двух чисел. При сравнении одно число вычитается из другого, как в командах **SUB** результат вычисления не фиксируется в аккумуляторе, его содержимое остается неизменным.

Команды циклических сдвигов содержимого аккумулятора отличаются между собой организацией сдвига и его направлением. На рисунке П.1 показаны последовательность сдвига и источник информации, которые записываются в разряд переноса регистра признаков.

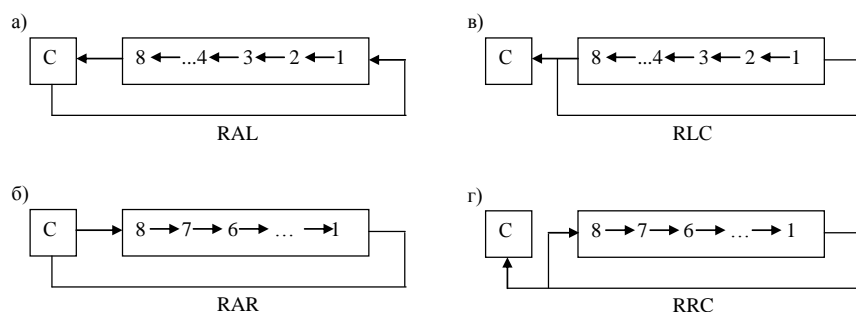


Рис. П.1. Организация команд сдвига: а – RAL; б – RAR; в – RLC; г – RRC.

Команды передачи управления изменяют последовательность исполняемых команд, обеспечивая безусловный или условный переход к заданной команде.

По командам безусловного перехода управление передается указанной в команде ячейке памяти.

По командам условного перехода передача управления выполняется только при определенном значении заданного разряда регистра признаков. Если условие не соблюдается, выполняется команда, следующая по порядку за выполняемой командой. Команды условных переходов имеют модификацию по разрядам регистра признаков C (перенос), Z (нуль), знаки M (минус) и P (плюс), F (четность). Например, по команде JC 1EE0 будет исполняться команда с адресом 1EE0, если разряд C регистра признаков равен 0. Команда Call, Return применяются при обращении к подпрограммам – многократно повторяющимся частям основной программы. Обращение к подпрограмме реализуется с помощью команды Call, в которой указывается адрес первой выполняемой команды подпрограммы. Возврат к основной программе после выполнения подпрограммы выполняется с помощью команд Return, использующих стековую организацию памяти.

Каждый раз, когда процессор получает для исполнения команду Call, в содержимом счетчика происходит приращение и его информация записывается в ячейку, адрес которой указан в регистре SP - указателе стека. После этого процессор в счетчик команд записывает адрес вызываемой подпрограммы. Последняя команда подпрограммы Return обеспечивает считывание адреса команды возврата в основную программу из памяти по адресу регистра SP указателя стека. При каждой записи в стек содержимое регистра SP увеличивается на два, а при каждом считывании - уменьшается.

На рисунке П.2. приведена диаграмма, поясняющая процесс обращения к подпрограммам. При обращении к подпрограмме 1 по адресу, определяемому регистром SP, записывается в память адрес A1, а содержимое регистра SP увеличивается на 2.

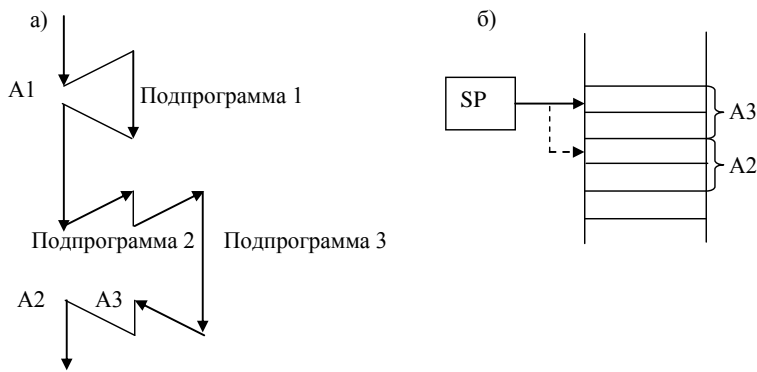


Рис. П.2. Диаграммы процесса обращения к подпрограммам: а – последовательность переходов в программе; б- изменения показания регистра при переходе к подпрограмме.

После выполнения подпрограммы по уменьшенному на 2 содержимому регистра SP из памяти считывается адрес A1 возврата. Переход к подпрограмме 2 связан с записью по содержимому регистра SP адреса возврата A2 и увеличения на 2 содержимого регистра SP (так как адрес команд записывается в двух байтах). При переходе к подпрограмме 3 по измененному содержимому регистра SP записывается адрес A3. По первой команде Return указатель стека SP указывает на ячейку памяти, в которой записан адрес возврата A3. При исполнении второй команды Return содержимое регистра SP уменьшается на 2, указывая адрес ячейки памяти, в которой записан адрес возврата A2.

Команды Call и Return могут выполняться по соблюдению условий регистра признаков аналогично командам перехода по условиям.

Команды RST0-RST7 обеспечивают переход к адресам программной памяти 0000, 0008, 0010, 0018, 0020, 0030, 0038 и используются при обработке прерываний.

Команды PUSH и POP сохраняют содержимое внутренних регистров МП в стековой памяти (PUSH) при переходе к подпрограмме и восстанавливают их содержимое после исполнения подпрограммы POP. Команда XTHL обеспечивает обмен данными регистр SP и пары регистров H,L, а команда SPHL – запись в SP содержимого регистров HL. По команде HLT останавливается текущая программа до появления запроса прерывания от устройства ввода-вывода.

Если МП получает команду DI (Disable interrupt), то он игнорирует запросы прерывания до тех пор, пока не поступит команда EI (Enable interrupt). При выполнении команды NOP не производится никаких вычислений, лишь изменяется содержимое программного счетчика. Команда используется для организации временных задержек.

По команде HLT микропроцессор останавливается.