Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 08.09.2026 07:48:17
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра биомедицинской инженерии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ О.Г. Локтионова
«12» 09 2023 г.

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Методические указания по выполнению практических работ
для студентов специальности 30.05.03 «Медицинская кибернетика»

Курск 2023

УДК 615.478

Составитель: Н.А. Кореневский, С.Н. Родионова.

Рецензент:
Кандидат технических наук, доцент *Т.Н. Конаныхина*

Введение в специальность: методические указания по выполнению практических работ для студентов специальности 30.05.03 «Медицинская кибернетика» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Н.А. Кореневский, С.Н. Родионова, Курск, 2023. 94 с. с ил.

Содержатся теоретические и справочные сведения, необходимые для ознакомления с предметной областью специальности «Медицинская кибернетика». Изучаются методы диагностики различных систем организма. Описывается основная радиоэлементная база биотехнических систем медицинского и экологического назначения.

Методические указания соответствуют требованиям федеральных государственных образовательных стандартов.

Предназначены для студентов специальности 30.05.03 «Медицинская кибернетика».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.
Усл.печ. л. __. Уч.-изд. л. __. Тираж 30 экз. Заказ *889* .Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. ТЕСТИРОВАНИЕ АДАПТАЦИОННЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА. 5

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУХОВОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА. 16

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ЗНАКОМСТВО С РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БАЗОЙ. 27

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ПРОВЕРКА ИСПРАВНОСТИ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ МУЛЬТИТЕСТЕРОМ. 62

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НА ОСНОВЕ ТЕСТА PWC 170. 68

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. 74

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. СТРУКТУРА И РАБОТА НЕЙРОНА. 82

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 94

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое методическое пособие ориентировано на изучение некоторых вопросов, раскрывающих наиболее интересные и доступные для понимания, без приобретения специальных знаний, разделы, связанные с изучением биотехнических систем медицинского и экологического назначения.

В частности, на популярном уровне рассматриваются вопросы: оценки адаптационных резервов организма в лабораторных условиях; определения физической работоспособности человека; исследования слухового аппарата человека; оценки выносливости мышечной системы; изучения основной элементной базы биотехнических систем с проверкой ее работоспособности; моделирования работы нейронных сетей и обучения их технических аналогов на решение задач классификации, и оценки её качества.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. 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.

Оснащение занятия:

1. Электрический тонометр
2. Велоэргометр.

2. **Теоретические сведения**

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 воз-

действующего 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.

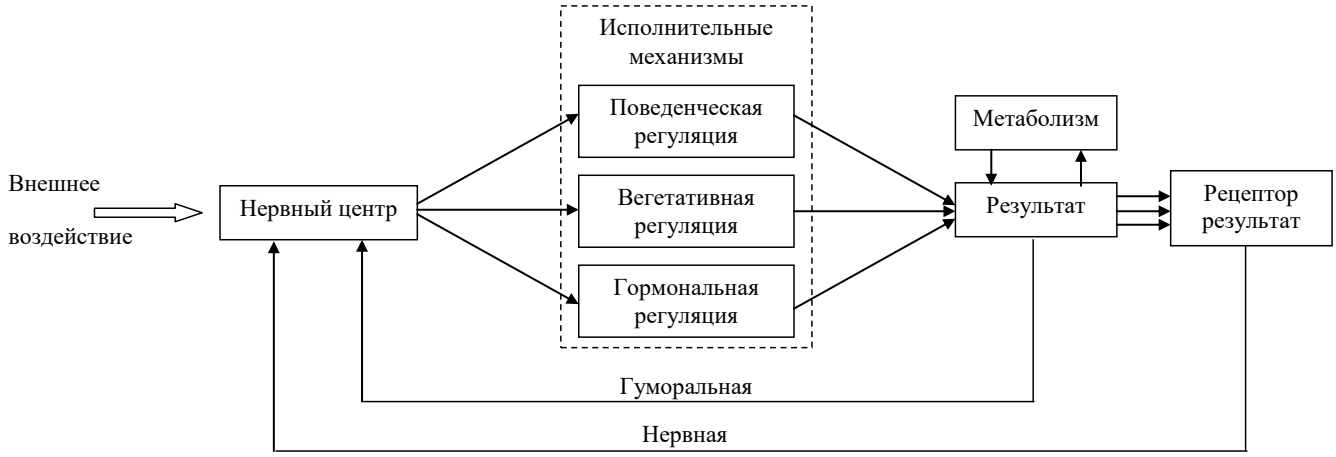


Рис. 1.1. Структурная схема функциональной системы организма

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 1.1.

Таблица 1.1.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. Полом (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. 1.2.

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

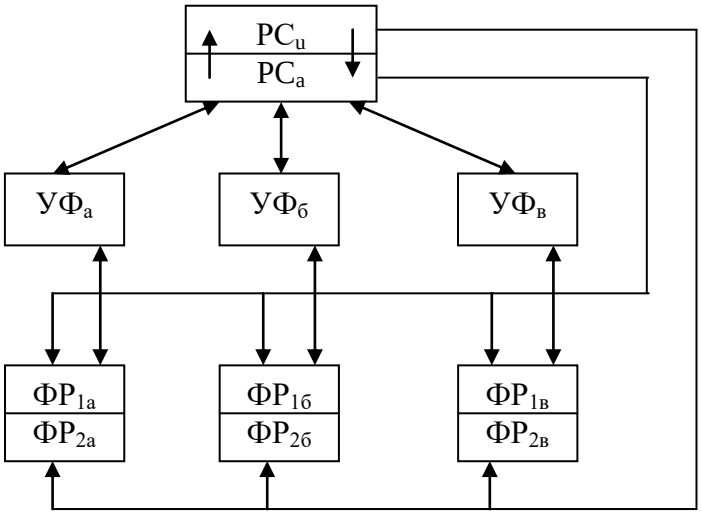


Рис. 1.2. Схема иерархии функционального взаимодействия элементов функциональной системы.

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:

$$ФР = УФ/СН, \quad (1.1)$$

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:

$$ИФИ=0,011ЧП+0,014САД+0,008ДАД+0,014В+0,009МТ-0,009Р-0,27, \quad (1.2)$$

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 1.2.

Таблица 1.2. 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. Практическая часть

Порядок выполнения работы

3.1. Проведите измерение частоты пульса, систолического и диастолического давления в состоянии спокойного бодрствования.

3.2. Определите индекс ИФИ.

3.3. Определите класс своего состояния по таблице 1.2.

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

4. Контрольные вопросы

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?

4.5. Дайте определение «здоровье» по ВОЗ.

4.6. Как происходит оценка индекса функциональных изменений организма?

4.7. Какая шкала степеней напряжения используется для оценки состояния организма?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУХОВОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА.

1. **Цель работы:** изучить строение и работу слухового анализатора человека, а также ознакомиться с методикой речевого исследования органа слуха.

Оснащение занятия:

1. Рулетка для измерения расстояния.
2. Специальная таблица слов для исследования слуха

2. **Теоретические сведения**

Слуховой анализатор (слуховая сенсорная система) – второй по значению дистантный анализатор человека. Слух играет важнейшую роль именно у человека в связи с возникновением членораздельной речи. Акустические (звуковые) сигналы представляют собой колебания воздуха с разной частотой и силой. Они возбуждают слуховые рецепторы, находящиеся в улитке внутреннего уха. Рецепторы активируют первые слуховые нейроны, после чего, сенсорная информация передаётся в слуховую область коры большого мозга (височный отдел) через ряд последовательных структур.

Существует два пути проведения звуков:

- воздушная проводимость: через наружный слуховой проход, барабанную перепонку и цепь слуховых косточек;
- тканевая проводимость: через ткани черепа.

Функция слухового анализатора: восприятие и анализ звуковых раздражений.

Периферический отдел: слуховые рецепторы в полости внутреннего уха.

Проводниковый отдел: слуховой нерв.

Центральный отдел: слуховая зона в височной доле коры больших полушарий.

<u>Периферический отдел</u>

Орган слуха (ухо) – это периферический отдел слухового анализатора, в котором расположены слуховые рецепторы. Он расположен в полости черепа в толще височной кости. Строение уха представлены на рисунке 2.1.

Рис. 2.1. Строение уха.

Орган слуха у человека делится на три отдела: наружное, среднее и внутреннее ухо. Эти отделы тесно связаны анатомически и функционально.

Наружное ухо состоит из наружного слухового прохода и ушной раковины.

Среднее ухо — барабанная полость; она отделена барабанной перепонкой от наружного уха.

Внутреннее ухо, или лабиринт, — отдел уха, где происходит раздражение рецепторов слухового (улиткового) нерва; он помещается внутри пирамиды височной кости. Внутреннее ухо образует орган слуха и равновесия.

Наружное и среднее ухо имеют второстепенное значение: они проводят звуковые колебания к внутреннему уху, и таким образом является звукопроводящим аппаратом.

Строение и функции отделов уха представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Функции и строение уха.

Часть уха	Строение	Функции
Наружное ухо	Ушная раковина, наружный слуховой проход, барабанная перепонка	Защитная (выделение серы). Улавливает и проводит звуки. Звуковые волны колеблют барабанную перепонку, а она – слуховые косточки.
Среднее ухо	Полость, заполненная воздухом, в которой находятся слуховые косточки (молоточек, наковальня, стремечко) и евстахиева (слуховая) труба	Слуховые косточки проводят и усиливают звуковые колебания в 50 раз. Евстахиева труба, соединённая с носоглоткой, обеспечивает выравнивание давления на барабанную перепонку
Внутреннее ухо	Орган слуха: овальное и круглое окна, улитка с полостью, заполненной жидкостью, и кортиев орган – звуковоспринимающий аппарат	Слуховые рецепторы, находящиеся в кортиевом органе, преобразуют звуковые сигналы в нервные импульсы, которые передаются на слуховой нерв, а затем в слуховую зону коры больших полушарий
	Орган равновесия (вестибулярный аппарат): три полукруглых канала, отолитовый аппарат	Воспринимает положение тела в пространстве и передаёт импульсы в продолговатый мозг, затем в вестибулярную зону коры больших полушарий; ответные импульсы помогают поддерживать равновесие тела

1) наружное ухо

Наружное ухо включает ушную раковину и наружный слуховой проход, которые предназначены для улавливания и проведения звуковых колебаний.

Ушная раковина образована тремя тканями:

- тонкой пластинкой гиалинового хряща, покрытого с обеих сторон надхрящницей, имеющего сложную выпукло-вогнутую форму, определяющую рельеф ушной раковины;
- кожей очень тонкой, плотно прилегающей к надхрящнице и почти не имеющей жировой клетчатки;
- подкожной жировой клетчаткой, расположенной в значительном количестве в нижнем отделе ушной раковины — мочке уха.

Ушная раковина прикрепляется к височной кости связками и имеет рудиментарные мышцы, которые хорошо выражены у животных.

Ушная раковина устроена так, чтобы максимально концентрировать звуковые колебания и направлять их в наружное слуховое отверстие.

Форма, величина, постановка ушной раковины и размеры ушной дольки индивидуальны у каждого человека.

Дарвинов бугорок — рудиментарный треугольный выступ, который наблюдается у 10% людей в верхне-задней области завитка раковины; он соответствует верхушке уха животных.

Наружный слуховой проход представляет собой S-образную трубку длинной примерно 3 см и диаметром 0,7 см, которая снаружи открывается слуховым отверстием и отделяется от полости среднего уха барабанной перепонкой.

Хрящевая часть, являющаяся продолжением хряща ушной раковины, составляет 1/3 его длины, остальные 2/3 образованы костным каналом височной кости. В месте перехода хрящевого отдела в костный канал сужается и изгибается. В этом месте находится связка из эластичной соединительной ткани. Такое строение делает возможным растяжение хрящевого отдела прохода в длину и в ширину.

В хрящевой части слухового прохода кожа покрыта короткими волосками, предохраняющими от попадания в ухо мелких частиц. В волосяные фолликулы открываются сальные железы. Характерным для кожи этого отдела является наличие в более глубоких слоях серных желез.

Серные железы являются производными потовых желез, впадают либо в волосяные фолликулы, либо свободно в кожу. Серные железы выделяют светло-желтый секрет, который вместе с отделяемым сальных желез и с отторгшимся эпителием образует ушную серу.

Сера состоит из белков, жиров, жирных кислот и минеральных солей. Часть белков являются иммуноглобулинами, определяющими

защитную функцию. Кроме того, в состав серы входят отмершие клетки, кожное сало, пыль и другие включения.

Функция ушной серы:

- увлажнение кожи наружного слухового прохода;
- очистки слухового прохода от инородных частиц (пыли, сора, насекомых);
- защита от бактерий, грибков и вирусов;
- жировая смазка в наружной части слухового прохода препятствует попаданию в него воды.

Ушная сера вместе с загрязнениями естественным образом выводится из слухового прохода наружу при жевательных движениях и речи. Кроме этого кожа слухового прохода постоянно обновляется и растет наружу из слухового прохода, вынося с собой серу.

Внутренний костный отдел наружного слухового прохода является каналом височной кости, заканчивающимся барабанной перепонкой. В середине костного отдела расположено сужение слухового прохода — перешеек, за которым расположен более широкий участок.

Кожа костного отдела тонкая, не содержит волосяных луковиц и желез и переходит на барабанную перепонку, образуя ее наружный слой.

Барабанная перепонка представляет собой тонкую овальную (11 х 9 мм) полупрозрачную пластинку, непроницаемую для воды и воздуха. Перепонка состоит из эластических и коллагеновых волокон, которые в верхней ее части замещены волокнами рыхлой соединительной ткани. Со стороны слухового прохода перепонка покрыта плоским эпителием, а со стороны барабанной полости — эпителием слизистой оболочки.

В центральной части барабанная перепонка вогнута, к ней со стороны барабанной полости прикрепляется рукоятка молоточка — первой слуховой косточки среднего уха.

2) среднее ухо

Среднее ухо включает выстланную слизистой оболочкой и заполненную воздухом барабанную полость (объем около 1 см), три слуховые косточки и слуховую (евстахиеву) трубу.

Барабанная полость находится в толщине височной кости, между барабанной перепонкой и костным лабиринтом. В барабанной полости помещаются слуховые косточки, мышцы, связки, сосуды и нервы. Стенки полости и все органы, находящиеся в ней, покрыты слизистой оболочкой.

В перегородке, отделяющей барабанную полость от внутреннего уха, находится два окна:

- овальное окно: находится в верхней части перегородки, ведет в преддверие внутреннего уха; закрыто основанием стремечка;
- круглое окно: расположено в нижней части перегородки, ведет в начало улитки; закрыто вторичной барабанной перепонкой.

В барабанной полости находятся три слуховые косточки: молоточек, наковальня и стремя (= стремечко). Слуховые косточки имеют небольшие размеры. Соединяясь между собой, они образуют цепь, которая тянется от барабанной перепонки до овального отверстия. Все косточки соединяются между собой при помощи суставов и покрыты слизистой оболочкой.

Молоточек рукояткой сращен с барабанной перепонкой, а головкой при помощи сустава соединяется с наковальней, которая в свою очередь подвижно соединена со стременем. Основание стремени закрывает овальное окно преддверия.

Мышцы барабанной полости (натягивающая барабанную перепонку и стременная) удерживают слуховые косточки в состоянии напряжения и защищают внутреннее ухо от чрезмерных звуковых раздражений.

Слуховая (евстахиева) труба соединяет барабанную полость среднего уха с носоглоткой. Это мышечная трубка, которая раскрывается при глотании и зевании.

Слизистая оболочка, выстилающая слуховую трубу, является продолжением слизистой оболочки носоглотки, состоит из мерцательного эпителия с движением ресничек из барабанной полости в носоглотку.

Функции евстахиевой трубы:

- уравновешивание давления между барабанной полостью и внешней средой для поддержания нормальной работы звукопроводящего аппарата;
- защита от проникновения инфекций;
- удаление из барабанной полости случайно проникших частиц.

3) внутреннее ухо

Внутреннее ухо состоит из костного и вставленного в него перепончатого лабиринта.

Костный лабиринт состоит из трех отделов: преддверия, улитки и трех полукружных каналов.

Преддверие — полость небольших размеров и неправильной формы, на наружной стенке которого расположены два окна (круглое и овальное), ведущие в барабанную полость. Передняя часть преддверия сообщается с улиткой через лестницу преддверия. Задняя часть содержит два вдавления для мешочков вестибулярного аппарата.

Улитка — костный спиральный канал в 2,5 оборота. Ось улитки лежит горизонтально и называется костным стержнем улитки. Вокруг стержня обвивается костная спиральная пластинка, которая частично перегораживает спиральный канал улитки и делит его на лестницу преддверия и барабанную лестницу. Между собой они сообщаются только через отверстие, находящееся у верхушки улитки.

Полукружные каналы — костные образования, расположенные в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Каждый канал имеет расширенную ножку (ампулу).

Перепончатый лабиринт заполнен эндолимфой и состоит из трех отделов:

- перепончатой улитки, или улиткового протока, продолжение спиральной пластинки между лестницей предверия и барабанной лестницей. В улитковом протоке находится слуховые рецепторы — спиральный, или кортиев, орган;
- трех полукружных каналов и двух мешочков, расположенных в преддверии, которые играют роль вестибулярного аппарата.

Между костным и перепончатым лабиринтом находится перилимфа -- видоизмененная спинномозговая жидкость.

На пластинке улиткового протока, которая является продолжением костной спиральной пластинки, находится кортиев (спиральный) орган.

Спиральный орган отвечает за восприятие звуковых раздражений. Он выполняет роль микрофона, трансформирующего механические колебания в электрические.

Кортиев орган состоит из опорных и чувствительных волосковых клеток. Волосковые клетки имеют волоски, которые возвышаются над поверхностью и достигают покровной мембраны (мембраны тектория). Последняя отходит от края спиральной костной пластинки и свисает над кортиевым органом.

При звуковом раздражении внутреннего уха возникают колебания основной мембраны, на которой расположены волосковые клетки. Такие колебания вызывают растяжение и сжатие волосков о покровную мембрану, и порождают нервный импульс в чувствительных нейронах спирального ганглия.

Проводниковый отдел

Нервный импульс от волосковых клеток распространяется до спирального ганглия. Затем по слуховому (преддверно-улитковому) нерву импульс поступает в продолговатый мозг. В варолиевом мосту часть нервных волокон через перекрест (хиазму) переходит на противоположную сторону и идут в четверохолмие среднего мозга.

Нервные импульсы через ядра промежуточного мозга передаются в слуховую зону височной доли коры больших полушарий.

Первичные слуховые центры служат для восприятия слуховых ощущений, вторичные — для их обработки (понимание речи и звуков, восприятие музыки).

Лицевой нерв проходит вместе со слуховым нервом во внутреннее ухо и под слизистой оболочкой среднего уха следует к основанию черепа. Он может быть легко поврежден при воспалении среднего уха или травмах черепа, поэтому нарушения органов слуха и равновесия нередко сопровождаются параличом мимических мышц.

3. Практическая часть

Слуховая функция уха обеспечивается двумя механизмами:

- **звукопроведением**: проведением звуков через наружное и среднее ухо к внутреннему уху;
- **звуковосприятием**: восприятием звуков рецепторами кортиева органа.

Наружное и среднее ухо и перилимфа внутреннего уха принадлежат к звукопроводящему аппарату, а внутреннее ухо, то есть спиральный орган и ведущие нервные пути – к звукоспринимающему аппарату. Ушная раковина благодаря своей форме концентрирует звуковую энергию и направляет ее в направлении к наружному слуховому проходу, который проводит звуковые колебания к барабанной перепонке.

Достигнув барабанной перепонки, звуковые волны вызывают ее колебание. Эти колебания барабанной перепонки передаются на

молоточек, через сустав — на наковальню, через сустав — на стремя, которое закрывает окно преддверия (овальное окно). В зависимости от фазы звуковых колебаний, основа стремени то втискивается в лабиринт, то вытягивается из него. Эти движения стремени вызывают колебание перилимфы, которые передаются на основную мембрану улитки и на расположенный на ней кортиев орган.

В результате колебаний основной мембраны волосковые клетки спирального органа задевают нависающую над ними покровную (тенториальную) мембрану. При этом возникает растяжение или сжимание волосков, что и является основным механизмом превращения энергии механических колебаний в физиологичный процесс нервного возбуждения.

Нервный импульс передается окончаниями слухового нерва к ядрам продолгастого мозга. Отсюда импульсы проходят соответствующими ведущими путями к слуховым центрам в височных частях коры головного мозга. Здесь нервное возбуждение превращается в ощущение звука.

Человек воспринимает звуки внешней среды с частотой колебаний от 16 до 20000 Гц (1 Гц = 1 колебание за 1 с).

Высокочастотные звуки воспринимаются нижней частью завитка, а низкочастотные звуки — его верхушкой.

Порядок выполнения работы

3.1.Подготовьте макет таблицы проверки слухового анализатора.

3.2. Рулеткой определите расстояние 6 метров.

3.3.На этом расстоянии располагается испытуемый. Исследуемое ухо испытуемого должно быть направлено в сторону исследователя. Испытуемый не должен смотреть в сторону исследователя.

3.4.Первый исследователь закрывает противоположное от второго исследователя ухо испытуемого, плотно прижимая козелок вторым пальцем правой руки. Исследование проводится для левого уха.

3.5.Испытуемому второй исследователь шепотом произносит слова с низкими звуками, используя 1 колонку таблицы 1. Второй исследователь в макете таблицы отмечает напротив каждого произносимого им слова правильность ответов испытуемого. Правильное произношение отмечается знаком (+), неправильное– знаком (-).

3.6.Аналогично исследуется правое ухо.

3.7.После завершения исследования испытуемый отдыхает 5 минут.

3.8.Испытуемый находится на расстоянии 6 метров. Первый исследователь закрывает противоположное от второго исследователя ухо испытуемого.

3.9. Второй исследователь шепотом произносит слова с высокими звуками из второй колонки таблицы 1 и фиксирует результаты исследования в таблице. Исследуется левое ухо.

3.10. Аналогично исследуется правое ухо.

3.11. После окончания исследования проведите анализ результатов исследования, при котором порогом разборчивости речи является повторение испытуемым 50% переданных ему слов. Определите достоверность различий для правого и левого уха, высоких и низких звуков.

3.13 Сделайте графическое изображение результатов исследования.

3.14. Сделайте выводы по проделанной работе.

Таблица 2.2. Таблица слов для исследования слуха

Слова с низкими звуками		Слова с высокими звуками	
вон	номер	ай	чище
вор	норов	ей	дача
вру	нора	ой	жесть
врун	овин	жечь	зажать
мор	овод	сжечь	зажить
мну	одно	сей	**
но	окно	час	**
ну	спор	чай	зайти
он	ревун	чей	зайчик
рву	ровня	***	заказ
ром	роман	язв	Яша
ум	урок	еще	Шея
ворон		жижа	
ровно		жиже	
руно		заяц	
умно		зашей	
умру		щуп	
урон		сажа	
двор		Саша	
мимо		сияй	

Мирон много море мороз мутно		сейчас свеча чаша чеши чиж	

4. Контрольные вопросы

4.1. Что такое слуховой анализатор? Какова его функция?
4.2. Как устроено ухо?
4.3. Как работает периферический отдел слухового анализатора?
4.4. Как работает проводниковый отдел слухового анализатора?
4.5. Какими механизмами обеспечивается слуховая функция уха?
4.6. Перечислите функции ушной серы.
4.7. Для чего нужна барабанная перепонка? Какова ее структура?
4.8. Какую роль играет барабанная полость?
4.9. Что такое «улитка»?
4.10. Что такое кортиев орган?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ЗНАКОМСТВО С РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БАЗОЙ.

1. Цель работы: научить студентов по внешнему виду и маркировке определять тип и назначение элементов, а также определять их характеристики.

Оснащение занятия:

1. Набор радиоэлементов.

2. Теоретические сведения

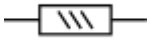
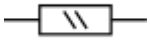
2.1 Резисторы

Рези́стор или сопротивление (англ. resistor, от лат. resisto — сопротивляюсь) — пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым или переменным значением электрического сопротивления, предназначенный для линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока, ограничения тока, поглощения электрической энергии и др.

Обозначение резисторов на схемах.

По стандартам России условные графические обозначения резисторов на схемах должны соответствовать ГОСТ 2.728-74. В соответствии с ним, постоянные резисторы обозначаются следующим образом (таблица 3.1):

Таблица 3.1. Обозначение и описание резисторов

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Постоянный резистор без указания номинальной мощности рассеивания
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,05 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,125 Вт

	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,25 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,5 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 1 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 2 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 5 Вт

Переменные, подстроечные и нелинейные резисторы обозначаются следующим образом (таблица 3.2):

Таблица 3.2. Подстроечные и нелинейные резисторы

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	**Описание**
	Переменный резистор (реостат).
	Переменный резистор, включенный как реостат (ползунок соединён с одним из крайних выводов).
	Подстроечный резистор.
	Подстроечный резистор, включенный как реостат (ползунок соединён с одним из крайних выводов).
U	Варистор (сопротивление зависит от приложенного напряжения).
	Термистор (сопротивление зависит от температуры).
	Фоторезистор (сопротивление зависит от освещённости).

Маркировка резисторов

В зависимости от типа резисторов кодировка может различаться, она бывает: буквенно-цифровая, цифровая либо цветовыми полосами. В настоящее время используются резисторы советского производства с буквенно-цифровой маркировкой, современные с маркировкой цветными полосками и SMD резисторы.

Обозначение номинала буквами и цифрами

На сопротивлениях советского производства МЛТ применяется буквенно-цифровая маркировка резисторов и обозначение цветовыми полосами (кольцами). Резисторы до сотни Ом содержат в своей маркировке букву «R», или «E», или «Ω». Тысячи Ом маркируются буквой «К», миллионы букву М, т.е. по буквам определяют порядок величины. При этом целые единицы от дробных отделяются этими же буквами. Давайте рассмотрим несколько примеров.

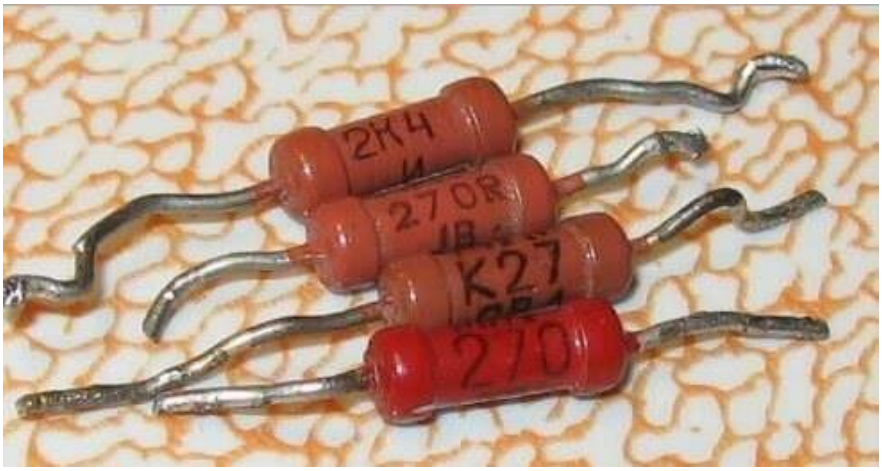


Рисунок 3.1. Резистор МЛТ советского производства с буквенно-цифровой маркировкой.

На рисунке 3.1. сверху вниз:

- 2К4 = 2,4 кОм или 2400 Ом;
- 270R = 270 Ом;
- К27 = 0,27 кОм или 270 Ом.

На резисторах от 1 Вт может присутствовать маркировка по мощности. Маркировка довольно удобна и наглядна. Она может незначительно отличаться в зависимости от типа резисторов и года их

производства. Также может присутствовать дополнительная буква, которая указывает класс точности (таблица 3.3).

Таблица 3.3. Класс точности резисторов.

Допуск,%	±20	±10	±5	±2	±1	±0,5	±0,2	±0,1
Код	В	С	И	Л	Р	Д	У	Ж

Импортные сопротивления, в том числе китайские, тоже могут маркироваться буквами. Яркий пример – это керамические резисторы, представленные на рисунке 3.2.

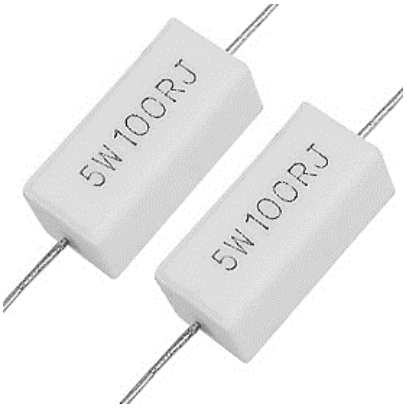


Рисунок 3.2. Резистор китайского производства с буквенно-цифровой маркировкой.

В первой части обозначения указано 5W – это мощность резистора равная 5 Вт. 100R – значит, что его сопротивление в 100 Ом. Буква J говорит о допуске отклонений от номинального значения равном 5% в обе стороны. Полный диапазон значений допусков приведен в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Диапазон значений допусков керамических резисторов.

Допуск,%	±20	±10	±5	±2	±1	±0,5	±0,2	±0,1
Код	M	K	J	G	F	D	C	B

Обозначение номинала по цветовым кольцам

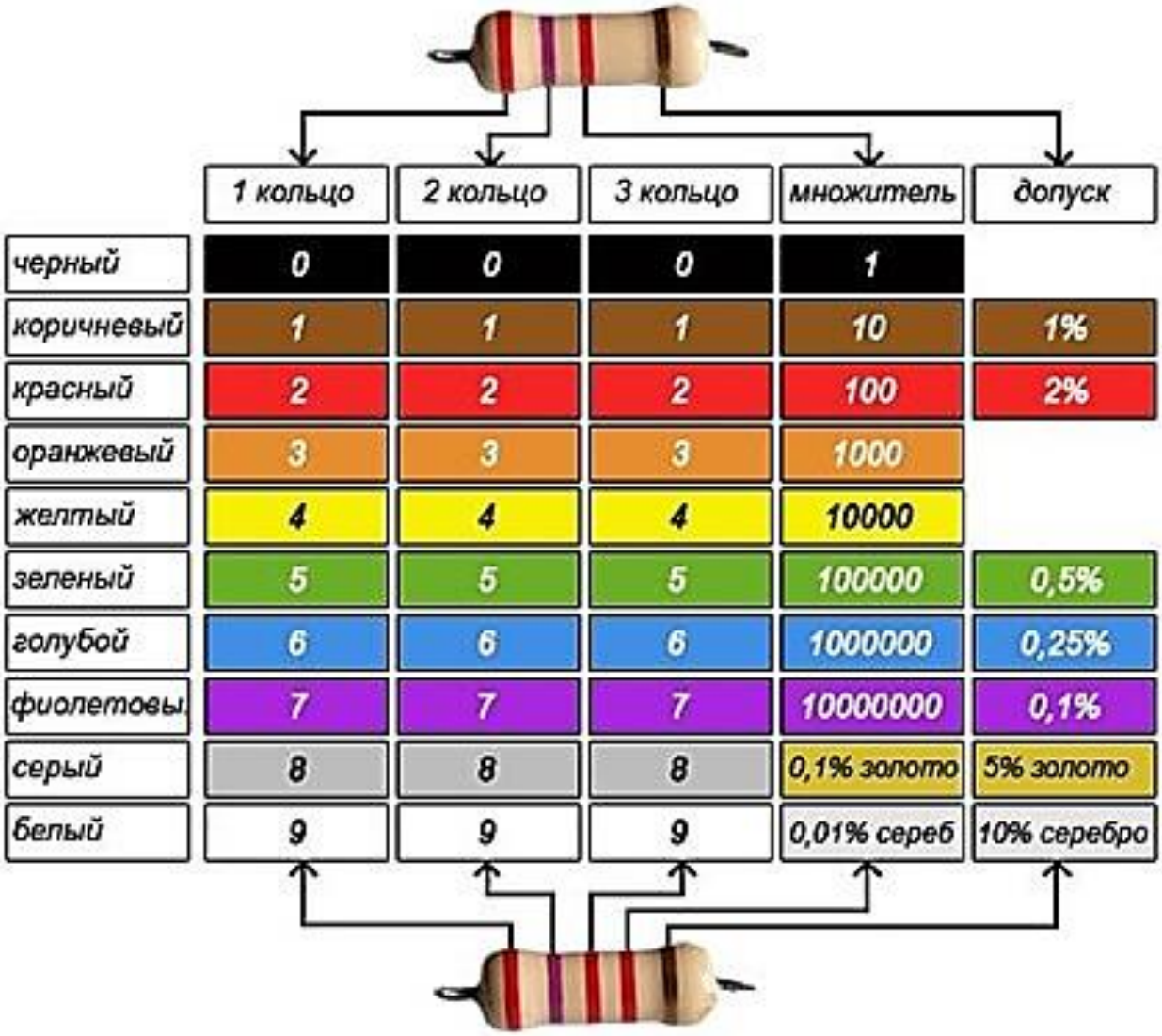
В последнее время выводные сопротивления чаще обозначаются с помощью цветовых полос и это относится как к отечественным, так и к зарубежным элементам. В зависимости от количества цветовых полос меняется способ их расшифровки. В общем виде он собран в ГОСТ 175-72.

Цветовая маркировка резисторов может выглядеть в виде 3, 4, 5 и 6 цветовых колец (рис. 3.3). При этом кольца могут быть смещены к одному из выводов. Тогда, кольцо, которое ближе всех к проволочному выводу, считают первым и расшифровку цветного кода начинают с него. Или одно из колец может отсутствовать, обычно предпоследнее. Тогда первое это то, возле которого есть пара.

Рисунок 3.3. Резистор с цветовой маркировкой.

Другой вариант, когда маркировочные кольца расположены равномерно, т.е. заполняют поверхность равномерно. Тогда первое кольцо определяют по цветам (таблица 3.5).

Таблица 3.5. Таблица маркировки цветных резисторов.



	1 кольцо	2 кольцо	3 кольцо	множитель	допуск
черный	0	0	0	1	
коричневый	1	1	1	10	1%
красный	2	2	2	100	2%
оранжевый	3	3	3	1000	
желтый	4	4	4	10000	
зеленый	5	5	5	100000	0,5%
голубой	6	6	6	1000000	0,25%
фиолетовы	7	7	7	10000000	0,1%
серый	8	8	8	0,1% золото	5% золото
белый	9	9	9	0,01% сереб	10% серебро

Обратите внимание при таком способе маркировки из 4-х колец третье кольцо – это множитель.

Например, возьмем верхний резистор первое кольцо красного цвета, это 2, второе фиолетового – это 7, третье, множитель красное – это 100, а допуск у нас коричневый – это 1%. Тогда: 27*100=2700 Ом или 2,7 кОм с допуском отклонения в 1% в обе стороны.

Второй резистор имеет цветовую маркировку из 5 полос. У нас: 2, 7, 2, 100, 1%, тогда: 272*100=27200 Ом или 27,2 кОм с допуском в 1%.

У резисторов из 3 полос цветовая маркировка производится по такой логике:

- 1 полоса – единицы;
- 2 полоса – сотни;
- 3 полоса – множитель.

Точность таких компонентов равна 20%.

Расшифровать цветовое обозначение можно с помощью программ: ElectroDroid, она доступна для Android в Play Market, в её бесплатной версии есть данная функция.

Маркировка SMD резисторов

В современной электронике один из ключевых факторов при разработке устройства – его миниатюризация. Этим вызвано создание безвыводных элементов. SMD-компоненты отличаются малыми размерами, за счет их безвыводной конструкции. Дословная расшифровка с переводом обозначает «устройство для поверхностного монтажа», они и монтируются на поверхность печатной платы.

Рисунок 3.4. SMD резистор.

Если на SMD-резисторе нанесено 3 цифры тогда расшифровка производится следующим образом: XYZ, где X и Y – это первые две цифры номинала, а Z количество нолей. Рассмотрим на примере.

47 * 1000 = 47 КОм

Возможно обозначение 4-мя цифрами, тогда всё таким же образом, только первые три цифры, это сотни, десятки и единицы, а последняя – нули.

470 * 100 = 47 КОм

Если в маркировку введены буквы, то расшифровка подобна отечественным резисторам МЛТ.

0.47 * 1 = 0.47 Ом

И целые отделяются от дробных значений.

4R7
= 4.7 Ом

В случае, когда используется буквенно-цифровая кодировка, резисторы расшифровываются по таблицам.

01C

При этом буквой обозначается множитель. В таблице, что приведена ниже, они обведены красным цветом (таблица 3.6).

Исходя из таблицы 3.6, шифр 01C значит:

- 01 = 100 Ом;
- C – множитель 10^2, это 100;
- 100*100 = 10000 Ом или 10 кОм.

Такой вариант обозначений называется EIA-96.

Таблица 3.6. Маркировка SMD резисторов.

Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение
01	100	13	133	25	178	37	237
02	102	14	137	26	182	38	243
03	105	15	140	27	187	39	249
04	107	16	143	28	191	40	255
05	110	17	147	29	196	41	261
06	113	18	150	30	200	42	267
07	115	19	154	31	205	43	274
08	118	20	158	32	210	44	280
09	121	21	162	33	215	45	287
10	124	22	165	34	221	46	294
11	127	23	169	35	226	47	301
12	130	24	174	36	232	48	309
S	10^{-2}	R	10^{-1}	A	10^{0}	B	10^{+1}
Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение
49	316	61	422	73	562	85	750
50	324	62	432	74	576	86	768
51	332	63	442	75	590	87	787
52	340	64	453	76	604	88	806
53	348	65	464	77	619	89	825
54	357	66	475	78	634	90	845
55	365	67	487	79	649	91	866
56	374	68	499	80	665	92	887
57	383	69	511	81	681	93	909
58	392	70	523	82	698	94	931
59	402	71	536	83	715	95	953
60	412	72	549	84	732	96	976
C	10^{+2}	D	10^{+3}	E	10^{+4}	F	10^{+5}

2.2. Конденсаторы

Электрический конденсатор — это элемент электрической цепи, предназначенный для использования его емкости. Конденсатор представляет собой систему из двух электродов (обкладок), разделенных диэлектриком, и обладает способностью накапливать электрическую энергию.

Емкость конденсатора — электрическая емкость между электродами конденсатора, определяемая отношением накапливаемого в нем электрического заряда к приложенному напряжению. Емкость конденсатора зависит от материала диэлектрика, формы и взаимного расположения электродов $C=q/U$, где C—емкость, Ф; q— заряд, Кл; U — разность потенциалов на обкладках конденсатора, В.

В основу классификации конденсаторов положено деление их на группы по виду применяемого диэлектрика и по конструктивным особенностям, определяющим использование их в конкретных цепях аппаратуры.

Вид диэлектрика определяет основные электрические параметры конденсаторов: сопротивление изоляции, стабильность емкости, величину потерь и др. Конструктивные особенности определяют характерные области применения: помехоподавляющие, подстроечные, дозиметрические, импульсные и др.

<u>По виду диэлектрика различают:</u>

- Конденсаторы вакуумные.
- Конденсаторы с газообразным диэлектриком.
- Конденсаторы с жидким диэлектриком.
- Конденсаторы с твёрдым неорганическим диэлектриком: стеклянные (стеклоэмалевые, стеклокерамические, стеклоплёночные), слюдяные, керамические, тонкослойные из неорганических плёнок.
- Конденсаторы с твёрдым органическим диэлектриком: бумажные, металлобумажные, плёночные, комбинированные — бумажноплёночные, тонкослойные из органических синтетических плёнок.
- Электролитические и оксидно-полупроводниковые конденсаторы.
- Твердотельные конденсаторы.

<u>По возможности изменения ёмкости:</u>

- Постоянные конденсаторы — основной класс конденсаторов, не меняющие своей ёмкости (кроме как в течение срока службы).
- Переменные конденсаторы — конденсаторы, которые допускают изменение ёмкости в процессе функционирования аппаратуры. Управление ёмкостью может осуществляться механически, электрическим напряжением (вариконды, варикапы) и температурой (термоконденсаторы). Применяются, например, в радиоприёмниках для перестройки частоты резонансного контура.
- Подстроечные конденсаторы — конденсаторы, ёмкость которых изменяется при разовой или периодической регулировке и не изменяется в процессе функционирования аппаратуры.

В России для условных графических обозначений конденсаторов на схемах рекомендуется использовать ГОСТ 2.728-74 (см таблицу 3.7).

Таблица 3.7. Обозначение и описание конденсаторов.

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	**Описание**
	Конденсатор постоянной ёмкости
	Поляризованный (полярный) конденсатор
	Подстроечный конденсатор переменной ёмкости
	Варикап

Маркировка конденсаторов

Маркировка конденсаторов включает в себя следующее:

- собственно, емкость – основная характеристика;
- максимально допустимое значение напряжения;
- температурный коэффициент емкости;
- допустимое отклонение емкости от номинального значения;
- полярность;
- год выпуска.

Максимальное значение напряжения важно тем, что при превышении его значения происходят необратимые изменения в элементе, вплоть до его разрушения.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) характеризует изменение ёмкости при колебаниях температуры окружающей среды или корпуса элемента. Данный параметр крайне важен, когда конденсатор используется в частотозадающих цепях или в качестве элемента фильтра.

Допустимое отклонение означает точность, с которой возможно отклонение номинальной емкости конденсаторов.

Полярность подключения в основном характерна для электролитических конденсаторов. Несоблюдение полярности включения, в лучшем случае, приведет к тому, что реальная ёмкость элемента будет сильно занижена, а в реальности элемент практически мгновенно выйдет из строя из-за механического разрушения в результате перегрева или электрического пробоя.

Наибольшее отличие в принципах маркировки конденсаторов наблюдается в радиоэлементах, выпущенных за рубежом и предприятиями на постсоветском пространстве. Все предприятия бывшего СССР и те, что продолжают работать сейчас, кодируют выпускаемую продукцию по единому стандарту с небольшими отличиями.

Маркировка отечественных конденсаторов

Многие отечественные радиоэлементы отличаются максимально полной маркировкой, при чтении которой можно почерпнуть большинство возможных характеристик элемента.

Емкость

На первом месте стоит основная характеристика – электрическая емкость. Она имеет буквенно-цифровое обозначение. Для букв применяются следующие символы латинского, греческого или русского алфавита:

- p или П – пикофарада, 1 pF = 10-3 nF = 10-6 μF = 10-9 mF = 10-12 F;
- n или Н – нанофарада, 1 nF = 10-3 μF = 10-6 mF = 10-9 F;
- μ или М – микрофарада, 1 μF = 10-3 mF = 10-6 F;
- m или И – миллифарада, 1 mF = 10-3 F;
- F или Ф – фарада.

Буква, обозначающая величину, ставится на месте запятой в дробном обозначении. Например:

- 2n2 = 2.2 нанофарад или 2200 пикофарад;
- 68n = 68 нанофарад или 0,068 микрофарад;
- 680n или µ68 = 0.68 микрофарад.

Номиналы конденсаторов в пикофарадах или микрофарадах могут не иметь буквенных обозначений. К примеру, 2200 может обозначать как 2200 pF так и 2200 µF. Здесь на помощь приходят габариты конденсатора и здравый смысл.

Рисунок 3.5. Пример обозначения

Обозначение емкости в миллифарадах встречается крайне редко, а такая величина как фарада является очень большой и также не имеет особого распространения.

Допустимое отклонение

Значения ёмкостей, указанные на корпусе, не всегда соответствует реальному значению. Это отклонение характеризует точность изготовления детали и определения его номинала. Величина разброса параметров может быть от тысячных долей процента у прецизионных деталей до десятков процентов у электролитических конденсаторов, предназначенных для фильтрации пульсаций в цепях питания, где точные цифры не имеют особого значения.

Величина допустимого отклонения обозначается буквами латинского алфавита или русскими буквами у радиодеталей старых годов выпуска.

Температурный коэффициент емкости

Маркировка ТКЕ довольно сложна, а поскольку данная величина критична в основном для малогабаритных элементов времязадающих цепей, то возможна как цветная кодировка, так и использование

буквенных обозначений или комбинации обоих типов. Таблица возможных вариантов значений встречается в любом справочнике по отечественным радиокомпонентам.

Многие керамические конденсаторы, как и плёночные, имеют определенные нюансы в маркировке ТКЕ. Данные случаи оговариваются ГОСТами на соответствующие элементы.

Номинальное напряжение

Напряжение, при котором сохраняется работоспособность элемента с сохранением характеристик в заданных пределах, называется номинальным (рис. 3.6). Обычно обозначается верхний порог номинального напряжения, превышать который запрещается ввиду возможного выхода элемента из строя.

В зависимости от габаритов, возможны варианты как цифрового, так и буквенного обозначения номинального напряжения. Если позволяют габариты корпуса, то напряжение до 800 В обозначается в единицах вольт с символом V (или В для старых конденсаторов) или без него. Более высокие значения наносятся на корпус в виде единиц киловольт с обозначением символами kV или кВ.

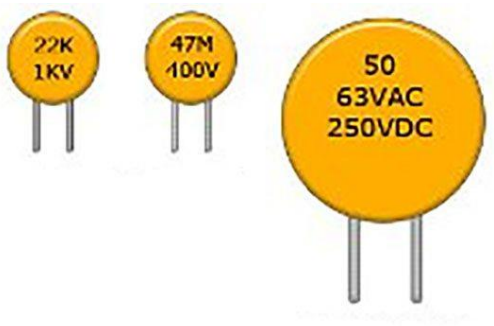


Рисунок 3.6. Пример обозначения напряжения

Малогабаритные конденсаторы имеют кодированное буквенное обозначение напряжения, для чего используются буквы латинского алфавита, каждая из которых соответствует определенной величине напряжения.

Год и месяц выпуска

Дата производства также имеет буквенное обозначение. Каждому году соответствует буква латинского алфавита. Месяцы с января по

сентябрь обозначаются цифрой, соответственно, от 1 до 9, октябрю соответствует 0, ноябрю буква N, декабрю – D.

Кодированное обозначение года выпуска одинаково с другими радиоэлементами.

Расположение маркировки на корпусе

Маркировка керамических конденсаторов в первой строке на корпусе имеет значение емкости. В той же строке без каких-либо разделительных знаков или, если не позволяют габариты, под обозначением емкости наносится значение допуска.

Подобным же методом наносится маркировка пленочных конденсаторов (рис. 3.7).

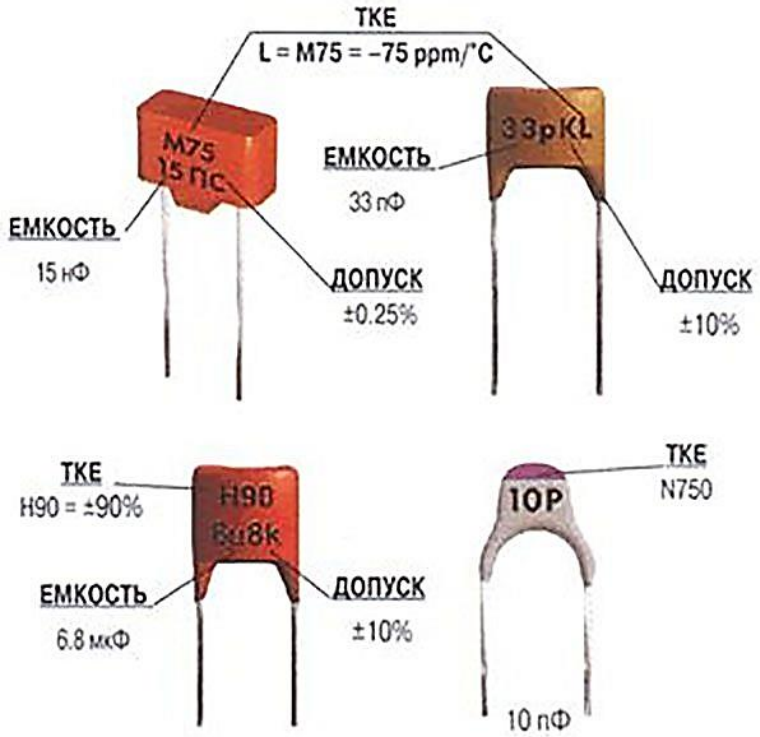


Рисунок 3.7. Пример маркировки различных характеристик

Дальнейшее расположение элементов регламентируется ГОСТ или ТУ на каждый конкретный тип элементов.

Цветовая маркировка отечественных радиоэлементов.

С распространением линий автоматического монтажа нашла применение цветовая маркировка конденсаторов. Наибольшее

распространение получила четырехцветная маркировка при помощи цветных полос.

Первые две полосы означают номинальную емкость в пикофарадах и множитель, третья полоса – допустимое отклонение, четвертая – номинальное напряжение. Например, на корпусе имеется желтая, голубая, зеленая и фиолетовая полосы. Следовательно, элемент имеет такие характеристики: емкость – 22*106 пикофарад (22 μF), допустимое отклонение от номинала – ±5%, номинальное напряжение – 50 В (рис. 3.8).

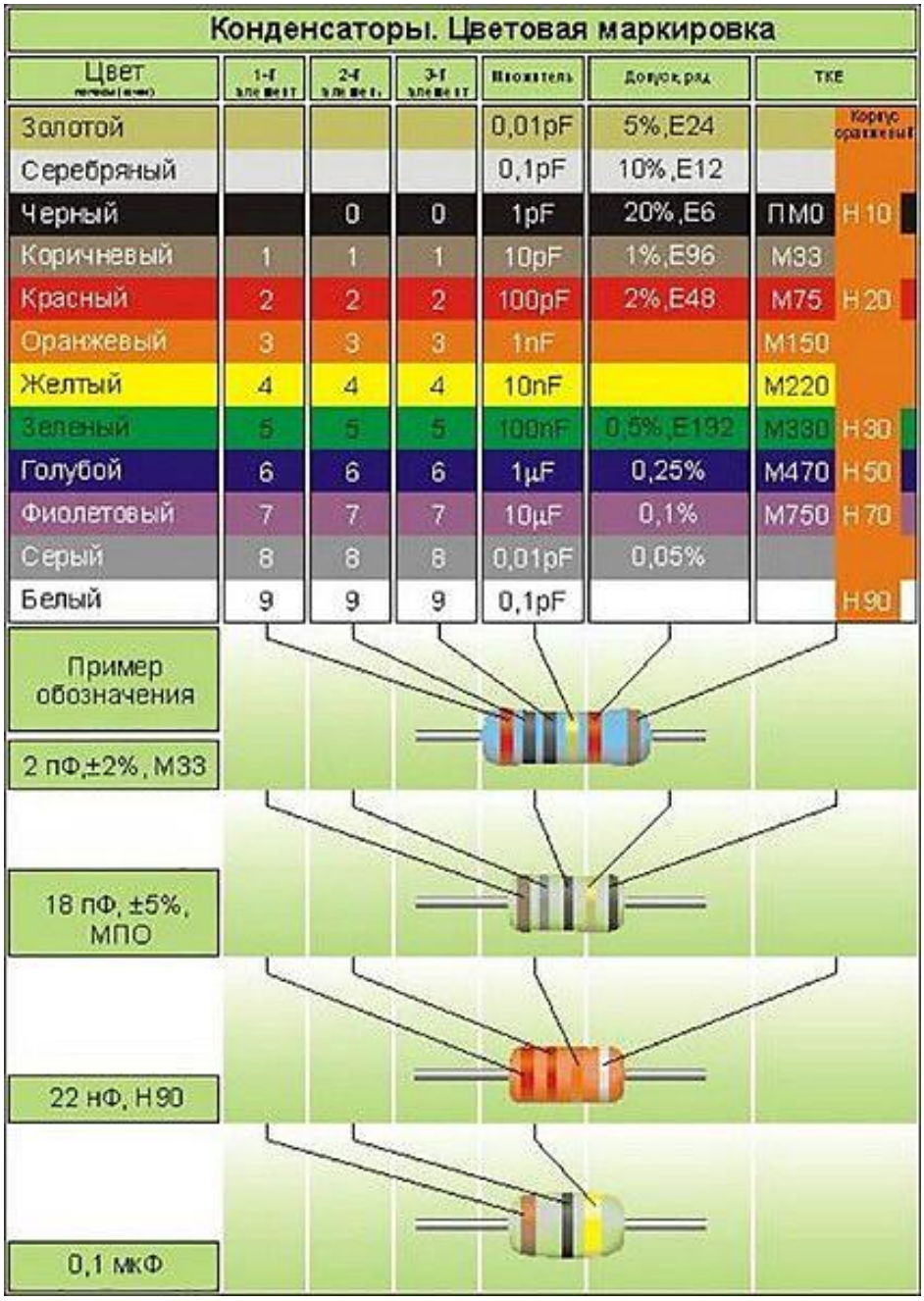


Рисунок 3.8. Цветовая маркировка

Первая цветная полоса (в данном случае, которая имеет желтый цвет) делается более широкой или располагается ближе к одному из выводов. Также следует ориентироваться по цвету крайних полос. Такой цвет, как серебряный, золотой и черный, не может быть первым, поскольку обозначает множитель или ТКЕ.

Маркировка конденсаторов импортного производства

Для обозначения импортных, а в последние годы и отечественных радиоэлементов приняты рекомендации стандарта IEC, согласно которому на корпусе радиоэлемента наносится кодовая маркировка из трех цифр. Первые две цифры кода обозначают емкость в пикофарадах, третья цифра – число нулей. Например, цифры 476 означают емкость 47000000 pF (47 μF). Если емкость меньше 1 pF, то первая цифра 0, а символ R ставится вместо запятой. Например, 0R5 – 0,5 pF (рис.3.9).

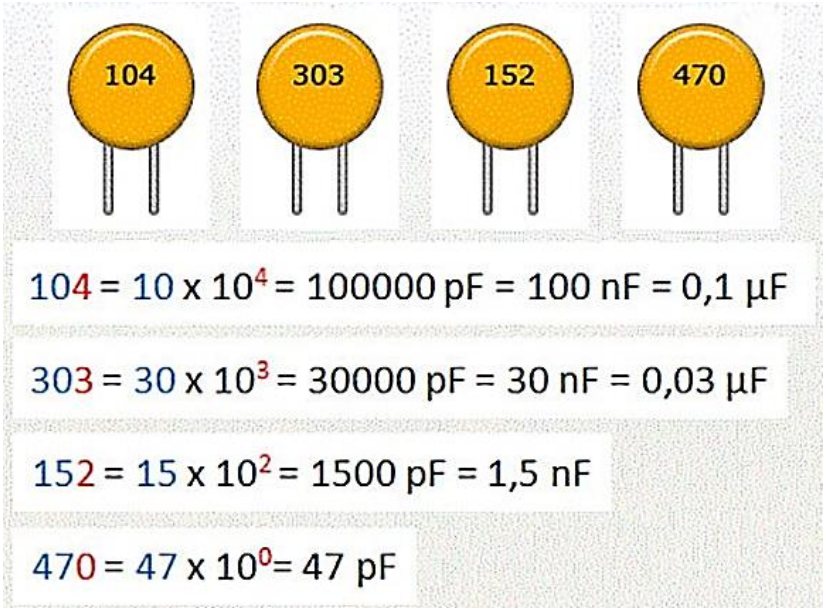


Рисунок 3.9. Трехзначная кодировка

Для высокоточных деталей применяется четырехзнаковая кодировка, где первые три знака определяют емкость, а четвертый – количество нулей. Обозначение допуска, напряжения и прочих характеристик определяется фирмой-производителем.

Цветовая маркировка импортных конденсаторов

Цветовое обозначение конденсаторов строится по тому же принципу, что и у резисторов. Первые две полосы означают емкость в

пикофарадах, третья полоса – количество нулей, четвертая – допустимое отклонение, пятая – номинальное напряжение. Полос может быть и меньше, если нет необходимости в обозначении напряжения или допуска. Первая полоса делается шире или у одного из выводов. Синие цвета отсутствуют. Вместо них используются голубые полосы. Две соседние полосы одинакового цвета могут не иметь между собой промежутка, сливаясь в широкую полосу.

На корпусе конденсатора, слева — направо, или сверху — вниз наносятся цветные полоски. Как правило, номинал емкости оказывается закодирован первыми тремя полосками. Каждому цвету, в первых двух полосках,соответствует своя цифра: черный — цифра 0; коричневый — 1; красный — 2; оранжевый — 3; желтый — 4; зеленый — 5; голубой — 6; фиолетовый — 7; серый — 8; белый — 9. Таким образом, если например, первая полоска коричневая а вторая желтая, то это соответствует числу - 14. Но это число не будет величиной номинальной емкости конденсатора, его еще необходимо умножить на множитель, закодированный третьей полоской.

В третьей полоске цвета имеют следующие значение: оранжевый — 1000; желтый — 10000; зеленый — 100000. Допустим, что цвет третьей полоски нашего конденсатора — желтый. Умножаем 14 на 10000, получаем емкость в пикофарадах -140000, иначе, 140 нанофарад или 0,14 микрофарад. Четвертая полоска обозначает допустимые отклонения от номинала емкости(точность), в процентах: белый — ± 10 %; черный — ± 20%. Пятая полоска — номинальное рабочее напряжение. Красный цвет — 250 Вольт, желтый — 400 (рис 3.10)..

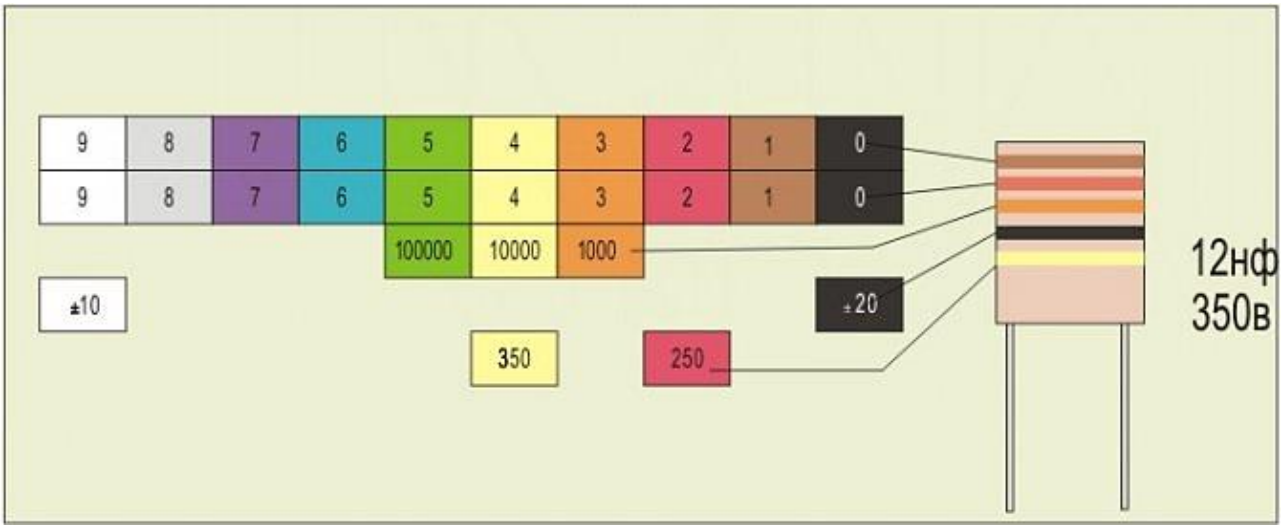


Рисунок 3.10. Маркировка керамических конденсаторов

Маркировка SMD компонентов

SMD компоненты для поверхностного монтажа имеют очень малые размеры, поэтому для них разработана сокращенная буквенно-цифровая кодировка. Буква означает значение емкости в пикофарадах, цифра – множитель в виде степени десяти, например G4 – 1.8*105 пикофарад (180 nF). Если спереди две буквы, то первая означает производителя компонента или рабочее напряжение (рис 3.11).

Рисунок 3.11. Маркировка SMD

Электролитические конденсаторы SMD могут иметь на корпусе значение основного параметра в виде десятичной дроби, где вместо точки может быть вставлен символ μ (напряжение обозначается буквой V (5V5 – 5.5 вольт) или могут иметь кодированное значение, зависящее от производителя. Положительный вывод обозначается полосой на корпусе.

Маркировка конденсаторов имеет большое число вариантов. Особенно этим отличаются импортные конденсаторы. Часто можно встретить малогабаритные элементы, которые вовсе не имеют каких-либо обозначений.

Определить параметры можно только непосредственным измерением или, глядя на обозначение конденсаторов на электрической схеме. Произведенные разными фирмами радиоэлементы могут иметь схожие обозначения, но различные параметры. Здесь расшифровка обозначений должна базироваться на том, какой производитель выпускает преимущественное количество подобных элементов в конкретном устройстве

2.3 Диоды

Под диодом обычно понимают электровакуумные или полупроводниковые приборы, которые пропускают переменный электрический ток только в одном направлении и имеют два контакта для включения в электрическую цепь. Односторонняя проводимость диода является его основным свойством. Это свойство и определяет назначение диода:

- преобразование высокочастотных модулированных колебаний в токи звуковой частоты (детектирование);
- выпрямление переменного тока в постоянный.

Под детектированием понимают еще кроме этого обнаружение сигнала.

Классификация диодов:

По исходному полупроводниковому материалу диоды делят на четыре группы:

- германиевые,
- кремниевые,
- из арсенида галлия,
- из фосфида индия.

Германиевые диоды используются широко в транзисторных приемниках, так как имеют выше коэффициент передачи, чем кремниевые.

Это связано с их большей проводимостью при небольшом напряжении (около 0,1...0,2 В) сигнала высокой частоты на входе детектора и сравнительно малом сопротивлении нагрузки (5...30 кОм).

По конструктивно-технологическому признаку различают диоды:

- точечные,
- плоскостные.

По назначению полупроводниковые диоды делят на следующие основные группы:

- выпрямительные,
- универсальные,
- импульсные,
- варикапы,
- стабилитроны (опорные диоды),
- стабисторы,

- туннельные диоды,
- обращенные диоды,
- лавинно-пролетные (ЛПД),
- тиристоры,
- фотодиоды, светодиоды и оптроны.

Диоды характеризуются такими основными электрическими параметрами:

- током, проходящим через диод в прямом направлении (прямой ток Iпр);
- током, проходящим через диод в обратном направлении (обратный ток Iобр);
- наибольшим допустимым выпрямленным ТОКОМ Iвыпр.макс;
- наибольшим допустимым прямым током Iпр.доп.;
- прямым напряжением Unp;
- обратным напряжением иобР;
- наибольшим допустимым обратным напряжением иобр.макс
- емкостью Сд между выводами диода;
- габаритами и диапазоном рабочих температур.

Старая система обозначений

В соответствии с системой обозначений, разработанной до 1964 г., сокращенное обозначение диодов состояло из двух или трех элементов.

Первый элемент буквенный, Д — диод.

Второй элемент — номер, соответствующий типу диода: 1...100 — точечные германиевые, 101...200— точечные кремниевые, 201...300 — плоскостные кремниевые, 801...900 — стабилитроны, 901...950 — варикапы, 1001...1100 — выпрямительные столбы. Третий элемент — буква, указывающая разновидность прибора. Этот элемент может отсутствовать, если разновидностей диода нет.

В настоящее время существует система обозначений, соответствующая ГОСТ 10862-72. В новой, как и в старой системе, принято следующее разделение на группы по предельной (граничной) частоте усиления (передачи тока) на:

- низкочастотные НЧ (до 3 МГц),
- средней частоты СЧ (от 3 до 30 МГц),
- высокочастотные ВЧ (свыше 30 МГц),
- сверхвысокочастотные СВЧ;

По рассеиваемой мощности:

- маломощные (до 0,3 Вт),
- средней мощности (от 0,3 до 1,5 Вт),
- большой (свыше 1,5 Вт) мощности.

Новая система обозначений

Новая система маркировки диодов более совершенна. Она состоит из четырех элементов.

Первый элемент (буква или цифра) указывает исходный полупроводниковый материал, из которого изготовлен диод: Г или 1 — *германий** К или 2 — *кремний*, А или 3 — *арсенид галлия*, И или 4 — фосфид индия.

Второй элемент — буква, показывающая класс или группу диода.

Третий элемент — число, определяющее назначение или электрические свойства диода.

Четвертый элемент указывает порядковый номер технологической разработки диода и обозначается от А до Я.

Например:

- диод КД202А расшифровывается: К — материал, кремний, Д — диод выпрямительный, 202 — назначение и номер разработки, А — разновидность;
- 2С920 — кремниевый стабилитрон большой мощности разновидности типа А;
- АИ301Б — арсенид галлиевый туннельный диод переключающей разновидности типа Б.

Иногда встречаются диоды, обозначенные по устаревшим системам: ДГ-Ц21, Д7А, Д226Б, Д18. Диоды Д7 отличаются от диодов ДГ-Ц цельнометаллической конструкцией корпуса, вследствие чего они надежнее работают во влажной атмосфере.

Германиевые диоды типа ДГ-Ц21...ДГ-Ц27 и близкие к ним по характеристикам диоды Д7А...Д7Ж обычно используют в выпрямителях для питания радиоаппаратуры от сети переменного тока.

В условное обозначение диода не всегда входят некоторые технические данные, поэтому их необходимо искать в справочниках по полупроводниковым приборам.

Одним из исключений является обозначение для некоторых диодов с буквами КС или цифрой вместо К (например, 2С) — кремниевые стабилитроны и стабисторы.

После этих обозначений стоит три цифры, если это первые цифры: 1 или 4, то взяв последние две цифры и разделив их на 10 получим напряжение стабилизации Uст.

Например:

- КС107А — стабистор, Uст = 0,7 В,
- 2С133А — стабилитрон, Uст = 3,3 В.

Если первая цифра 2 или 5, то последние две цифры показывают Uст, например:

- КС 213Б — Uст = 13 В,
- 2С 291А — Uст = 91 В.

Если цифра 6, то к последним двум цифрам нужно прибавить 100 В, например: КС 680А - Uст = 180 В.

Маркировка диодов

Диоды считаются «клапанами» в электрической цепи. Это двухконтактный полупроводниковый элемент с двумя активными электродами, анодом и катодом, между которыми ток может протекать только однонаправленно. Применяются в различных электросхемах, где требуется односторонний эффект диода. Для изготовления приборов чаще всего применяется кремний, германий.

Типы диодов

Основанные на одном принципе действия диоды не одинаковы по способу функционирования. Известно несколько типов приборов, которые различаются обозначениями на схеме, а также внешним видом:

1. Светодиоды (LED). Когда этот элемент позволяет передавать ток между электродами, генерируется свет. Цветовой спектр зависит от энергетической щели полупроводника;
2. Лавинный диод. Работает в обратном смещении и использует лавинный эффект. Так как лавинным процессом достигается высокая степень чувствительности, применяется для фотодетекции и в других схемах;
3. Лазерный диод. Отличается от светодиода тем, что генерирует когерентный свет. Используется в лазерных указателях, CD и DVD проигрывателях;
4. Диоды Шоттки. Имеют низкое падение напряжения в прямом направлении по сравнению с кремниевыми диодами (0,15-0,4 В по

сравнению с 0,6 В для кремниевых диодов). Они построены на контакте металла с полупроводником;

5. Зенеровский диод. Обеспечивает стабильное опорное напряжение;

6. Фотодиод. Используется для детекции света. Применяется также в фотометрии и при генерации электроэнергии в солнечных элементах;

7. Варикап. Действует как конденсатор, емкость которого меняется в зависимости от приложенного обратного напряжения;

8. Выпрямительные диоды;

9. Диоды Ганна. Выполнены из материалов GaAs или InP и имеют отрицательный диапазон дифференциального сопротивления;

10. Тиристоры, или управляемые диоды. Обладают тремя выводными контактами.

Существуют и другие разновидности диодных элементов: точечные, сигнальные, туннельные, легированные золотом и т.д.

Конструктивно диоды выполняются в металлических, стеклянных, пластиковых или керамических корпусах. Каждый диод имеет свои технические параметры по току, напряжению, температурам и т.д. Для идентификации элементов служат специальные обозначения.

Маркировка отечественных диодов

Российские и советские приборы имеют закодированную цветовую надпись, состоящую из полосок и точек, расшифровку которой можно отыскать в справочниках (табл. 3.7). По ней можно понять материал изготовления, предназначение элемента и его эксплуатационные характеристики.

Таблица 3.7. Маркировка отечественных резисторов.

Тип элемента	Метка у выводов катода	Метка у выводов анода
Д818Б	Черная метка на торце корпуса + желтое кольцо	—
Д818В	Черная метка на торце корпуса + голубое кольцо	—
Д818Г	Черная метка на торце корпуса + зеленое кольцо	—
Д818Д	Черная метка на торце корпуса + серое кольцо	—
Д818Е	Черная метка на торце корпуса + оранжевое кольцо	—
КС107А	Серая метка на торце корпуса + красное кольцо	—
КС126А	Красное широкое + фиолетовое узкое + белое узкое кольца	—
КС126Б	Оранжевое широкое + черное узкое + белое узкое кольца	—
КС126В	Оранжевое широкое + оранжевое широкое + белое узкое кольца	—
КС126Г	Оранжевое широкое + белое узкое + белое узкое кольца	—
КС126Д	Желтое широкое + фиолетовое узкое + белое узкое кольца	—
КС126Е	Зеленое широкое + голубое узкое + белое узкое кольца	—
КС126Ж	Голубое широкое + красное узкое + белое узкое кольца	—
КС126И	Голубое широкое + серое узкое + белое узкое кольца	—
КС126К	Фиолетовое узкое + зеленое узкое + белое узкое кольца	—
КС126Л	Серое широкое + красное узкое + белое узкое кольца	—
КС126М	Белое широкое + коричневое узкое + белое узкое кольца	—
КС207А	Коричневое широкое + черное узкое + черное узкое кольца	—
КС207Б	Коричневое широкое + коричневое узкое + черное узкое кольца	—
КС207В	Коричневое широкое + красное узкое + черное узкое кольца	—

Цветовые обозначения отечественных диодов

В свою очередь, каждому сочетанию цветовых символов соответствует код из букв и цифр (ГОСТ 20859.1-89). Цветовая маркировка диодов вместе с буквенным кодом занесена в таблицу. Частично код из букв и цифр можно понять сразу, остальные параметры сгруппированы в других таблицах.

Например, в таблице указано, что фиолетовая полоса со стороны катода обозначает КД243А:

- буква «К» означает, что элемент произведен из кремния, вместо буквы для кремния может быть цифра 1;
- Д – указывает на выпрямительный диод, может быть стабилитрон (С), варикап (В), туннельный диод (И) и др.;
- 2 – эксплуатационные характеристики (в данном случае предназначен для тока 0,3-10 А);
- 43 – номер, под которым разработан прибор;
- А – класс группы элементов, произведенных с использованием общей технологии.

Рисунок 3.12. Расшифровка кода из букв и цифр

Диоды иностранных производителей

Маркировка диода, произведенного вне России, производится также с помощью определенной цветовой разметки, обозначающей буквенные и цифровые коды, прочитать которые можно по таблице. Применяется два основных стандарта:

- JEDEC (американский);
- PRO-ELECTRON (европейский).

В европейском стандарте, подобно российскому, первый символ указывает на применяемый материал, далее сообщается о типе и предназначении элемента и затем о номере серии. По этому номеру можно понять, применяется ли диод в общеупотребительных устройствах (от 100 до 999) либо производится для установки в специальной схеме, тогда используется буквенный символ и двухразрядное число (например, A96) (рис.3.13).

1 элемент	2 элемент	3 элемент	4 элемент
Буква - код материала: A - германий B - кремний C - арсенид галлия R - сульфид кадмия	Буква - тип прибора: A - детекторный, смесительный диод B - варикап C - маломощный низкочастотный транзистор D - мощный низкочастотный транзистор E - туннельный диод F - маломощный высокочастотный транзистор G - несколько приборов в одном корпусе H - магнитодиод K - генераторы Холла L - мощный высокочастотный транзистор M - модуляторы и умножители Холла P - фотодиод, фототранзистор Q - излучающие приборы R - прибор, работающий в области пробоя S - маломощный переключающий транзистор T - мощный регулирующий или переключающий прибор U - мощный переключающий транзистор X - умножительный диод Y - мощный выпрямительный диод Z - стабилитрон	Серийный номер: 100-999 приборы общего применения Z10...A99 приборы для промышленного и специального применения	Буква: модификации прибора

Рисунок 3.13. Расшифровка символов европейской системы

Все сводится в таблицы, и идентифицировать любой диод не представляет сложности (рис. 3.14).

Диоды. Цветовая маркировка по европейской системе PRO ELECTRON				
Цвет полосы (точки)	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	4-ый элемент
Золотой				
Серебряный				
Черный	AA	X		0
Коричневый			1	1
Красный	BA	S	2	2
Оранжевый			3	3
Желтый		T	4	4
Зеленый		V	5	5
Голубой		W	6	6
Фиолетовый			7	7
Серый		Y	8	8
Белый		Z	9	9
Пример обозначения				
BAT85				

Рисунок 3.14.Европейский стандарт PRO-ELECTRON

Расположение катодного вывода всегда надо искать там, где нанесены широкие полоски.

SMD-диоды

SMD – это устройства для поверхностного монтажа, электронные компоненты микроскопических размеров, припаянные к медной стороне платы и не имеющие длинных соединительных выводов. Часто маркировку нанести на него невозможно, так как нет для этого места. Если размер чуть больше, на элемент наносятся цифры или буквы (рис. 3.15). Некоторые справочные данные можно найти в различных таблицах, но они являются неполными, не всегда можно найти нужный элемент.

Jedec	Eiaj	Philips Siemens Cents Maxim	Rohm	Sanyo	Hitachi	Motorola	Toshiba Kec
TO-236	SC-59	SOT-346	SMD/T3		MPAK2	SC-59	S-MINI
TO-236AB		SOT/SOD-23	SSD/T3	CP		SOT-23	
TO-243AA	SC-62	SOT-89A	MPT3		UPAK		PW-MINI
TO-243AB		SOT-89B					
TO-252-3	SC-63		CPT3				
TO-253		SOT-143	SMD/T4			SOT143	
TO-253	SOT-143R						
		SOD-123				SOD-123	
		SOD-323	UMD2				USC
		SOT-343					
		SOT-343R			CMPAK		
		SOT-87					
	SC-70	SOT-323	UMD/T3	MCP	CMPAK	SOT-323	USM
	SC-74		SMD/T6				SM6
	SC-74A		SMD/T5				SMV
	SC-75A	SOT-416	EMD/T3				SSM
	SC-79	SOD-523	EMD2				
	SC-82		UMD/T4				
	SC-88	SOT-363	UMD/T6				US6
	SC-88A	SOT-353	UMD/T5				USV

Рисунок 3.15.Соответствие размеров и типов SMD-диодов

Полярность SMD-диода

У радиолюбителей иногда вызывает трудность правильное определение полюсов элемента SMD.

Варианты обозначения полярности:

1. Часто встречается треугольник, вершина которого указывает на катод. Упрощенно этот же символ представляется горизонтальной линией с выступом, обращенным к катоду;

2. Если обозначена только одна полоса, она находится на отрицательном полюсе;

3. У устройств PLLC (в белом пластиковом покрытии) имеется паз на стороне катода.

Из представленных на рисунке 3.16 SMD-диодов крайний правый диод не подходит ни под одно описание. В таком случае помогает только просмотр в листе данных.

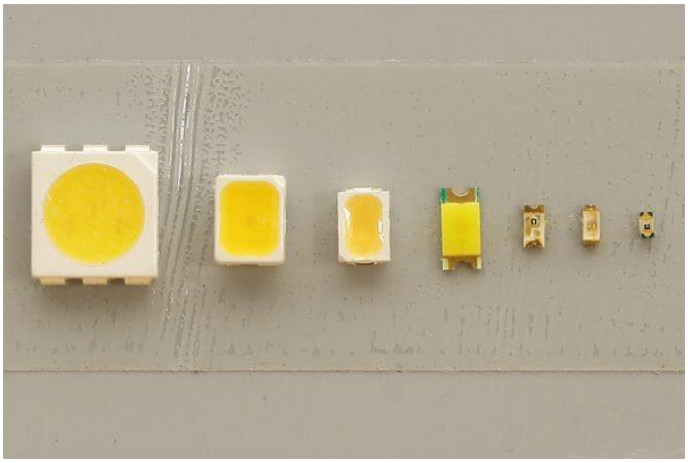


Рисунок 3.16.Определение полярности SMD-диода

Маркировка светодиодов

Светодиод используется в полупроводниковых оптоэлектронных устройствах, имеющих излучение в диапазоне видимых, инфракрасных и ультрафиолетовых лучей.

Наиболее распространенные разновидности SMD светодиода:

1. RGB-LED. Многоцветный диод, имеющий структуры, позволяющие генерировать три основных цвета (R – красный, G – зеленый, B – синий). Смешивая эти цвета, можно получить любой спектр;

2. Warm White LED – теплый белый. Цветовая температура находится ниже 3300 К;

3. Нейтральный белый с цветовой температурой в диапазоне 3300-5300 К;

4. Холодный белый диод с температурой цвета выше 5300 К.

Цифровые символы обозначают размер диодного элемента:

1. 3528. Имеет размеры 3,5 х 2,8 мм. Это светодиод первого поколения;

2. 5050. Обладает габаритами 5,0 х 5,0 мм. Приобрел высокую популярность, благодаря хорошим параметрам;

3. 5630/5730. Размер – 5,6 х 3,0 мм. Преемник светодиода 5050. Генерирует большой световой поток. Используется для устройств с повышенной мощностью и яркостью;

4. 3014. Имеет размеры 3,0 х 1,4 мм. Не так давно появился на рынке. Небольшие размеры и высокая яркость гарантируют рост его использования;

5. 2835. Размер – 2,8 х 3,5 мм. Также продается недавно. Ярче светодиода 3014. Все чаще применяется в лампах с цоколем Е27, Е14;

6. СОВ-диод (чип на плате). Большой элемент, состоящий из маленьких. Достигает мощности до 200 Вт со световым потоком до 10000 лм. Обладает большим эксплуатационным сроком, применяется в прожекторах.

Обозначение 30 SMD, 60 SMD указывает, сколько светодиодов расположено на сегменте 1 м светодиодной ленты. В 5-метровых рулонах есть 150, 300 или 600 SMD, также и с лампочками. Надпись 16 SMD 5730 сообщает, что в лампе 16 светодиодов 5,7 х 3,0 мм.

2.4 Транзисторы

Транзи́стор (англ. transistor), полупроводнико́вый трио́д — радиоэлектронный компонент из полупроводникового материала, обычно с тремя выводами, способный от небольшого входного сигнала управлять значительным током в выходной цепи, что позволяет его использовать для усиления, генерирования, коммутации и преобразования электрических сигналов. В настоящее время транзистор является основой схемотехники подавляющего большинства электронных устройств и интегральных микросхем.

Транзисторами также называются дискретные электронные приборы, которые, выполняя функцию одиночного транзистора, имеют в своем составе много элементов, конструктивно являясь интегральной схемой, например составной транзистор или многие транзисторы большой мощности.

Транзисторы по структуре, принципу действия и параметрам делятся на два класса — биполярные и полевые (униполярные). В биполярном транзисторе используются полупроводники с обоими типами проводимости, он работает за счет взаимодействия двух, близко расположенных на кристалле, p-n переходов и управляется изменением

тока через база-эмиттерный переход, при этом вывод эмиттера всегда является общим для управляющего и выходного токов. В полевом транзисторе используется полупроводник только одного типа проводимости, расположенный в виде тонкого канала, на который воздействует электрическое поле изолированного от канала затвора, управление осуществляется изменением напряжения между затвором и истоком. Полевой транзистор, в отличие от биполярного, управляется напряжением, а не током.

При обозначении различных типов транзисторов используют буквенно-цифровой код. Первый элемент (цифра или буква) обозначает исходный полупроводниковый материал, из которого изготовлен транзистор, второй элемент (буква) определяет подкласс (группу) транзисторов, третий (цифра) – основные функциональные возможности транзистора, четвертый – число, обозначающее порядковый номер разработки технологического типа транзисторов, пятый элемент – буква – условно определяет классификацию по параметрам транзисторов, изготовляемых по единой технологии (рис. 3.17).

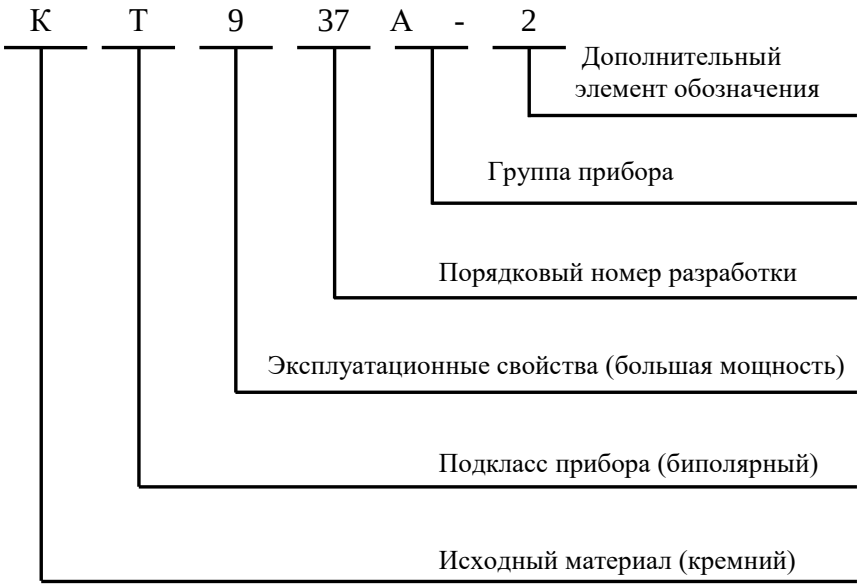


Рисунок 3.17.Схема обозначения транзисторов

Устройство и обозначение биполярного транзистора.

Схематично биполярный транзистор можно представить в виде пластины полупроводника с чередующимися областями разной электропроводности, которые образуют два p-n перехода (рис. 3.18). Причем обе крайние области обладают электропроводностью одного

типа, а средняя область электропроводностью другого типа, и где каждая из областей имеет свой контактный вывод.

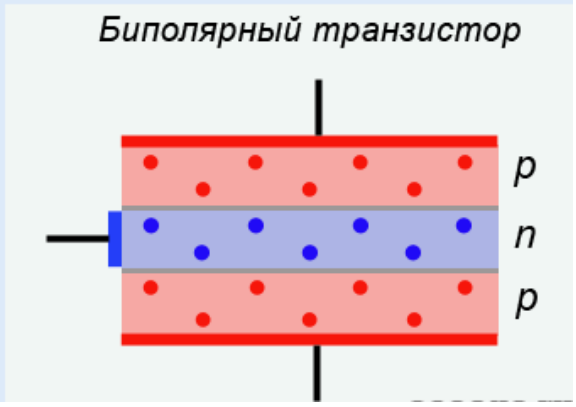


Рисунок 3.18. Схема биполярного транзистора

Если в крайних областях полупроводника преобладает дырочная электропроводность, а в средней области электронная, то такой полупроводниковый прибор называют транзистором структуры p-n-p.

А если в крайних областях преобладает электронная электропроводность, а в средней дырочная, то такой транзистор имеет структуру n-p-n (рис 3.19).

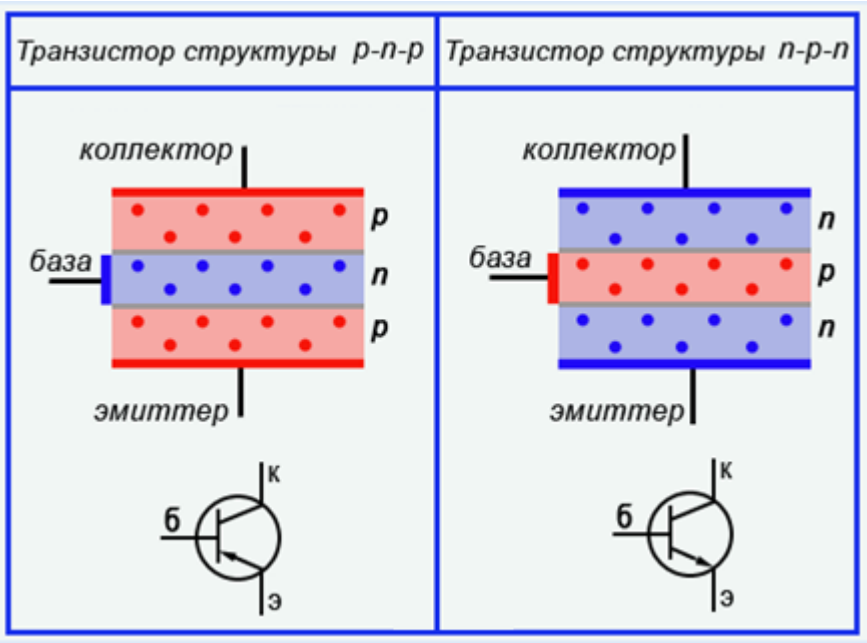


Рисунок 3.19. Структура p-n-p и n-p-n перехода

Биполярный транзистор можно представить в виде двух диодов с одной общей областью, включенных навстречу друг другу. При этом

общая (средняя) область называется базой, а примыкающие к базе области коллектором и эмиттером. Это и есть три электрода транзистора (рис. 3.20).

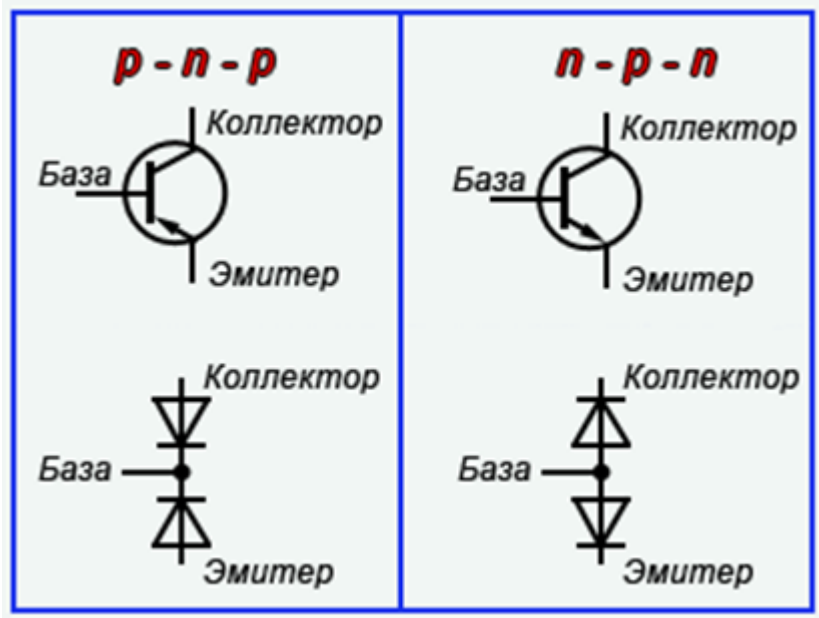


Рисунок 3.20. Структура p-n-p и n-p-n транзисторов

Примыкающие к базе области делают неодинаковыми: одну из областей изготавливают так, чтобы из нее наиболее эффективно происходил ввод (инжекция) носителей заряда в базу, а другую область делают таким-образом, чтобы в нее эффективно осуществлялся вывод (экстракция) носителей заряда из базы.

Отсюда получается:

- область транзистора, назначением которой является ввод (инжекция) носителей зарядов в базу называется эмиттером, и соответствующий p-n переход эмиттерным.

- область транзистора, назначением которой является вывод (экстракция) носителей из базы, называется коллектором, и соответствующий p-n переход коллекторным.

То есть получается, что эмиттер вводит электрические заряды в базу, а коллектор их забирает.

Различие в обозначениях транзисторов разных структур на принципиальных схемах заключается лишь в направлении стрелки эмиттера: в p-n-pтранзисторах она обращена в сторону базы, а в n-p-n транзисторах – от базы.

Маркировка биполярных транзисторов.

На сегодняшний день маркировка транзисторов, согласно которой их различают и выпускают на производствах, состоит из четырех элементов. Например: ГТ109А, ГТ328, 1Т310В, КТ203Б, КТ817А, 2Т903В.

Первый элемент — буква Г, К, А или цифра 1, 2, 3 – характеризует полупроводниковый материал и температурные условия работы транзистора.

1. Буква Г или цифра 1 присваивается германиевым транзисторам; 2. Буква К или цифра 2 присваивается кремниевым транзисторам; 3. Буква А или цифра 3 присваивается транзисторам, полупроводниковым материалом которых служит арсенид галлия.

Цифра, стоящая вместо буквы, указывает на то, что данный транзистор может работать при повышенных температурах: германий – выше 60ºС, а кремний – выше 85ºС.

Второй элемент – буква Т от начального слова «транзистор».

Третий элемент – трехзначное число от 101 до 999 – указывает порядковый заводской номер разработки и назначение транзистора. Эти параметры даны в справочнике по транзисторам.

Четвертый элемент – буква от А до К – указывает разновидность транзисторов данной серии.

Однако до сих пор еще можно встретить транзисторы, на которых стоит более ранняя система обозначения, например, П27, П213, П401, П416, МП39 и т.д. Такие транзисторы выпускались еще в 60 — 70-х годах до введения современной маркировки полупроводниковых приборов. Пусть эти транзисторы устарели, но они все еще пользуются популярностью и применяются в радиолюбительских схемах.

3. Практическая часть

Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомьтесь с информационными материалами к работе.

3.2. Из заданного набора радиоэлементов произведите сортировку сопротивлений, конденсаторов, диодов и транзисторов.

3.3. По имеющейся маркировке определите тип, параметры и номинальные значения (если они имеются на маркировке) всех заданных радиоэлементов.

3.4. У диодов и транзисторов по их рисунку определите электроды (у диодов – анод, катод; у транзисторов – эмиттер, база, коллектор).

3.5. Выполните контрольное задание преподавателя.

4. Контрольные вопросы

4.1. Дайте определение резистора и расскажите об их классификационных признаках.

4.2 Как производится маркировка резисторов и как по ней определить их параметры?

4.3 Как изображают различные типы резисторов на схемах?

4.4 Назовите основные электрические параметры резисторов.

4.5 Дайте определение конденсатора и расскажите об их классификационных признаках.

4.6 Как производится маркировка конденсаторов и как по ней определить их параметры?

4.7 Как изображают различные типы конденсаторов на схемах?

4.8 Назовите основные электрические параметры конденсаторов.

4.9 Дайте определение диода и расскажите об их классификационных признаках.

4.10 Как производится маркировка диодов и как по ней определить их параметры?

4.11 Как изображают различные типы диодов на схемах?

4.12 Назовите основные электрические параметры диодов.

4.13 Дайте определение транзистора и расскажите об их классификационных признаках.

4.14 Как производится маркировка транзисторов и как по ней определить их параметры?

4.15 Как изображают различные типы транзисторов на схемах?

4.16 Назовите основные электрические параметры транзисторов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ПРОВЕРКА ИСПРАВНОСТИ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ МУЛЬТИТЕСТЕРОМ.

1. **Цель работы:** научить студентов с помощью мультитестера в режиме измерения сопротивления определять исправность таких радиоэлементов, как резисторы, конденсаторы, диоды и транзисторы и выделять неисправности типа разрыв и короткое замыкание, а также определять выводы анода и катода в диодах и выводы коллектор, база, эмиттер в биполярных транзисторах.

Оснащение занятия:

1. Набор радиоэлементов.
2. Мультитестер.

2. Теоретические сведения

В электронных цепях биотехнических систем достаточно большую долю составляют сопротивления, конденсаторы, диоды и транзисторы, от исправности работы которых зависит работа биотехнических систем в целом [4].

Самыми распространенными неисправностями этих и ряда других радиоэлементов являются разрыв цепей и короткое замыкание. В первом случае внутри конструкции элементов при дефектах в исполнении или из-за нарушения условий эксплуатации возникает разрыв электрического контакта, сопротивление всего элемента становится очень большим и приборами, измеряющими сопротивление (омметрами), регистрируется как бесконечность. Во втором случае либо на этапе изготовления, либо в ходе неправильной эксплуатации (возникновение электрического пробоя из-за повышенных токов и(или) напряжений) возникает электрическая цепь практически с нулевым сопротивлением (короткое замыкание).

Таким образом, контролируя с помощью омметра сопротивления проверяемых радиоэлементов можно установить, по крайней мере, два типа их возможных неисправностей.

При контроле неисправности радиоэлементов с помощью мультитестеров следует учитывать, что измерение сопротивления R_X производится косвенным методом, а именно путем регистрации величины протекающего через измеряемое сопротивление тока. Схема измерительной цепи приведена на рисунке 4.1

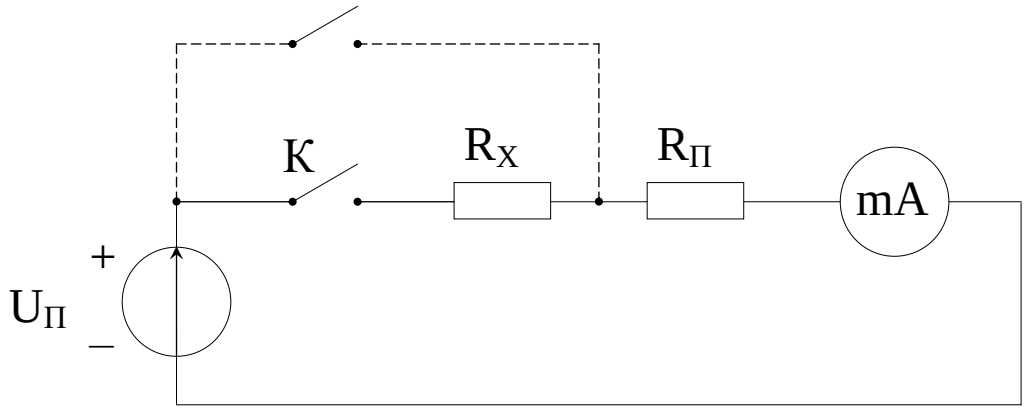


Рис. 4.1 Схема косвенного измерения сопротивления

В этой схеме измерение сопротивления осуществляется с использованием закона Ома в соответствии с выражением:

$$I = \frac{U_{\ddot{I}}}{R_{\tilde{O}} + R_{\ddot{I}}}.$$

Из этого выражения следует, что ток в измерительной цепи зависит от трех параметров $U_П$, R_X и $R_П$. В реальных приборах $U_П$ это батарейка с фиксированным напряжением. $R_П$ – сопротивление прибора, которое подбирается с тем расчетом, чтобы соответствовать измерительной шкале миллиамперметра.

Подбор сопротивления осуществляется переключателем мультитестера, на котором обозначены диапазоны измеряемого сопротивления. Когда измеряемое сопротивление R_X соответствует выбранному диапазону, точность измерение максимальна. Если $R_П$ слишком велико, стрелка прибора может показать большое сопротивление. Если $R_П$ слишком мало, стрелка прибора может показать нулевое сопротивление. После того как значение $R_П$ выбрано переключателем, оно так же зафиксировано. Причем, если замкнуть измерительные щупы между собой (пунктир на схеме 2.1), то стрелка прибора покажет нулевое сопротивление (короткое замыкание), а при включении измеряемого сопротивления R_X стрелка прибора отклонится на величину, пропорциональную R_X. Для удобства измерений шкала миллиамперметра проградуирована отдельной шкалой сопротивлений дополнительно к шкале токов и напряжений.

Рассмотрим далее подробно процесс контроля неисправности радиоэлементов мультитестером в режиме измерения сопротивлений.

Контроль исправности сопротивлений

Если номинальное значение сопротивления известно, то переключатель диапазонов измерения сопротивлений устанавливается на соответствующее деление шкалы и в случае исправного сопротивления на шкале прибора наблюдается измеряемое значение сопротивления с учетом погрешностей измерения и изготовления измеряемого резистора. При неисправности типа разрыв цепи прибор показывает бесконечное сопротивление.

При неизвестном номинальном сопротивлении контролируемого резистора измерения проводятся на всех диапазонах переключателя мультитестера.

В обоих случаях следует иметь ввиду, что если прикасаться руками к металлическим измерительным щупам мультитестера, то в контур измерения будет включено сопротивление биообъекта, что может привести к неверным результатам, особенно при больших (более 50 кОм) измеряемых сопротивлениях.

Контроль исправности конденсаторов

Известно, что исправные конденсаторы не проводят постоянный ток. Поэтому короткое замыкание между обкладками конденсатора, возникающее, например, в результате его пробоя, можно проверить мультиметром в режиме омметра. Диапазон измерений рекомендуется выбрать для небольших сопротивлений. Если конденсатор, включенный в цепь измерений (руки следует убрать с металлических контактов), исправен, он покажет бесконечное сопротивление.

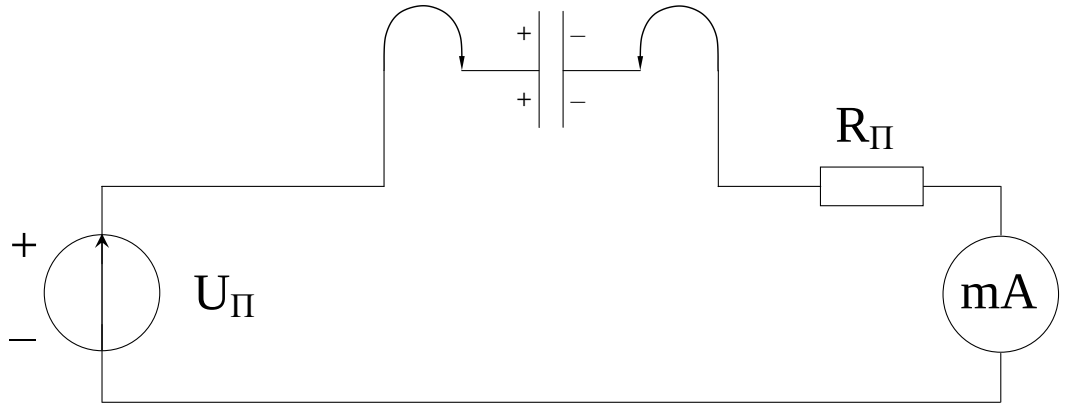


Рис. 4.2 Схема контроля неисправностей конденсатора

При измерении от батареи $U_П$ (рис. 4.2) обкладки конденсатора заряжаются. Если при этом конденсатор перевернуть и вновь включить в цепь омметра, то конденсатор начнет разряжаться и ток разряда заставит стрелку прибора отклониться, затем по мере перезаряда конденсатора она возвращается на место. Это говорит об исправности конденсатора. Но эффект отклонения стрелки будет заметен, только если конденсатор обладает достаточной емкостью (обычно от единиц микрофарад). Если конденсатор небольшой емкости, то с помощью омметра можно выявить только неисправность типа короткое замыкание. Для определения неисправности типа разрыв цепи и ряда других (например, потеря емкости) необходимо использовать специальные приборы.

Контроль исправности диодов

Наличие источника постоянного тока в мультитестере позволяет проверить работоспособность диода, который при подключении в прямом направлении проводит электрический ток, а при подключении в другом направлении его не проводит (размыкает цепь) (рис. 4.3).

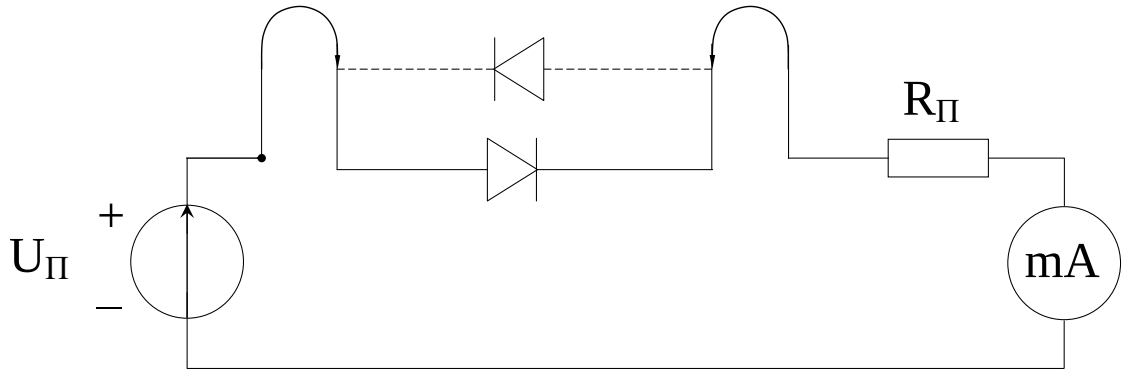


Рис. 4.3 Схема контроля диода

При включении диода в прямом направлении (плюс источника питания подключен к аноду диода) диод обладает малым сопротивлением (единицы Ом), что будет зафиксировано мультиметром. При включении в обратном направлении (пунктир на рис. 4.3) прибор покажет большое сопротивление. Это свидетельствует об исправной работе прибора.

Если при проверке диода его сопротивление мало в обоих направлениях, это говорит о неисправности типа короткое замыкание (пробой диода). Если при проверке диода его сопротивление велико (мегаомы) в обоих направлениях, это говорит о неисправности типа разрыв цепи.

Мультитестер, включенный в режим омметра, может быть использован для определения вывода диода, подключенного к аноду и(или) катоду. Для этого необходимо знать, к какому проводу мультитестера подключен, например, плюс его внутреннего источника питания. Если заранее не известно, к какой клемме мультитестера подключены выводы внутреннего источника питания, то можно проверить это с помощью диода с известным заранее расположением анода и катода относительно выводов диода, учитывая, что p-область диода соответствует его аноду (+), а n-область катоду (–).

Контроль исправности транзисторов

Одной из эквивалентных схем транзистора является его представление в виде пары встречно включенных диодов (рис. 4.4)

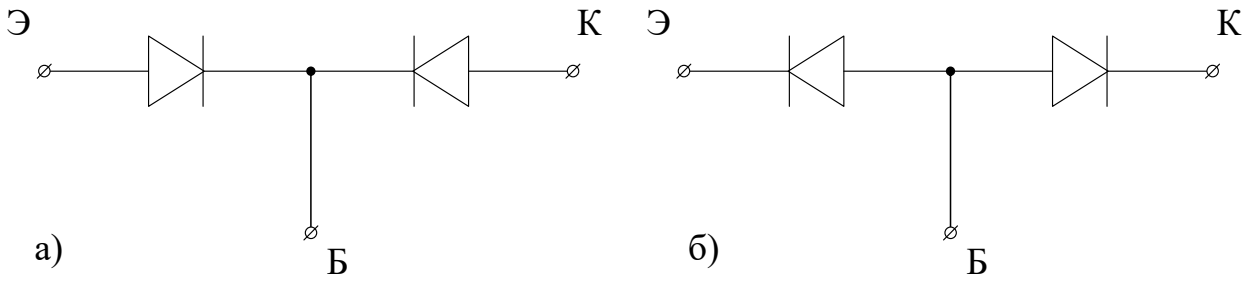


Рис. 4.4 Эквивалентные схемы транзисторов
а) p-n-p-типа; б) n-p-n-типа

Из приведенных эквивалентных схем транзисторов следует, что исправность каждого из переходов транзистора можно проверить относительно базы, последовательно проверяя наличие короткого замыкания или разрыва цепи по методике, изложенной в пункте «проверка исправности диодов».

Кроме этого может быть определен тип транзистора (p-n-p или n-p-n) или расположение его выводов на корпусе.

3. Практическая часть

Порядок выполнения работы

3.1 Получите у преподавателя набор радиоэлементов (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы).

3.2. Определите номинальнве значения выданных радиоэлементов.

3.3 Изучите ручки управления мультитестера и выберите режим измерения сопротивлений.

3.4 Проверьте исправность всех выданных Вам элементов. дополнительно у диодов и транзисторов уточните их тип.

3.5. Сверьте Ваши выводы с данными справочников.

4. Контрольные вопросы

4.1 Почему метод измерения сопротивлений относится к косвенным методам?

4.2 Какие типы неисправностей могут контролироваться мультитестером в режиме омметра?

4.3 Как проверить работоспособность резисторов, конденсаторов, диодов и транзисторов омметром?

4.4 Как с помощью диода с известным расположением его выводов проверить полярность подключения внутреннего источника питания к клеммам мультитестера?

4.5 Как с помощью омметра определить тип транзистора и расположение его выводов?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НА ОСНОВЕ ТЕСТА PWC 170.

1. Цель работы: ознакомиться основными понятиями о работоспособности организма, а также выполнить работу по определению физической работоспособности человека на основе теста PWC 170.

Оснащение занятия:
1. Велоэргометр.
2. Секундомер.
3. Весы.

2. Теоретические сведения

Работоспособность – потенциальная возможность индивида выполнять целесообразную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени. Работоспособность зависит от внешних условий деятельности и психофизиологических ресурсов индивида.

В процессе деятельности происходит изменение уровня работоспособности, описываемое с помощью кривой работоспособности, показывающей зависимость эффективности деятельности от времени ее выполнения (рис. 5.1)

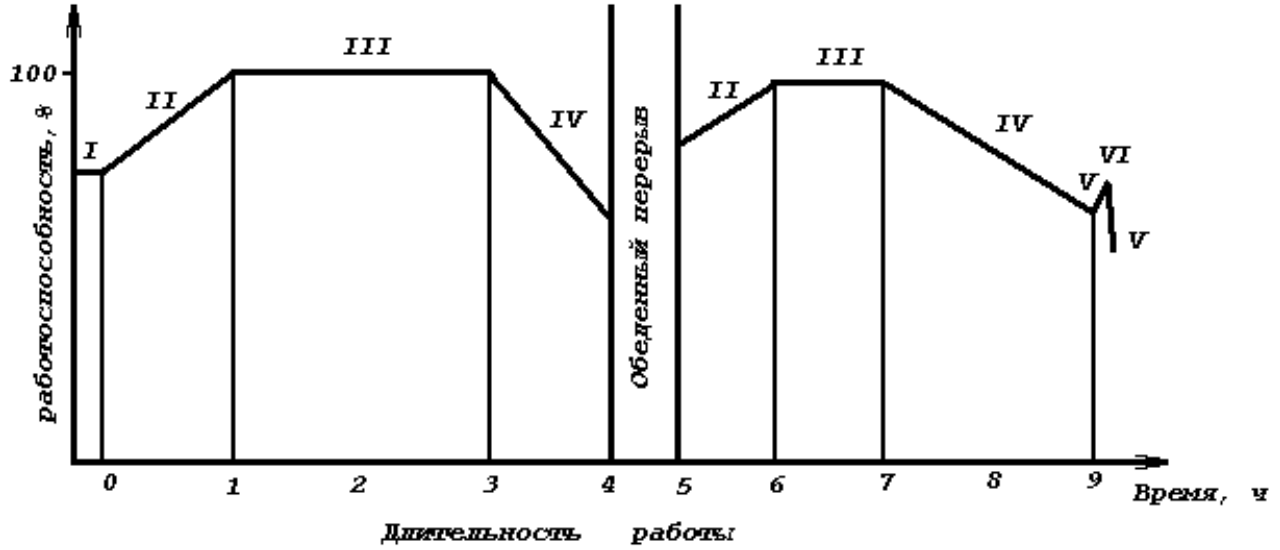


Рисунок 5.1 – Динамика работоспособности на протяжении смены:

На рисунке: I – предрабочее состояние (фаза мобилизации); II – вырабатываемость (фаза гиперкомпенсации); III – период устойчивой работоспособности (фаза компенсации); IV – период утомления (фаза декомпенсации); V – период возростания за счет эмоционально-волевого усилия; VI – период прогрессивного снижения работоспособности и эмоционально-волевого напряжения

Согласно работам Медведева В.И и Парачева А.М. различают следующие виды работоспособности: общую и профессиональную, оптимальную, экстремальную, пониженную, потенциальную и актуальную работоспособность [7,8].

Общая работоспособность отражает способности человека выполнять любую общественно полезную деятельность. Это характеристика устойчивых качеств личности и здоровья человека. Синонимом общей работоспособности является понятие «трудоспособность», используемое в практике врачебно-трудовой экспертизы.

Профессиональная работоспособность отражает характеристики тех систем и функций человека, которые необходимы для выполнения профессиональных задач. Например, в результате заболевания или травмы человек потерял слух, но это может не отразиться существенным образом на выполнении им профессиональных обязанностей, связных с корректировкой текстов в типографии.

Потенциальная работоспособность (выносливость) характеризует максимальную продолжительность непрерывной деятельности субъекта труда на требуемом уровне эффективности (такое понимание отражает выносливость человека к определенной нагрузке). Второе значение термина «потенциальная работоспособность» характеризует максимально возможный объем работы, который способен выполнить данный человек. Это значение близко понятию «экстремальная работоспособность», если имеется в виду объем работы, доступный человеку в экстремальной ситуации при полной мобилизации всех его сил.

Актуальная работоспособность характеризует состояние субъекта деятельности, определяющее уровень его эффективности в данный промежуток времени (например, в начале третьего часа работы). Предполагается, что актуальная работоспособность меняется во времени,

и эти изменения закономерны, типичны для большинства людей, выполняющих данную работу.

Понятие «актуальная работоспособность» соответствует термину «функциональное состояние» субъекта труда, которое также задается через характеристики «наличного уровня активности функциональных систем организма», характеризующегося «степенью её адекватности предстоящей деятельности человека». Следует различать состояние работоспособности (или функционального состояния) отдельных клеток, органов, систем организма и человека как субъекта труда в целом.

В 1981 году российские ученые А.Б. Леонова и В.И. Медведев предложили рассматривать работоспособность человека, как субъекта труда, на трех уровнях: морфофизиологическом, психологическом и поведенческом [7,8]..

1. На морфофизиологическом уровне субъекта труда учитывается его состояние здоровья, особенности обменных процессов, процессов активации в организме, нейродинамические свойства. В процессе работы организм человека может испытывать неблагоприятные воздействия со стороны факторов производственной среды, к которым относятся:

- температура, влажность и скорость движения воздуха; атмосферное давление; шум, вибрация, излучения – электромагнитное, инфракрасное и пр.;

- параметры освещения рабочего места; временной режим работы; контакт с ядами, пыль; контакт с микроорганизмами. Эти воздействия (если их интенсивность превышает допустимые величины) приводят к снижению работоспособности человека за счет адаптационных процессов, необходимых для поддержания относительного постоянства внутренней среды организма и функций жизнеобеспечения (процессов дыхания, обменных процессов и пр.).

2.На психологическом уровне обсуждаются:

- функциональное содержание трудовой нагрузки;

- требования профессии к функциональным системам, обеспечивающим операционально-техническое выполнение трудовых задач (временной режим труда и отдыха, рабочая поза, функциональные особенности трудовой нагрузки).

3.На поведенческом уровне, можно исследовать:

- опыт человека, навыки, стиль деятельности, приспособительные стратегии поведения, способствующие успешной профессиональной деятельности или приводящие к профессиональной дезадаптации;

- типичные для большинства работников данной профессиональной сферы причины снижения работоспособности;

- индивидуальные варианты профессионального поведения.

Выделение типичных факторов снижения работоспособности, понимание природы развития неблагоприятных функциональных состояний в конкретных видах труда составляют основу для выработки способов оптимизации труда, повышения работоспособности, рационализации орудий труда, пространственной организации рабочих мест и других эргономических мероприятий.

В конкретных видах труда ведущими в динамике работоспособности могут оказаться разные факторы внешней среды или трудового процесса, а также их своеобразные сочетания. Поэтому в исследовании причин профессионального утомления и путей повышения работоспособности важное значение имеет психологический анализ профессиональной деятельности и условий её осуществления.

Для оценки уровня работоспособности используется ряд показателей:

1 Прямые (профессиональные) показатели характеризуют эффективность и надежность выполнения трудовых задач (отдельных действий, операций) в реальной деятельности или при решении «рабочих тестов» — стандартизированных по объему, времени и условиям выполнения заданий, моделирующих элементы трудовой деятельности. На практике оценка работоспособности часто производится на основе использования именно ее прямых показателей.

2. Косвенные (функциональные) показатели отражают текущее функциональное состояние организма, его резервные возможности и уровень активации профессионально значимых психических функций. Их оценка производится путем объективных измерений с использованием физиологических методов и тестов, а также на основе сбора и анализа данных субъективного состояния психических и соматических (телесных) функций.

3. Практическая часть

Порядок выполнения работы

1. Определение у испытуемого массы тела.
2. В соответствии с массой тела испытуемого и специальной таблицей 5.1 определение мощности первой нагрузки.

Таблица 5.1. Мощность первой нагрузки в зависимости от массы тела

Масса тела, кг	**Мощность первой нагрузки, кг*м/мин**
59 и менее	**300**
60-64	**400**
65-69	**500**
70-74	**600**
75-79	**700**
80 и более	**800**

3. Выполнение испытуемым первой нагрузочной пробы в течение 5 минут на велоэргометре с частотой вращения педалей 60-70 оборотов в 1 минуту.
4. Определение у испытуемого сразу после прекращения нагрузки частоты сердечных сокращений за первые 15 секунд с умножением на 4.
5. Построение макета таблицы и занесение результатов в таблицу.
6. Отдых, сидя на велоэргометре, в течение 3-х минут.
7. Определение для испытуемого мощности второй нагрузки по специальной таблице 5.2.

Таблица 5.2. Мощность второй нагрузки (кг*м/мин)

Мощность 1-й нагрузки	ЧСС после 1-й нагрузки			
	90-99	100-109	110-119	>120
300	1000	850	700	600
400	1200	1000	800	700
500	1400	1200	1000	800
600	1600	1400	1200	1000
700	1800	1600	1400	1200
800	1900	1700	1500	1300
900	2000	1800	1600	1400

8. Выполнение испытуемым второй нагрузки на велоэргометре в течение 5 минут с определенной по таблице 2 мощностью.

9. Определение у испытуемого сразу после прекращения нагрузки частоты сердечных сокращений за первые 15 секунд с умножением на 4 и занесение результатов в таблицу.

10. Расчет физической работоспособности испытуемого по формуле:

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \times \frac{(170 - f_1)}{(f_2 - f_1)},$$

где W_1 – мощность первой нагрузки,

W_2 – мощность второй нагрузки,

f_1– ЧСС после первой нагрузки за минуту,

f_2– ЧСС после второй нагрузки за минуту.

11. Графическое изображение результатов исследования.

12. Оценка результатов исследования в соответствии с таблицей 5.3.

13. Формирование отчета.

Таблица 5.3.Оценка физической работоспособности

Масса тела	Низкая	Ниже среднего	Средняя	Выше среднего	Высокая
60-69	<699	700-899	900-1299	1300-1499	>1500
70-79	<799	800-999	1000-1399	1400-1599	>1600
80-89	<899	900-1099	1100-1499	1500-1699	>1700

4. Контрольные вопросы

4.1. Дайте определение «работоспособности».

4.2 Как определяется динамика работоспособности (перечислите стадии работоспособности)?

4.3 Какие виды работоспособности выделяют?

4.4. Какие уровни работоспособности выделяют?

4.5. Какие факторы могут влиять на работоспособность на том или ином уровне?

4.6. Что относят к прямым показателям работоспособности?

4.7. Что относят к косвенным показателям работоспособности?

4.8. В чем суть нагрузочного теста PWC 170?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ.

1. **Цель работы:** изучить пробы, определяющие функциональное состояние мышечной системы.

Оснащение занятия:

1. Секундомер.
2. Метроном.

2. **Теоретические сведения**

Мышцы – это одна из основных частей нашего опорно-двигательного аппарата. Именно за счет их усилий мы можем принимать вертикальное положение и другие позы. Мышцы же брюшной стенки не только поддерживают внутренние органы, но и защищают их от механических повреждений и прочих неблагоприятных факторов среды.

Мышечная система является активной частью двигательного аппарата человека, а кости, связки составляют его пассивную часть. При помощи мышечной системы и костей происходит изменение положения тела человека в пространстве, осуществляются дыхательные и глотательные движения, формируется мимика. Скелетные мышцы (рис. 6. 1) участвуют в образовании ротовой, грудной, брюшной и тазовой полостей; входят в состав стенок полых органов (глотка, гортань и др.); вызывают изменение положения глазного яблока в глазнице; влияют на слуховые косточки в барабанной полости среднего уха. Мышечная деятельность не только обеспечивает движение, но и оказывает влияние, на кровообращение, развитие и форму костей. Систематические мышечные нагрузки способствуют росту мышечной массы за счет увеличения структур, которые входят в состав мышц.

Скелетные мышцы у новорожденных и детей составляют около 20—25% массы тела, тогда как у взрослых — до 40 %, а у пожилых и старых людей — до25—30%. Более половины всех мышц расположено в области головы и туловища и 20 % — на верхних конечностях. В организме человека около 400 мышц, которые состоят изпоперечно-полосатой мышечной ткани и имеют произвольное сокращение.

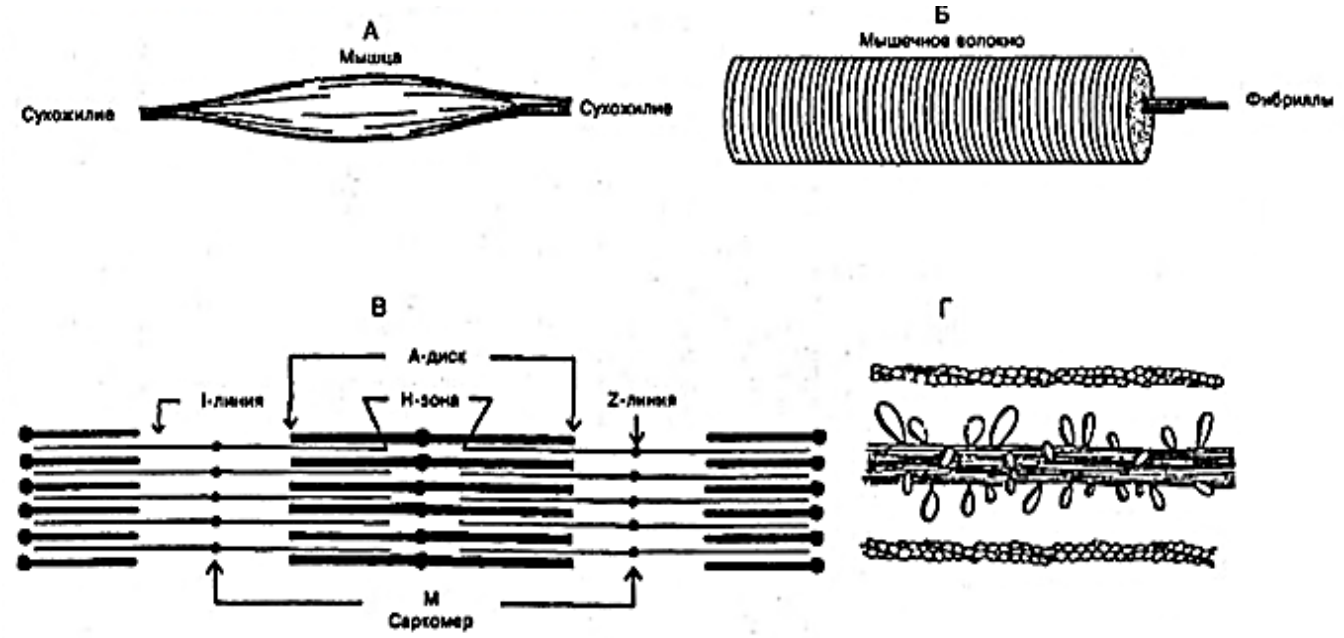


Рисунок 6.1. Схема скелетной мышцы: А — мышечные волокна прикреплены к сухожилиям; Б— отдельное волокно, состоящее из миофибрилл; В — отдельная мио-фибрилла: чередование светлых актиновых I-дисков и темных миозиновых А-дисков; наличие Н-зоны и М-линии; Г— поперечные мостики между толстыми миозиновыми и тонкими актиновыми нитями

Строение мышц. Мышца (musculus) как орган состоит из мышечной ткани, рыхлой и плотной соединительной ткани, сосудов и нервов, имеет определенную форму и выполняет соответствующую ей функцию.

Основу мышцы формируют тонкие пучки поперечнопо-досатых мышечных волокон, которые сверху покрыты соединительно-тканной оболочкой —эндомизием. Более крупные пучки отделены один от другогоперимизием, а всю мышцу окружает эпимизий, который затем переходит в сухожилие и называется перитендинием.

Рыхлая соединительная ткань образует мягкий скелет мышцы, от которого берут начало мышечные волокна, а плотная ткань — сухожильные концы мышцы. Около 1/3 волокон прикрепляется к костям, а 2/3 имеют опору на соединительно-тканных образованиях мышц. Мышечные пучки образуют мясистое брюшко, которое может активно сокращаться, а затем, перейдя в сухожилие, прикрепляется к костям. Начальную часть мышц, особенно длинных, называют еще головкой, а концевую — хвостом.

Сухожилия в разных мышцах неодинаковы по размерам. Самые длинные они в мышцах конечностей. Мышцы, образующие брюшную стенку, имеют широкое плоское сухожилие — апоневроз.

Двубрюшная мышца имеет промежуточное сухожилие, между двумя брюшками, или несколько коротких сухожилий, прерывающих ход мышечных пучков (например, в прямой мышце живота). Сухожилие значительно тоньше, чем мышца, но прочность его очень большая. Так пяточное (ахиллово) сухожилие может выдержать нагрузку около 500 кг, а сухожилие четырехглавой мышцы бедра — 600 кг.

Кровоснабжение и иннервация мышцы осуществляются с внутренней стороны мышцы, где к каждому мышечному волокну идут капилляры и нервные волокна, которые несут двигательные импульсы.

В сухожилиях и мышцах находятся чувствительные нервные окончания.

Классификация мышц. Мышцы человека классифицируют по форме, положению на теле, направлению волокон, выполняемой функции, по отношению к суставам и др. (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Форма мышц в зависимости от расположения мышечных волокон к сухожилию

По форме	По отношению к суставам	По расположению в теле человека	По направлению волокон	По выполняемой функции	По отношению к частям тела
Длинные Короткие Широкие	Односуставные Двусуставные Многосуставные Сгибатели Разгибатели Отводящие Приводящие Супинаторы Пронаторы Сфинктеры Расширители	Поверхностные Глубокие	Круговые Параллельные Лентовидные Веретенообразные Зубчатые Косые 1)одноперистые; 2)двуперистые; 3) многоперистые	Дыхательные Жевательные Мимические	Головы Шеи Туловища: 1) груди; 2) спины; 3) живота Конечностей: 1) верхних; 2) нижних

Форма мышц может быть очень разнообразной, она зависит от расположения мышечных волокон к сухожилию (рис. 6.2).

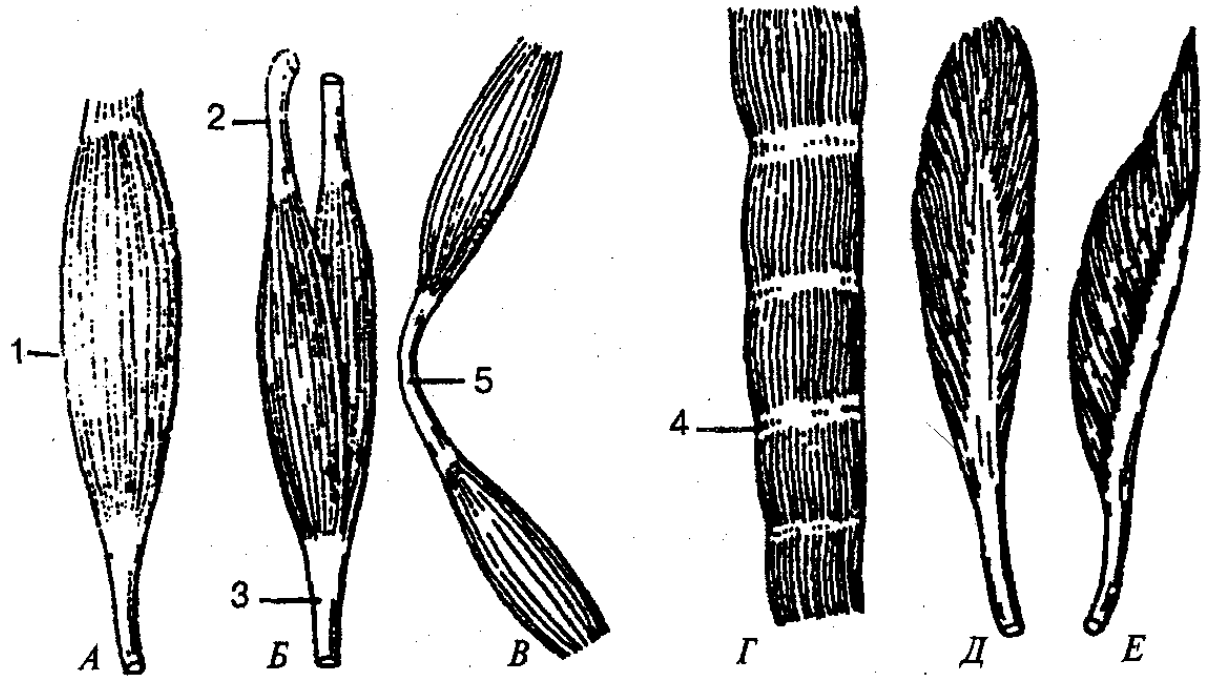


Рисунок 6.2. Форма мышц: *А* — веретенообразная; *Б* — двуглавая мышца; *В* — двубрюшная мышца; *Г*— мышца с сухожильными перемычками; *Д* — двухперистая мышца; *Е*— одноперистая мышца; 1— брюшко мышцы; *2, 3*— мышцы сухожилия; *4* — сухожильная перемычка; 5 — промежуточное сухожилие

Чаще встречаются веретенообразные мышцы. В них пучки волокон ориентированы параллельно длинной оси мышцы, а брюшко, постепенно сужаясь, переходит в сухожилие. Мышцы, у которых мышечные волокна прикрепляются к сухожилию только с одной стороны, называются одноперистыми, а с двух сторон - двухперистыми. Мышцы могут иметь одну или несколько головок, отсюда и название: двуглавая, трехглавая, четырехглавая. Некоторые мышечные волокна расположены циркулярно и образуют мышцы сфинктеры, которые окружают ротовое и заднепроходное отверстия и др.

Название мышцы может отражать ее форму (ромбовидная, трапециевидная, квадратная), размер (длинная, короткая, большая, малая), направление мышечных пучков или самой мышцы (косая, поперечная), выполняемую ею функцию (сгибание, разгибание, вращение, поднимание).

По отношению к суставам мышцы располагаются неодинаково, что определяется их строением и функцией. Если мышцы действуют на один сустав, они называются односуставными, если же перекидываются через два сустава и больше — двусуставными и многосуставными. Некоторые мышцы могут брать начало от костей и прикрепляться к костям, не соединяясь при помощи суставов (например, подъязычная, челюстно-подъязычная, мимические мышцы, мышцы дна рта, мышцы промежности)

Вспомогательный аппарат и работа мышц. Мышцы снабжены различными образованиями (вспомогательный аппарат), которые создают благоприятные условия для их сокращения. К вспомогательному аппарату относятся фасции (связки), влагалища сухожилий, синовиальные сумки и блоки мышц сесамовидной кости. *Фасция* — это соединительнотканная оболочка мышцы, которая образует для нее футляр, отделяет одну от другой, уменьшает трение мышц, образует опору для брюшка при сокращении. Различают фасции собственные и поверхностные. Каждая область имеет *собственную фасцию* (например, плечо, предплечье), но если мышцы лежат в несколько слоев, то они имеют глубокую фасцию. *Поверхностная фасция* располагается под кожей и охватывает всю группу мышц, а *глубокая* находится глубже и окружает особые мышцы и группы мышц. Между группами мышц обычно проходят межмышечные перегородки. Мышцы, выполняющие большую нагрузку, имеют более плотную фасцию, укрепленную сухожильными волокнами (например, фасция бедра, фасция голени), а мышцы с небольшой нагрузкой имеют рыхлую, непрочную фасцию. В некоторых местах наблюдаются утолщения фасций: сухожильные дуги, расположенные над нижележащими сосудисто-нервными пучками. Фасция в области некоторых составов (голеностопный, лучезапястный) имеет утолщение и образует фиброзный мостик — удерживатель мышц, который создает соответствующее направление движению сухожилиям.

Влагалище сухожилий создает условия для беспрепятственного движения сухожилий; оно имеет замкнутую щелевидную полость, ограниченную двумя листками и заполненную внутри жидкостью.

В местах, где сухожилия или мышца перебрасываются через кость либо мышцу, находятся *синовиальные сумки,* которые выполняют те же функции, что и влагалища. Синовиальная сумка имеет форму плоского

соединительного мешочка с жидкостью внутри. С одной стороны, стенка сумки срастается с подвижным органом (мышцей), а с другой — с костью или с сухожилием.

Если синовиальная сумка лежит между сухожилием и костным выступом, покрытым хрящевой тканью, то образуется так называемый *блок мышц,* который изменяет направление сухожилия, служит ему опорой, увеличивает рычаг приложения силы. Такую же функцию выполняют сесамовидные кости (надколенник, гороховидная кость).

Сокращаясь под влиянием нервных импульсов, мышцы действуют через суставы на кости и изменяют их движение. У одноосевого сустава (цилиндрический, блоковидный) движение происходит только вокруг одной оси. Если мышцы окружают сустав с двух сторон и участвуют в двух направлениях, происходит сгибание и разгибание или приведение и отведение. Мышцы, действующие в противоположных направлениях, называются *антагонистами,* а мышцы, действующие в одном направлении, — *синергистами.*

Поскольку мышца прикрепляется к костям, то концы ее при сокращении сближаются; таким образом мышца выполняет соответствующую работу. При этом изменяется положение тела или его части в пространстве, преодолевается сила тяжести. В связи с этим различают преодолевающую, удерживающую и уступающую работу мышцы.

Преодолевающая работа выполняется в том случае, если сила мышечного сокращения изменяет положение тела или его части с преодолением сил сопротивления.

Удерживающей работой называют работу, при которой сила мышц удерживает тело или груз в соответствующем положении без движения в пространстве.

Уступающей работой считается работа, при которой сила мышцы уступает действию силы тяжести части тела (конечности) и удерживающего ею груза.

3. Практическая часть

Порядок выполнения работы

3.1. Проведите оценку силы и выносливости мышц спины.

Лежа на кушетке на животе, принять позу "ласточки" (прогнуться, руки в стороны, ноги приподняты, прямые). Время удержания такого положения в норме - 2-2,5 мин.

3.2. Проведите оценку силы и выносливости мышц живота.

Лежа на кушетке на спине, приподнять прямые ноги на 15-20 см и удерживать это положение. В норме время удержания такой позы 2-2,5 мин.

3.3. Определение физической работоспособности

Гарвардский Степ-тест. Идея теста заключается в изучении восстановительных процессов (динамики ЧСС) после прекращения дозированной мышечной работы.

Физическая нагрузка задается в виде восхождения на ступеньку. Высота ступеньки и время выполнения мышечной работы зависят от пола, возраста и физического развития испытуемого. Во время тестирования испытуемому предлагается совершать подъемы на ступеньку в заданном темпе - с частотой 30 восхождений в 1 мин. Темп задается метрономом (частоту которого устанавливают на 120 уд/мин).

Подъем и спуск состоит из 4-х движений, каждому из которых будет соответствовать 1 удар метронома: 1 - постановка одной ноги на ступеньку; 2 - постановка второй ноги на ступеньку; 3 - ставят назад на пол ногу, с которой начал восхождение; 4 - ставят на пол вторую ногу.

В положении стоя на ступеньке ноги должны быть прямыми, туловище должно находиться строго в вертикальном положении. При подъеме и спуске руки выполняют обычные для ходьбы движения. Продолжительность пробы 5 мин. В тех случаях, когда испытуемый прекращает работу раньше указанного времени, фиксируется то время, в течение которого выполнялась работа. После окончания физической нагрузки испытуемый отдыхает сидя.

Начиная со второй минуты, у него 3 раза по 30-секундным отрезкам подсчитывается пульс: с 60 до 90-й сек восстановительного периода (f_1), со 120-й до 150-й сек (f_2), со 180-й до 210-й сек (f_3),

Результаты тестирования выражают в условных единицах, в виде индекса Гарвардского степ-теста (ИГСТ).

$$ИГТС = \frac{t \times 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \times 2}$$

где t - фактическое время выполнения физической нагрузки в сек. Результаты оценивают при помощи таблицы.

Оценка результатов Гарвардского степ-теста:

ИГСТ	***Оценка***
менее 55	плохая
55-64	ниже среднего
65-79	средняя
80-89	хорошая
90 и более	отличная

3.4. Проведите анализ работоспособности мышечной системы по результатам проведенных упражнений.

3.5. Сделайте отчет.

4. Контрольные вопросы

4.1. Дайте определение мышцы.

4.2. Что представляет из себя мышечная система?

4.3.Расскажите о строении мышц.

4.4. Расскажите о классификации мышц по форме.

4.5.Опишите работу вспомогательного аппарата мышц.

4.6.Как происходит оценка силы и выносливости мышц спины?

4.7.Как происходит оценка силы и выносливости мышц живота?

4.8.Как осуществляется Гарвардский степ-тест?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. СТРУКТУРА И РАБОТА НЕЙРОНА.

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

2. Теоретические сведения

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. 7.1).

Входные сигналы поступают в клетку через синапсы, тогда как выходной сигнал отводится аксоном через его многочисленные нервные окончания, называемые колатералами. Колатералы 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.

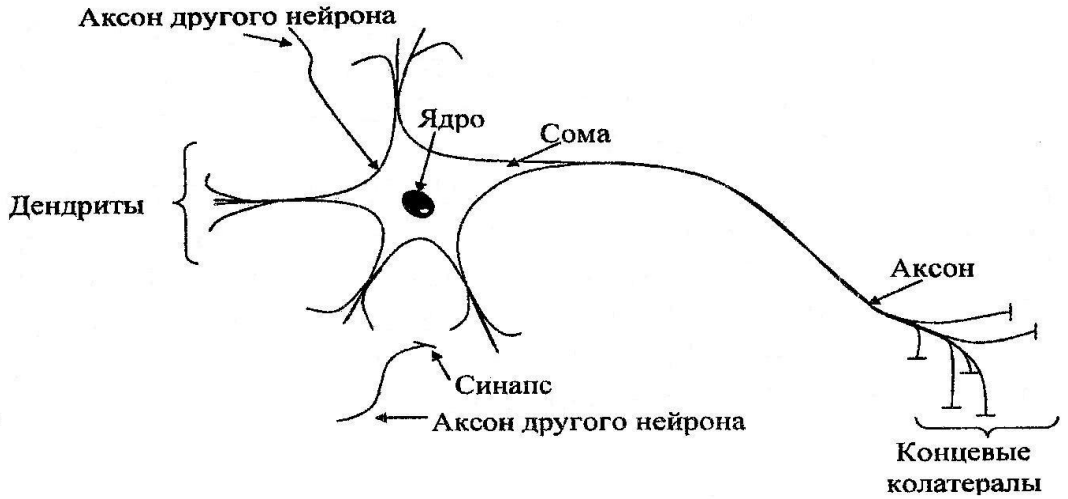


Рисунок. 7.1. Упрощенная биологическая структура нервной клетки

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. Синапсические 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 синапсического 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. 7.2), пересылаемого аксоном на другие нейроны, подключенные к данной клетке. Величина этого сигнала не зависит от степени превышения порога.

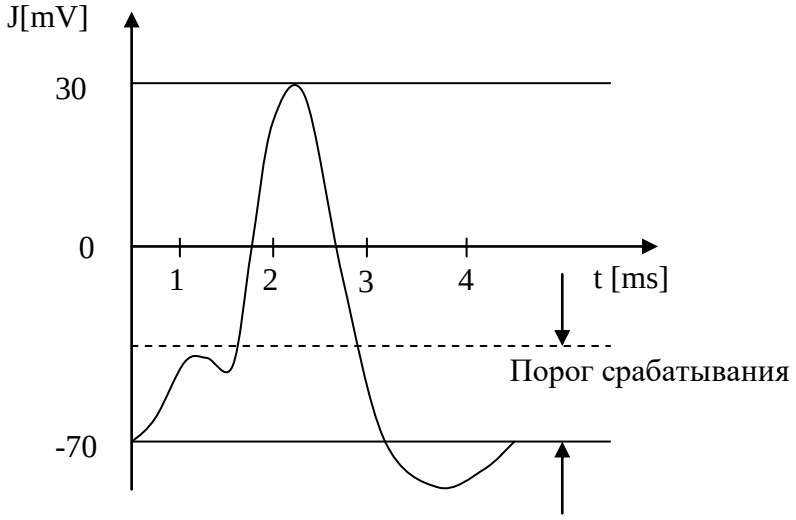


Рисунок. 7.2. Типичная форма нервного импульса

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 [3,4].

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.

Из приведенных сведений следует, что в некотором приближении нейрон может рассматриваться как сумматор, который суммирует сигналы $X_1..., X_n$ приходящие с других нейронов, умножает каждый из них

на определенный вес $\alpha_1,...,\alpha_n$ и полученную сумму сравниваем с некоторым числом, называемым порогом α_0.

Далее, если полученная сумма $\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + ... + \alpha_n X_n = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i X_i$ 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:

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

Или то же самое

$$Y = \begin{cases} 1, & если \quad \sum_{i=1}^{n} \alpha_i X_i - \alpha_0 \le 0; \\ 0, & если \quad \sum_{i=1}^{n} \alpha_i X_i - \alpha_0 > 0; \end{cases} \qquad (7.1)$$

Физически такие математические выражения могут быть реализованы схемой, приведенной на рис. 7.3 или в виде программы на ПЭВМ.

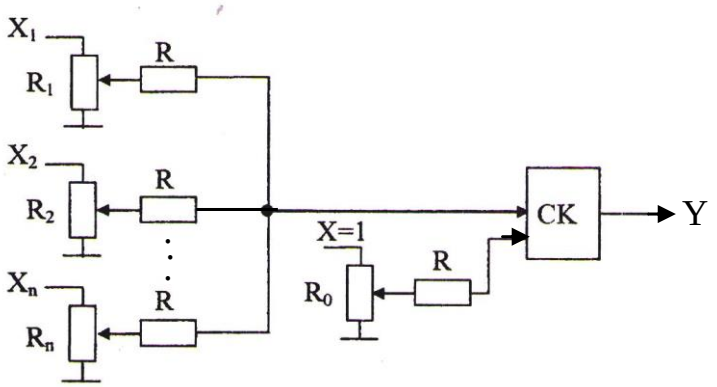


Рисунок. 7.4. Структурная схема электрического эквивалента нейрона

В электрическом эквиваленте нейрона переменными сопротивлениями $R_1,\ldots,R_n$ устанавливаются значения весов $\alpha_1,...,\alpha_n$,

сопротивлением R_0 - α_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 (7.1).

На рис. 7.4 приведена характеристика работы СК схемы 7.3., при условии, что $Z = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i X_i - \alpha_0$.

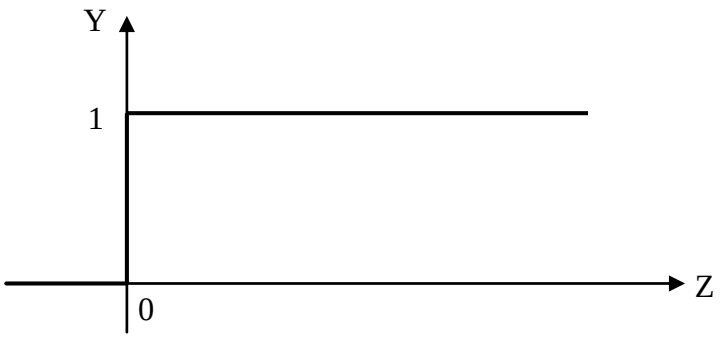


Рисунок. 7.4. График работы сумматора-компаратора

Многочисленными исследованиями было показано, что приведенная на рис. 7.3 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 $X_1..., X_n$ рассматриваются как признаки описывающие состояние человека. В случае распознавания букв $X_1..., X_n$ вычисляются по их графическим контурам регистрируемым, например, фотокамерой.

Задача настройки (обучения) нейрона заключается в нахождении таких значений $\alpha_0, \alpha_1, ..., \alpha_n$ и соответствующих им величин настройки R_0, $R_1,..., R_n$, чтобы при различных значениях $X_1..., X_n$ 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. 7.5).

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, 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. 7.5. В удачном случае люди (объекты) класса W_1 будут формировать свою, достаточно компактную область, а класс W_2 – свою.

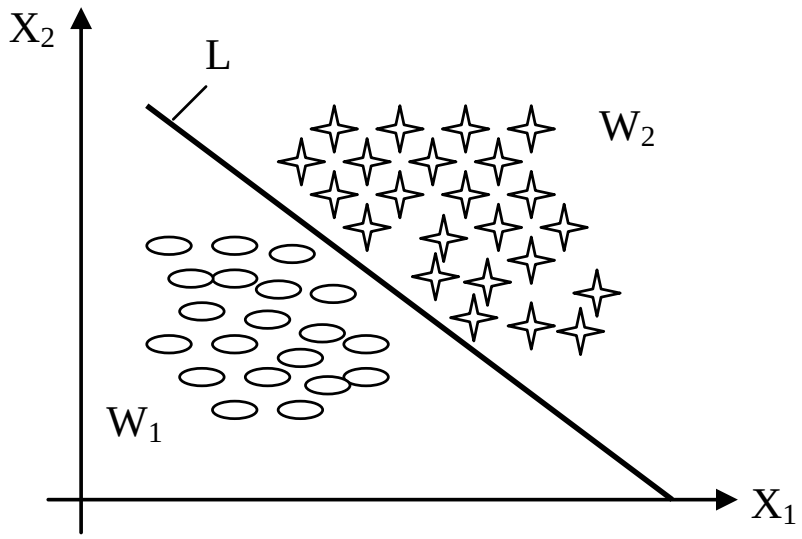


Рисунок. 7.5. Разделение двух классов в двумерном пространстве признаков: ⬭ - объекты класса 1, например здоров; ✧ - объекты класса 2, например болен

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:

$$\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 - \alpha_0 = 0, \qquad (7.2)$$

где α_1 и α_2 - коэффициенты определяющие наклон линии по отношению к координатам *X1X2*, а α_0 - расстояние от L - до начала координат. Легко заметить, что выражение (7.2) является частью выражения (7.1).

При этом, если в схеме рис. 7.3 с помощью резисторов R_1, R_2, и R_o задать величины α_1, α_2 и α_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 7.3. 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. 7.3 будет осуществлять разделение больных и здоровых.

В рассматриваемом варианте величины коэффициентов α_1, α_2 и α_0 легко определяются методами аналитической геометрии.

Выберем α_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 ω_1 и ω_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 ω_2 ошибочно классифицируются как объекты класса ω_1 (объекты класса ω_2 будут лежать ниже разделяющей линии на рис 7.5). Аналогично будут наблюдаться объекты класса ω_1, которые классифицируются решающим правилом как объекты класса ω_2 (объект класса ω_1 лежит выше разделяющей линии). Такая ситуация иллюстрируется рисунком 7.6.

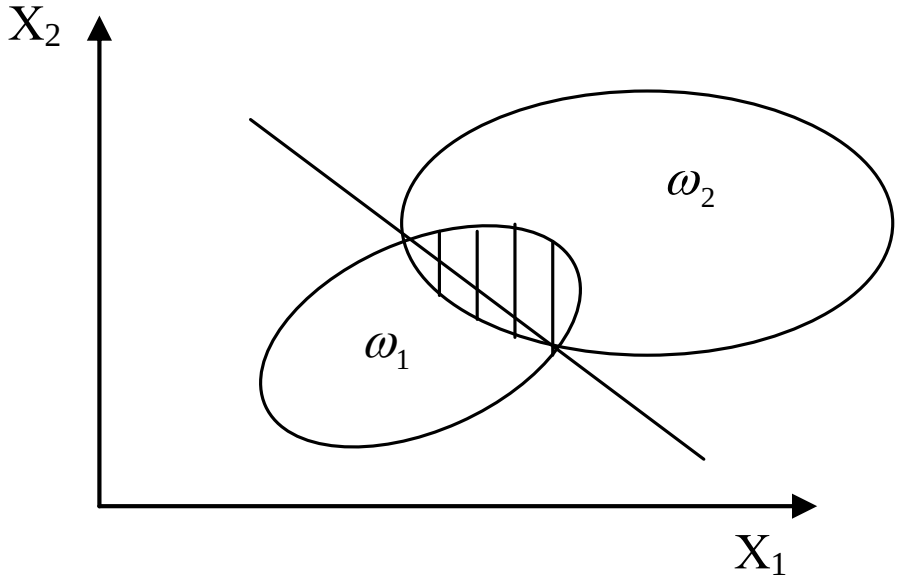


Рисунок. 7.6. Линейное разделение двух пересекающихся классов ω_1 и ω_2.

На этом рисунке замкнутые контура обозначают области, где «появляются» объекты соответствующих классов. Область, где будут наблюдаться ошибки классификации на рис 7.6, 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 ($ПЗ^+$) и отрицательных ($ПЗ^-$) результатов и диагностическая эффективность [4,5].

Для расчета этих показателей составляется таблица распределения результатов наблюдений (таблица 7.1).

Таблица 7.1. Распределение результатов наблюдений

Обследуемые	Результаты исследований		Всего
	положительные	отрицательные	
Количество обследуемых класса ω_2 - n_{ω_2} (болен)	Истино (ИП)	Ложно (ЛО)	ИП+ЛО
Количество обследуемых класса ω_1 - n_{ω_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 ω_2 определяется отношением числа истинно положительных результатов к количеству больных, т.е.

$$ДЧ = \frac{ИП}{n_{\omega_2}} \qquad (7.3)$$

Диагностическая специфичность (ДС) решающего правила для класса ω_1 представляет собой отношение истинно отрицательных результатов к числу здоровых людей то есть

$$ДС = \frac{ИО}{n_{\omega_1}} \qquad (7.4)$$

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

$$ПЗ^+ = \frac{ИП}{ИП + ЛП} \qquad (7,5)$$

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

$$ПЗ^- = \frac{ИО}{ЛО + ИО} \qquad (7,6).$$

Диагностическая эффективность (ДЭ) определяется выражением типа:

$$ДЭ = \frac{ИП + ИО}{ИП + ЛП + ЛО + ИО} \qquad (7,7).$$

3. Практическая часть

Порядок выполнения работы

3.1. Получите у преподавателя изображение контуров классов ω_1 и ω_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) поставить 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

3.5. Сделайте отчет о проделанной работе.

4. Контрольные вопросы

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.

4.5. Как происходит распределение показателей качества?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анохин, П. К. Системные механизмы высшей нервной деятельности / П.К. Анохин. М.: Медицина, 1979. – 352 с.

2. Баевский, Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. М: Медицина, 1997. – 235 с.

3. Сергиенко С. К. 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.

4. Кореневский, Н. А. Введение в направление подготовки «Биотехнические системы и технологии» : учебное пособие / Н. А. Кореневский. – Старый Оскол: ТНТ, 2021. – 360 с

5. Кореневский, Н. А. Приборы, аппараты, системы и комплексы медицинского назначения. Техническое обеспечение здравоохранения, электрофизиологическая техника : учебник для студентов вузов, обуч. по направлению "Приборостроение" и специальности "Медицинская кибернетика" / Н. А. Кореневский, З. М. Юлдашев. - Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 268 с.

6. Кореневский, Н. А. Приборы, аппараты, системы и комплексы медицинского назначения. Средства регистрации неэлектрических характеристик биообъектов: учебник для студентов вузов, обуч. по направлению "Приборостроение" и специальности "Медицинская кибернетика" / Н. А. Кореневский, З. М. Юлдашев. - Старый Оскол: ТНТ, 2019. - 268 с.

7. Леонова, А. Б. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности: Учеб. пособие / Леонова А. Б., Медведев В. И. - Москва : Изд-во МГУ, 1981. - 111 с.

8. Медведев, В. И. Терминология инженерной психологии: Справочник / В. И. Медведев, А. М. Парачев; Воен.-мед. Краснознам. акад. им. С. М. Кирова. - Ленинград:, 1971. - 111 с.