



# Харьковский национальный медицинский университет

## МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Кафедра медицинской и биологической  
физики и медицинской информатики

**Электроника** - область науки и техники, в которой рассматривается работа и применение электровакуумных, ионных и полупроводниковых устройств

**Медицинская электроника** - раздел электроники, в котором рассматриваются особенности применения электронных систем для решения медико-биологических задач, а также устройство медицинской электронной аппаратуры.

# Основные группы задач, решаемых с помощью медицинской электронной аппаратуры

- 1. Съём и получение медико-биологической информации**
- 2. Воздействие на организм какими-либо физическими факторами в лечебных целях**
- 3. Переработка и хранение медико-биологической информации.**

# Классы медицинской электронной аппаратуры

- *Контрольно-диагностическая аппаратура*
- *Терапевтическая (или физиотерапевтическая) аппаратура*
- *Кибернетические электронные устройства*

# Контрольно-диагностическая аппаратура (КДА)

**Назначение** - предназначена для съема, передачи и регистрации информации, отражающей процессы

- происходящие в организме человека,
- в окружающей среде,
- в конструкциях медицинского назначения.

# КДА отражающая процессы, протекающие в организме человека

- **Электрокардиографы**
- **Аппараты УЗИ диагностики**
- **Рентгеновские аппараты**
- **Томографы**



# КДА, отражающая процессы, протекающие в окружающей среде

Газовые анализаторы воздуха

Аспираторы

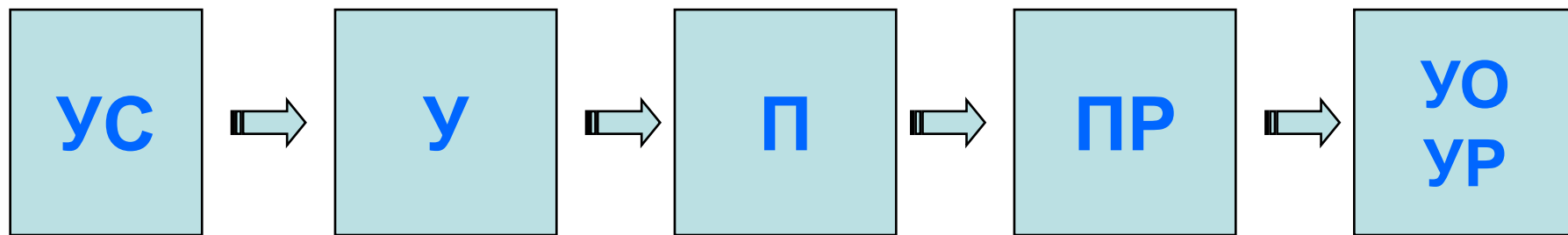
Счетчики аэрозольных частиц

Флуориметры



# Структурная схема КДА

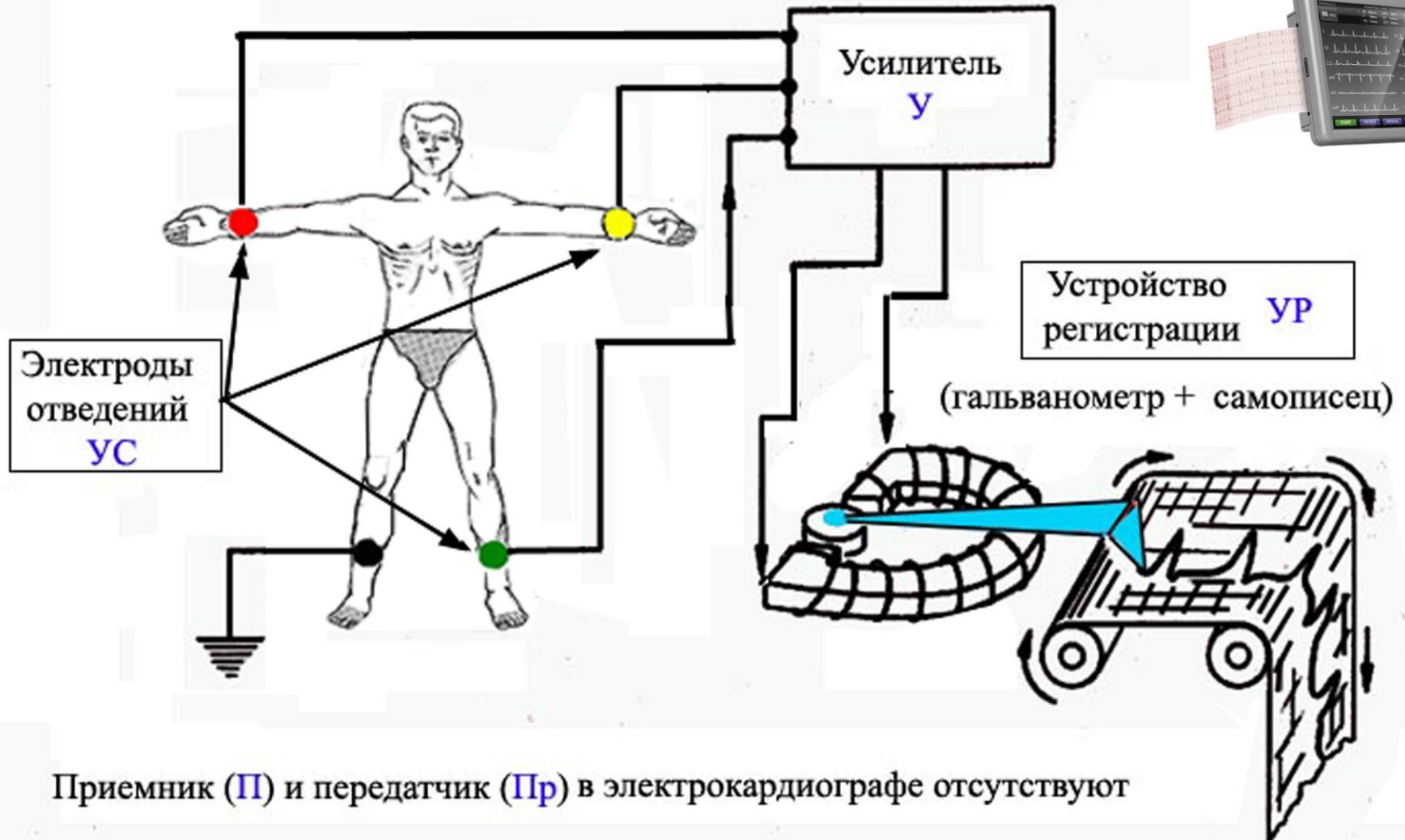
**ОСНОВНЫМИ СТРУКТУРНЫМИ СОСТАВЛЯЮЩИМИ КДА, ВСЕВОЗМОЖНЫХ РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЯВЛЯЮТСЯ**



- **УС** – УСТРОЙСТВА СЪЕМА СИГНАЛА (ЭЛЕКТРОДЫ, ДАТЧИКИ)
- **У** – УСИЛИТЕЛЬ
- **П** – ПЕРЕДАТЧИК
- **Пр** – ПРИЕМНИК
- **УО** и **УР** - УСТРОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАЦИИ СООТВЕТСТВЕННО.



# Структурная схема КДА на примере электрокардиографа

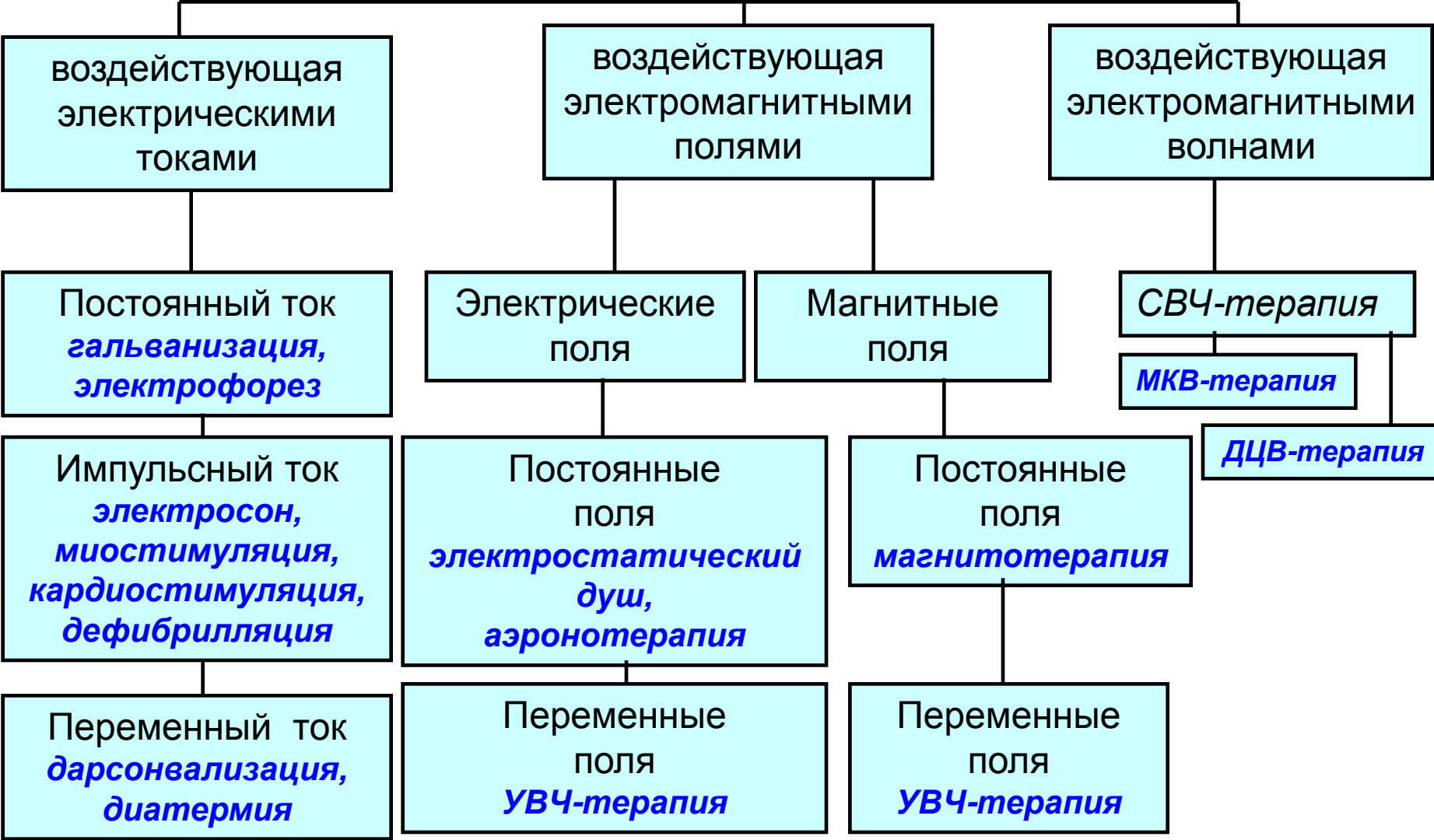


Приемник (П) и передатчик (Пр) в электрокардиографе отсутствуют

# Терапевтическая аппаратура

Назначение – предназначена для дозированного воздействия на организм человека различными физическими факторами в лечебных целях

Электронная  
терапевтическая  
аппаратура



# Структурная схема терапевтической аппаратуры



- ИП - источник питания
- Генератор - генератор, вырабатывающий энергию, оказывающую физиотерапевтическое воздействие
- КИУ - контрольно-измерительное устройство, обеспечивающее возможность контроля уровня воздействия на пациента.

# Структурная схема терапевтической аппаратуры на примере аппарата для гальванизации и электрофореза

Контрольно - измерительное устройство (КИУ)- **Амперметр**



Генератор постоянного тока  
(находится в корпусе)

Источник  
питания



# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

**(Постоянный ток)**

## Гальванизация и электрофорез

**Применяется**

**В травматологии и неврологии:**

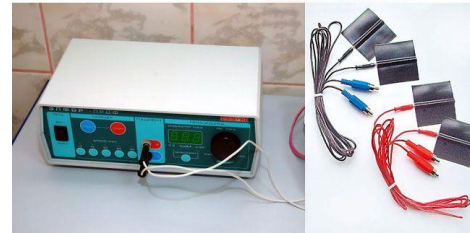
**травмы и заболевания периферической нервной системы (плекситы, невралгии, моно- и полинейропатии и др.);**

**травмы и заболевания ЦНС (черепно-мозговая травма, расстройства мозгового кровообращения, мигрень)**

**В стоматологии: при пародонтозах, глоссалгии, стоматитах**

**В гастроэнтерологии:**

**При хронических колитах, холецистите, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки**



# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

(Импульсный ток)

Электросон

**Применяется**

**В неврологии и психиатрии:**

При нервно-психических заболеваниях астенического и астено-депрессивного характера, реактивных состояниях, функциональных нарушениях нервной системы (энурез, заикание, тики у детей и др.).

**В кардиологии:** гипертоническая болезнь I-II степени,

**В акушерстве:** токсикозы первой половины беременности,





# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

(Импульсный ток)

Миостимуляция

(электрогимнастика мышц)

**Применяется**

При восстановлении нормальной  
работы нервно-мышечного аппарата:  
последствия невропатий, невритов,  
травм.

**В неврологии:** для лечения болевых  
синдромов при остеохондрозе,  
радикулите

**В травматологии:** травмах опорно-  
двигательного аппарата





# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

**(Импульсный ток)**

**Кардиостимуляция  
и дефибрилляция**

**Кардиостимуляция**

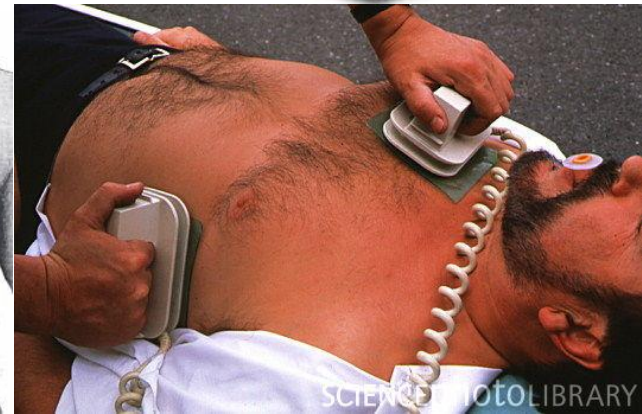
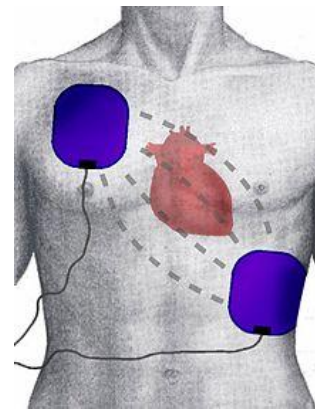
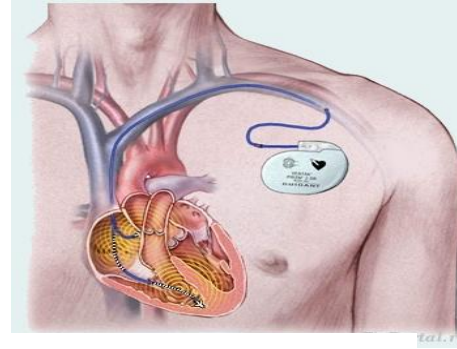
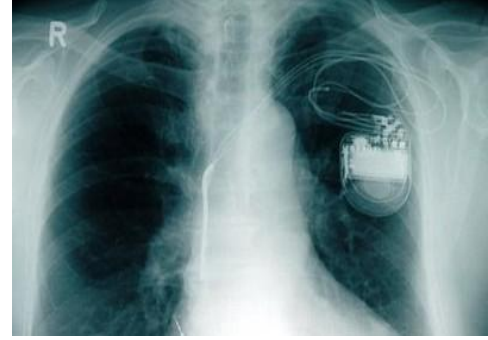
**Применяется**

для лечения нарушений сердечного ритма с помощью электрических импульсов заданной силы и частоты, воздействующих на миокард и вызывающих сокращения желудочков

**Дефибрилляция**

**Применяется**

устранение фибрилляции желудочков сердца или предсердий



# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

(Переменный ток)

## Диатермия

**Применяется для**

*стимуляции обмена веществ;  
увеличения проницаемости стенок сосудов;  
при хронических и острых воспалительных  
заболеваниях различных органов и систем,  
дистрофических и спаечных процессах,  
спазмах сосудов, голосовых связок, желудка и  
кишок, язвенной болезни желудка и  
двенадцатиперстной кишки без наклонности  
к кровотечениям,*

**Также применяется** для разрезания и  
«сваривания» живой ткани (электрохирургия)





# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

(Переменный ток)

## Дарсонвализация

**Применяется**

**В дерматологии:** при кожных заболеваниях (экзема, лишай, угревая сыпь, келоидные рубцы)

**При гнойных и воспалительных процессах** (фурункулы, ожоги, обморожения, ушибы, гематомы, послеоперационные раны, трофические язвы);

**В отоларингологии:** трахеиты, бронхиты, бронхиальная астма, фарингит, тонзиллит, ангина, ларингит, отит, неврит слухового нерва

**В неврологии:** невриты, остеохондроз позвоночника, функциональные вегетососудистые заболевания, головные боли, неврастения

**В стоматологии:** при стоматитах, пародонтозе, гингивите,

**А также при заболеваниях артерий и вен** (облитерирующем эндартериите, болезни Рейно, варикозном расширении вен, тромбофлебите, трофических язвах



# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

(Постоянное электрическое поле)

## Франклинизация (электростатический душ)

### Применяется

функциональные нарушения нервной системы (неврастении, мигрень, бессонница, физическое и умственное переутомление, гипертоническая болезнь, бронхиальная астма, вяло заживающие раны, трофические язвы, нейродермиты, ожоги,

## Аэроотерапия

### Применяется

- Бронхиальная астма. Применяется отрицательная аэроионизация.
- Гипертоническая болезнь (начальная стадия)..
- Ожоги и раны.
- Неврозы.
- Коклюш.



08/3

# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА (Переменное электрическое поле)

## УВЧ – терапия

### Применяется

**В отоларингологии:** при лечении гайморитов, ангин, синуситов, бронхитов, отитов, ринита;

**В пульмонологии:** при лечении пневмонии, абсцесса легкого;

**В неврологии:** при лечении миозита, неврита лицевого нерва,

**В офтальмологии:** при лечении кератита, блефарита;

**В кардиологии:** гипертоническая болезнь I-II стадии;

**В гинекологии:** аднексит;

**В травматологии:** последствия травм и ранений;

**В гастроэнтерологии:** холецистит, гепатит;

**В урологии:** нефрит, простатит;

**В дерматологии:** аллергические дерматозы, фолликулит, нейродермит, экзема;

**В хирургии:** фурункулы, карбункулы, трофические язвы, отморожения, раны





# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

(Постоянное магнитное поле)

## Магнитотерапия

**Применяется**

**В вертебрологии:** при поясничных радикулитах, остеохондрозе, спондилезе, патологии межпозвоночных дисков

**В неврологии:** при лечении артрита, восстановлении поврежденных нервов, фибромиалгии, нарушении внимания, бессоннице, депрессии,

**В урологии:** при лечении простатитов

**В гастроэнтерологии:** при лечении язвенной болезни желудка и 12-ти перстной кишки в фазе обострения и ремиссии; хронического гастрита, гастродуоденита; панкреатита

**В отоларингологии:** при лечении вазомоторного ринита; хронического ринита, риносинусита; гайморита, фронтита, хронического фарингита; отита; ларингит, трахеит

**В офтальмологии:** кератит; ирит; увеит; атрофия зрительного нерва; начальная форма глаукомы



# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

## (Переменное магнитное поле)

### Индуктотермия

#### Применяется

- При острых и хронических воспалительные заболевания различных органов и тканей (нервов, мышц, суставов, органов дыхания, пищеварения, мочеполовых органов и др.);
- Спайках после воспалительных процессов или операций;
- Дегенеративно-дистрофических поражений суставов и позвоночного столба;
- Язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки;
- Функциональных заболеваниях нервной системы (невралгия, спазмы мышц, травматические поражения нервов);
- Пиелонефрите.





# ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

## СВЧ терапия

### Применяется

- При дегенеривно-дистрофических и воспалительных заболеваниях опорно-двигательного аппарата (артрозы, артриты, остеохондроз и др.)
- При заболеваниях сердечно-сосудистой системы (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, атеросклероз сосудов головного мозга и др)
- При заболеваниях легких (бронхиты, пневмонии, бронхиальная астма и др).
- При заболеваниях желудочно-кишечного тракта (язвенная болезнь желудка двенадцатиперстной кишки, холецистит, гепатит и т.д)
- При заболеваниях ЛОР-органов (тонзиллиты, отиты, риниты)
- При кожных заболеваниях (фурункулы, карбункулы, гидраденит, трофические язвы, послеоперационные инфильтраты).
- При воспалительных заболеваниях органов малого таза (аднексит, простатит)





# **Кибернетические электронные устройства (КЭУ)**

**Назначение** - Кибернетические электронные устройства (КЭУ) предназначены

- для переработки, хранения и автоматического анализа медико-биологической информации
- для управления процессами жизнедеятельности человека
- для автоматического регулирования состояния окружающей среды

**Состав и структура КЭУ**

- компьютер или специализированный микропроцессор
- подключенная к ним управляющая, анализирующая или регулирующая периферия

# Примеры КЭУ для переработки, хранения и автоматического анализа медико-биологической информации

*Технические средства для автоматизации исследований в*  
*- клиничко-диагностических лабораториях*  
*- санитарно-эпидемиологических лабораториях*

- Анализаторы свертывания крови
- Жидкостные и газовые хроматографы
- Фотокалориметры
- Нефелометры
- Анализаторы иммунохимические



# Примеры КЭУ для управления процессами жизнедеятельности человека

- Аппараты для гемодиализа
- Аппараты искусственного дыхания
- Аппараты искусственного кровообращения
- Инкубаторы для новорожденных
- Аппараты для наркоза



# **Электробезопасность при работе с медицинскими электронными устройствами**

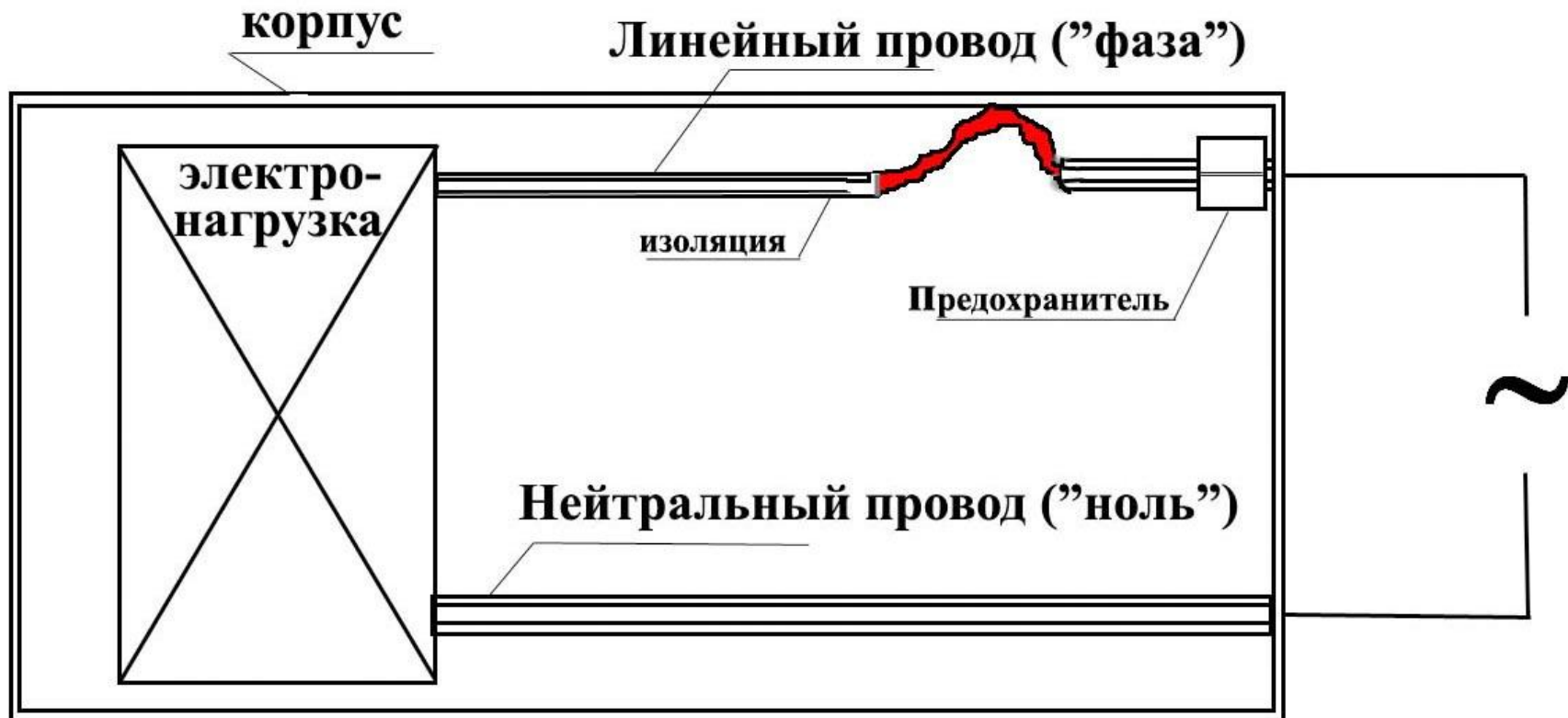
При работе с электронными устройствами **основными возможными причинами опасности** для пациента или персонала **являются:**

***пробой на корпус*** и ***токи утечки***

# Пробой на корпус

- Пробой на корпус** - нарушение защитной изоляции токонесущих частей электронного устройства, приводящее к возникновению электрического контакта между этими частями и корпусом устройства

## СХЕМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОБОЯ НА КОРПУС

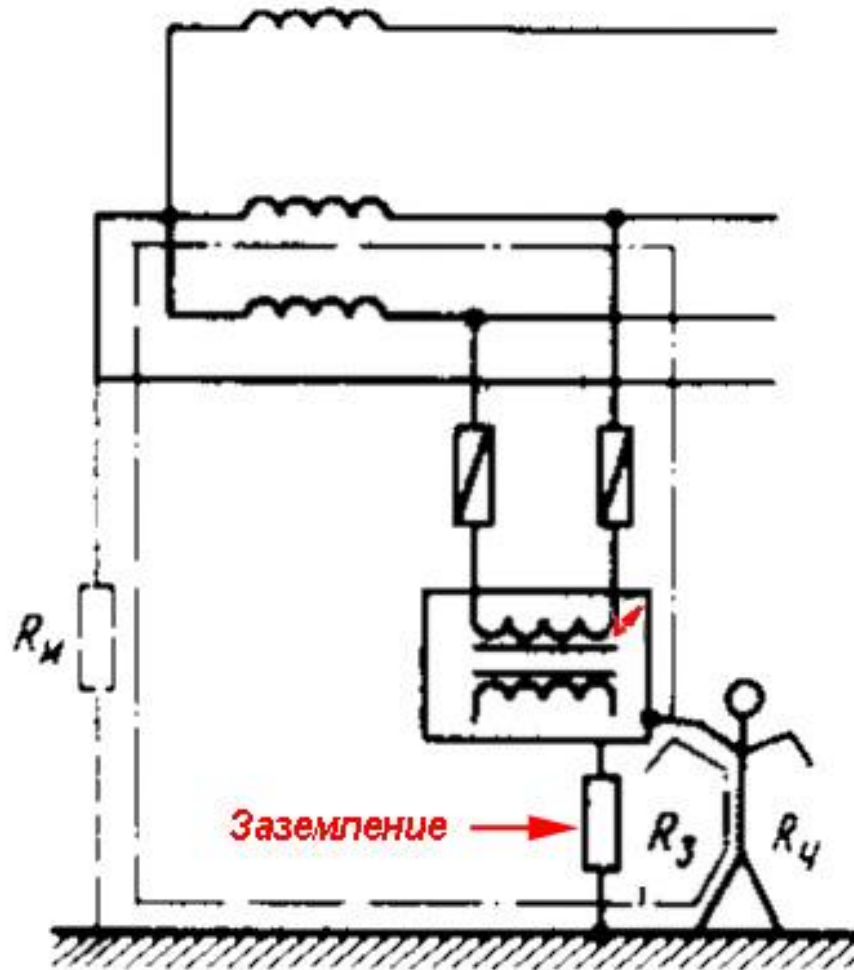


# *Методы борьбы с опасностью поражения током при пробое на корпус*

- *Заземление корпуса*
- *Зануление корпуса*

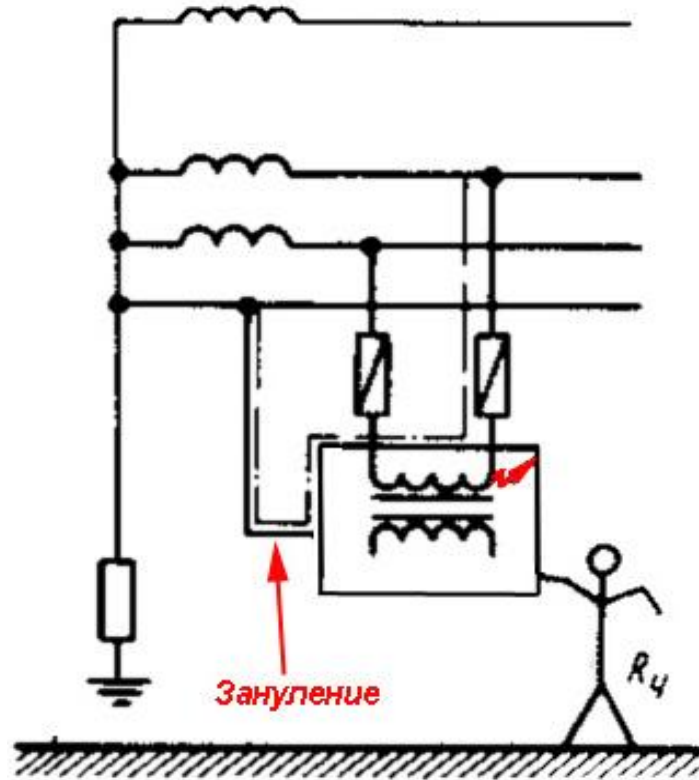
# Заземление корпуса

- При использовании заземления корпус прибора при помощи проводника с малым сопротивлением (не более 4 Ом) соединяется с землей



# Зануление корпуса

- Зануление – преднамеренное соединение корпуса аппарата проводником малого сопротивления с нейтральным проводом

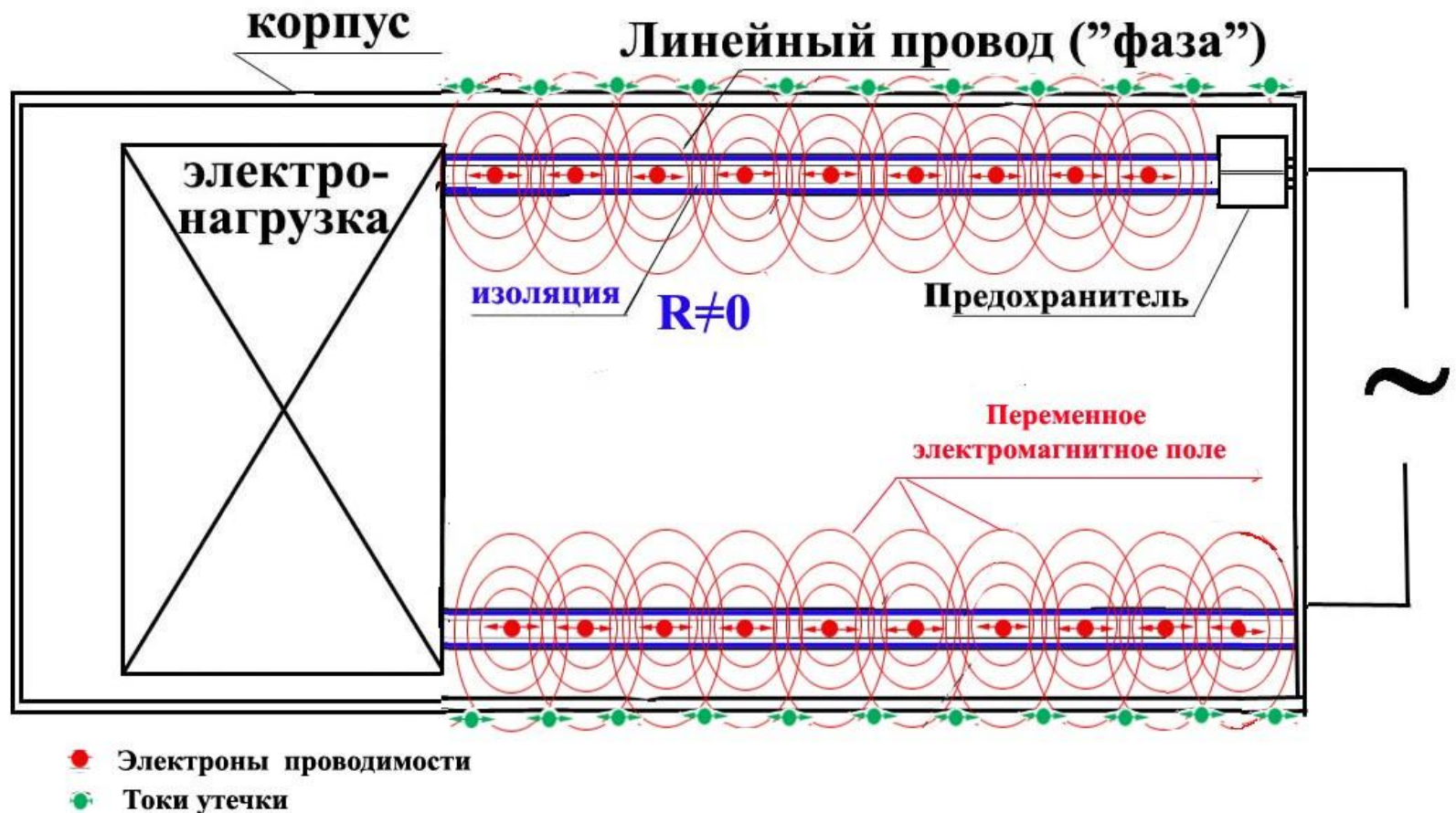


В этом случае при пробое на корпус в цепи возникает ток силой в сотни ампер, что мгновенно приводит к отключению аппарата от сети (вследствие сгорания предохранителя или выхода из строя отдельных частей электропроводки)



# Токи утечки

Токами утечки называют токи, возникающие на корпусе аппарата в результате емкостных связей между токонесущими частями аппарата (когда по ним протекает переменный ток) и его корпусом



# Классификация электронных устройств по величине допустимого тока утечки

Маркировка	Описание класса устройства	Допустимый ток утечки ( $I_{ут}$ )	Примечание
<b><i>H</i></b>	Нормальная степень защиты	Не более 0,25мА	бытовые приборы
<b><i>B</i></b>	Повышенная степень защиты	Не более 0,1мА	
<b><i>BF</i></b>	Повышенная степень защиты с изолированной рабочей частью	Не более 0,1мА	УВЧ –аппарат
<b><i>CF</i></b>	Наивысшая степень защиты с изолированной рабочей частью	Не более 0,10мкА	Приборы, использующиеся при работе с открытым сердцем

# Надежность электронной аппаратуры

Надежность электронного устройства – это его способность работать безотказно

Отказ устройства происходит вследствие непредвиденных причин и является случайным событием

Поэтому для определения надежности электронной медицинской аппаратуры используются термины теории вероятности

# Характеристики надежности

- Вероятность безотказной работы  $P(t)$
- Интенсивность отказов  $\lambda$

## ВЕРОЯТНОСТЬ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ

зависит от времени и определяется по формуле

$$P(t) = \frac{N(t)}{N_0},$$

$N_0$  - исходное (в начальный момент времени) количество исправных приборов или аппаратов,

$N(t)$  - число исправных приборов или аппаратов в некоторый момент времени  $t$ .

**Величина  $P(t)$  со временем уменьшается**

# Интенсивность отказов $\lambda$

Интенсивность отказов  $\lambda$  - величина, численно равная отношению скорости выхода из строя электронных устройств к количеству работающих устройств в данный момент времени со знаком “минус”

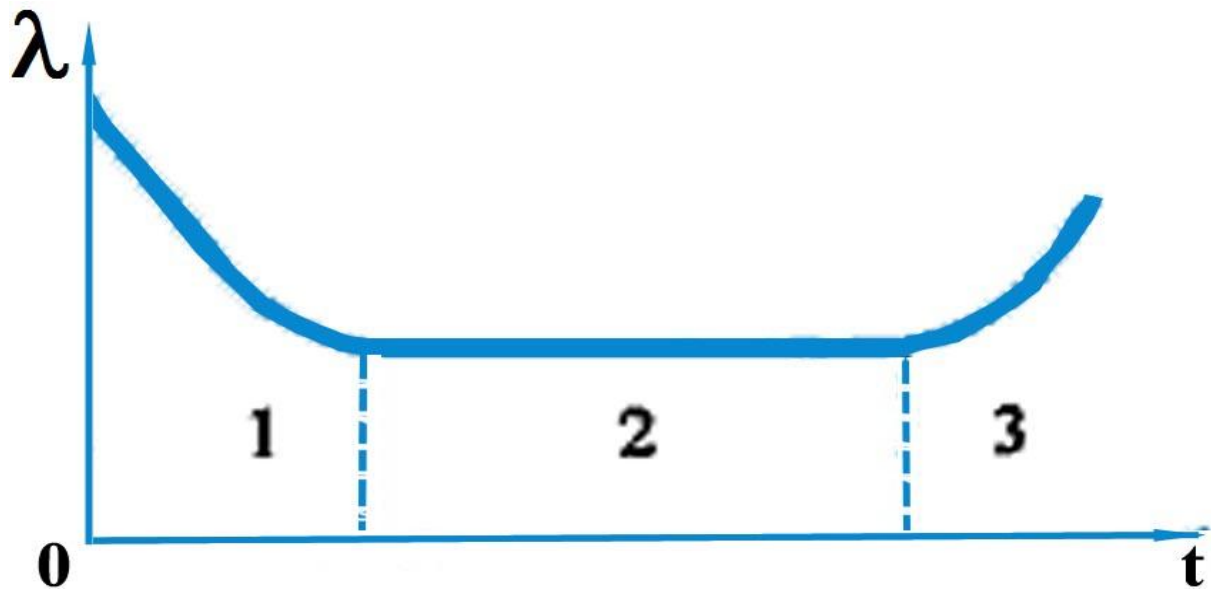
$$\lambda = -\frac{dN}{Ndt}$$

Знак “минус” в выражении для  $\lambda$  обусловлен тем, что количество работающих приборов со временем уменьшается, то есть величина  $\frac{dN}{dt}$  является отрицательной

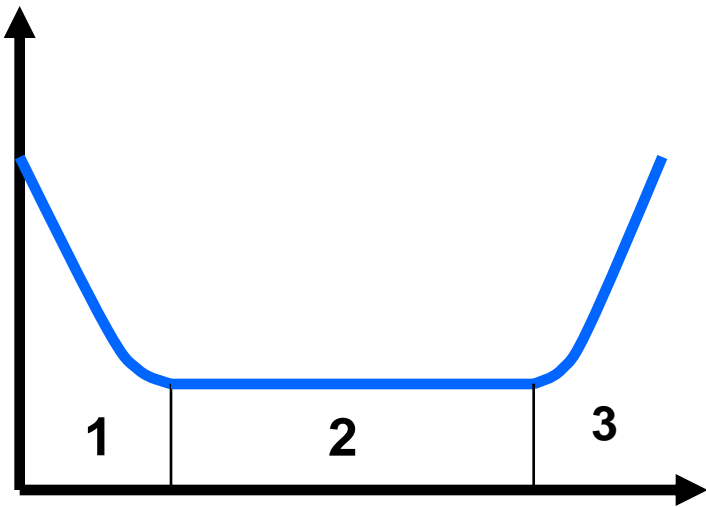
# Зависимость интенсивности отказов от времени

Для установления связи между вероятностью безотказной работы  $P(t)$  и интенсивностью отказов  $\lambda$  необходимо знать зависимость  $\lambda(t)$ :

**Типичный вид такой зависимости показан ниже**



Видно, что кривая зависимости  $\lambda(t)$  имеет 3 характерных участка:



1. Величина  $\lambda$  велика, но уменьшается со временем  
(участок приработки оборудования)
2. Величина  $\lambda$  невелика и не меняется со временем  
(участок нормальной работы оборудования)
3. Величина  $\lambda$  невелика, но увеличивается со временем  
(участок старения аппаратуры)

- **Первый участок** – соответствует выходу из строя приборов, изначально изготовленных с какими-либо дефектами
- **Второй участок** – участок нормальной работы
- **Третий участок** – участок старения аппаратуры и выхода из строя приборов, выработавших свой ресурс

Такой вид зависимости  $\lambda(t)$  *характерен для всех сложных систем.*

В частности, подобный вид имеет кривая смертности для людей



# Связь между вероятностью безотказной работы и интенсивностью отказов

Связь между вероятностью безотказной работы и интенсивностью отказов устанавливают для участка нормальной работы электронных устройств.

На участке нормальной работы количество исправных приборов в конкретный момент времени  $N(t)$  определяется по формуле:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t},$$

используя выражение

$$P(t) = \frac{N(t)}{N_0},$$

можно определить вероятность безотказной работы в момент времени  $t$  по формуле

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

Таким образом вероятность безотказной работы экспоненциально убывает со временем

# Классификация медицинских устройств по критерию надежности

В зависимости от возможных последствий отказа в процессе эксплуатации медицинские электронные приборы и аппараты подразделяют на **классы**

Класс устройств	Последствия отказа устройств	Требования по безотказности работы
<b>А</b>	изделия, отказ которых несет непосредственную угрозу для жизни пациента или персонала (например, системы жизнеобеспечения).	на период эксплуатации до профилактического обслуживания или в течение установленного срока службы должно выполняться условие $P \geq 0.99$
<b>Б</b>	изделия, отказ которых вызывает искажение информации о состоянии организма без опасности для жизни пациента, либо с опасностью, но при возможности немедленной замены их работающими изделиями	на период эксплуатации до профилактического обслуживания или в течение установленного срока службы должно выполняться условие $P > 0,8$ ;
<b>В</b>	изделия, отказ которых снижает эффективность или задерживает лечебно-диагностический процесс в некритических ситуациях	среднее время работы до отказа должно вдвое превышать либо период до положенного профилактического ремонта, либо гарантийный срок эксплуатации

# Метрология в медико-биологических измерениях

## Метрология - это наука об измерениях

В круг задач метрологии входит решение следующих задач:

- *как правильно проводить измерения*
- *как правильно обрабатывать результаты измерений*
- *как обеспечивать достоверность результатов измерений*

# Метрология в медико-биологических измерениях

Медицинская метрология - это область метрологии, в которой рассматриваются особенности измерений в медицине, а также соответствующие средства измерений

**При измерениях необходимо, чтобы результаты измерений**

- соответствовали определенной точности,
- были одинаковыми, если идентичные величины измеряются в разное время или в разных местах

**Для обеспечения требуемой точности и единства измерений существует**

**Государственная метрологическая служба.**

**В число ее задач входят**

- **решение научных проблем**
- **разработка соответствующей документации (ГОСТы, нормативы и др.),**
- **организация регулярной поверки всех используемых средств измерений.**

При **поверке** средств измерений с целью установления их пригодности к применению **определяются погрешности этих средств измерений.**

**Для поверки используются эталонные и образцовые средства измерений.**



**Эталон** - это средство измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение и хранение узаконенной единицы физической величины.

С помощью эталонов поверяются образцовые средства измерений.

**Образцовыми** - называются средства измерений, применяемые для поверки рабочих средств измерений,

**Рабочие средства измерений** – это средства измерений, которые постоянно используются в повседневной практике при производственной, лечебной, научной и других видах деятельности.

# Составляющие медицинских электронных приборов и аппаратов

**В качестве самостоятельных устройств или частей сложных устройств в медицине часто используются упоминавшиеся выше**

- **устройства съема,**
- **усилители,**
- **генераторы,**
- **устройства отображения и регистрации**

# Устройства съема

В настоящее время люди умеют работать с сигналами (преобразовывать, хранить, передавать на расстояния, усиливать) в электрической форме. Поэтому, если исходный сигнал неэлектрический, его сначала преобразовывают в электрическую форму.

*Вследствие этого устройства съема подразделяют на:*

- **электроды** (устройства съема электрических сигналов)
- **датчики** (устройства, преобразующие неэлектрический сигнал в электрический).



# Электроды

**Электроды** обычно представляют собой металлические проводники специальной формы, связывающие электронное устройство с биологической системой .

В зависимости от назначения они могут иметь различную форму, размеры, способы крепления к телу.

**Электроды** как устройства съема различаются:

1. По виду регистрируемого сигнала (ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ, ЭГГ, ЭОГ и др.).
2. По материалу (металлические, угольные, стеклянные).
3. По конструкции (плоские, игольчатые, многоточечные).
4. По площади (чем меньше площадь, тем более локально отводятся биопотенциалы).
5. По назначению: **одноразовые** - используются в кабинете функциональной диагностики; **длительного наблюдения** - в палатах реанимации; **динамического наблюдения** - в физиологии труда и спорта; **экстренного применения** - скорая помощь.
6. По месту расположения (поверхностные и вкалывающие).

# Основные требования, предъявляемые к электродам

- *быстро фиксироваться и сниматься;*
- *обладать высокой стабильностью электрических параметров;*
- *быть прочными;*
- *не создавать помех;*
- *не раздражать ткань;*
- *обеспечивать минимизацию потерь полезной информации;*
- *допускать многократное использование;*
- *обладать не слишком высокой стоимостью*

# Датчики

Существуют различные классификации датчиков. В основном, датчики подразделяют на

Энергетические и биоуправляемые

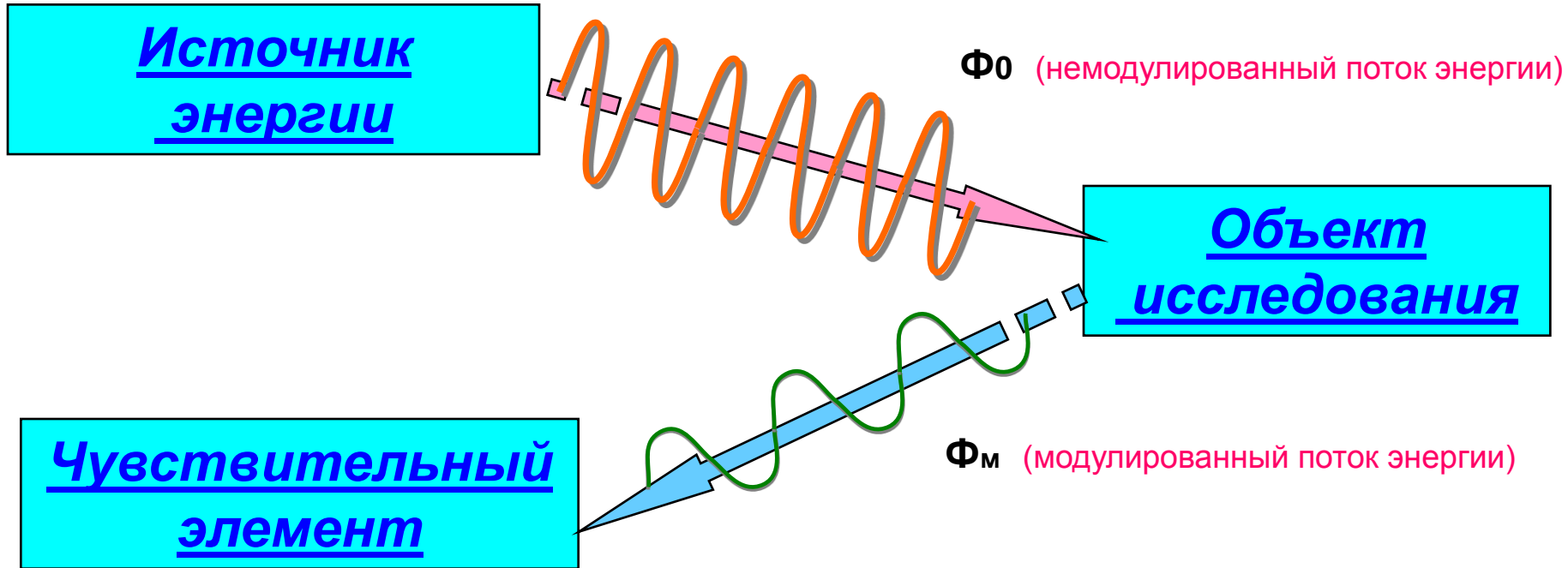
Энергетические датчики - это датчики, которые сами вырабатывают сигнал, который, изменяясь при взаимодействии с объектом исследования затем принимается этим же датчиком

Биоуправляемые датчики - принимают сигнал, имеющий внешнее по отношению к датчику происхождение, и приходящий от объекта исследования



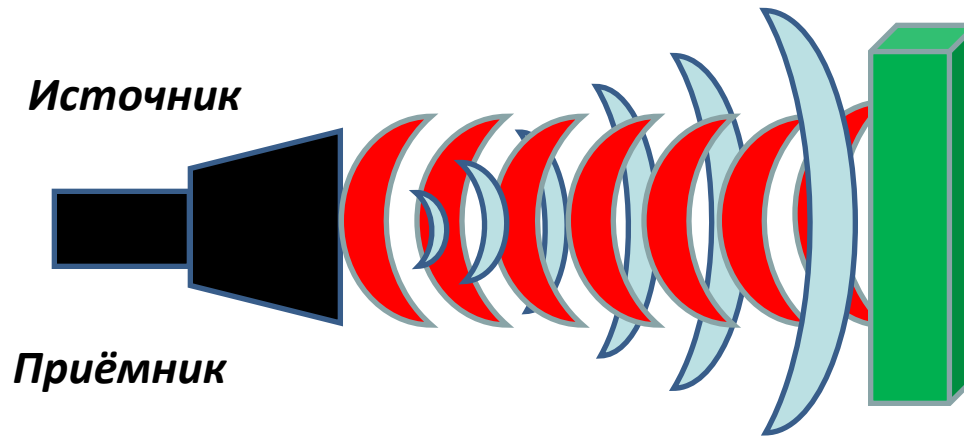
# Энергетические датчики

## Общая схема измерения энергетическими датчиками



В качестве примера энергетического датчика может быть приведен **УЗИ-датчик**

В качестве примера энергетического датчика рассмотрим:  
*работу УЗИ- датчика:*



***Отражение звуковых волн от исследуемого объекта***

# **Биоуправляемые датчики**

*Биоуправляемые датчики принимают сигнал, приходящий от объекта исследования и имеющий внешнее по отношению к датчику происхождение.*

*Биоуправляемые датчики подразделяют на*

## **Генераторные и Параметрические**

*Генераторные датчики генерируют ЭДС (электродвижущую силу), величина которой зависит от уровня снимаемого сигнала*

*Параметрические датчики - при воздействии внешнего сигнала изменяют свои параметры (сопротивление, емкость или др.)*

# Биоуправляемые датчики

*Генераторные датчики* генерируют ЭДС (электродвижущую силу), величина которой зависит от уровня снимаемого сигнала

*Параметрические датчики* - при воздействии внешнего сигнала изменяют свои параметры (сопротивление, емкость или др.), для чего необходим внешний по отношению к датчику источник постоянного или переменного тока.

# *Иные способы классификации датчиков*

- По физической величине, характеризующей входной сигнал:

- *фотодатчики,*

- *термодатчики,*

- *датчики давления,*

- *тензодатчики*

- По параметру, который изменяется под воздействием внешнего сигнала:

Например, при **измерении давления** могут использоваться

- *резистивные,*

- *емкостные*

- *индуктивные датчики.*

# Чувствительность датчиков

**Чувствительность датчика** – это скорость реакции датчика на минимальные изменения измеряемой величины

Пусть  $x(t)$  - зависимость величины входного сигнала датчика от времени, а

$y(t)$  - зависимость величины выходного сигнала от времени.

Зависимость величины выходного сигнала датчика от величины входного сигнала  $y = f(x)$  называется **функцией преобразования датчика**

Тогда чувствительность датчика ( $z$ ), определяется производной **функции преобразования** по величине  $x$

$$z = \frac{dy}{dx} = \frac{df(x)}{dx}.$$



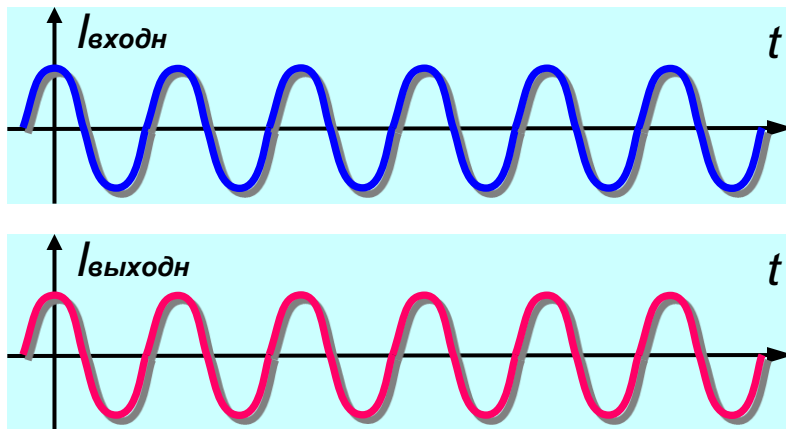
# *Недостатки датчиков*

- Инерционность
- Температурная зависимость показаний датчика
- Гистерезис
- Возможность обратного воздействия датчика на изучаемый объект

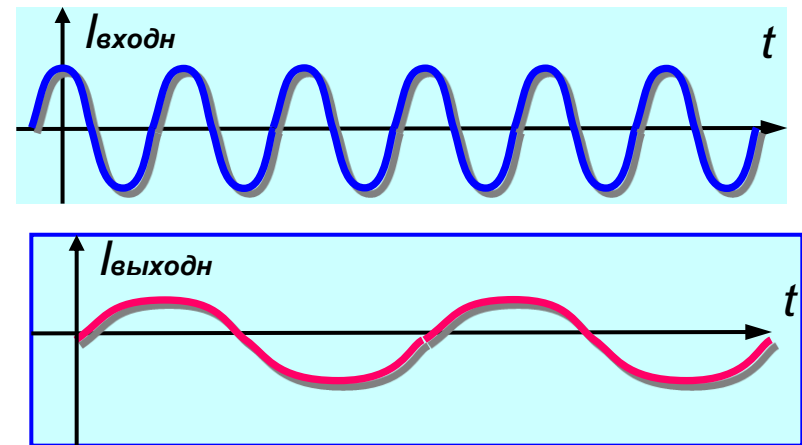
# Инерционность датчиков

**Инерционность** — замедление отклика датчика при быстрых изменениях входного сигнала, когда выходной сигнал не успевает изменяться по тому же закону, что и входной.

**Без инерции**



**При наличии инерции**

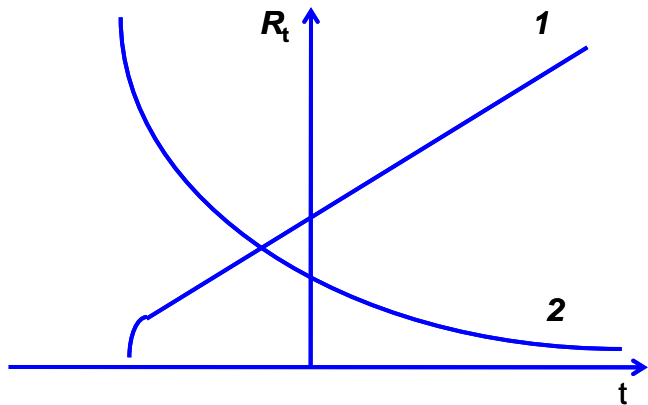


На выходе датчика получается некий усредненный, "сглаженный" сигнал, зависимость которого от времени отличается от входного тем больше, чем быстрее меняется входной сигнал

# Температурная зависимость показаний датчиков

Большинство датчиков изготавливаются либо из металлов либо из полупроводников.

Электрические свойства металлов и полупроводников очень сильно зависят от температуры. При увеличении температуры электрическое сопротивление **металлов** увеличивается, а **полупроводников** уменьшается. Поэтому выходной сигнал датчика будет зависеть от температуры.



*Зависимость сопротивления от температуры: (1) – для металлов, (2) - для полупроводников.*

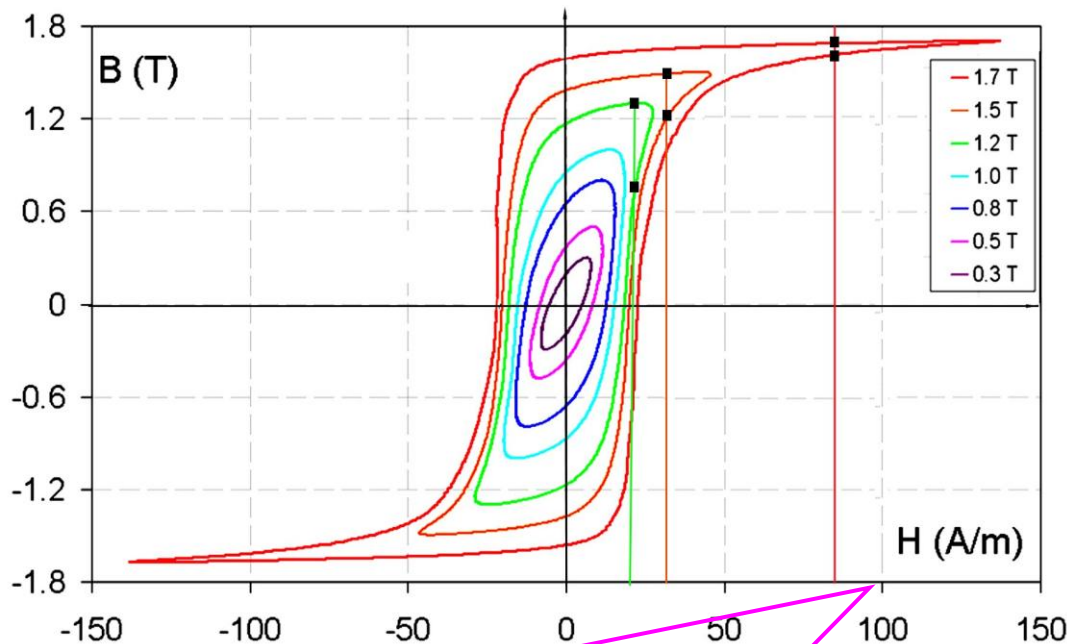
При измерении температуры, такая зависимость свойств является положительным качеством

*Если датчик используется для измерения какой-нибудь другой физической величины, то температурная зависимость свойств датчика - это его недостаток, дающий погрешность измерений, с которым надо бороться.*

# Гистерезис датчиков

Гистерезис - это зависимость сигнала на выходе датчика от предыстории изменения сигнала на выходе датчика.

Датчик “помнит” свое предыдущее состояние, и это сказывается на уровне выходного сигнала.



При одинаковом уровне входного сигнала, величина выходного сигнала будет зависеть от того, как достигнут этот уровень: при **нарастании** входного сигнала или **при его убывании**

Семейство петель магнитного гистерезиса в координатах  $H$ - $B$  для индукционного датчика напряженности магнитного поля из электротехнической стали при синусоидальном изменении полей во времени с амплитудами от 0.3 Т до 1.7 Т

# Общие требования к устройствам съема

*Устройства съема должны:*

- обеспечивать получение устойчивого информативного сигнала;*
- в наименьшей возможной степени искажать входной сигнал;*
- обладать максимальной помехозащищенностью;*
- обеспечивать возможность удобного размещения в необходимом для измерений месте;*
- не создавать побочное раздражающее действие на организм;*
- допускать возможность стерилизации и многократного использования.*

# **Усилители**

**Усилители** - это устройства, усиливающие входные электрические сигналы за счет энергии постороннего источника.

**Усилители электрических сигналов**  
подразделяют на:

- **усилители переменного тока**
- **усилители постоянного тока.**

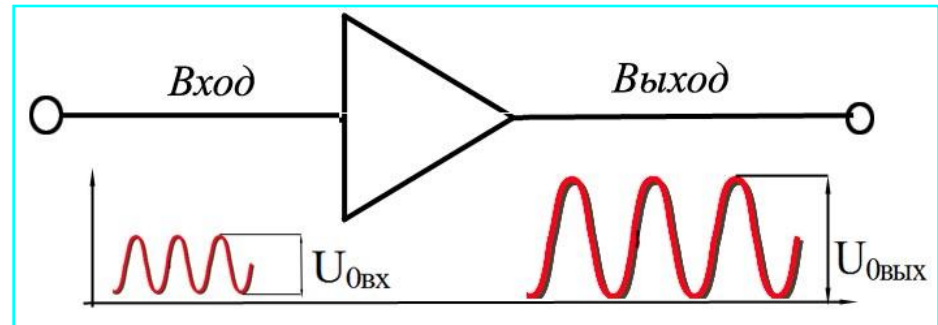


# Коэффициент усиления

Для характеристики усилителя используется такая величина, как коэффициент усиления ( $k$ )

Для усилителей переменного тока коэффициент усиления равен

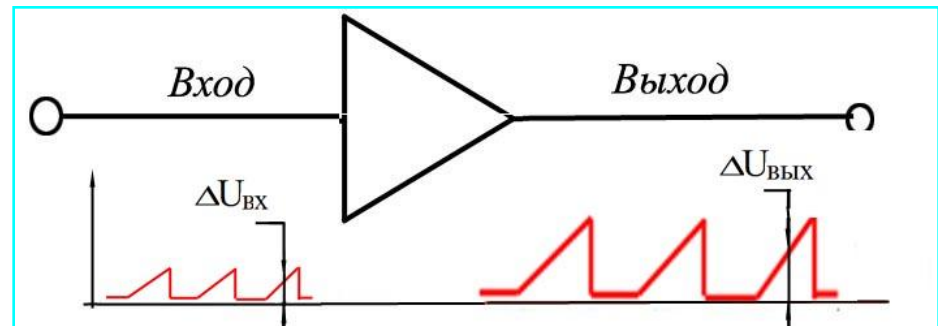
$$k = \frac{U_{0\text{вых}}}{U_{0\text{вх}}},$$



где  $U_{0\text{вых}}$  и  $U_{0\text{вх}}$  - амплитуды выходного и входного сигналов соответственно

Для усилителей постоянного тока коэффициент усиления равен

$$k = \frac{\Delta U_{\text{вых}}}{\Delta U_{\text{вх}}},$$

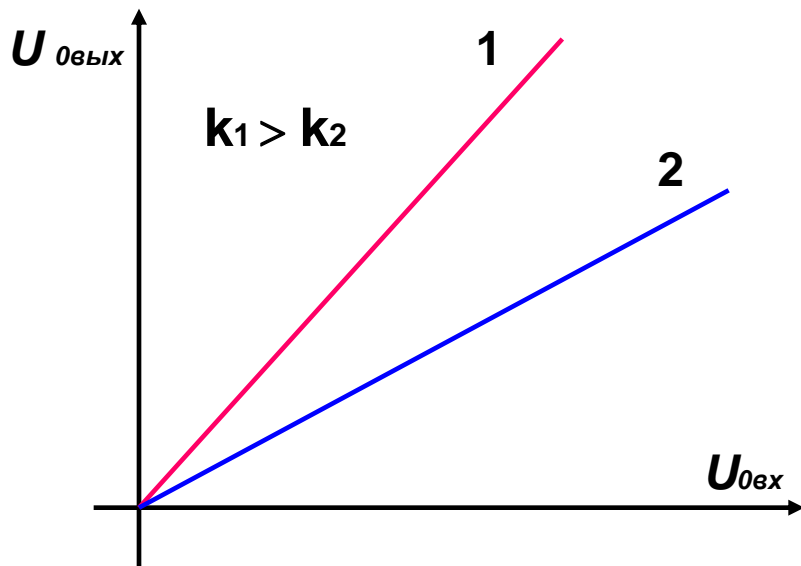


где  $\Delta U_{\text{вых}}$  - изменение сигнала на выходе усилителя, в результате изменения входного сигнала, на  $\Delta U_{\text{вх}}$ .

# Амплитудная характеристика усилителя

**Амплитудной характеристикой усилителя** называется зависимость амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного сигнала

В идеале график этой характеристики - прямая линия, проходящая через начало координат, причем **чем больший угол** составляет график этой **линии с осью абсцисс**, тем больше **коэффициент усиления**, тем лучше усилитель



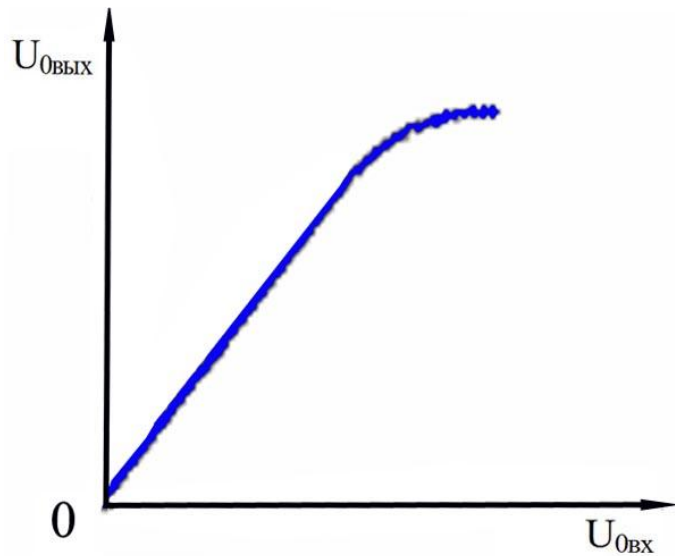
**Амплитудная характеристика идеального усилителя:**

----- 1 – более мощный усилитель

----- 2 – менее мощный усилитель

# Амплитудная характеристика реального усилителя

У реальных усилителей амплитудная характеристика остается линейной только в определенном диапазоне величин входного сигнала (при не слишком больших величинах входного сигнала см рисунок)

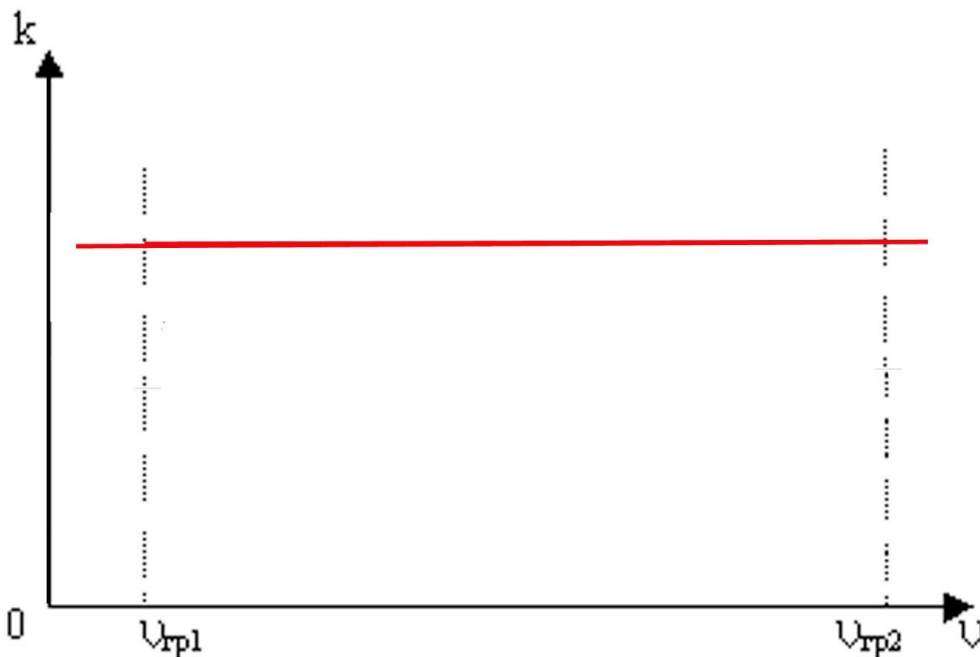


Если при работе усилителя используется нелинейный участок амплитудной характеристики усилителя, то появляются нелинейные (они же - амплитудные) искажения сигнала

# Амплитудно-частотная характеристика усилителя

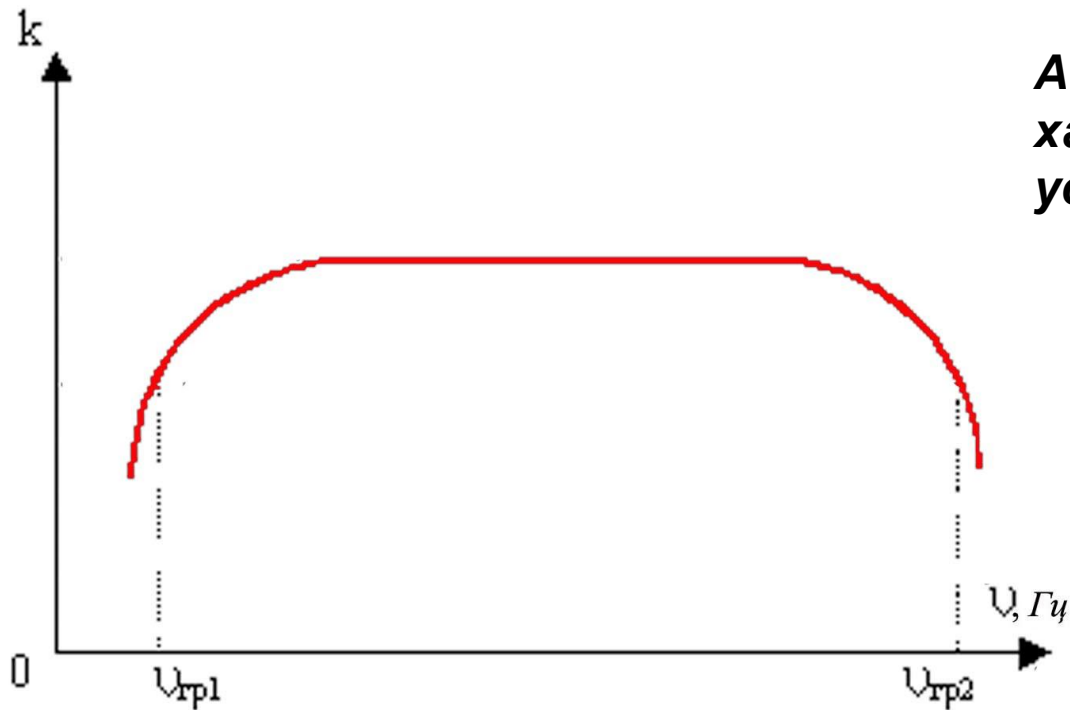
**Амплитудно - частотная характеристика усилителя** - это зависимость коэффициента усиления усилителя переменного тока от частоты входного сигнала

**У идеального усилителя** график амплитудно - частотной характеристики - это прямая линия, параллельная оси абсцисс



**Амплитудно - частотная характеристика идеального усилителя**

У **реальных усилителей** амплитудно-частотная характеристика имеет характер прямой линии только в определенном диапазоне частот. За пределами этого диапазона происходит снижение коэффициента усиления.



*Амплитудно - частотная характеристика реального усилителя*

# Полоса пропускания усилителя

Чтобы сигнал усиливался без существенных искажений, он должен содержать только те частоты, которые лежат в пределах так называемой *полосы пропускания усилителя*

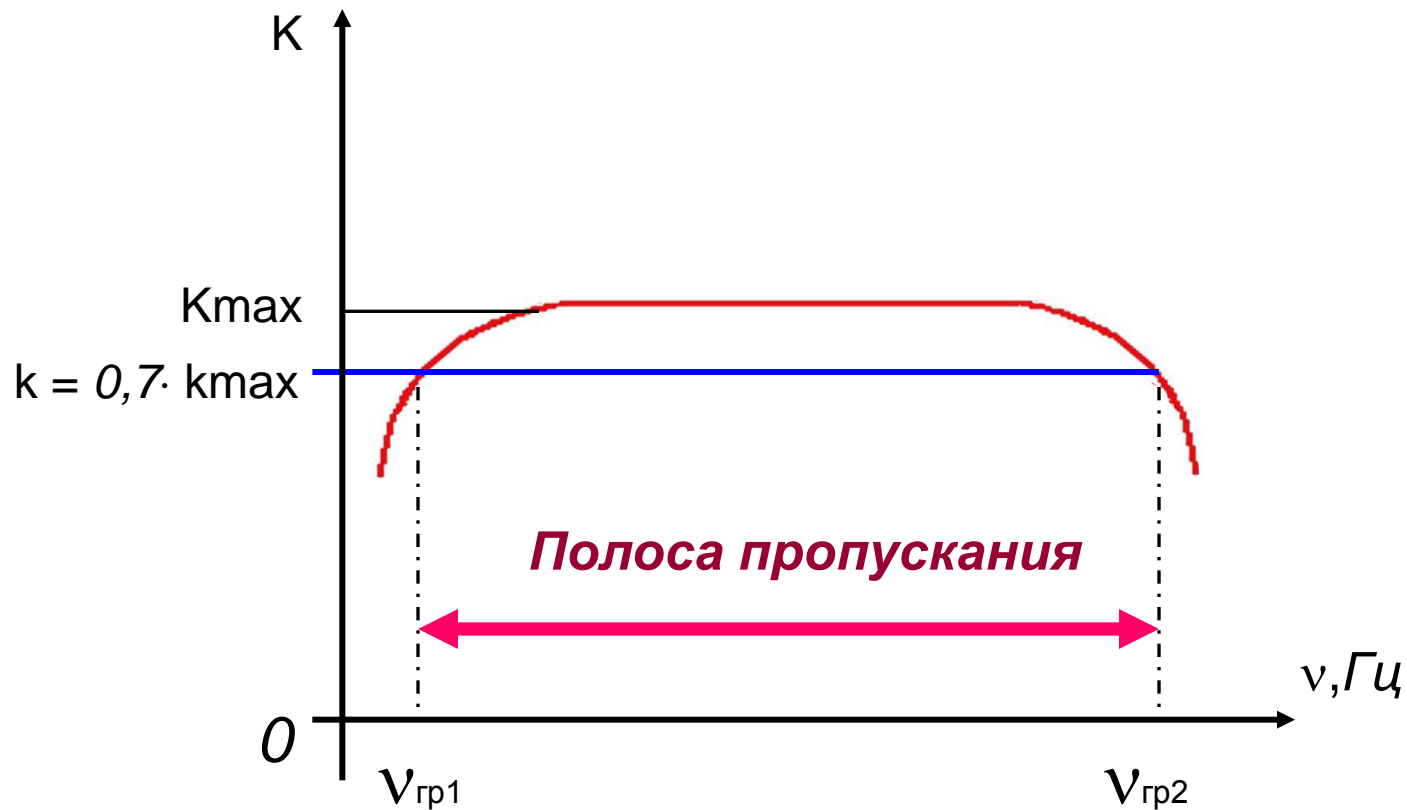
Границы полосы пропускания определяются следующим образом:

- Вначале находится максимальное значение коэффициента усиления усилителя  $k_{\max}$
- Определяется величина коэффициента усиления равная

$$k = \frac{k_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0,7 \cdot k_{\max}$$

- Определяются граничные частоты полосы пропускания находящиеся на пересечении кривой зависимости коэффициента усиления и горизонтальной прямой  $k = 0,7 \cdot k_{\max}$

# Схема определения полосы пропускания усилителя





# Отрицательная обратная связь в усилителях постоянного тока

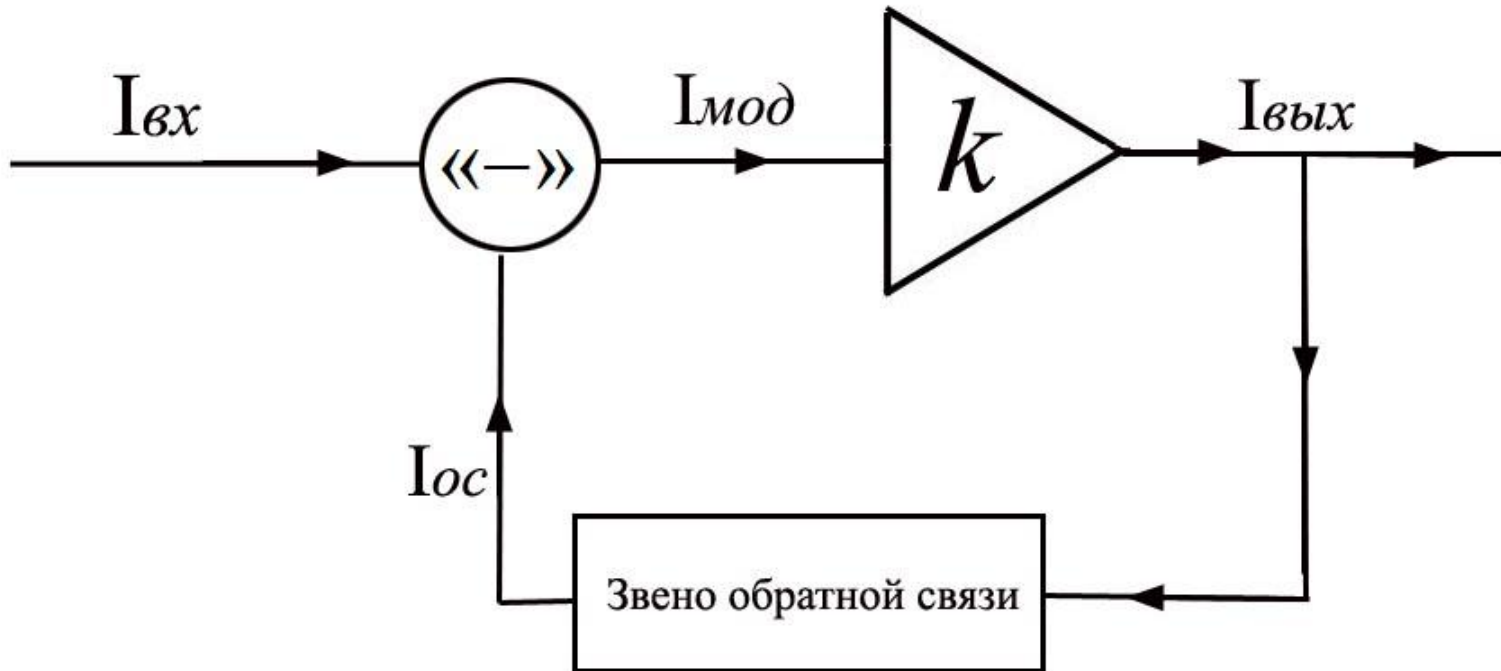
В медицине усилители постоянного тока используются для усиления различного рода биопотенциалов, которые обычно невелики.

Усиление таких сигналов является достаточно сложной задачей из-за нестабильности работы отдельных компонент усилителей постоянного тока

Добиться устойчивой работы (стабильности) усилителей постоянного тока возможно образованием внутри них отрицательной обратной связи.

Обратной связью называют эффект подачи части выходного сигнала усилителя на его вход. При этом если сигнал, проходящий по цепи обратной связи таков, что ослабляет входной сигнал, говорят об отрицательной обратной связи

# Схема усилителя постоянного тока с отрицательной обратной связью



$I_{вх}$  - входной сигнал,  $I_{мод}$  — модулированный (ослабленный сигнал)

$I_{вых}$  - выходной сигнал,  $I_{ос}$  — сигнал обратной связи

# Генераторы

**Генератор** - устройство, преобразующее энергию источников питания (обычно – источников постоянного напряжения) в энергию электромагнитных колебаний различной формы.

Генераторы содержат усилительные элементы, **имеющие положительную обратную связь между выходом и входом**.

Обычно генераторы - это автоколебательные системы.

## **Генераторы подразделяют на**

- генераторы синусоидальных (гармонических) колебаний
- импульсные (релаксационные) генераторы.

Кроме того, генераторы классифицируют по диапазонам частот и генерируемой мощности.

В медицине наиболее часто используются генераторы, входящие в состав физиотерапевтической аппаратуры, электронных стимуляторов, контрольно-диагностической аппаратуры с энергетическими датчиками.

# **Устройства отображения и устройства регистрации**

**Устройства отображения и устройства регистрации** преобразуют электрический сигнал в форму, удобную для восприятия человеком (стрелочные приборы, мониторы, индикаторы на жидких кристаллах)

**Устройства отображения показывают мгновенное (нынешнее) значение сигнала.** При изменении входного сигнала изменяются и показания устройства отображения, причем его предыдущие показания теряются.

**Примером устройств отображения** являются стрелочные приборы, индикаторы на жидких кристаллах

**Устройства регистрации** записывают на каком-то носителе не только нынешнее мгновенное значение сигнала но и его предысторию.

**Примером устройства регистрации** могут служить ленточный самописец