

**лекция № 7**

# **ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

**Лектор Войтик В. В.**

# План

- 1. Классификации медицинской техники. Структурная блок-схема приборов для регистрации биопотенциалов**
- 2. Электроды и датчики**
- 3. Усилители и генераторы**
- 4. Регистрирующие устройства**
- 5. Некоторые медицинские электронные аппараты используемые в медицине**

**Медицинская техника**

**Медицинское  
оборудование**

**Медицинская  
аппаратура**

**Медицинские  
инструменты**

**Электрическая  
медицинская  
аппаратура**

**Механическая  
медицинская  
аппаратура**

**Воздействующие  
аппараты и приборы**

**Воспринимающие  
приборы**

**Терапевтические  
аппараты**

**Диагностические  
приборы**

# Основные группы медицинских электронных приборов и аппаратов

Медицинскую электронную аппаратуру можно разделить на два класса:

медицинские приборы и медицинские аппараты.

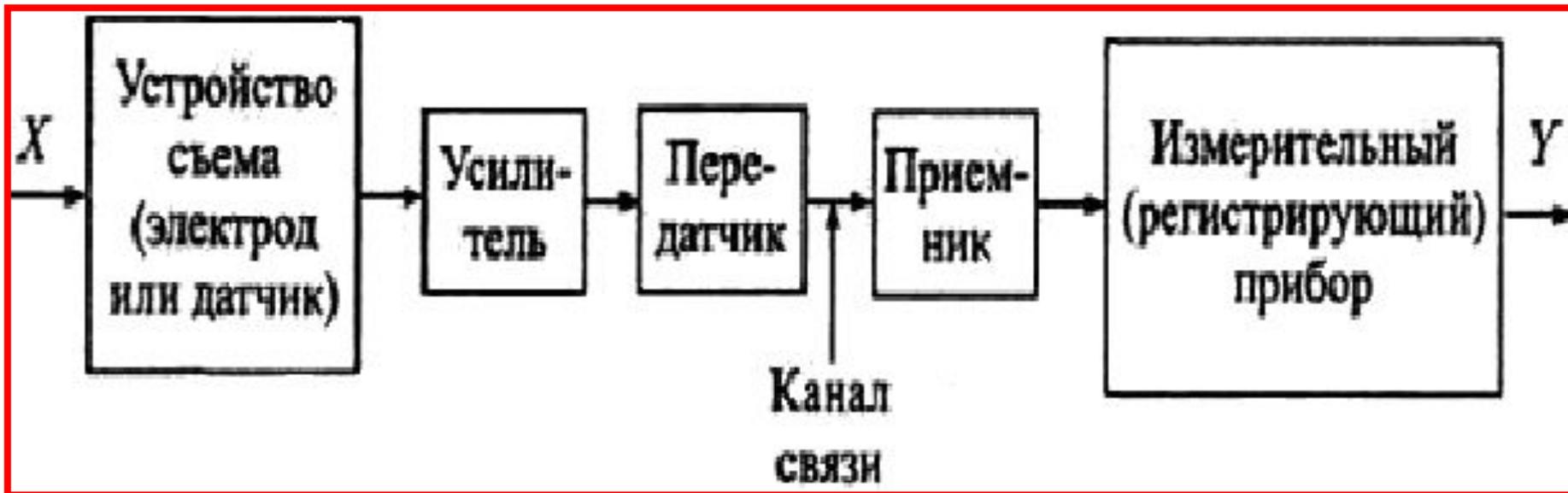
Медицинский прибор — техническое устройство, предназначенное для диагностических или лечебных измерений (медицинский термометр, электрокардиограф и др.).

Медицинский аппарат — техническое устройство, позволяющее создавать энергетическое воздействие (часто дозированное) терапевтического, хирургического или бактерицидного свойства (аппарат УВЧ терапии, аппарат искусственной почки и др.), а также обеспечить сохранение определенного состава некоторых субстанций.

# **Основные группы приборов и аппаратов, используемые для медико-биологических целей:**

- Устройство для получения (съема), передачи и регистрации медико-биологической информации. Большинство этих устройств содержит в своей схеме усилитель электрических сигналов.
- Устройство, обеспечивающее дозирующее воздействие на организм различными физическими факторами с целью лечения.  
С физической точки зрения эти устройства являются генераторами различных электрических сигналов.
- Кибернетические электронные устройства.

# Структурная схема съема, передачи и регистрации медико-биологической информации



где  $X$  — измеряемый параметр биологической системы,

$Y$  — величина, регистрируемая на выходе измерительным прибором

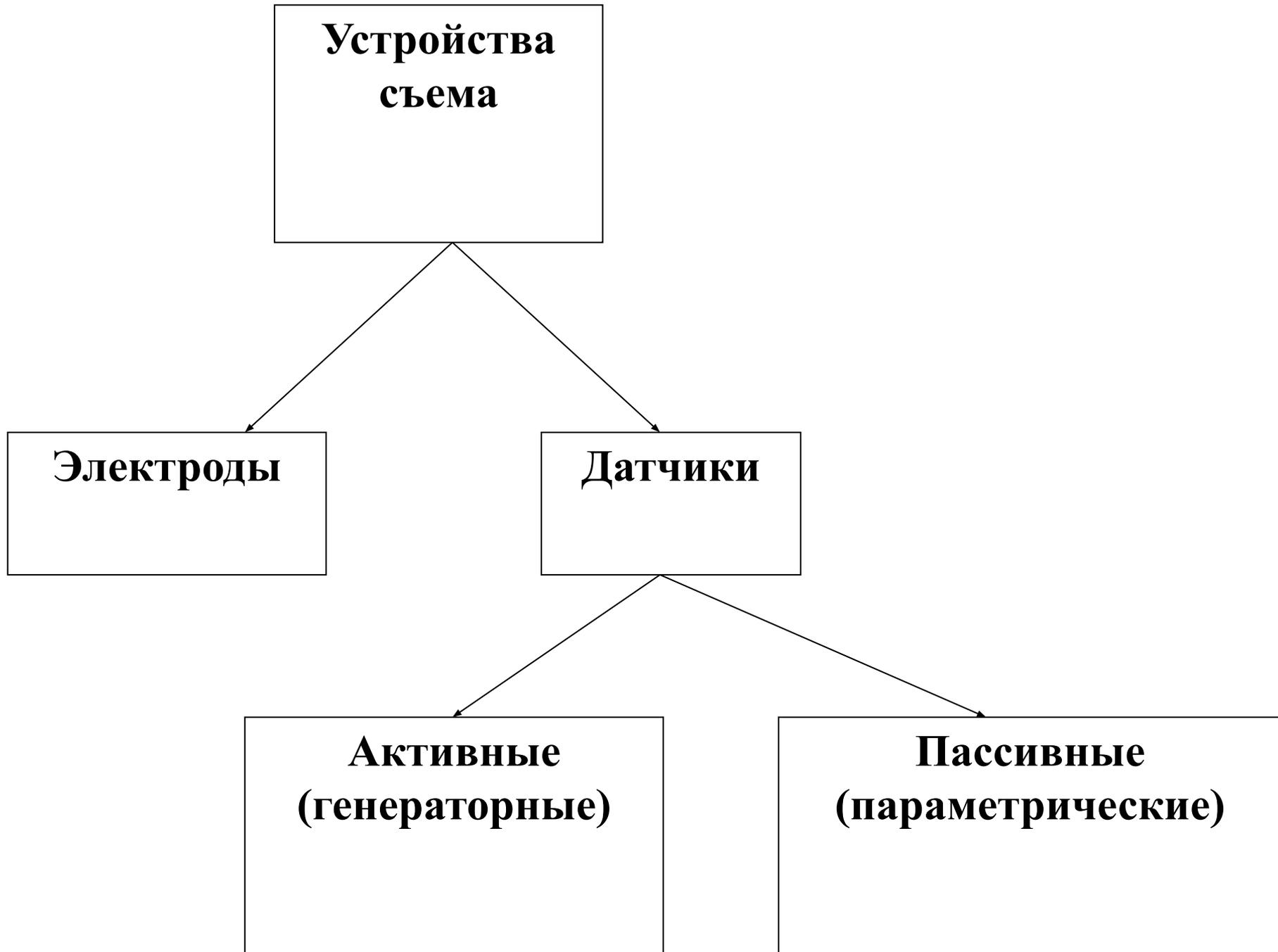
**Устройства  
съема**

**Электроды**

**Датчики**

**Активные  
(генераторные)**

**Пассивные  
(параметрические)**



## 2. Принцип действия электродов

*Электроды* — это проводники специальной формы, соединяющие измерительную цепь с биологической системой.

К электродам предъявляются *требования*:

- они должны быстро фиксироваться и сниматься, иметь высокую стабильность электрических параметров, не искажать сигнал,
- не раздражать биологическую ткань

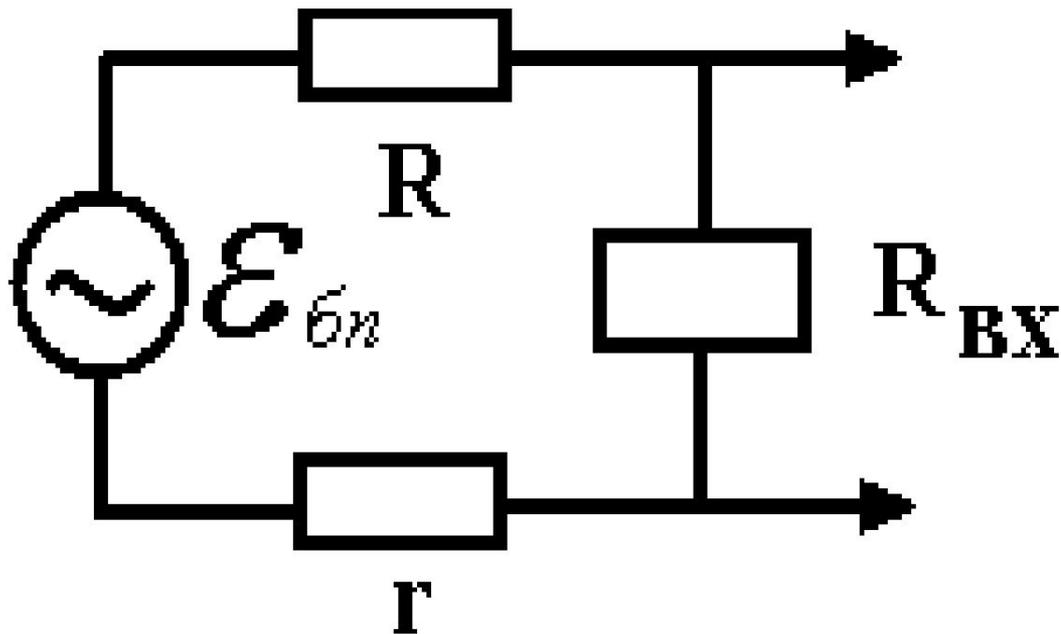


Рис. 1. Эквивалентная схема снятия биопотенциалов

$\varepsilon_{\text{бп}}$  — ЭДС источника биопотенциалов;

$r$  — сопротивление внутренних органов;

$R$  — сопротивление кожи и электродов;

$R_{\text{вх}}$  — входное сопротивление усилителя.

*Для уменьшения сопротивления контакта  
«электрод-кожа» можно :*

- использовать салфетки, смоченные физраствором;
- увеличить площадь электрода (истинная картина в этом случае может искажаться, так как электрод будет захватывать сразу несколько эквипотенциальных поверхностей).

## *Проблемы:*

1. возникновение гальванической ЭДС в месте контакта электрода с биологической системой.
2. электролитическая поляризация электродов, что приводит к выделению на электродах продуктов реакции при прохождении тока. В результате возникает встречная (по отношению к основной) ЭДС.

В обоих случаях возникновение ЭДС **искажает** снимаемый электродами полезный биоэлектрический сигнал.

## Виды электродов при физиотерапии

*Плоские электроды.* Такие электроды используются, например, при гальванизации, электрофорезе. К телу больного подводят постоянный ток с помощью двух электродов, каждый из которых состоит из свинцовой пластинки (или токопроводящей углеграфитовой ткани) и гидрофильной прокладки.

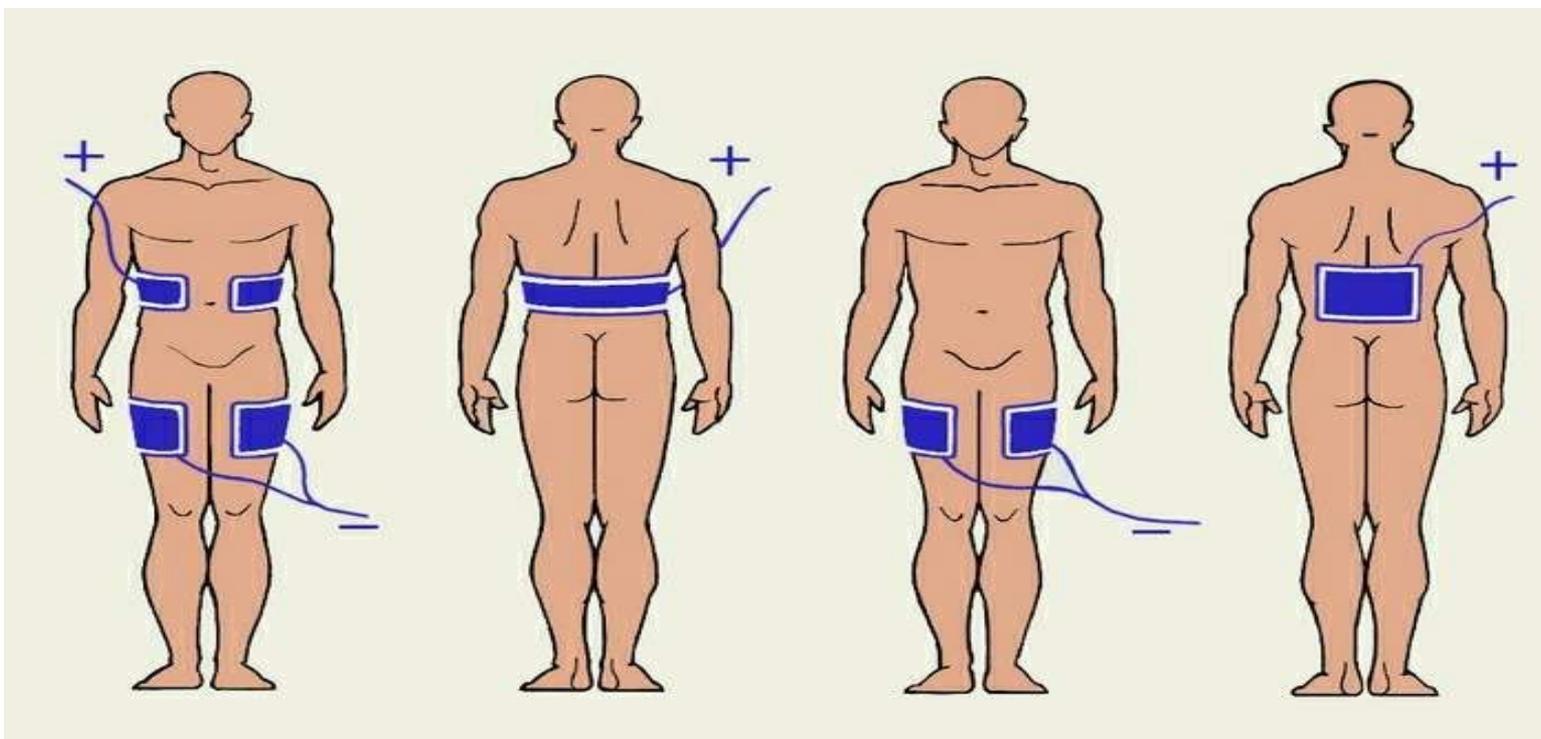


Рис. 2. *Расположение плоских электродов при гальванизации*

При *продольном* расположении электродов (на одной стороне тела) воздействию подвергаются поверхностно расположенные ткани. При *поперечном* расположении электродов (на противоположных участках тела) воздействию подвергаются глубоко расположенные органы и ткани.

*Вакуумные электроды.* Такие электроды используются в дарсонвализации. Воздух внутри стеклянных электродов баллонов имеет низкое давление (6,7-13,5 Па).

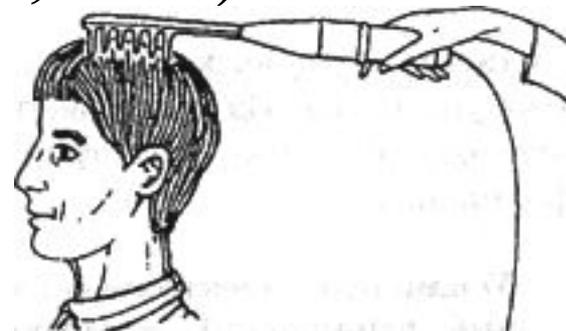


Рис. 3. Стеклянные вакуумные электроды (а), использование электродов при лечении волосистой части головы (б)

При **контактной методике** (непрерывный контакт электрода с кожей) действующим фактором является среднечастотный электрический ток.

При **дистанционной методике** (электрод удален от кожи) действующим фактором является искровой разряд. При обеих методиках вакуумные электроды перемещаются относительно кожи.

# Датчики медико-биологической информации

**Датчик** — устройство, преобразующее измеряемую или контролируемую величину в сигнал, удобный для передачи и регистрации.

Преобразуемая величина  $X$  называется входной, а измеряемый сигнал  $\alpha$  — выходной величиной.

**Характеристика датчика** — функциональная зависимость выходной величины  $\alpha$  от входной  $X$  (описывается аналитически или графически).

Обычно стремятся иметь датчик с линейной характеристикой  $\alpha = kX$ , где  $k$  — постоянный коэффициент. **Чувствительность датчика  $S$**  — отношение изменения выходной величины к соответствующему изменению входной величины:

$$S = \Delta\alpha / \Delta X.$$

**Предел датчика** — максимальное значение входной величины, которое может быть воспринято датчиком без искажения и без повреждения датчика. **Порог датчика** — минимальное изменение входной величины, которое можно обнаружить датчиком.

# **Классы датчиков:**

## **генераторные и параметрические.**

**Генераторные датчики** — такие, которые под воздействием входного сигнала генерируют напряжение или ток (индукционные, пьезоэлектрические, фотоэлектрические и т.п.).

**Параметрические датчики** — такие, в которых под воздействием входного сигнала изменяется какой-либо параметр (тензометрические, емкостные, индуктивные, реостатные и т.п.).

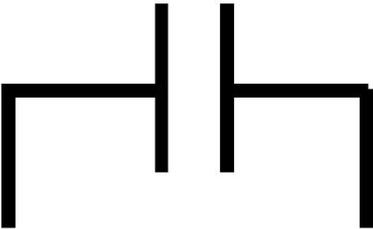
Различают механические, акустические, температурные, оптические и другие датчики.

## *Параметрические датчики:*

*емкостные* состоят из конденсатора,

*индуктивные* содержат катушку индуктивности.

a)  $C$



$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

b)  $L$

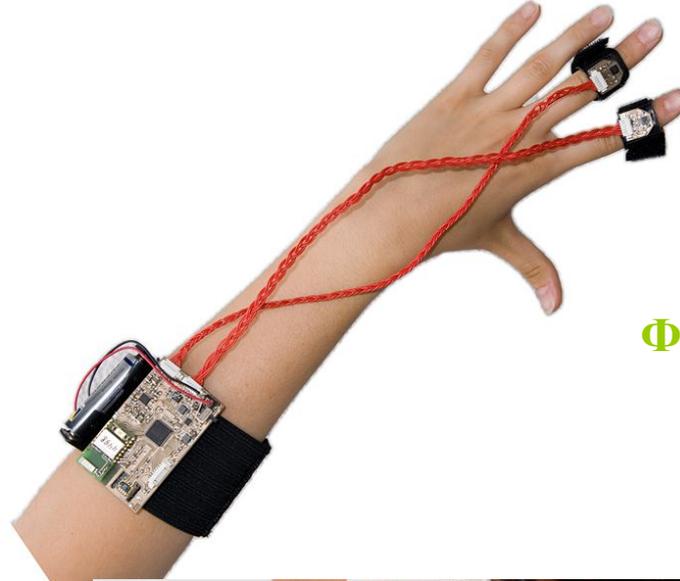


$L = \frac{k_l \mu n^2 \pi r^2}{l}$

Рис. 4. Емкость  $C$  плоского конденсатора (а) и индуктивность  $L$  катушки индуктивности (б)



Ультразвуковые датчики



Фотодатчики



Гибкие датчики  
для сердца



Синхронизирующий датчик

Датчики давления

**Усилитель** **3. Усилитель** электрических сигналов  
(электронный усилитель) — устройство, увеличивающее *амплитуду* этих сигналов без изменения их формы за счет постороннего источника электрической энергии.

Усилители могут создаваться на основе различных элементов (транзисторы, триоды и др.), однако в общих чертах их можно представить одинаково. Они имеют вход, на который подается усиливаемый электрический сигнал, и выход, с которого снимается усиленный сигнал (рис. 5).

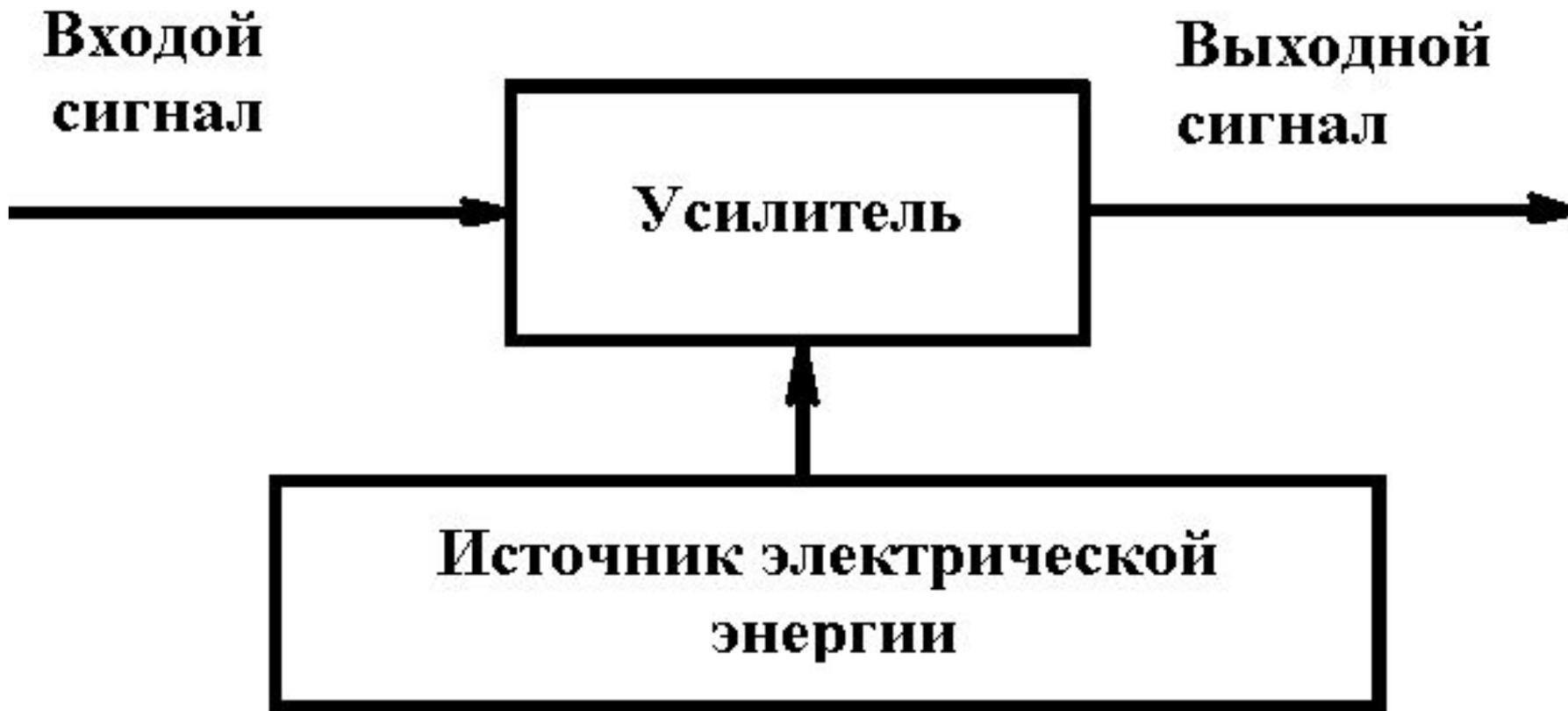
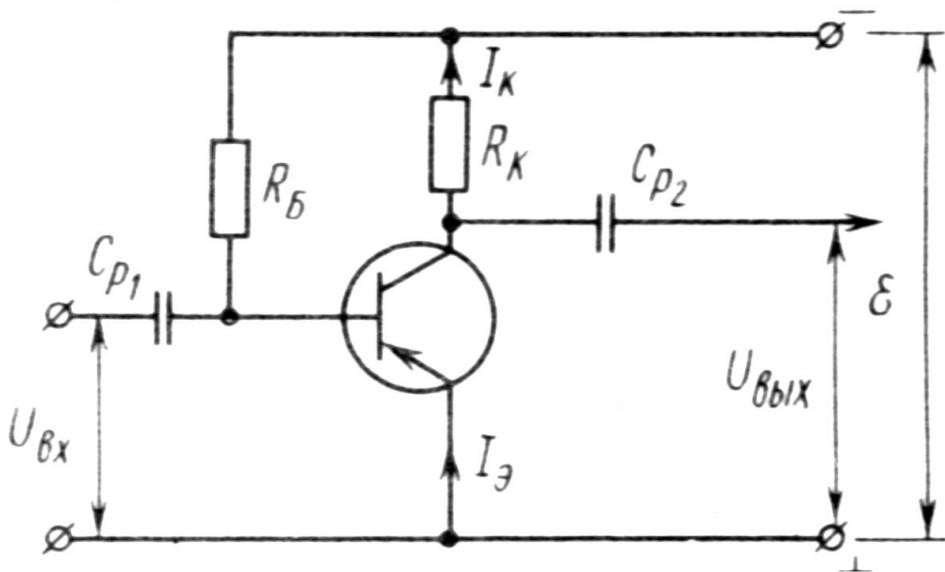


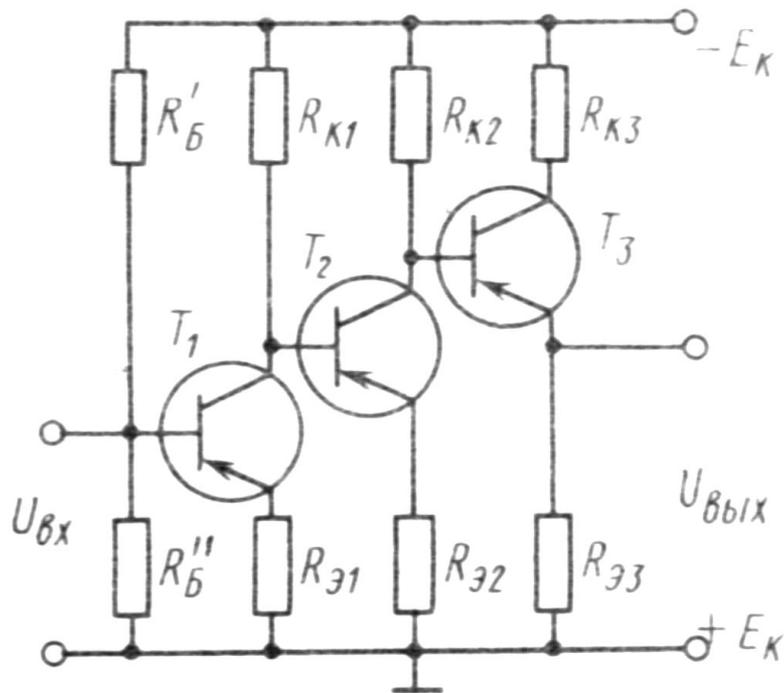
Рис. 5. *Схема усиления сигнала*

В зависимости от целей усилители классифицируются по напряжению, силе тока, мощности.



**Усилитель однокаскадный**

**Усилитель многокаскадный**



# Характеристики усилителя

***а) Входное сопротивление.***  $R_{\text{ВХ}}$  —

сопротивление между его входными клеммами, которое можно найти по формуле

$$R_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВХ}} / I_{\text{ВХ}}$$

***б) Коэффициент усиления.***

***Коэффициент усиления*** усилителя равен отношению сигнала на выходе усилителя к значению сигнала на входе:

$$K = U_{\text{ВЫХ}} / U_{\text{ВХ}}$$

Коэффициент усиления усилителя из нескольких каскадов равен произведению коэффициентов усиления усилителей всех используемых каскадов:  $K_{\text{ОБЩ}} = K_1 K_2 K_3 \dots$

*в) Амплитудная характеристика усилителя* — это зависимость максимального значения выходного сигнала от максимального значения входного.

Для рассматриваемого усилителя по напряжению амплитудная характеристика представляется зависимостью

$$U_{\text{МАХВЫХ}} = f(U_{\text{МАХ ВХ}}).$$

Для неизменности формы сигнала коэффициент усиления должен быть одинаков в пределах изменения входного сигнала.

Для этого необходимо использовать усилитель с *линейной* амплитудной зависимостью:

$$U_{\text{MAX Вых}} = K \cdot U_{\text{MAX Вх}}$$

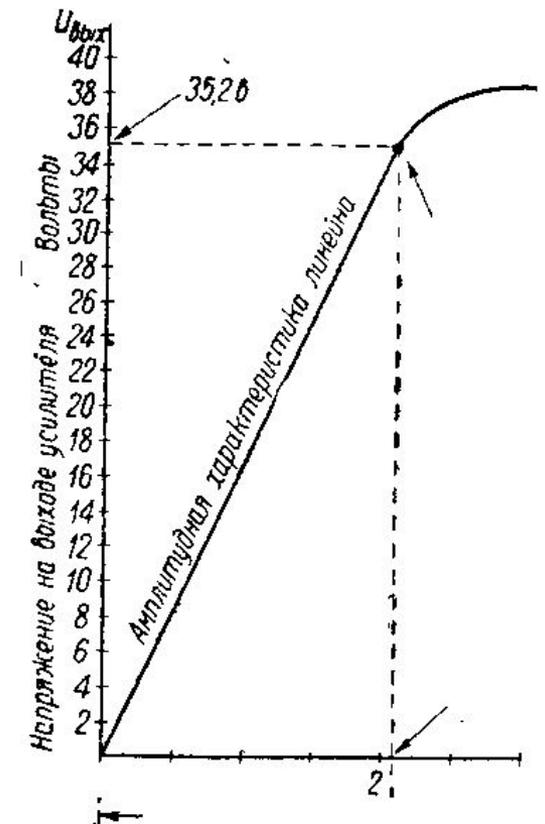
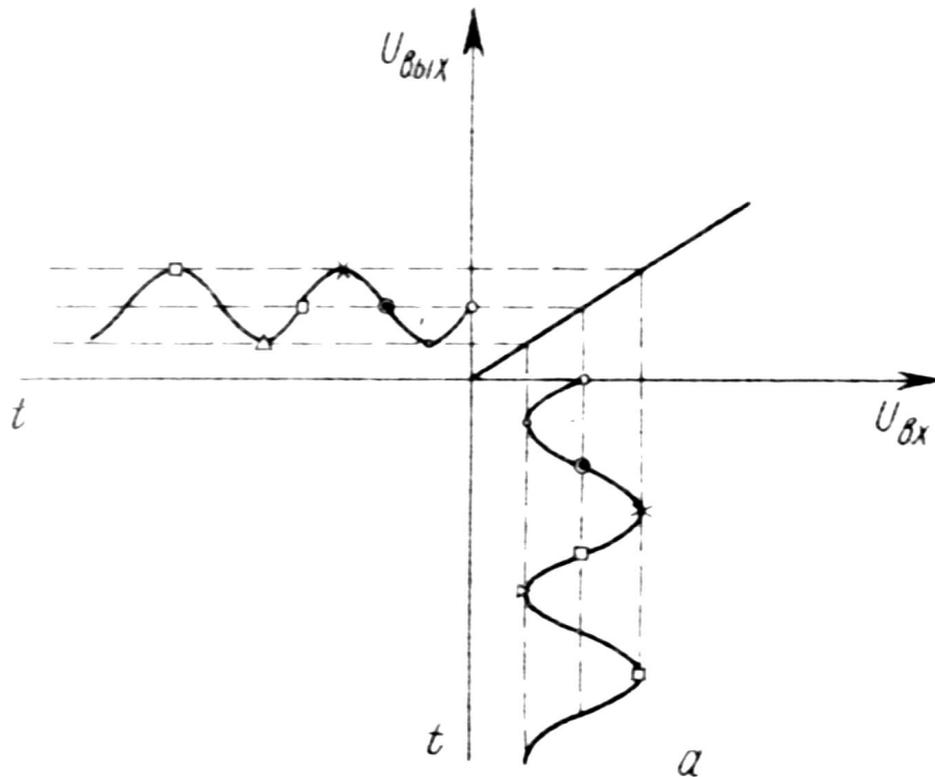


Рис. 6. Амплитудная характеристика усилителя

г) **Частотная характеристика.** В том случае, когда усиливаемый сигнал несинусоидальный, его можно разложить на отдельные гармоники, характеризующиеся соответствующей частотой. Коэффициент усиления для каждой гармоники может оказаться разным. Поэтому необходимо учитывать частотную характеристику усилителя.

**Частотная характеристика усилителя** — это зависимость коэффициента усиления от частоты сигнала:  $K = f(\nu)$ .

Для того чтобы несинусоидальный сигнал был усилен без искажения, нужно, чтобы коэффициент усиления не зависел от частоты, то есть  $K(\nu) = \text{const}$ . В общем случае это условие не выполняется, что приводит к искажениям формы сигнала, которые называются **частотными**.

$$0,7 K_{\max} \approx \frac{K_{\max}}{\sqrt{2}}$$

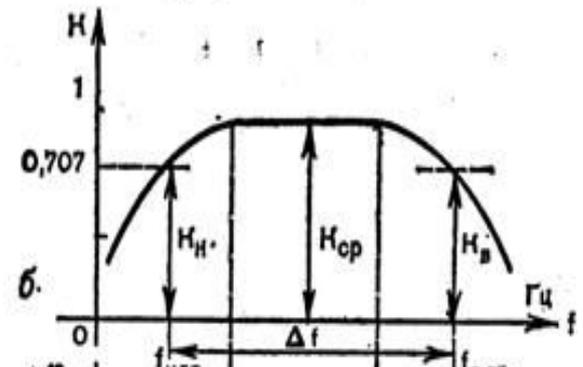
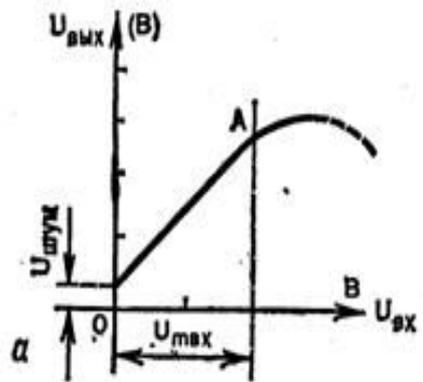
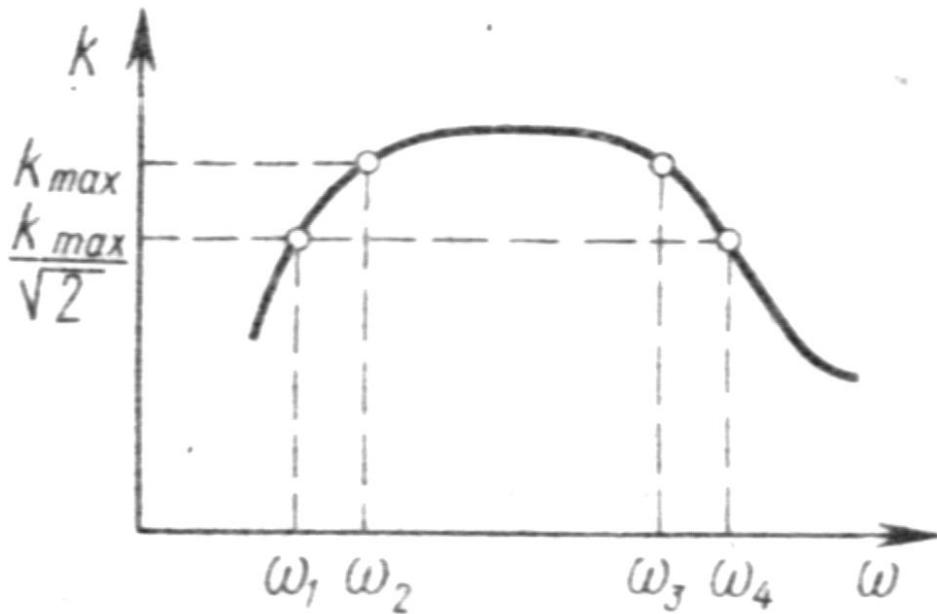


Рис. 7. Частотная характеристика усилителя

**Полосой пропускания** усилителя называется интервал частот, в котором коэффициент усиления постоянен.

# Особенности усиления биоэлектрических сигналов

Специфика усилителей биопотенциалов определяется *особенностями биопотенциалов:*

- выходное сопротивление биологической системы совместно с сопротивлением электродов, как правило, высокое;
- биопотенциалы — медленно изменяющиеся сигналы;
- биопотенциалы — слабые сигналы.

# Особенности биоусилителей:

- Коэффициент усиления составляет  $10^6 - 10^8$ ;
- Коэффициент дискриминации  $10^5 - 10^6$ ;
- Все биоусилители – низкочастотные;
- Высокое входное и низкое выходное сопротивления.

# Электростимуляторы, генераторы

*Генераторы* — устройства, которые преобразуют энергию источников постоянного напряжения в энергию электромагнитных колебаний различной формы.

## **Классификация генераторов:**

- по форме сигнала: генератор гармонических колебаний и генератор колебаний специальной формы (импульсные колебания);
- по частоте сигналов;
- по мощности;
- по принципу работы (генератор с самовозбуждением и генератор с внешним возбуждением).

Генераторы *гармонических колебаний* работают на транзисторах или трехэлектродных лампах. Общие принципы функционирования их основаны на принципах работы автоколебательных систем.

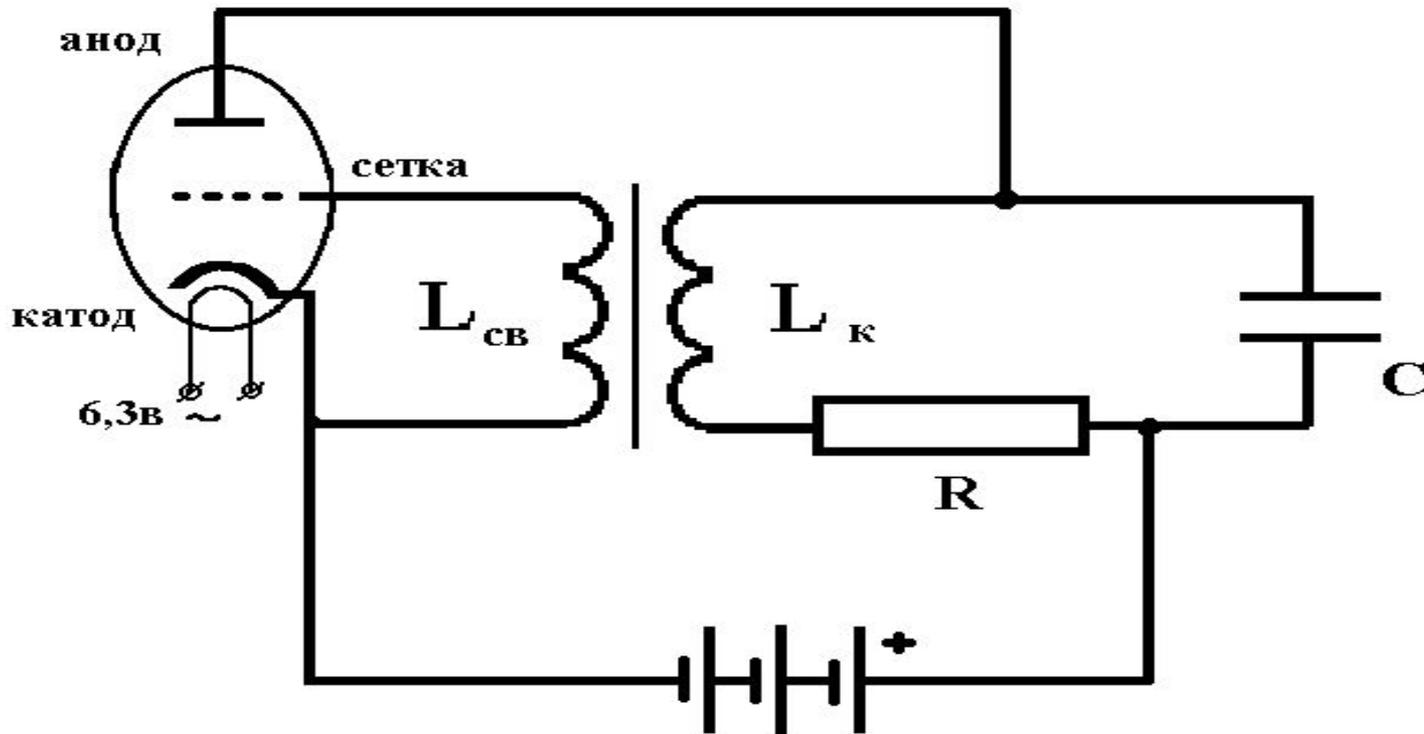


Рис. 9. Схема генератора гармонических колебаний.

*Релаксационные колебания* — электромагнитные колебания несинусоидальной формы.

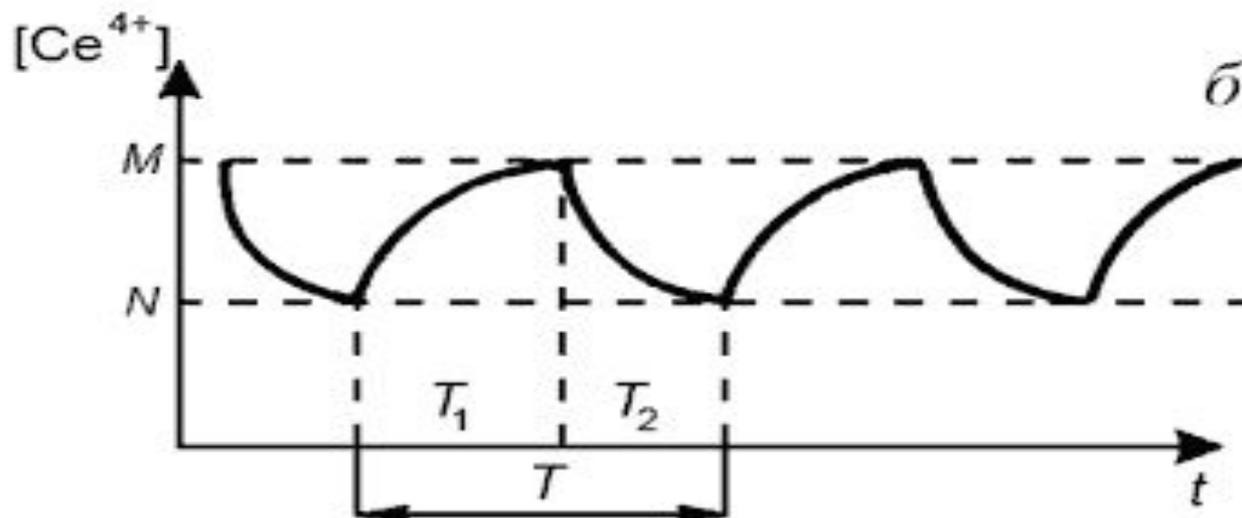


Рис. 10. Пример релаксационных колебаний

Генераторы релаксационных колебаний  
используются в: ***амплипульстерапии,  
флюктуоризации, аппарате «Электросон»,  
диадинамотерапии, электростимуляции.***

***Амплипульстерапия*** — генератор соответствующего аппарата создает синусоидальные токи на частоте 5000 Гц, модулированные по амплитуде низкой частотой в пределах 10-150 Гц (аппараты «Стимул»).

***Флюктуоризация*** — генератор соответствующего аппарата создает синусоидальный ток малой силы и небольшого напряжения, беспорядочно меняющегося по амплитуде и частоте в пределах 100-2000 Гц. Использование таких токов уменьшает вероятность привыкания тканей к раздражителю (аппараты снятия боли — АСБ).

**Электросон** — генератор соответствующего аппарата создает импульсный ток низкой частоты и малой силы с импульсами прямоугольной формы (аппараты «Электросон»).

**Диадинамотерапия** — генератор соответствующего аппарата создает ток с импульсами полусинусоидальной формы (аппарат «Тонус»).

**Электростимуляция** — генератор соответствующего прибора создает импульсные токи (в частности, импульсы экспоненциальной формы) для восстановления функции нервно-мышечного аппарата человека (аппараты АСМ)



Аппарат для  
амплипульстерапии



Аппарат Рефтон



Аппарат Электросон



Аппарат УВЧ

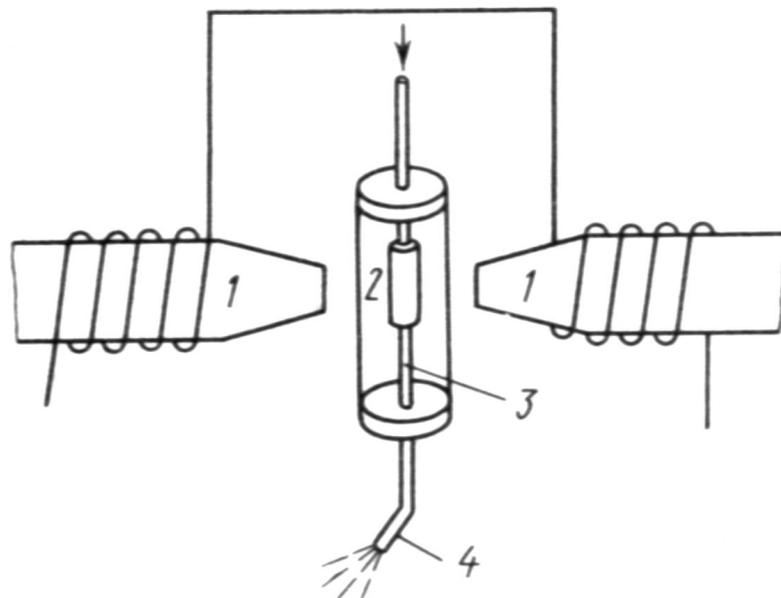
# Аппараты «Электросон», «Электронаркоз»



## 4. Регистрирующие устройства



# Аналоговые



**Рис.1. Схема струйного самописца**

- 1 – электромагнит, через обмотки которого проходит регистрируемый биопотенциал;  
2 – постоянный магнит; 3 – стеклянный капилляр;  
4 – сопло капилляра.

- **Дискретные – все виды счетчиков**
- **Комбинированные – электронно-лучевая трубка**

# 5. Некоторые медицинские электронные аппараты используемые в медицине

## Аппарат для электрохирургии



# Разрез электроскальпелем



# Импульсная магнитотерапия «Алимп-1»



# Действие ВЧ магнитного поля Индуктотермия

Аппарат для  
индуктотермии ИКВ  
4





# Классификация медицинской аппаратуры по возможным последствиям отказов в процессе эксплуатации

**А** – изделия, отказ которых представляет непосредственную опасность для жизни пациента или персонала. Вероятность безотказной работы изделий этого класса должна быть не менее 0,99 между планово-предупредительными техническими обслуживаниями (ремонт, поверка). К изделиям класса А относятся приборы для наблюдения за жизненно важными функциями больного (аппараты искусственного дыхания, кровообращения и т.п.);

**Б** – изделия, отказ которых вызывает искажения информации о состоянии больного или окружающей среды, не приводящее к непосредственной опасности для жизни пациента или персонала. Вероятность безотказной работы изделий этого класса должна быть не менее 0,8. К изделиям класса Б относятся системы, следящие за больным, аппараты для стимуляции сердечной деятельности и др.;

**В** – изделия, отказ которых снижает эффективность или задерживает лечебно-диагностический процесс, либо повышает нагрузку на медицинский или обслуживающий персонал. К этому классу относится большая часть диагностической и физиотерапевтической аппаратуры, инструментарий и др.

**Г** – изделия, не содержащие отказоспособных частей.

# Тест-контроль:

Устройство, преобразующее измеряемую или контролируемую величину в сигнал, удобный для передачи, дальнейшего преобразования и регистрации, называется:

1. датчиком
2. электродом
3. генератором
4. усилителем.

# РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

## **Обязательная:**

- Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учебник. -М.: Дрофа, 2007.-

## **Дополнительная:**

- Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики с элементами реабилитологии: учебное пособие. -М.: Физматлит, 2005.-
- Антонов В.Ф. Физика и биофизика. Курс лекций: учебное пособие.-М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006.-