

## ТЕМА 3. ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И ВИДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

### ЛЕКЦИЯ 1 СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ



«Бойтесь странностей.

Всё хорошее просто и понятно, а где странности, там всегда какая-нибудь муть.

И вообще приучите себя к тому, чтобы у вас во всём была ясность»

Л.Д. Ландау

«Нет ничего тайного, что не сделалось бы явным,  
и ничего не бывает потаённого, что не вышло бы наружу»

Евангелие от Марка

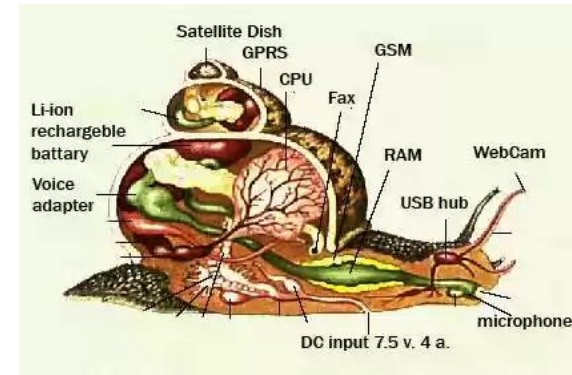
# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС Структурное моделирование

**Структура**, лат., внутреннее строение:  
анатомическое, гистологическое, микроскопическое  
(микроструктура), химическое.

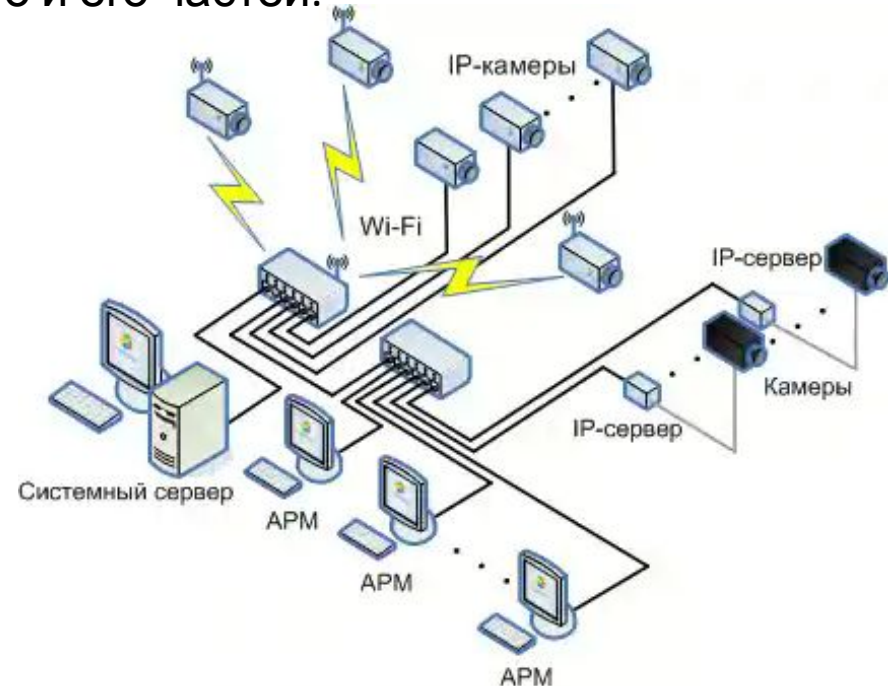
Малый энциклопедический словарь Брокгауза и  
Ефрона



В естествознании **структура** есть внутреннее устройство чего-либо, скрытое внешней формой предмета. Внутреннее устройство связано с категориями целого и его частей.



**СТРУКТУРА СИСТЕМЫ** [system structure] —  
организация связей и отношений между  
подсистемами и элементами системы, а  
также собственно состав этих подсистем и  
элементов, каждому из которых обычно  
соответствует определенная функция.



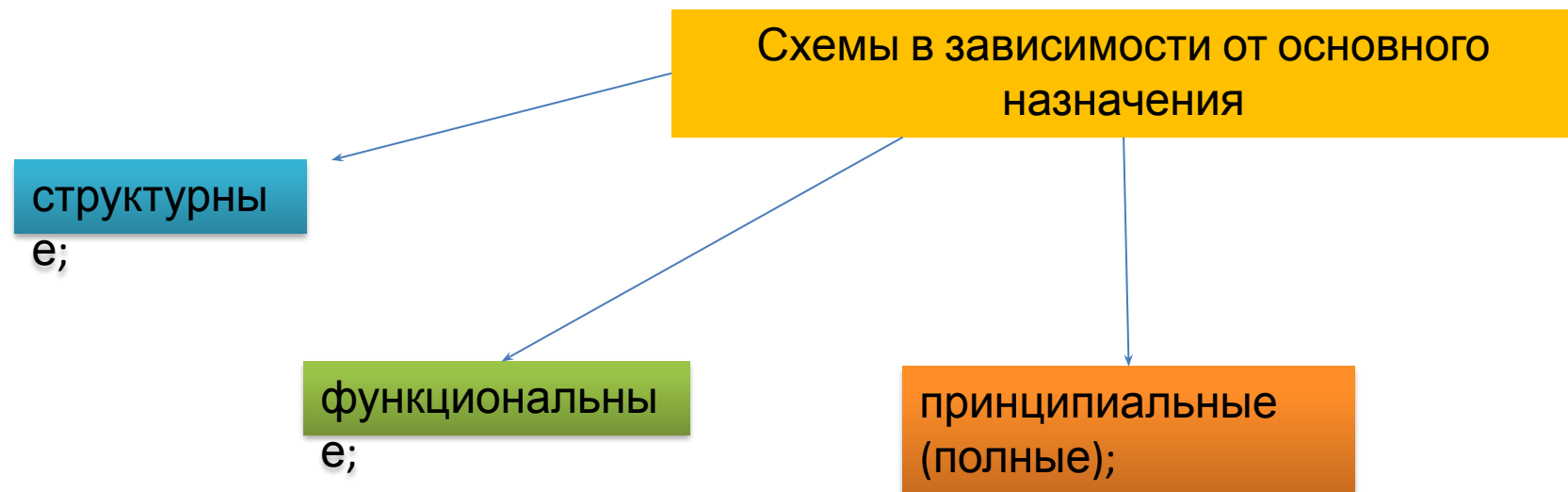


# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

БТС  
Структурное  
моделирование

ГОСТ  
2.701-84

СХЕМЫ. Виды и типы. Общие требования к выполнению.



**Структурная схема** поясняет, как и чем достигается **целевая функция** системы  
**Функциональная** схема поясняет, что необходимо сделать (какие этапы обработки  
пройти) для достижения **целевой функции** системы

соединений  
(монтажные);

подключены;

общие;

расположены;

совмещены.



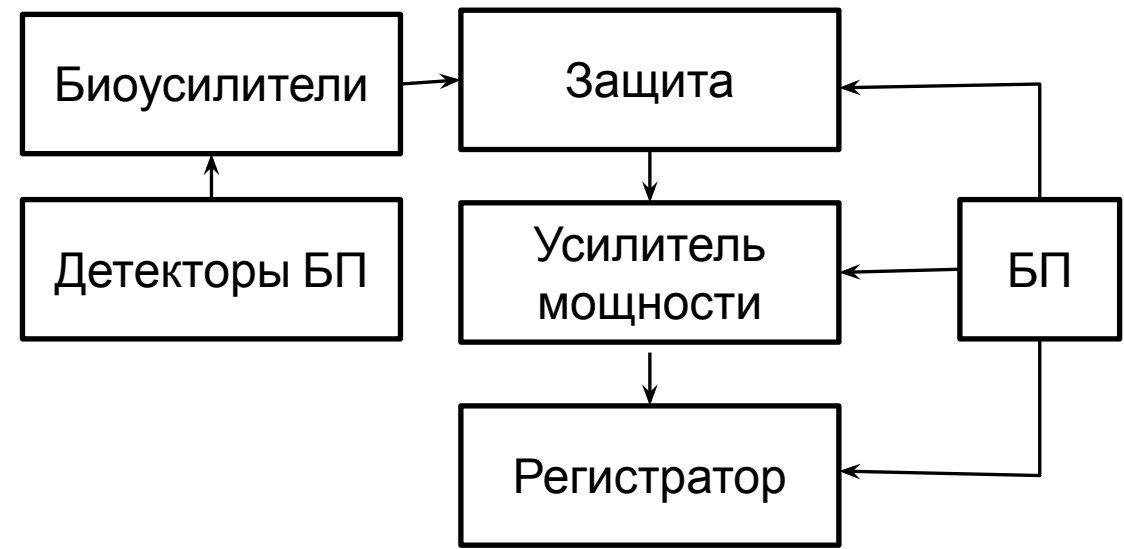
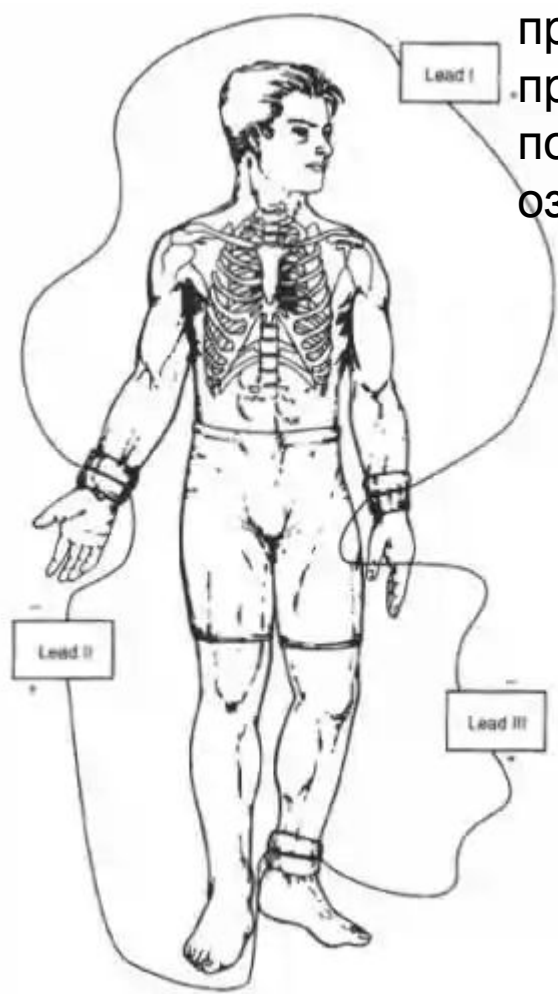
# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

БТС  
Структурное  
моделирование

**ГОСТ**  
**2.701-84**

**Структурная схема** - схема, определяет основные функциональные части изделия, их назначения и взаимосвязи.

Структурные схемы разрабатываются при проектировании изделий (установок) на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и пользуются ими при эксплуатации для общего ознакомления с изделием (установкой).



Модель состава – это  
...?



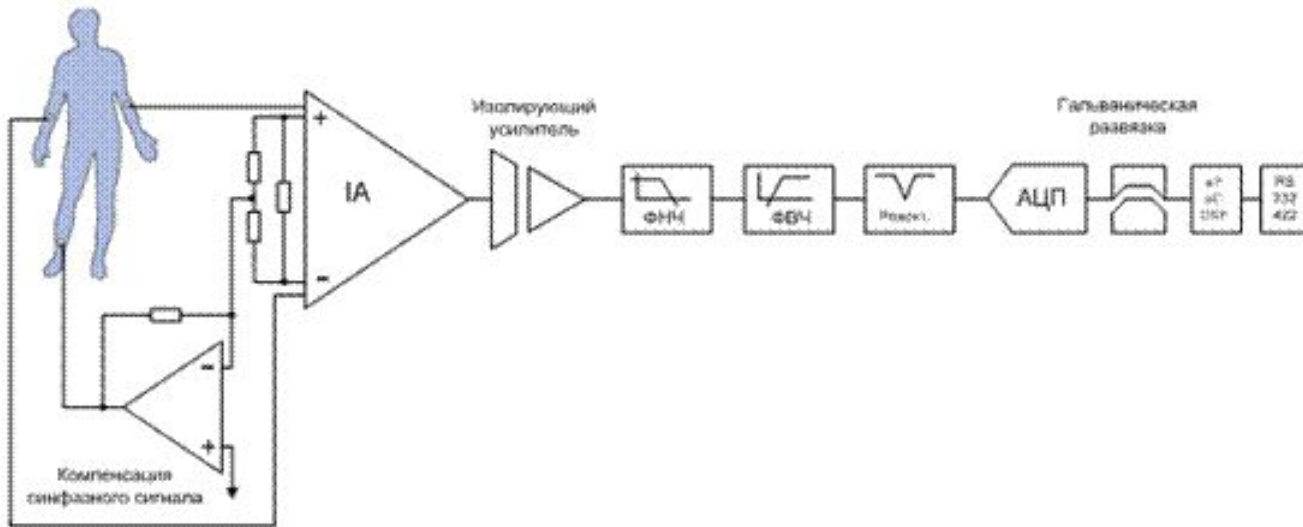
# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

БТС  
Структурное  
моделирование

ГОСТ  
2.701-84

**Функциональная схема** - схема, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или в изделии (установке) в целом.

Функциональными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их ге.



**Внимание!** Не путать функциональную схему и функциональное моделирование.

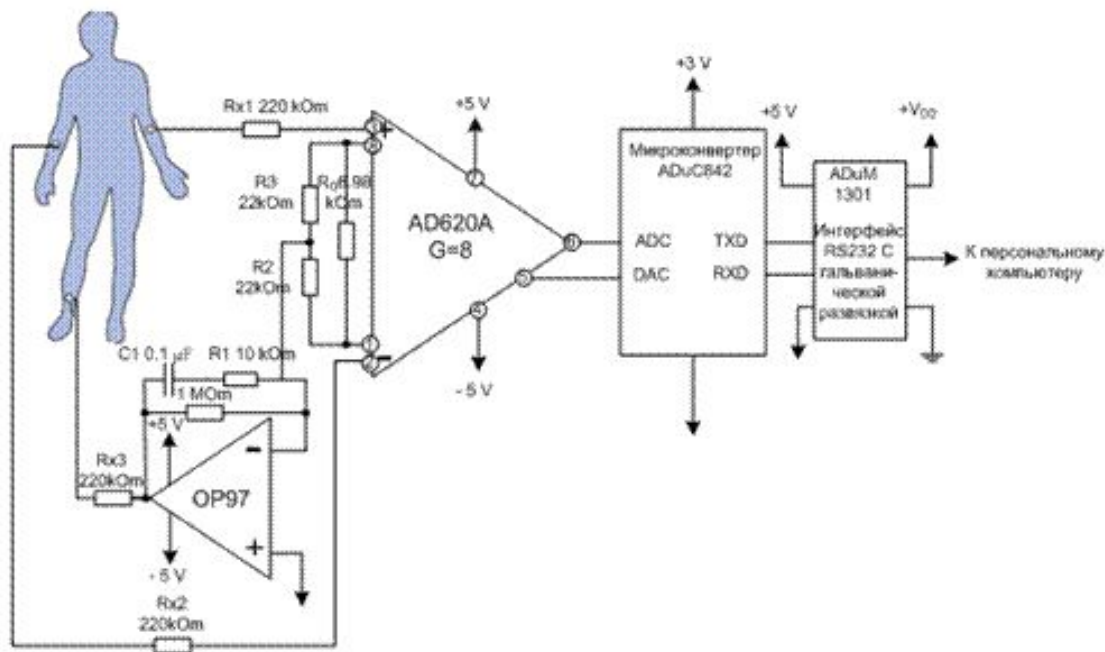


# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС Структурное моделирование

**ГОСТ  
2.701-84**

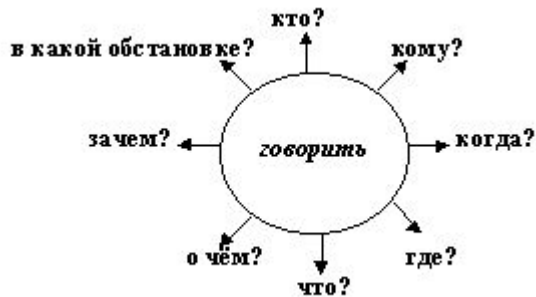
**Принципиальная (полная) схема** - схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними, и как правило, дающая детальное представление о принципах работы изделия (установки).

Принципиальные (полные) схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например. Схем соединений (монтажных) и чертежей; пользуются ими для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их наладке, регулировке, контроле и



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС Структурное моделирование

Фрейм

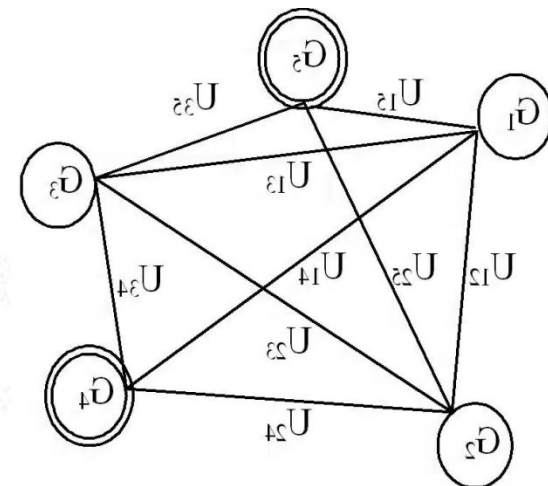
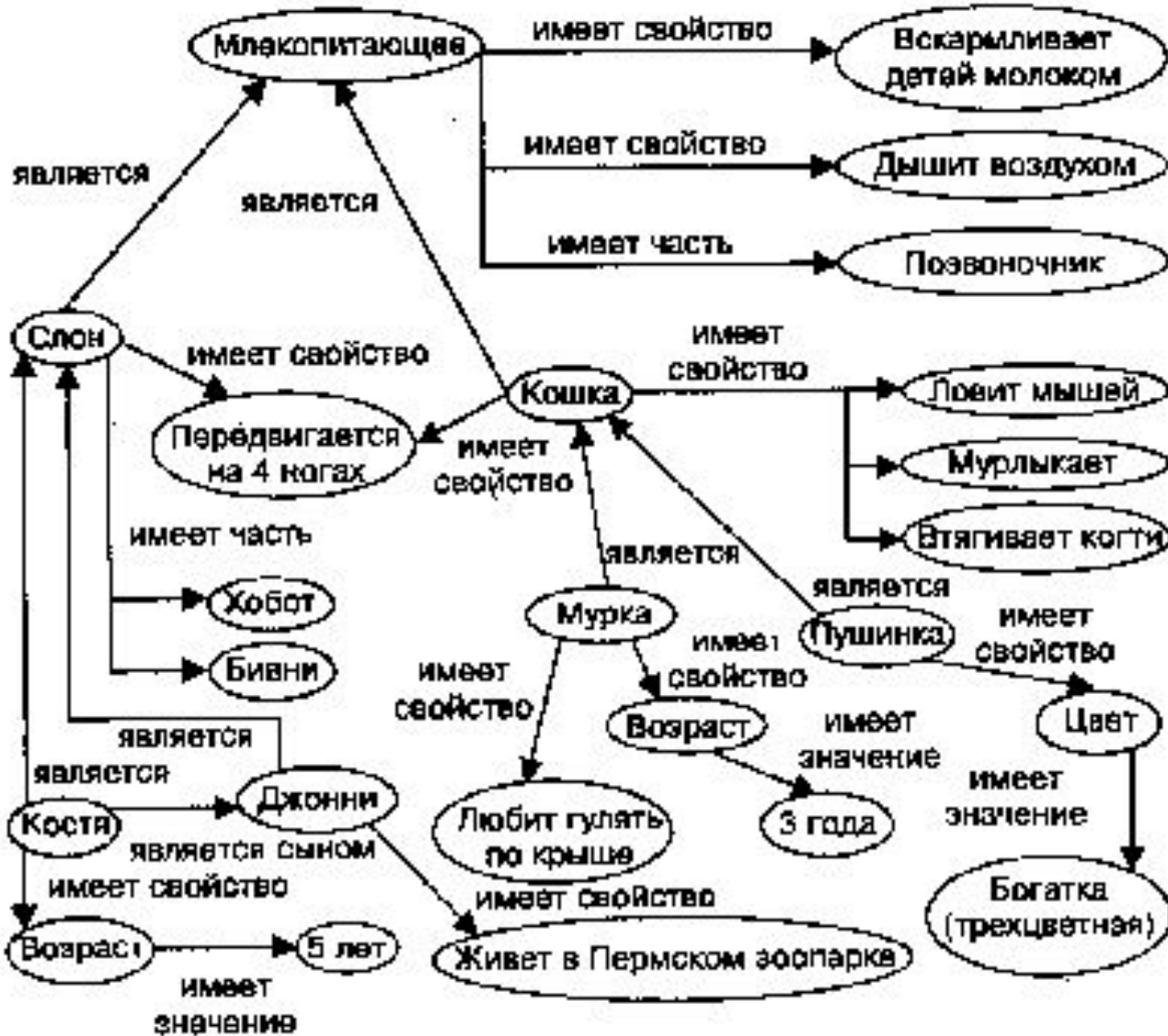


Функциональные аспекты языка



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС Структурное моделирование

## Семантическая сеть







# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС Структурное моделирование



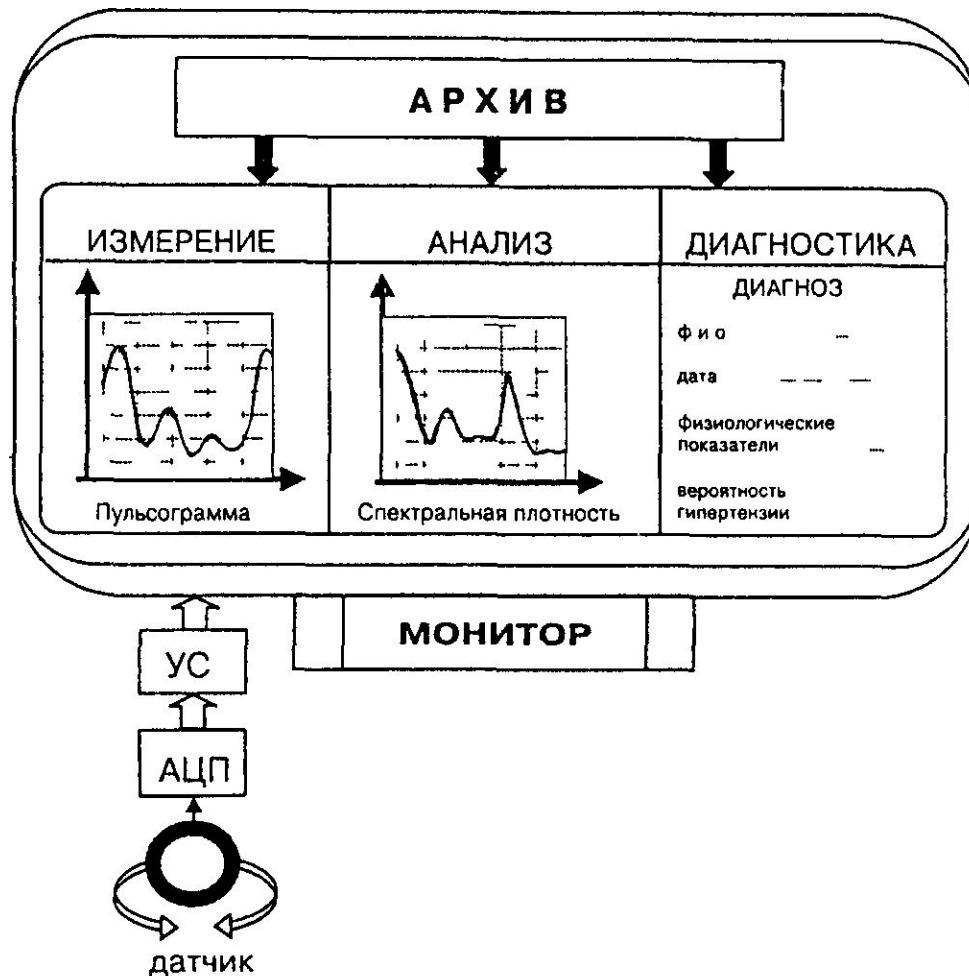
- Состав элементов
- Описание связей (свойств)
- Описание состояний
- Правила перехода
- Ограничения

ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
БТС  
Структурное моделирование  
ОХРАННАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ ФУНКЦИЙ  
ЧЕЛОВЕКА

## КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ

Пример

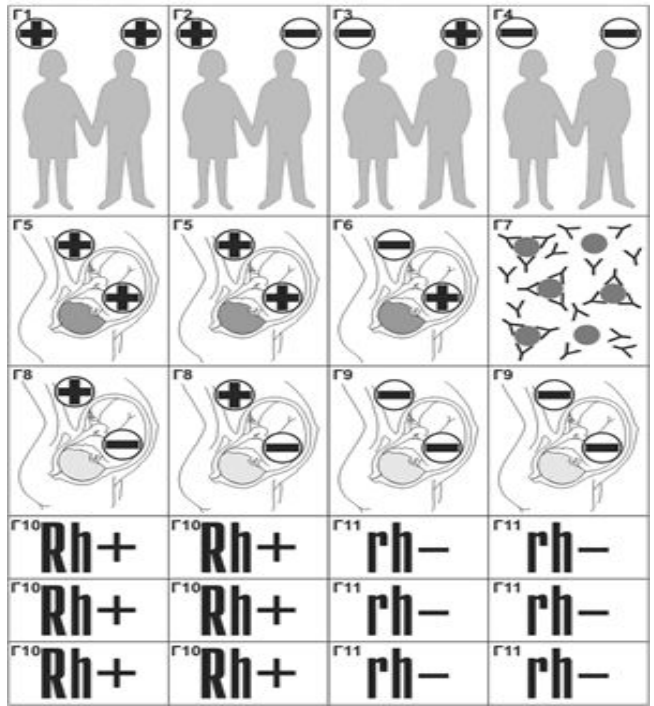
:



# Лабораторная диагностика гепатита С (ГС)



Схема 1

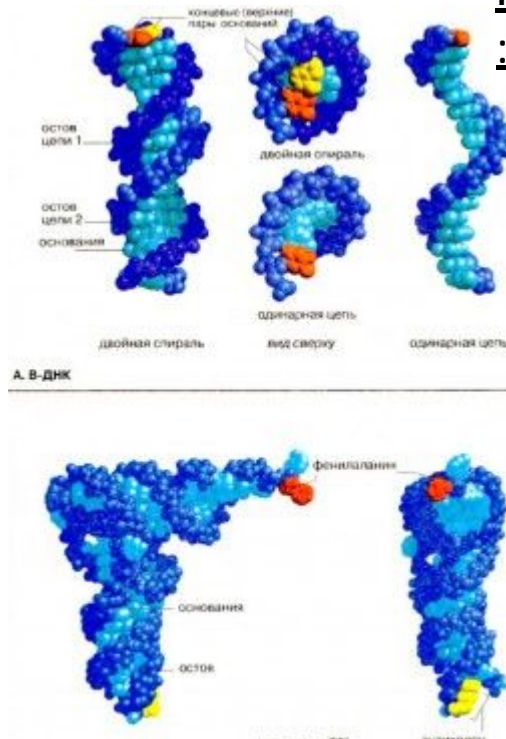
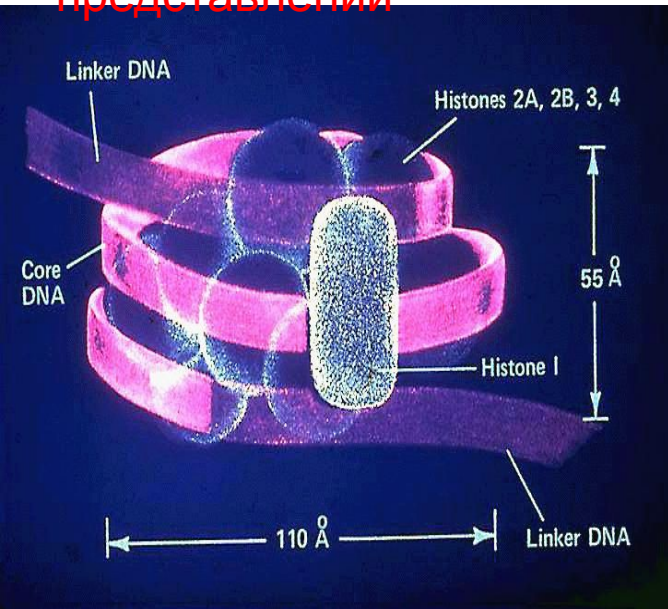


# Пример

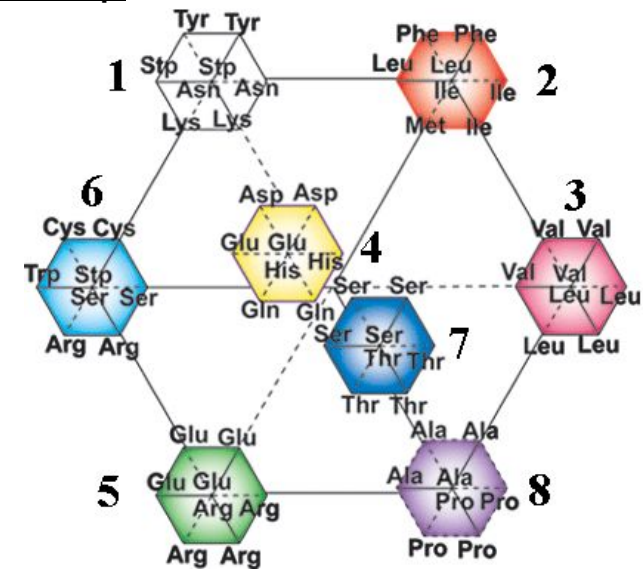
## Лабораторная диагностика надпочечниковой



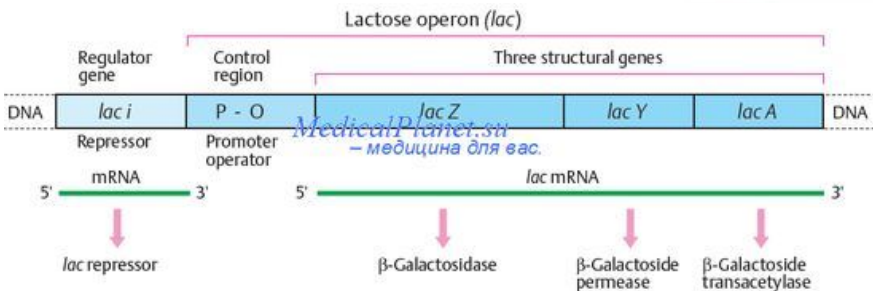
# Разнообразие представлений



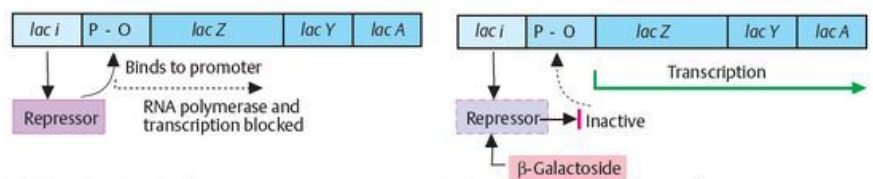
# Пример



# Модель генетического кода



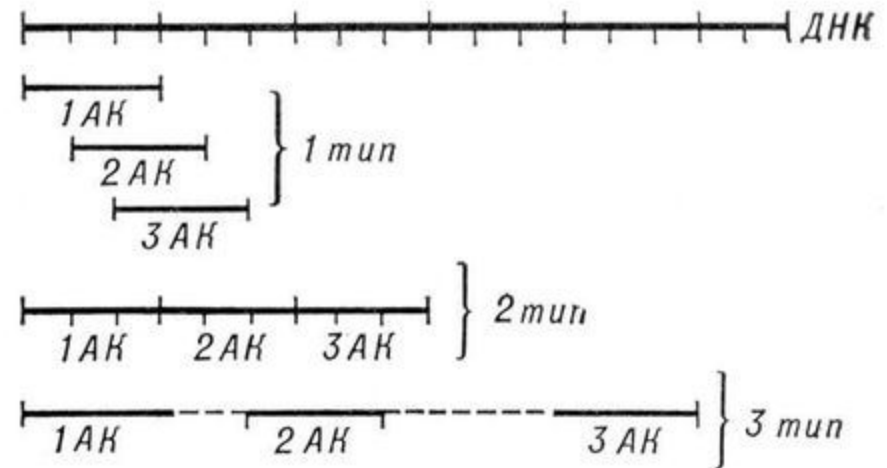
## B. The lactose operon in *E. coli*



## 1. Gene inactivation by a repressor

## 2. Inactivation by binding to the repressor

## C. Control of the *lac* operon

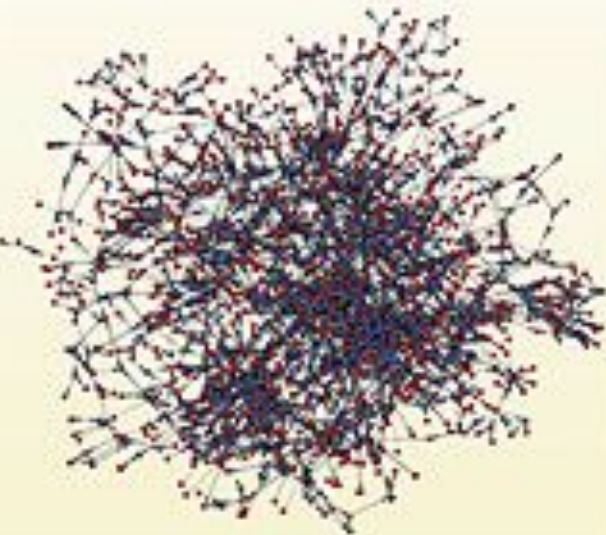


# Разнообразие представлений

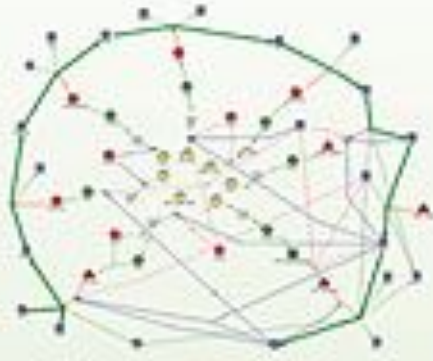
## Пример

:

Двудольный граф метаболических процессов в бактериальной клетке 945 переменных; 1232 элементарных процессов.



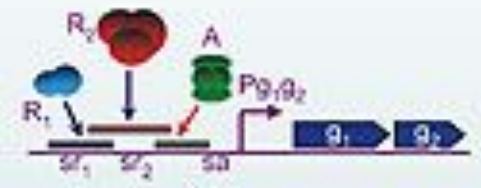
Генные сети



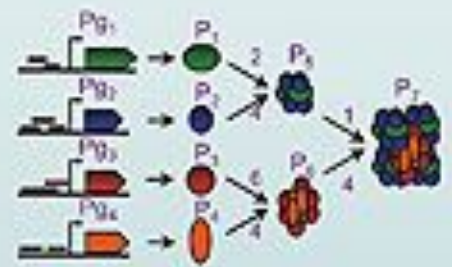
.....  
.....  
.....



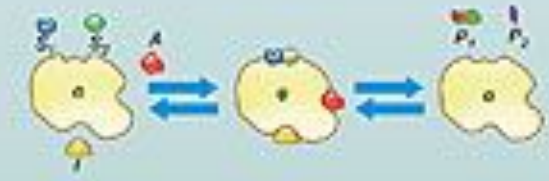
Промоторы



Мультимерные комплексы ферментов



Ферментативные реакции



Математическая модель метаболизма E. Coli



Математическая модель генных сетей



Математическая модель элементарных процессов

# Разнообразие представлений

## Пример

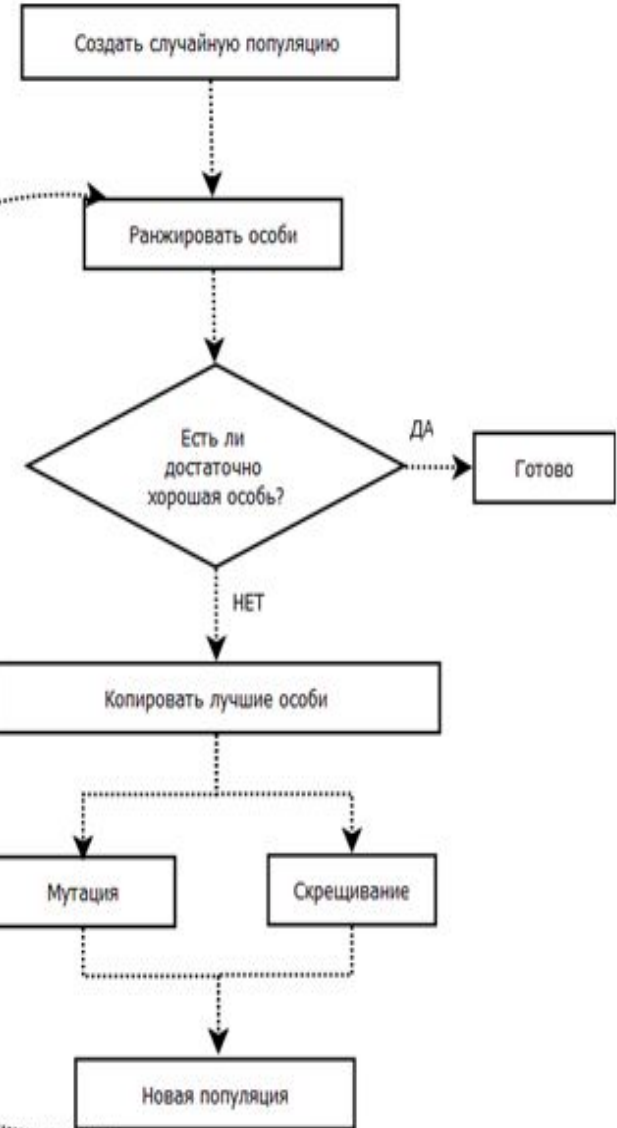
:

$$\begin{bmatrix} [T^4L^8] \\ [1] \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} [T^4L^7] \\ [T^4L^6] \\ [T^4L^5] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [T^3L^7] & [T^2L^6] & [T^1L^5] \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} [T^3L^6] & [T^2L^5] & [T^1L^4] \\ [T^3L^5] & [T^2L^4] & [T^1L^3] \\ [T^3L^4] & [T^2L^3] & [T^1L^2] \end{bmatrix}}$$

$$\begin{bmatrix} [T^4L^2] \\ [1] \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} [T^4L^2] \\ [T^4L^3] \\ [T^4L^4] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [T^3L^2] & [T^2L^1] & [T^1L^0] \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} [T^3L^1] \\ [T^3L^2] \\ [T^3L^3] \end{bmatrix}}$$

$$\begin{bmatrix} [1] \\ [T^4L^0] \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} [T^3L^2] & [T^2L^1] & [T^1L^0] \\ [T^3L^1] & [T^2L^0] & [T^1L^{-1}] \\ [T^3L^0] & [T^2L^{-1}] & [T^1L^{-2}] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [T^4L^3] \\ [T^4L^2] \\ [T^4L^1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [T^3L^1] & [T^2L^2] & [T^1L^3] \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} [T^3L^2] & [T^2L^3] & [T^1L^4] \\ [T^3L^3] & [T^2L^4] & [T^1L^5] \\ [T^3L^4] & [T^2L^5] & [T^1L^6] \end{bmatrix}}$$

$$\begin{bmatrix} [1] \\ [T^4L^8] \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} [T^4L^5] \\ [T^4L^6] \\ [T^4L^7] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [T^3L^5] & [T^2L^6] & [T^1L^7] \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} [T^4L^5] \\ [T^4L^6] \\ [T^4L^7] \end{bmatrix}}$$



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

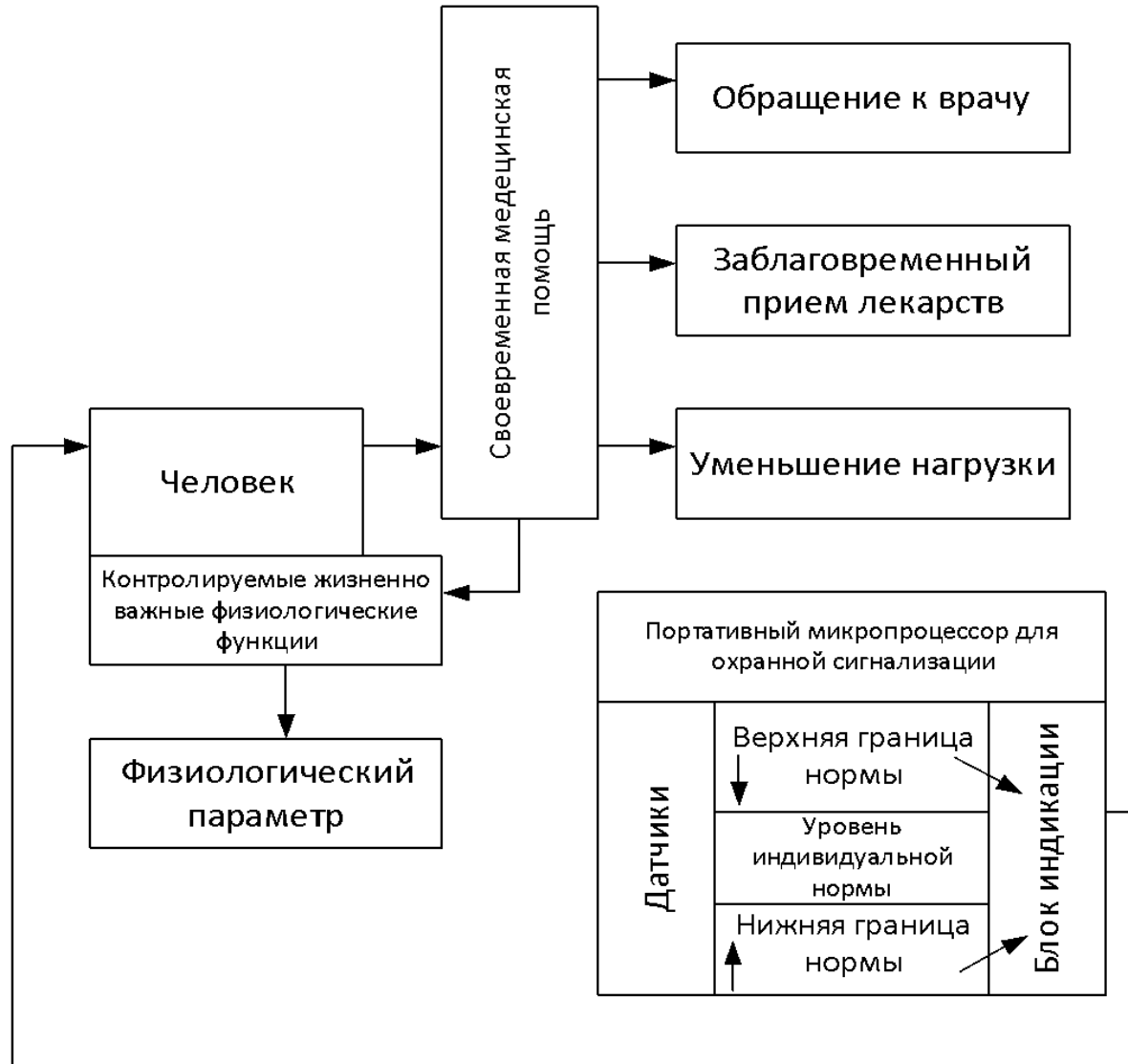
БТС  
Структурное

моделирование

## БТС ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Пример

•

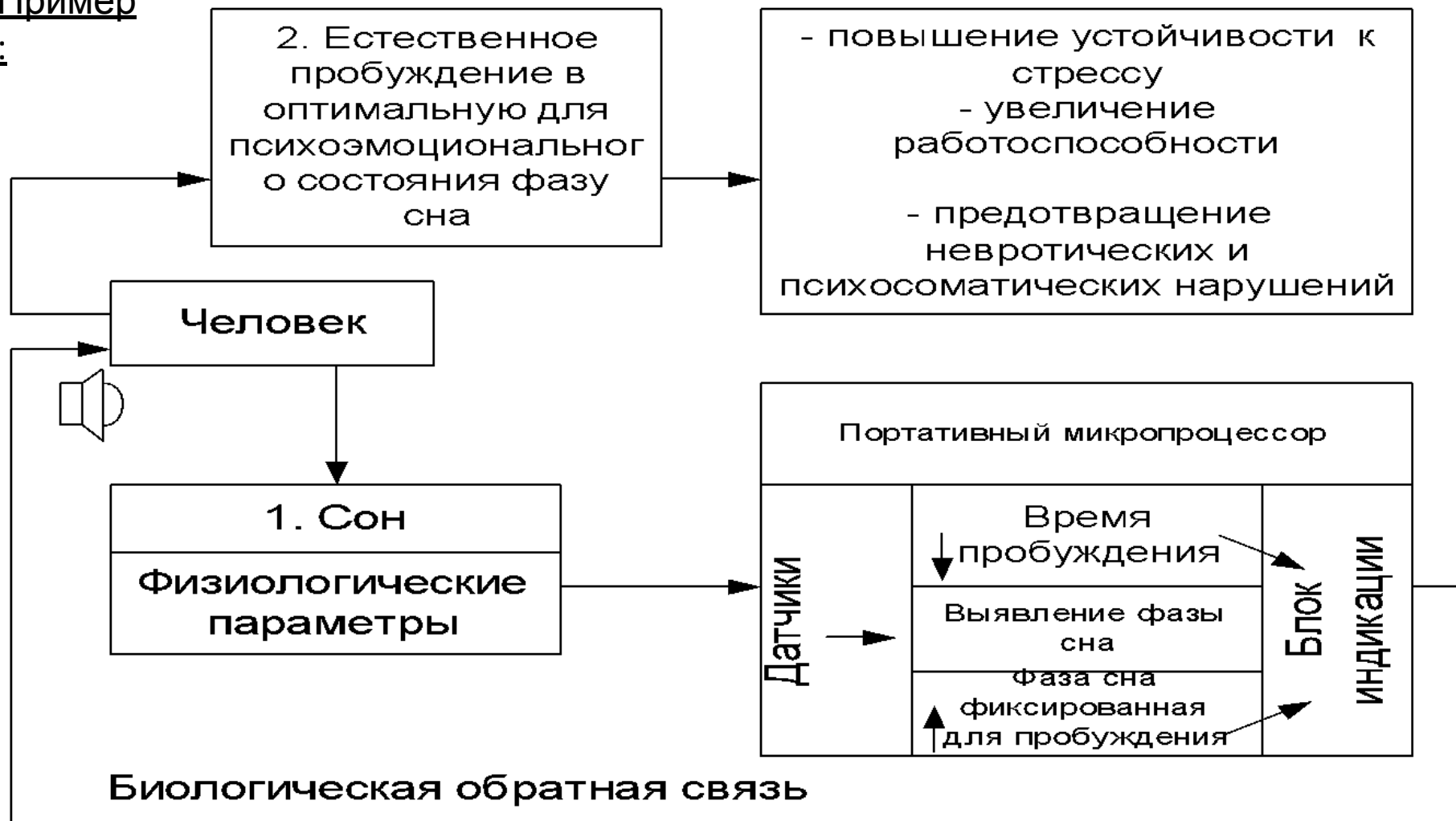


ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
БТС  
Структурное  
моделирование

## БТС ПРОБУЖДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ОПТИМАЛЬНУЮ ФАЗУ СНА

Пример

:





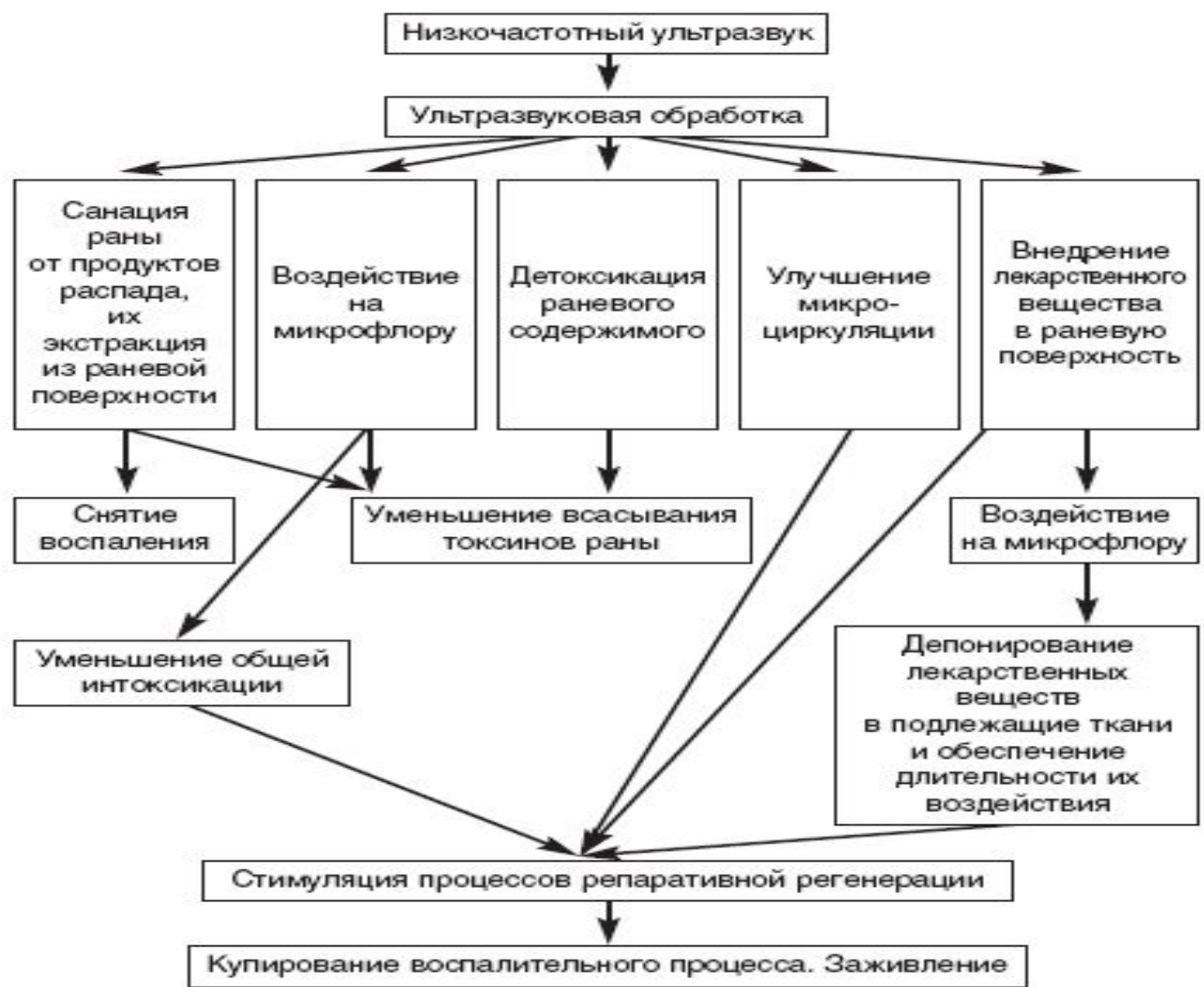
# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

БТС  
Структурное  
моделирование

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

ФИ  
Пример  
:

ВИА



ПРОЕКТИРОВАНИЕ

БТС

Структурное

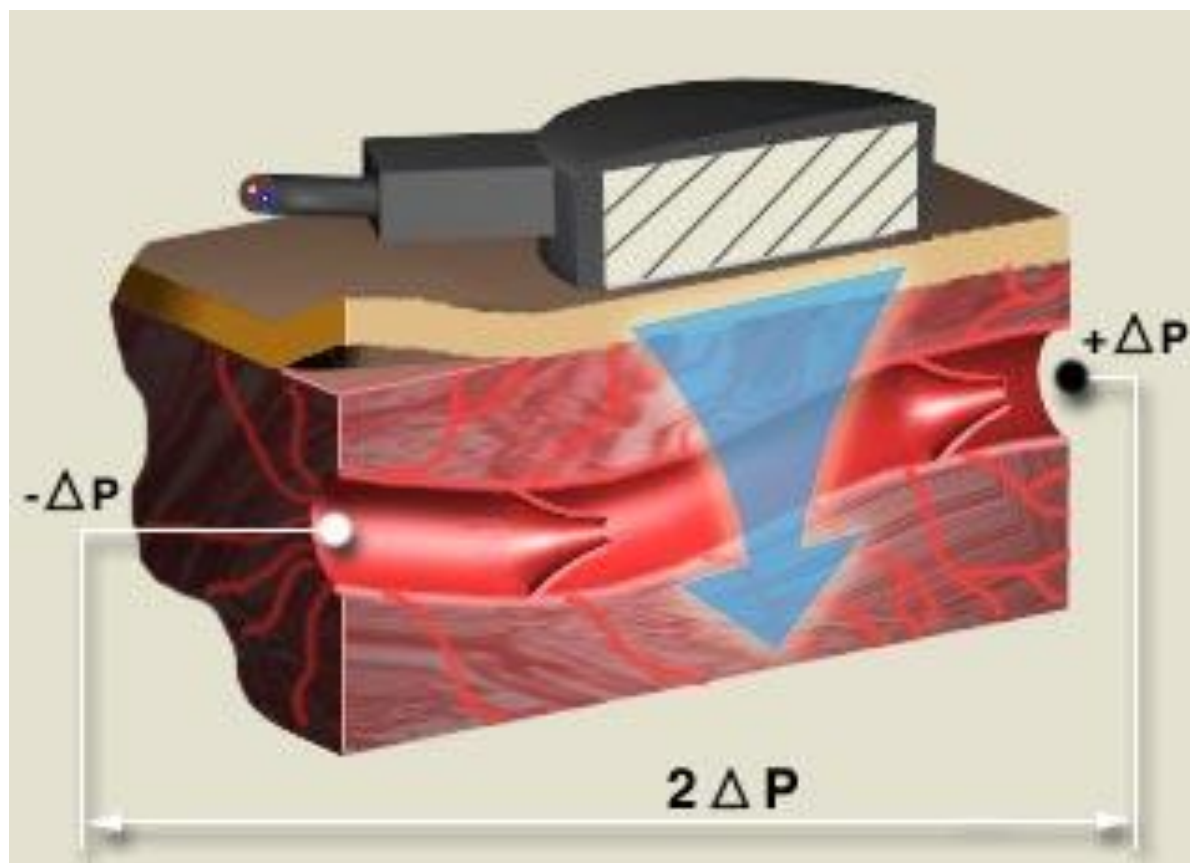
моделирование

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Физиологические механизмы действия микровибраций  
на организм человека

Пример

:



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

## БТС

Структурное

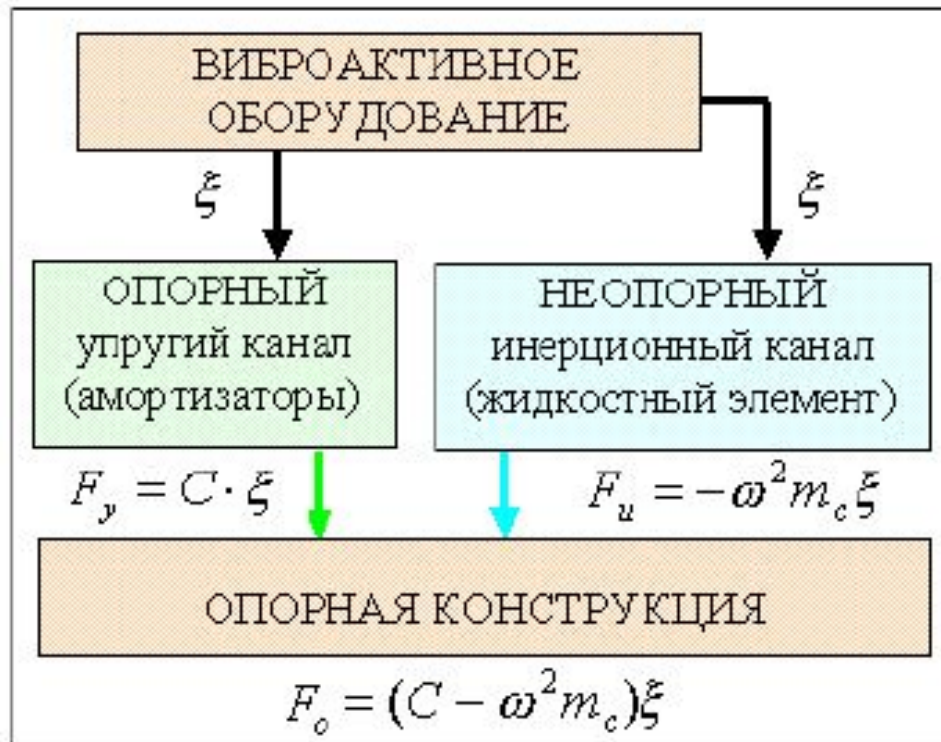
моделирование

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

## СХЕМА ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Пример

:



ПРОЕКТИРОВАНИЕ

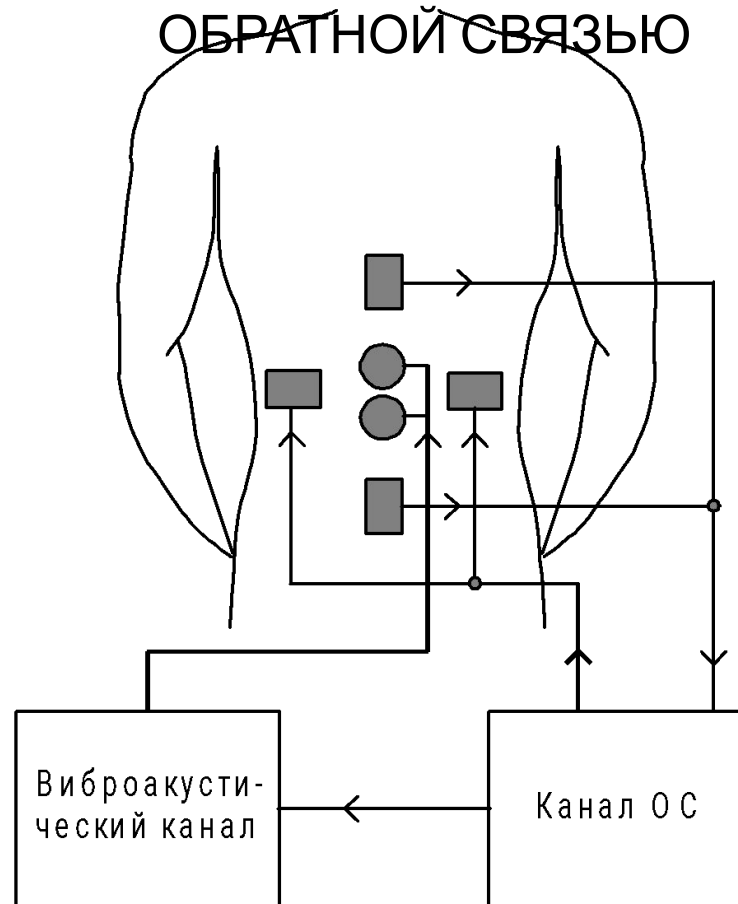
БТС  
Структурное  
моделирование

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

## ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Пример

:



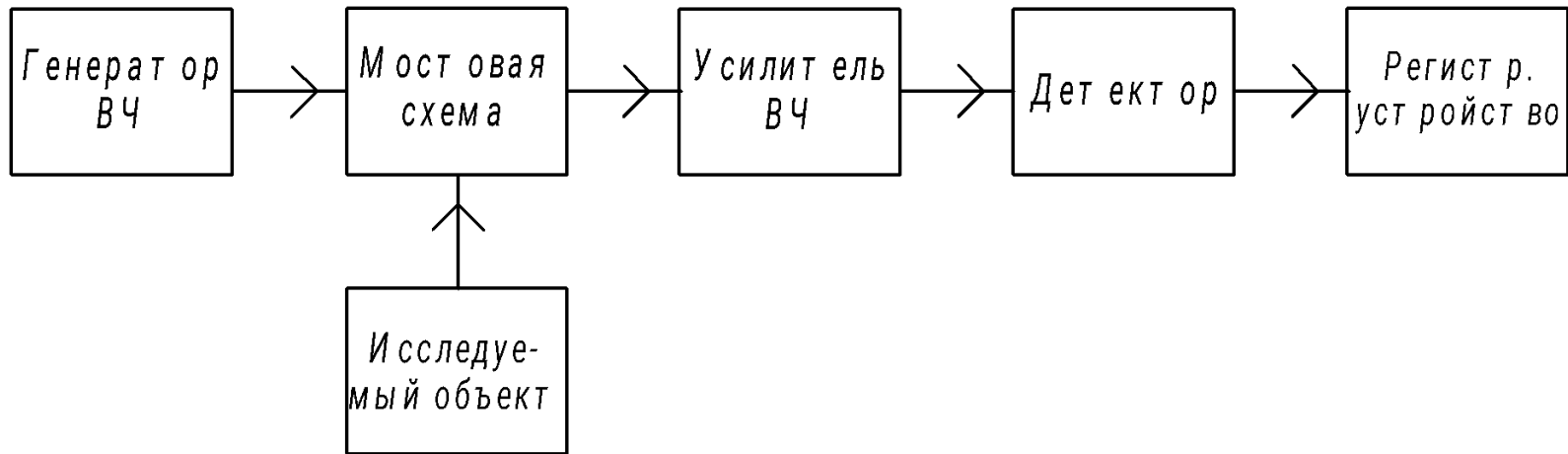
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
БТС  
Структурное  
моделирование

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Пример

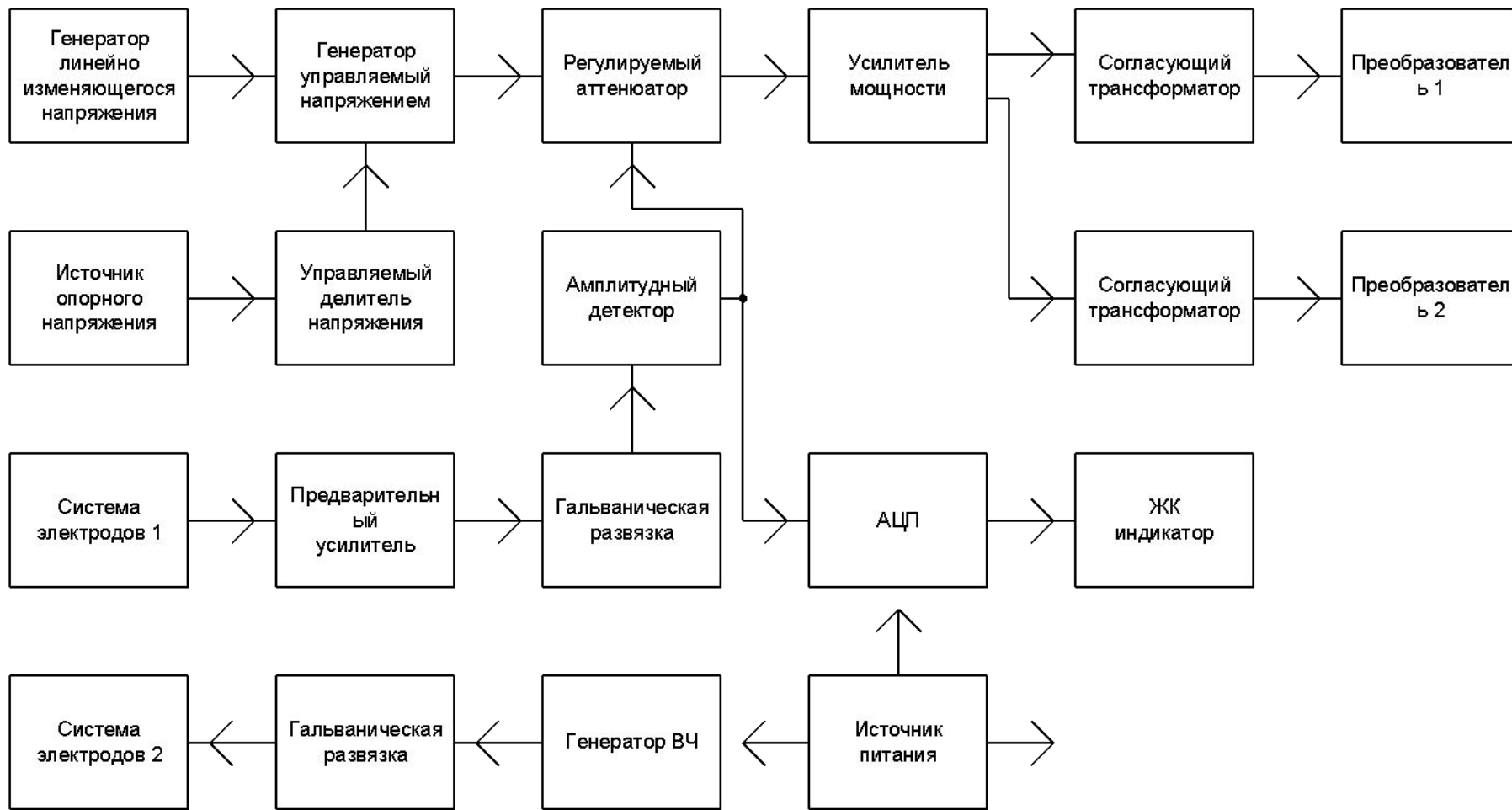
:

**СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КАНАЛА ОС**



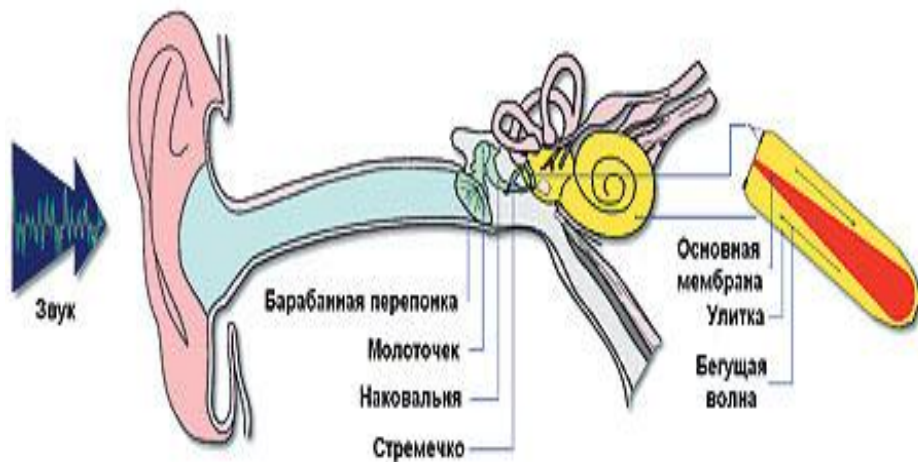
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
БТС  
Структурное  
моделирование

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

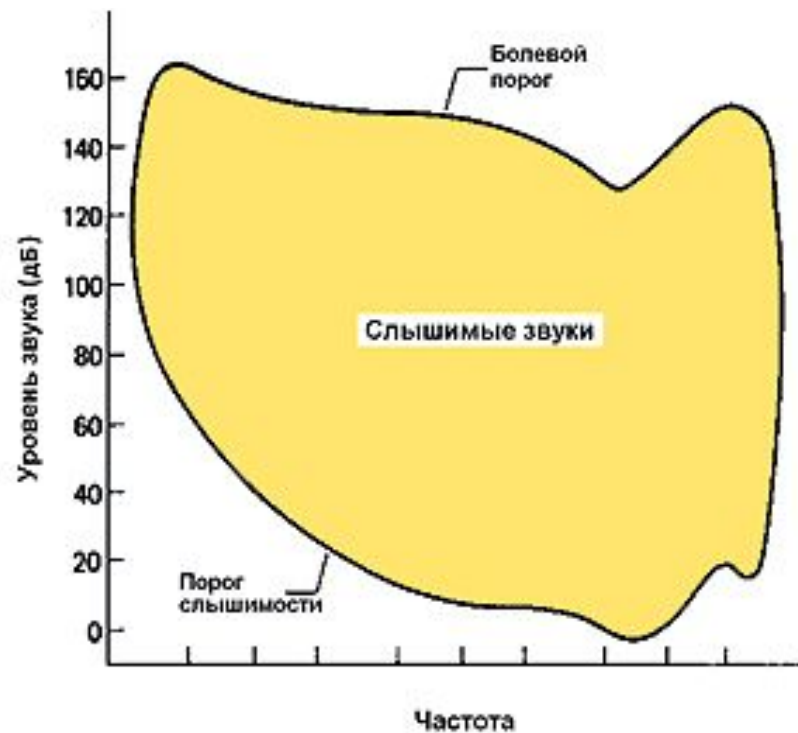


ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
БТС  
Структурное  
моделирование  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС ДЛЯ АУДИОМЕТРИИ

Строение уха человека



Область слышимых звуков



- абсолютный порог слышимости от 10 мкПа
- болевой порог до 100 Па
- опорный уровень давления 20,4 мкПа

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

БТС  
Структурное

моделирование

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС ДЛЯ АУДИОМЕТРИИ

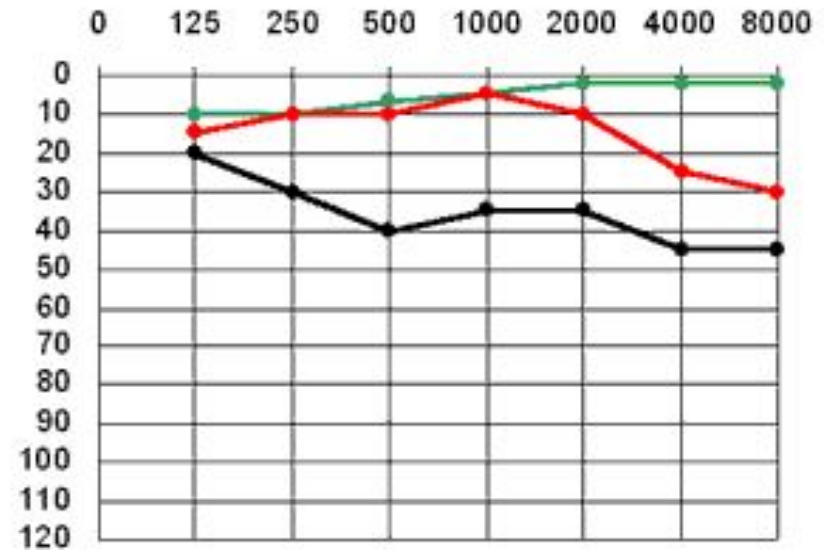
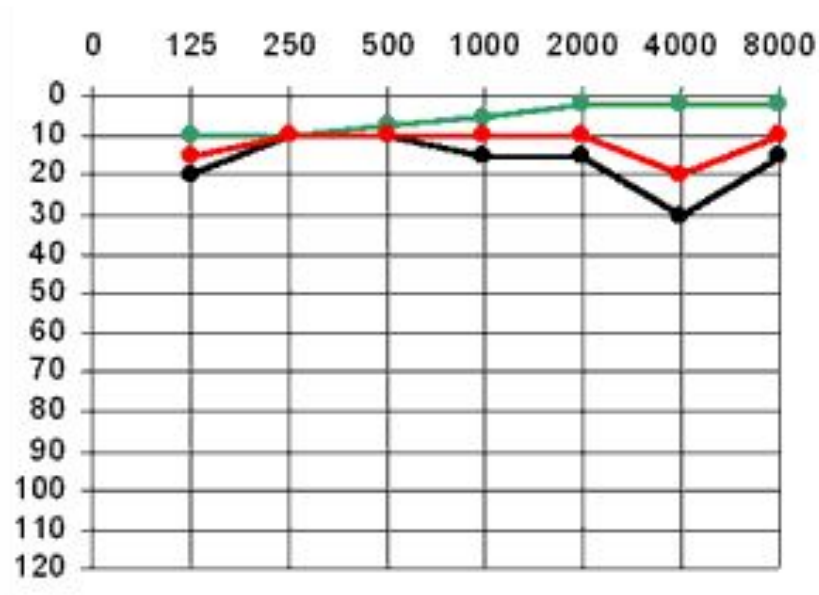
### Пример построения тональной аудиограммы

Пример

:

#### ПРАВОЕ УХО

#### ЛЕВОЕ УХО



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- до лечения
- после лечения
- нормальная аудиограмма



ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
БТС  
Структурное  
моделирование

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС ДЛЯ АУДИОМЕТРИИ

### Классификация множества качественных характеристик порогов слуха

N	Характеристика ПС	Значения характеристики	
1	Проводимость тонов = Потери слуха (ПС)	полностью сохранена	В норме ПС=Н
		укорочена (слегка / значительно)	ПС > Н ПС >> Н
		укорочена резко	Большие ПС
		понижена (резко выражено)	ПС большие
2	Восприятие тонов	а) всех тонов, б) неравномерное в) плохо НЧ, (сохранены ВЧ) г) плохо ВЧ, (сохранены НЧ) д) плохо СЧ, (сохр.НЧ и ВЧ) е) плохо НЧ, ВЧ, (сохр. СЧ)	а) ровные б) зигзагообразные в) восходящая г) нисходящая д) вогнутая е) выпуклая
3	Соотношение проведенный	а) близка к норме б) возможно переслушивание	а) КВИ $\geq 10$ б) КВИ = 0 или $< 0$

Пример

:

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

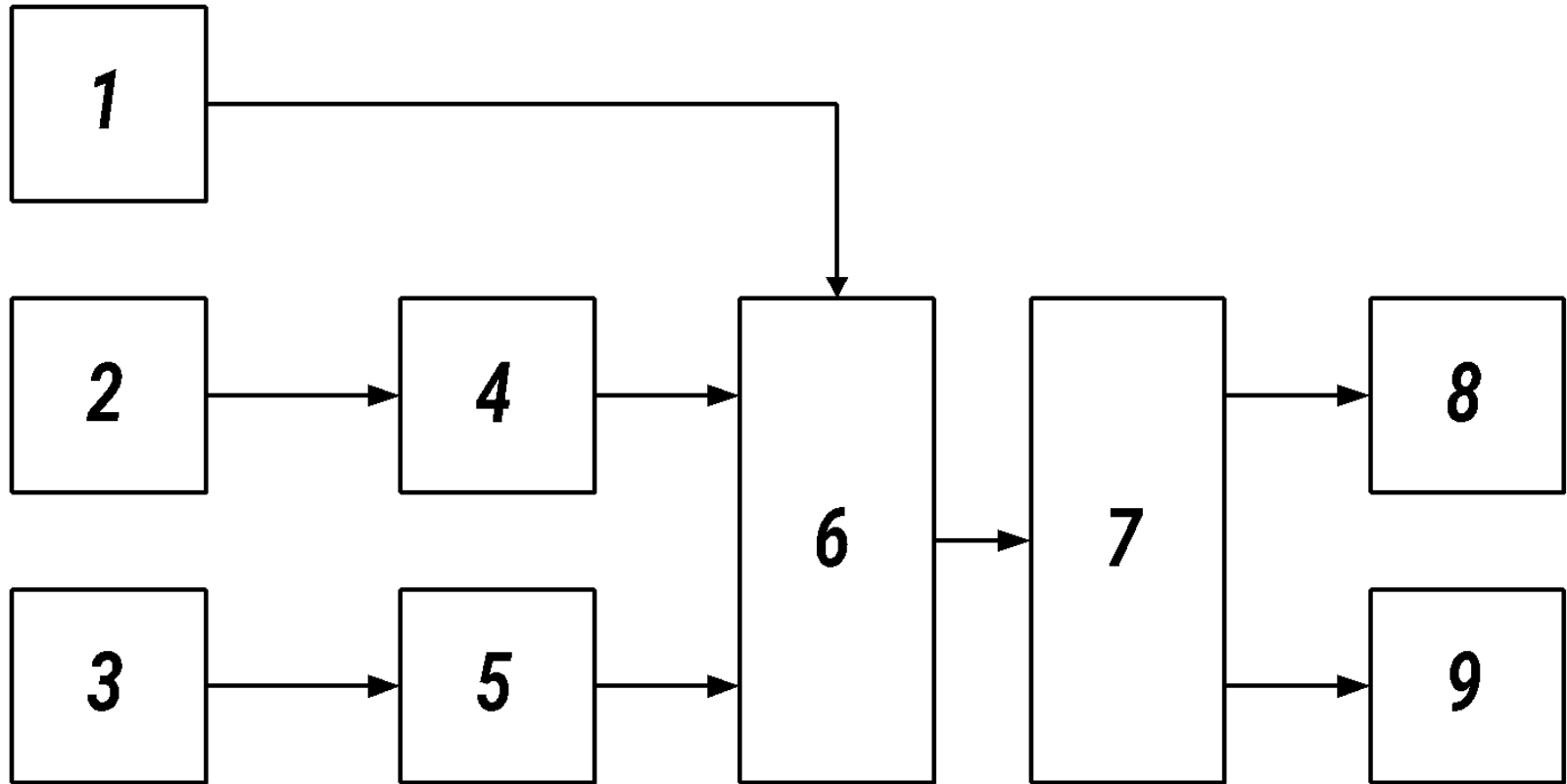
БТС

Структурное

моделирование

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС ДЛЯ АУДИОМЕТРИИ

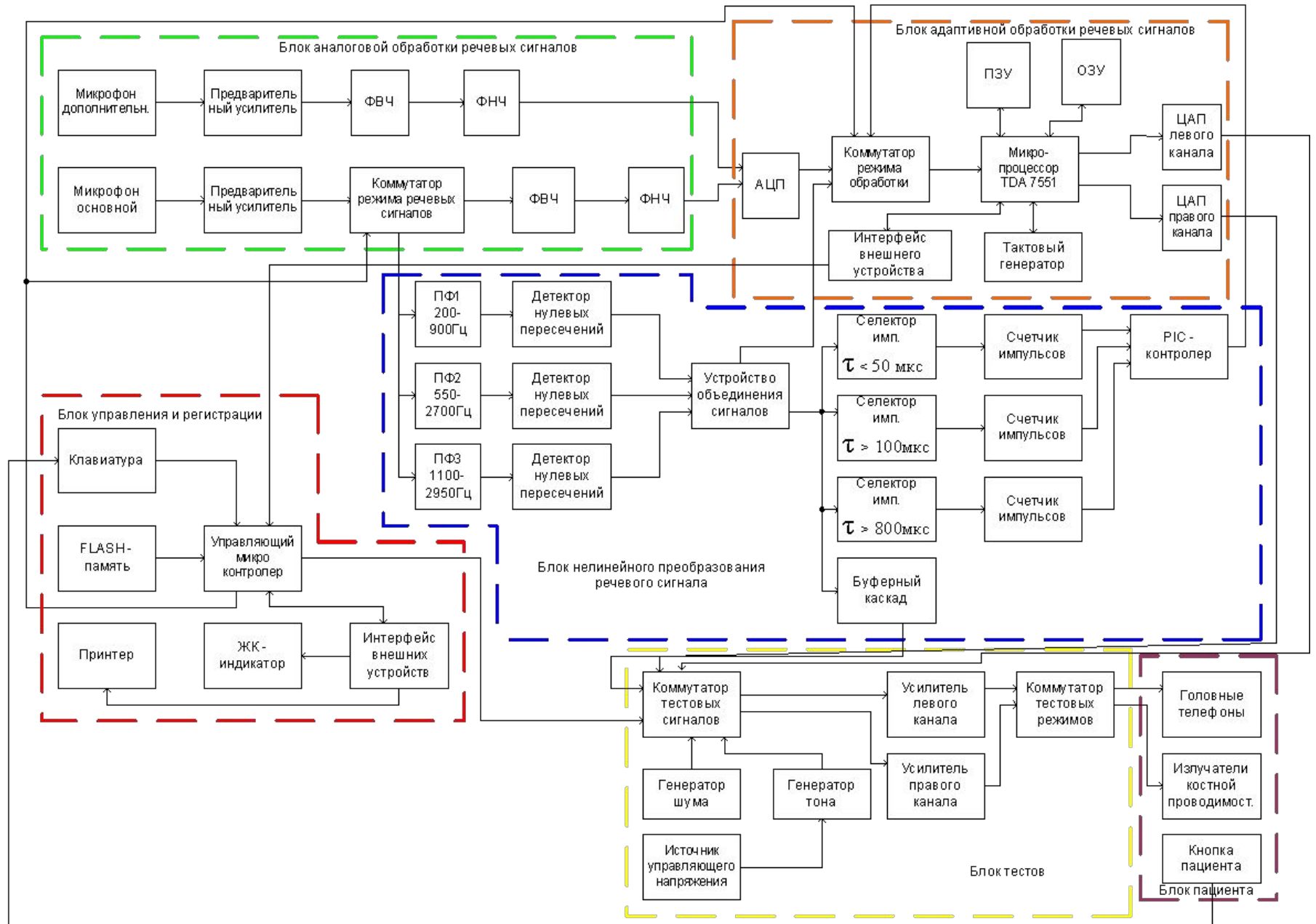
Типовая схема аудиометра



1 — микрофон, 2 — генератор синусоидальных колебаний, 3 — генератор белого шума, 4 — регулятор громкости (L), 5 — регулятор громкости (R), 6 — блок коммутации (L-R), 7 — стереофонический усилитель, 8,9 — головные телефоны воздушной проводимости (L-R)

# Пример

## Проектирование БТС для аудиометрии



Пример

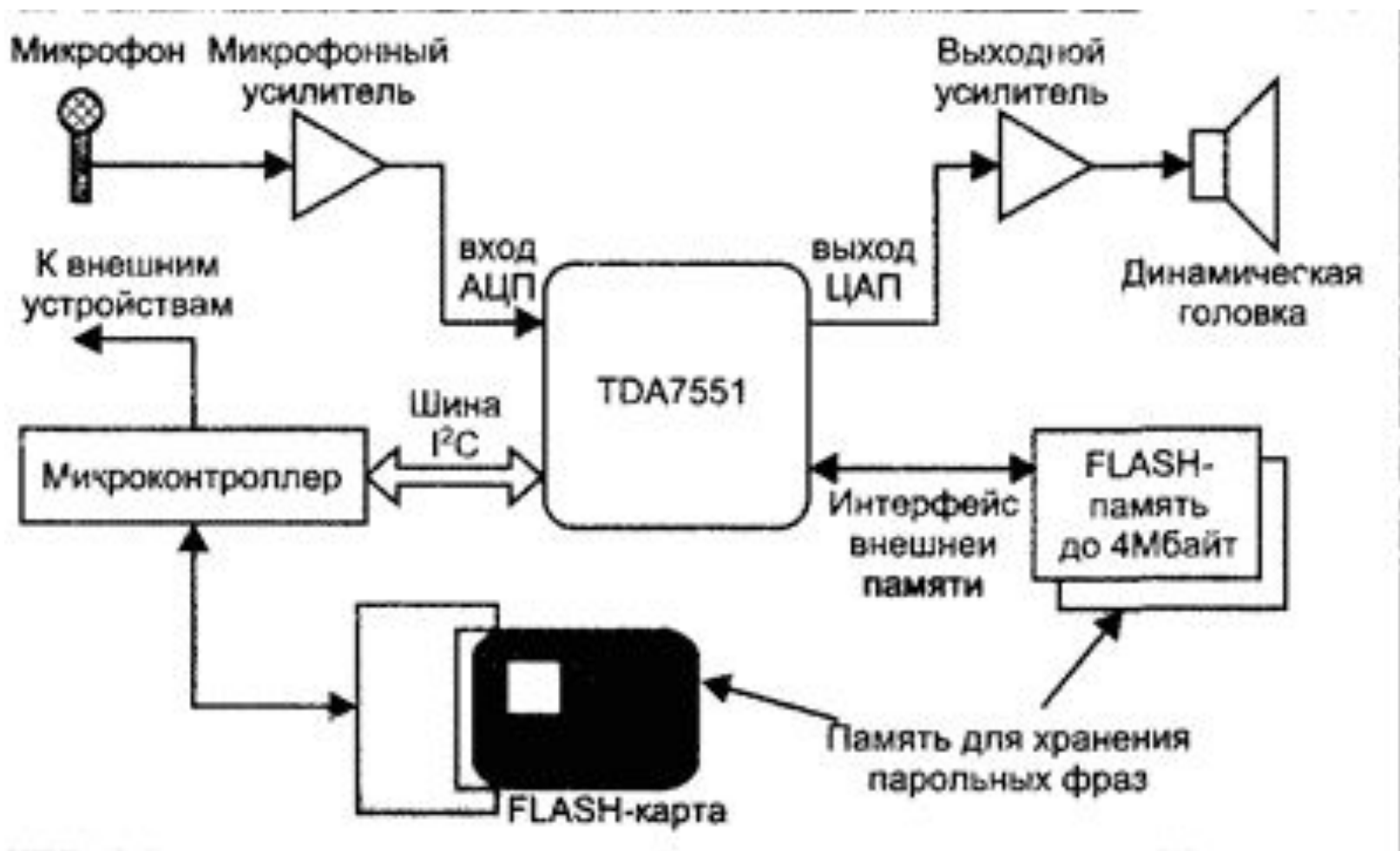
# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

БТС  
Структурное

моделирование

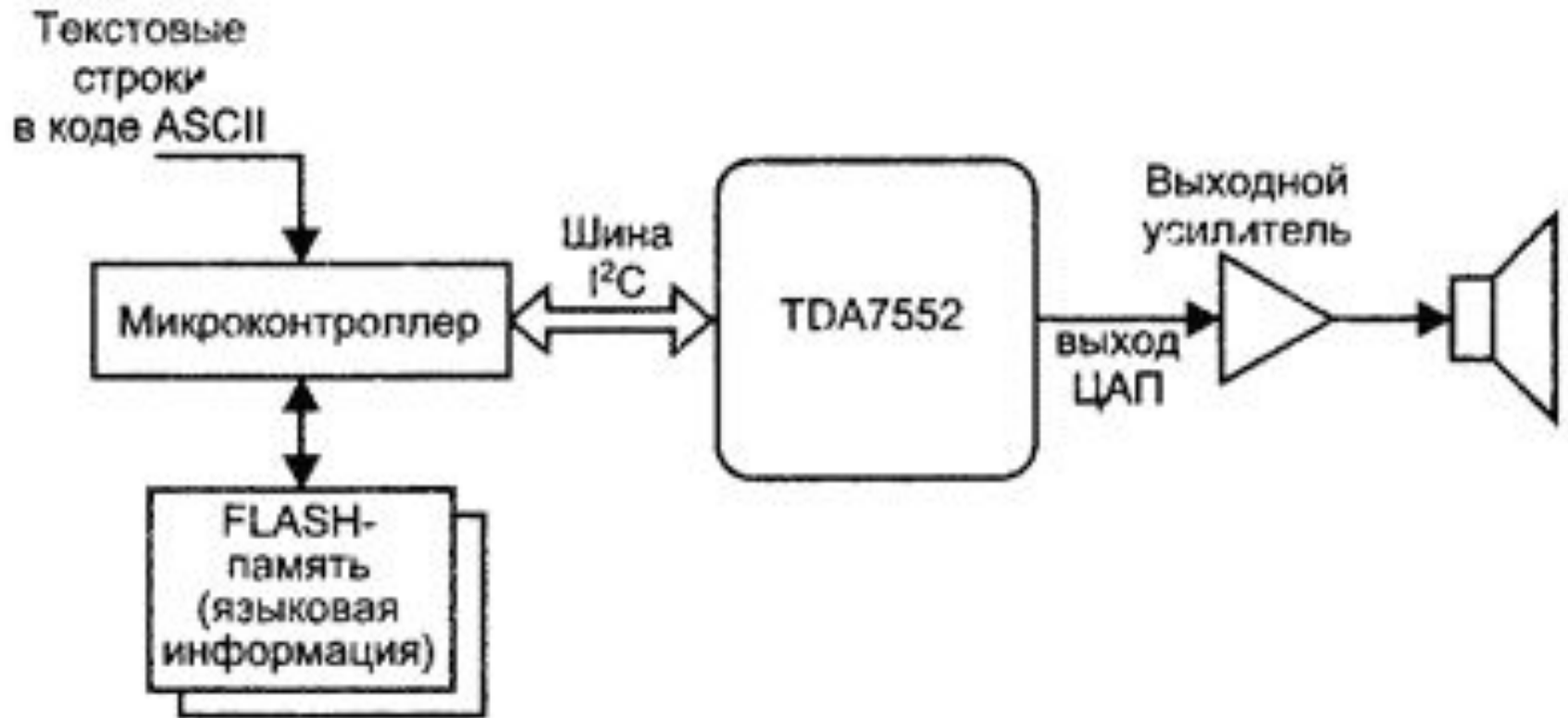
## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС ДЛЯ АУДИОМЕТРИИ

Блок схема системы идентификации голоса



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС ДЛЯ АУДИОМЕТРИИ

Блок схема системы синтеза речи



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

### Доплерометрия в диагностике состояния человека

- ❑ **Эффект Доплера** - зависимость наблюдаемой частоты периодического колебания от любого изменения расстояния между источником колебания и наблюдателем. Этот эффект появляется если наблюдатель или источник движутся или если излучение от неподвижного источника к неподвижному приходит, отражаясь от или рассеиваясь от движущегося объекта.
- ❑ Наблюдаемая частота для доплеровского смещения

$$f_d = (f_i - f_n) = \left( 1 - \frac{c - V_n}{c - V_i} \right) \times f_i$$

- ❑  $V_i$  и  $V_n$  - скорость источника и наблюдателя,
- ❑  $f_i$  — частота колебаний источника,
- ❑  $c$  — скорость распространения

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

### Доплерометрия в диагностике состояния человека

- При измерении сердцебиения ультразвук рассеивается на флуктуациях плотности и сжимаемости, и принятый сигнал можно вычислить как сумму сигналов от исследуемых элементов на пути ультразвукового пучка.

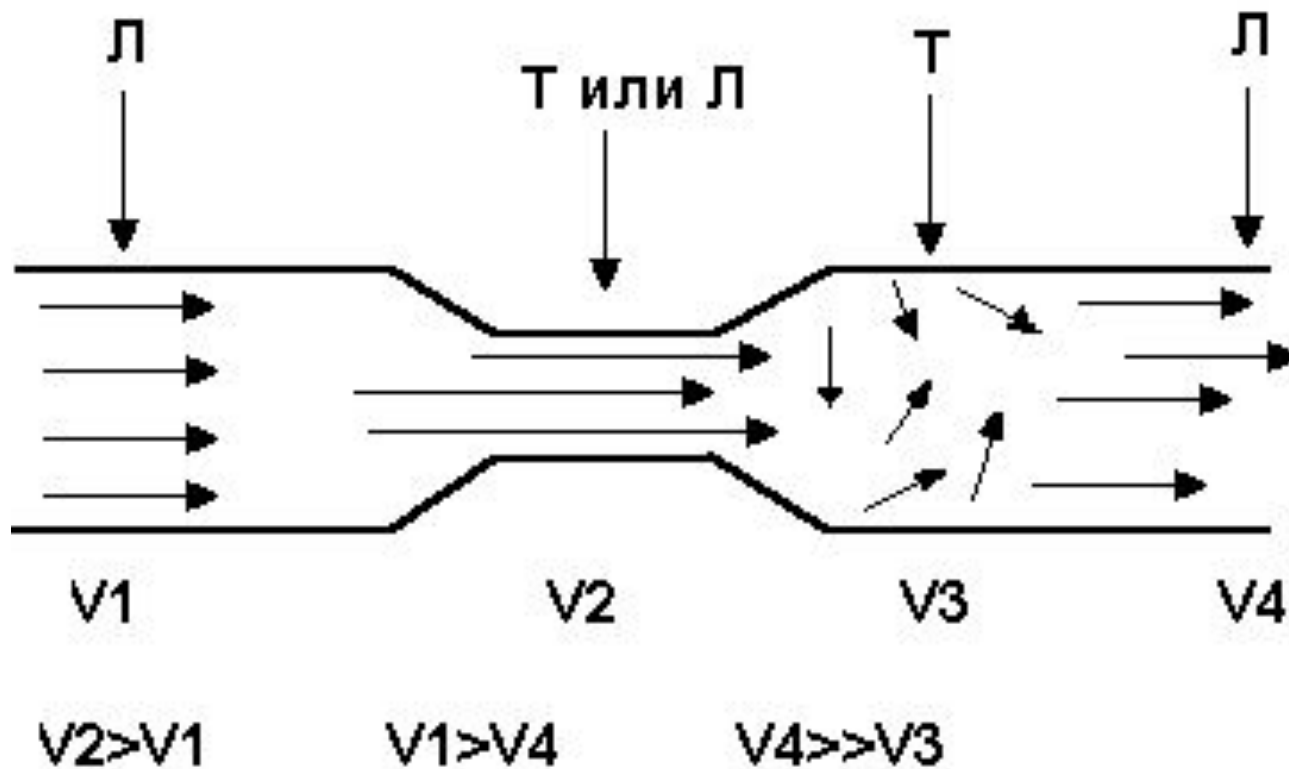
$$f_d = \left( 1 - \frac{c - V_n \cos \theta_n}{c - V_i \cos \theta_i} \right) \times f_i$$

- $\theta_i$ , и  $\theta_n$  - углы между вектором скорости и направлениями излучения и приема;
- $f_i$  - частота излучения

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

Соотношение типов потока и скоростей при локальном сужении сонной артерии

**Л-ламинарный поток, Т-турбулентный поток**





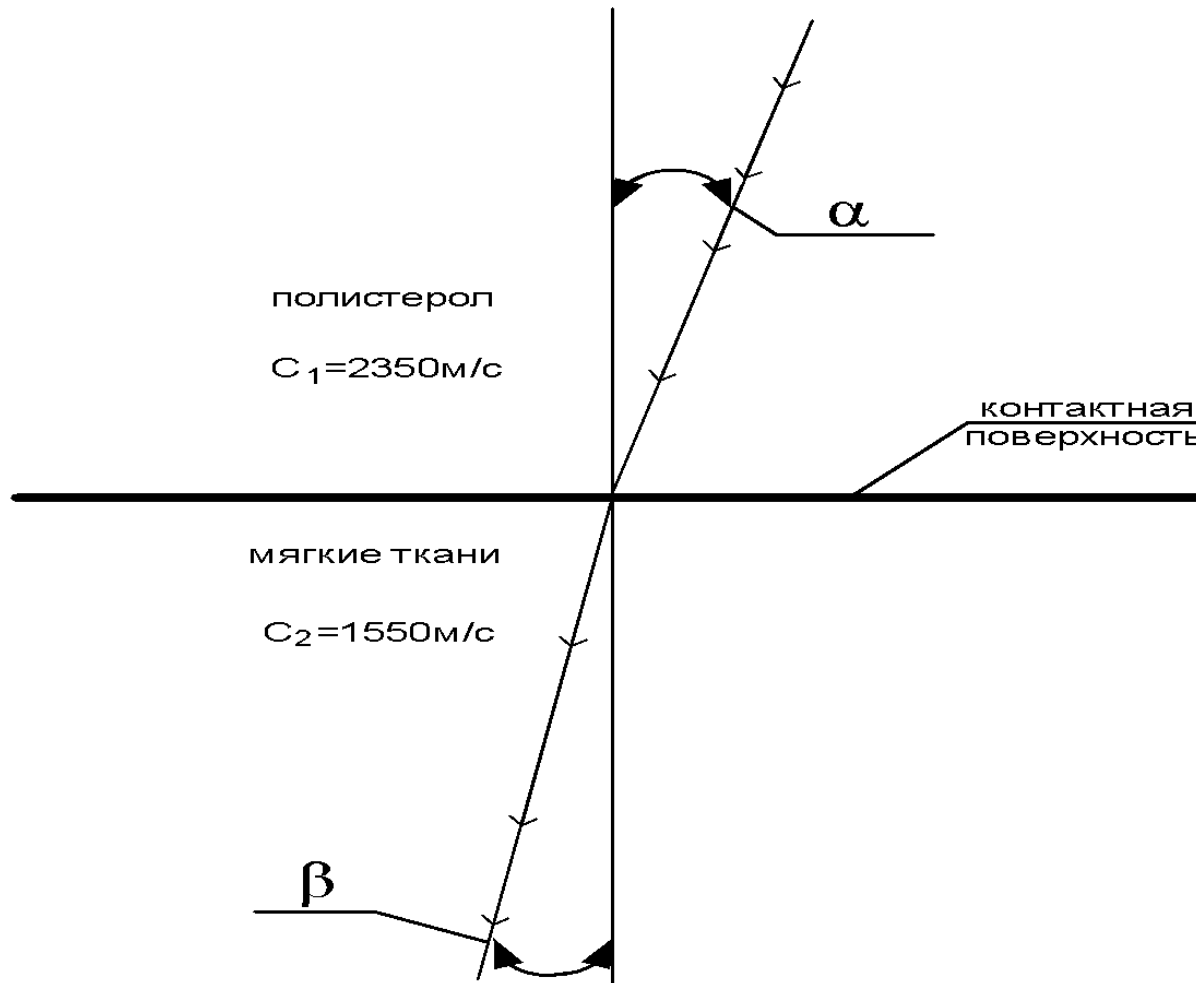
Пример

:

ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
БТС  
Структурное  
моделирование

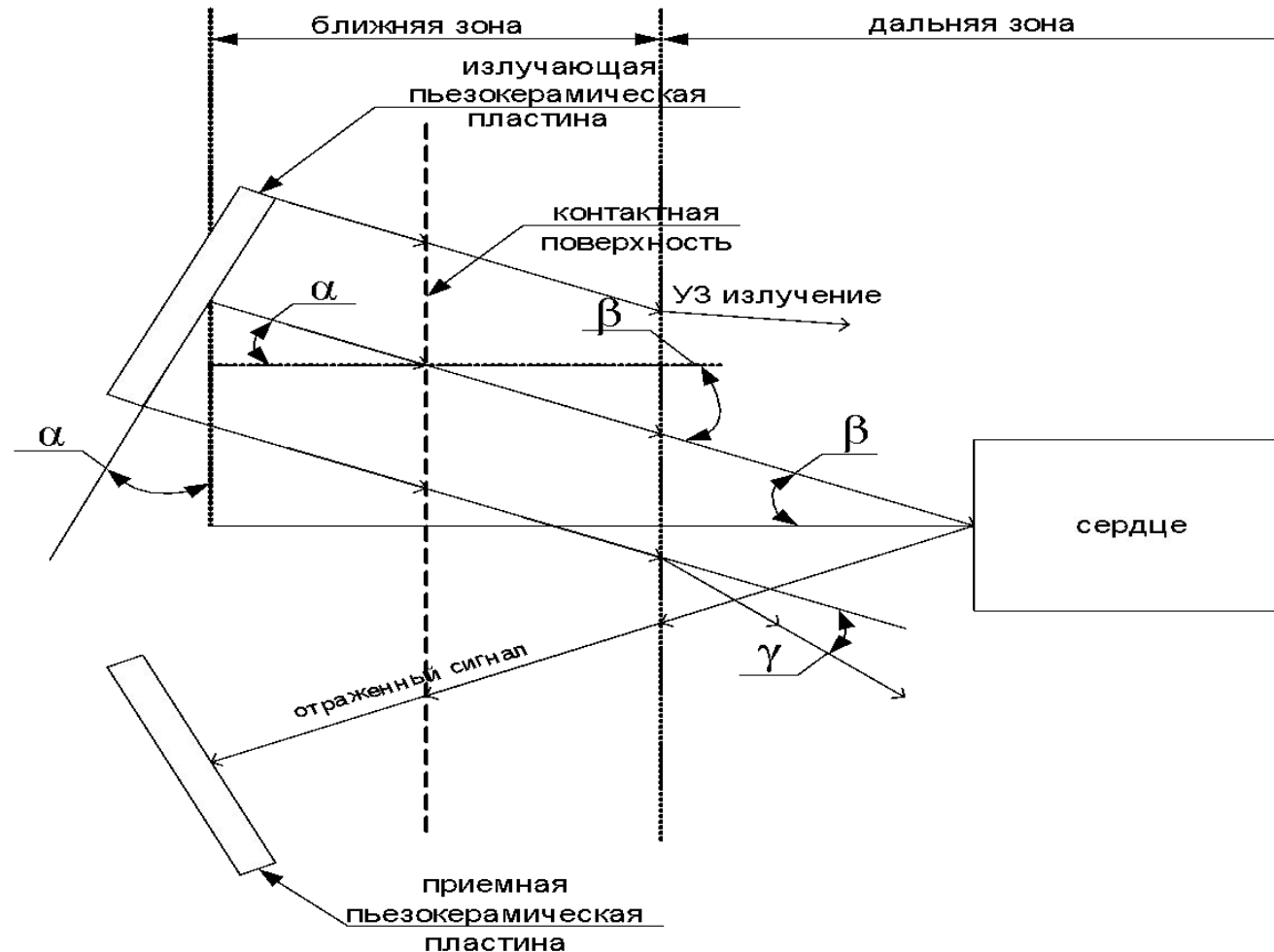
ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

Прохождение УЗ луча через границу раздела двух сред



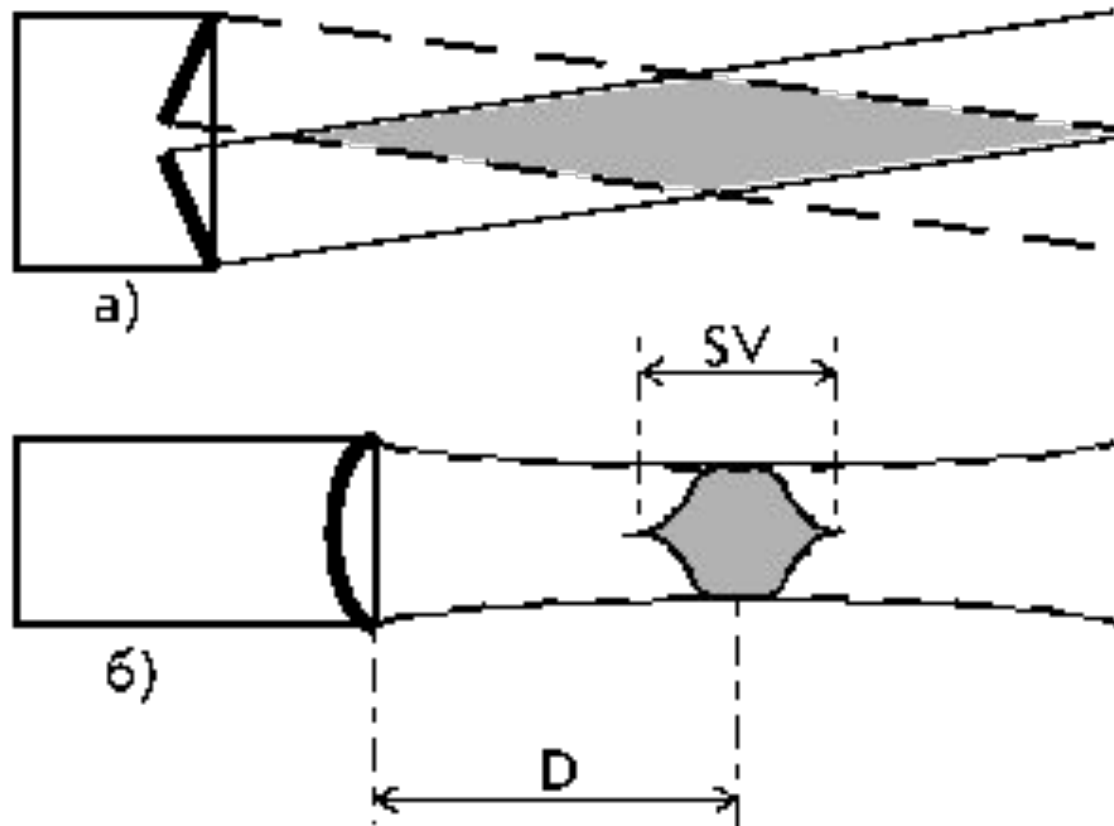
# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

## Прохождение УЗ лучей сквозь тело пациента



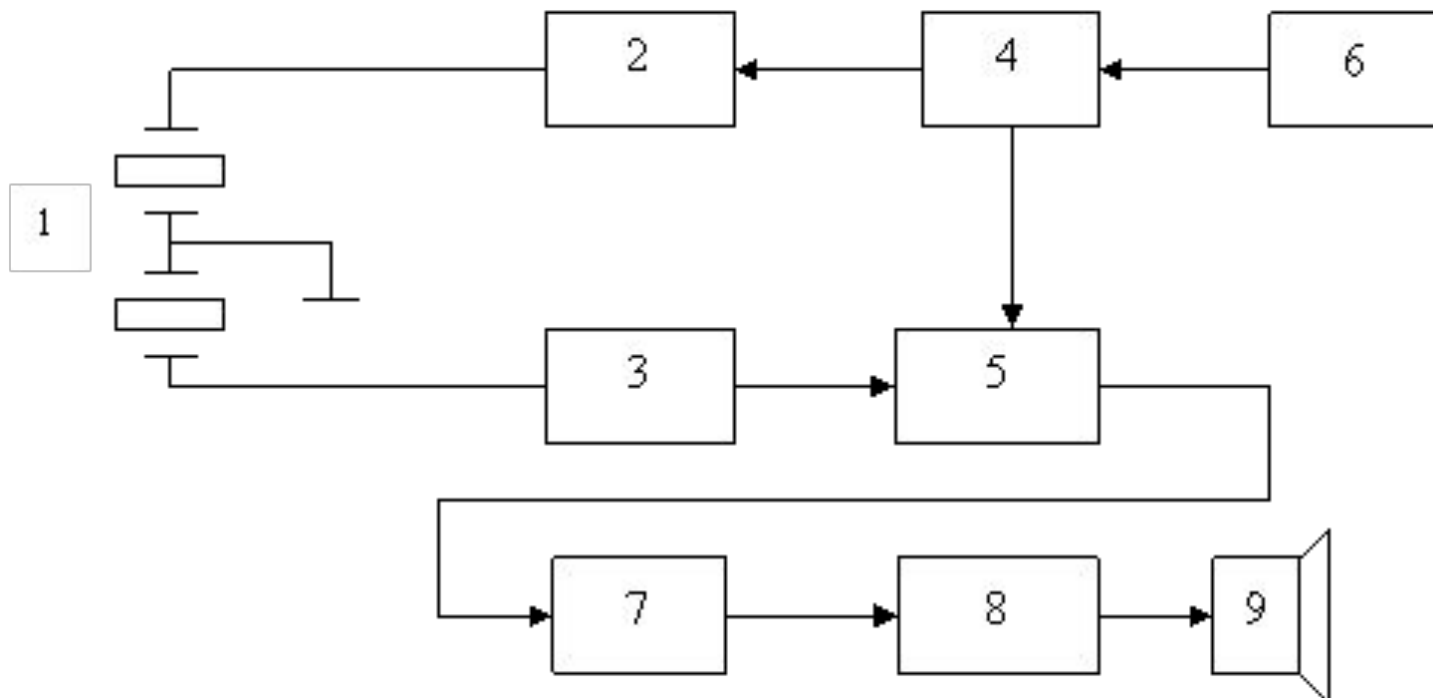
# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

Непрерывно-волновой (а) и импульсный (б) УЗ доплеровские датчики



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

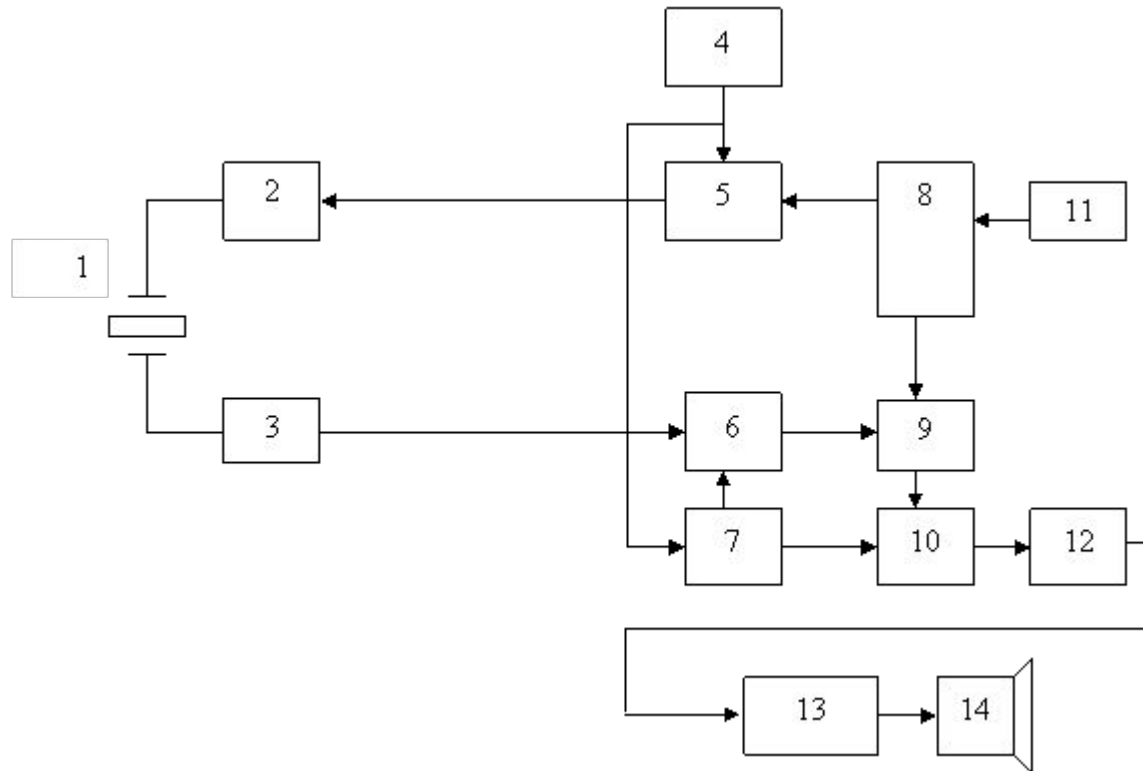
Непрерывно-волновой доплеровский прибор со звуковой индикацией без выделения информации о направлении кровотока



1 – УЗ датчик, 2 – УМ, 3 – предварительный усилитель, 4 – задающий генератор, 5 – синхронный детектор, 6 – кварцевый резонатор, 7 – полосовой фильтр, 8 – УНЧ, 9 – громкоговоритель

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ**

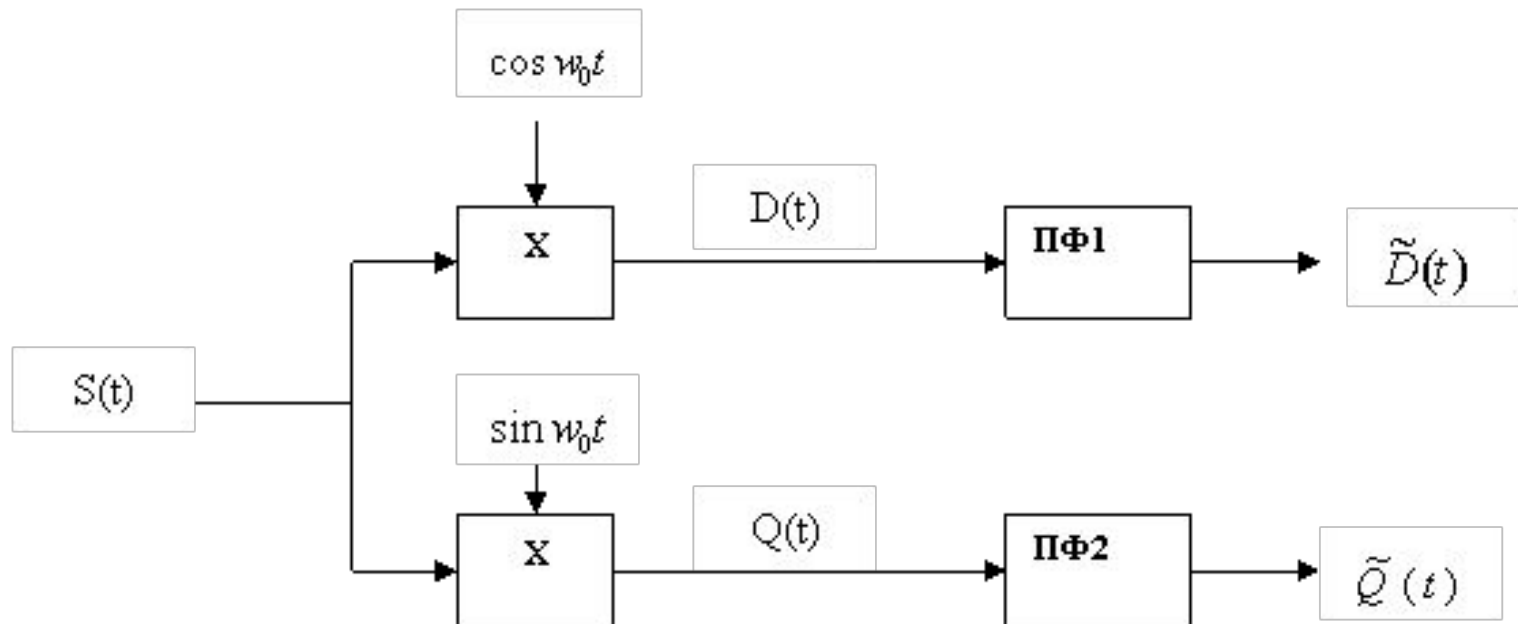
**Импульсный УЗ доплеровский прибор со звуковой индикацией без выделения информации о направлении кровотока**



- 1 – УЗ датчик, 2 – УМ, 3 – предварительный усилитель, 4 - формирователь импульсов разрешения передачи, 5 – селектор передачи, 6 – селектор приема, 7 - формирователь импульсов разрешения приема (линия задержки), 8 - задающий генератор, 9 – синхронный детектор, 10 – УВХ, 11 – кварцевый резонатор, 12 – полосовой фильтр, 13 – УНЧ, 14 – громкоговоритель

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

## Схема квадратурного демодулятора

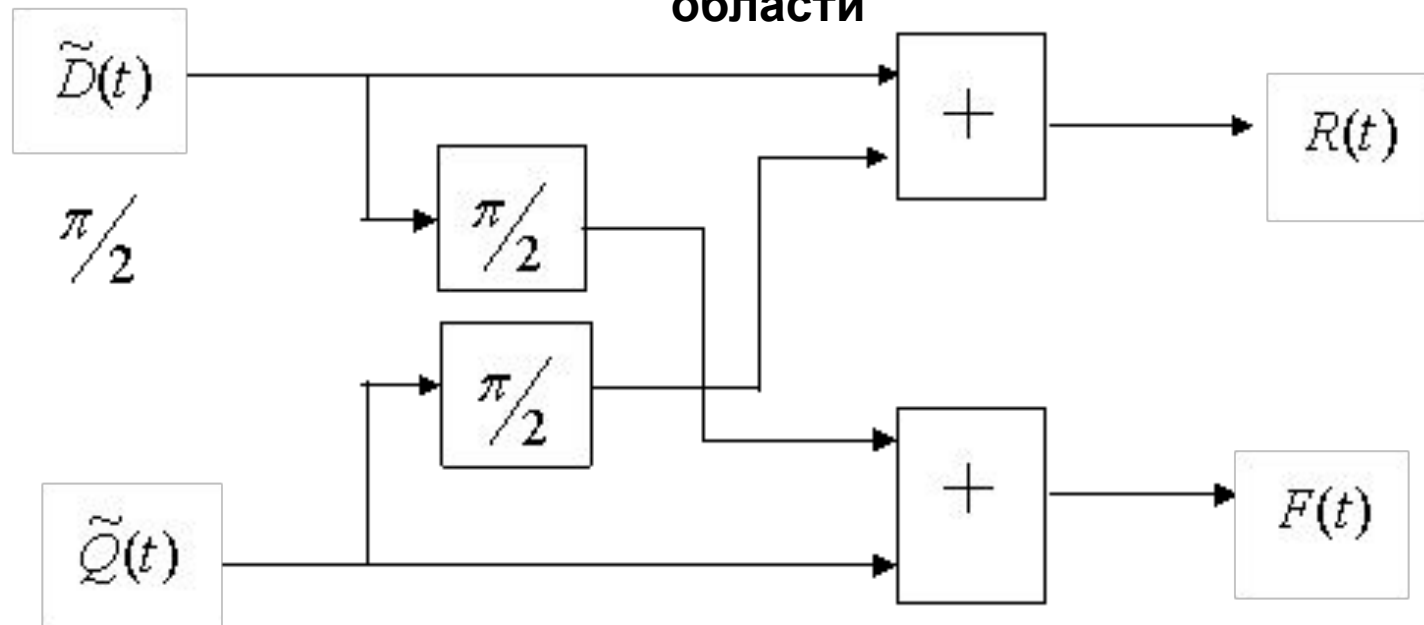


Квадратурный сигнал

$$\tilde{Q}(t) = \frac{1}{2} A_f \cos\left(w_f t + \phi_f + \frac{\pi}{2}\right) + \frac{1}{2} A_\gamma \cos\left(w_\gamma t - \phi_\gamma - \frac{\pi}{2}\right)$$

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

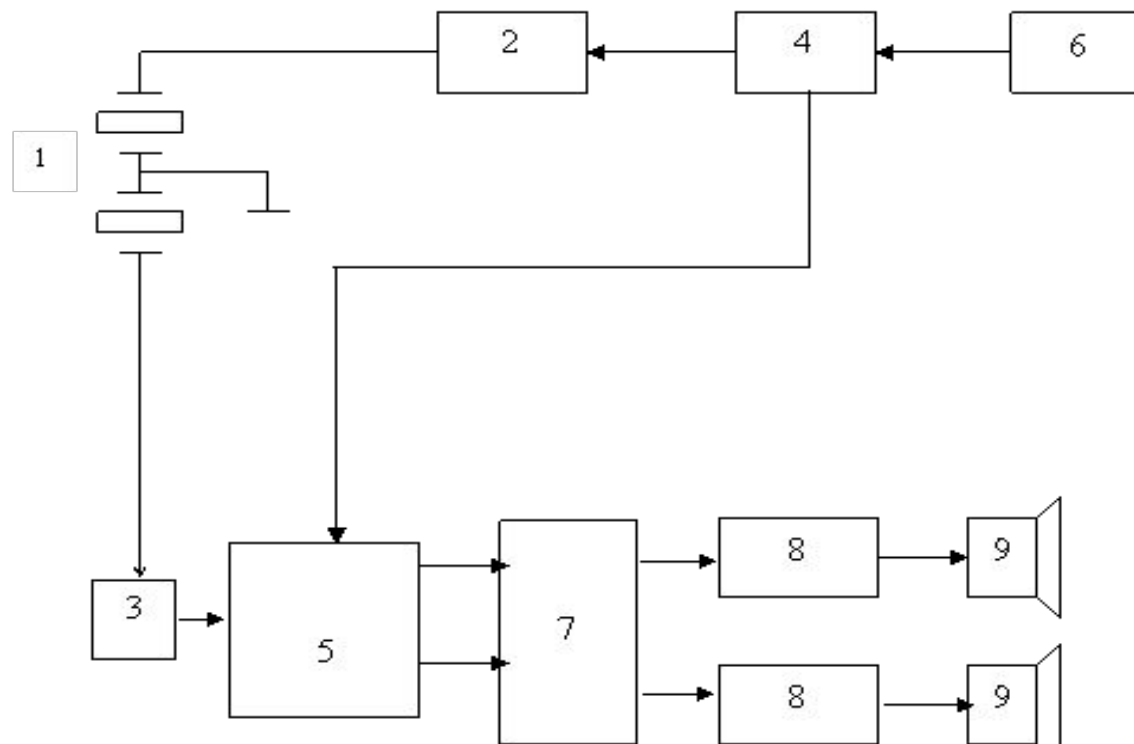
Выделение сигналов прямого и обратного кровотока в фазовой области



$$R(t) = A_\gamma \cos(w_\gamma t + \phi_\gamma) \quad F(t) = A_f \cos(w_f t + \phi_f + \frac{\pi}{2})$$

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

## Непрерывно-волновой доплеровский прибор с выделением информации о направлении скорости кровотока



1 – УЗ датчик, 2 – УМ, 3 – предварительный усилитель, 4 – задающий генератор, 5 – синхронный детектор и схема формирования квадратурных сигналов, 6 – кварцевый резонатор, 7 – полосовой фильтр и схема выделения сигналов прямого и обратного кровотока, 8 – УНЧ, 9 – громкоговорители



Пример

:

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

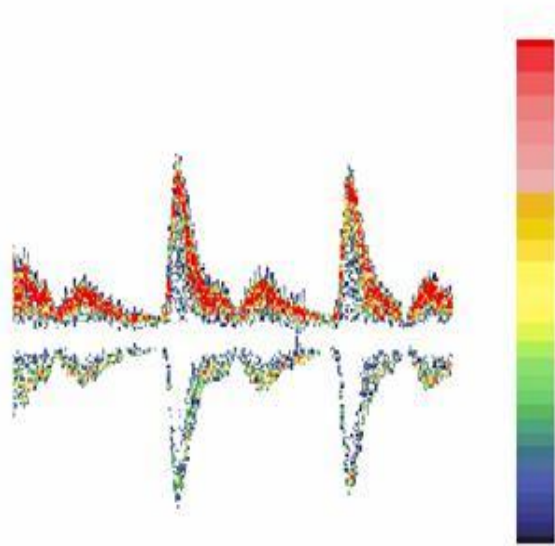
БТС

Структурное

моделирование

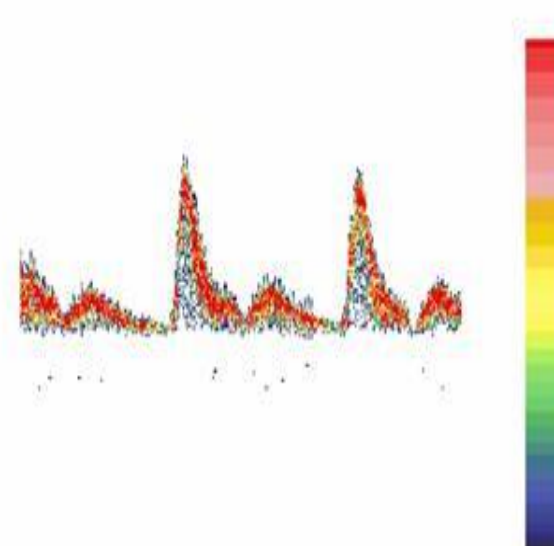
## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

Спектрограмма сигнала при наличии отклонения сдвига фаз опорного



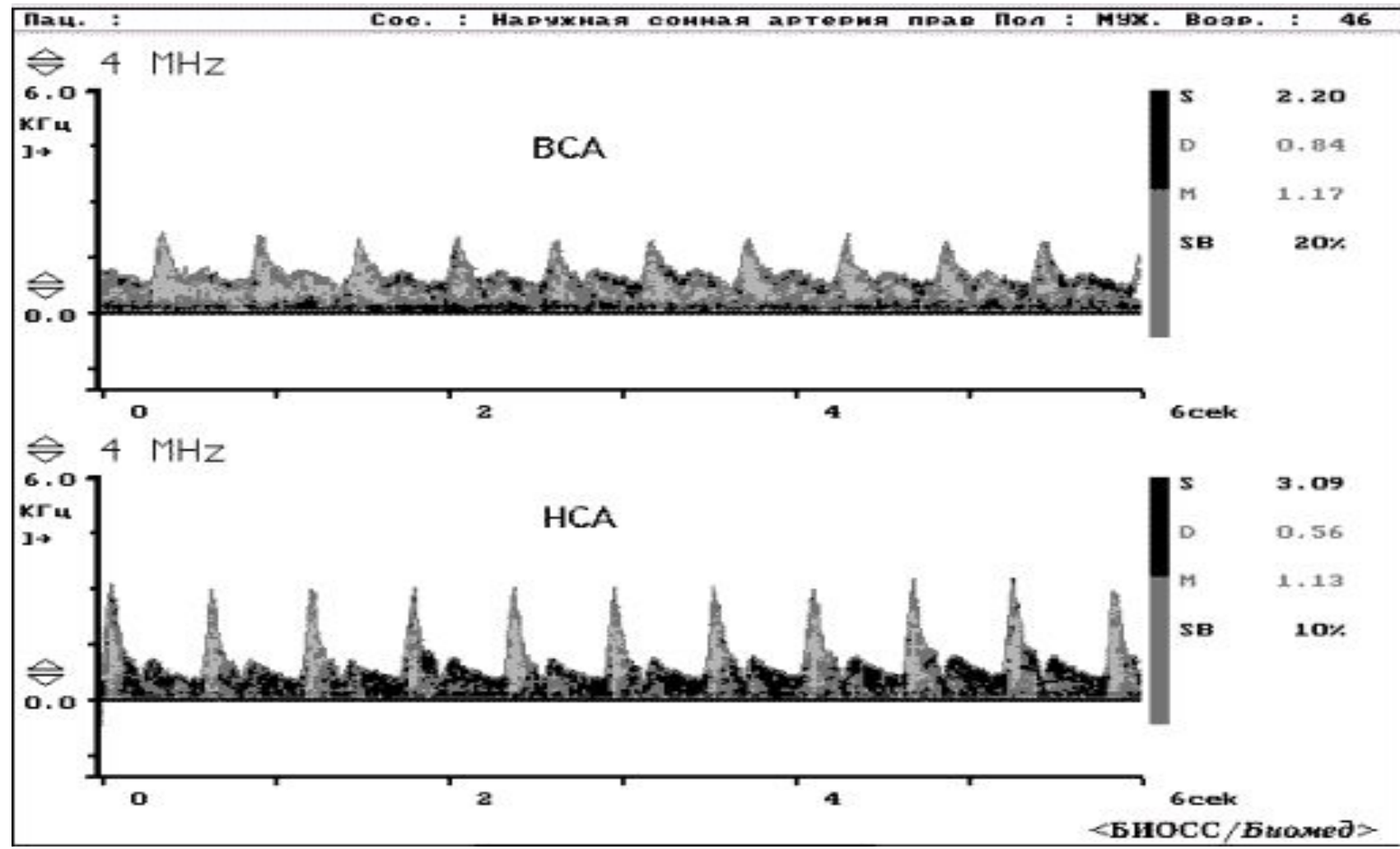
$$\varphi_{err} = 30^{\circ}$$

Спектрограмма сигнала при отсутствии отклонения сдвига фаз опорного



$$\varphi_{err} = 0^{\circ}$$

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ  
Допплерограммы ВСА и НСА



Пример

:

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

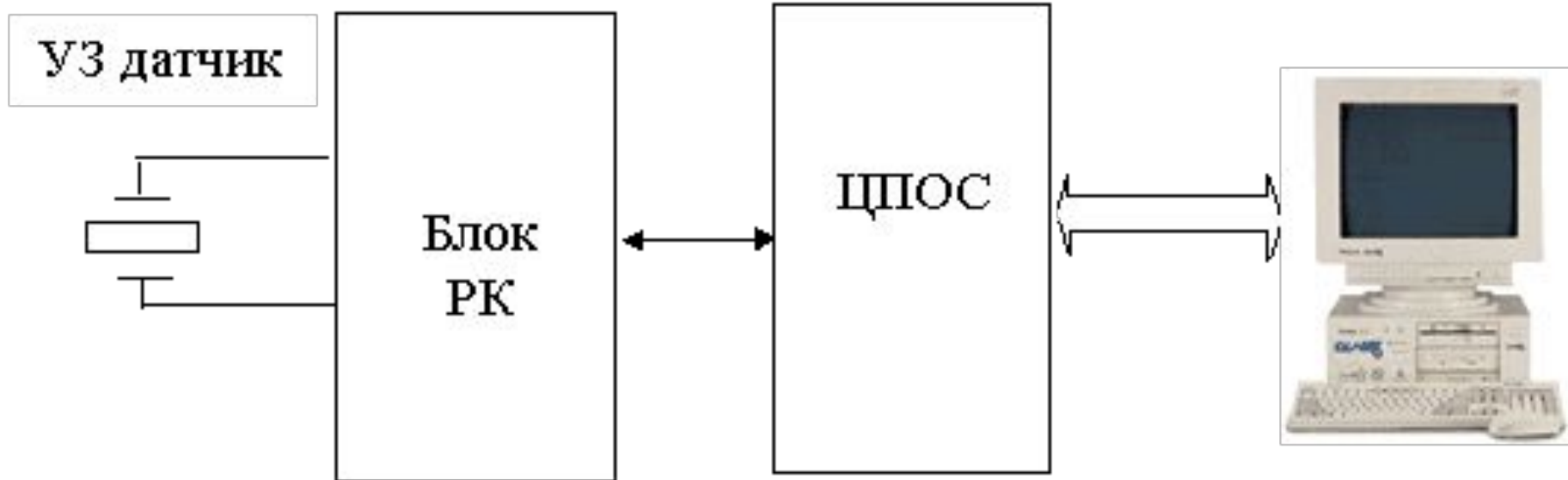
БТС

Структурное

моделирование

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БТС УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОПЛЕРОМЕТРИИ

Структурная схема аппаратной реализации доплеровского спектрального индикатора скорости кровотока



*The End*