



# ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЛВ РТВ ПВО



**ТЕМА № 5**

**ТРАКТ ПРИЕМА  
РАДИОЛОКАЦИОННОЙ  
ИНФОРМАЦИИ**

**ЗАНЯТИЕ №1**

**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ  
О  
РАДИОПРИЕМНЫХ  
УСТРОЙСТВАХ**





# Учебные и воспитательные цели занятия:

**ЗНАТЬ** назначение, состав и работу радиоприемного устройства по структурной схеме;

**УМЕТЬ** проводить оценку влияния параметров радиоприемного устройства на тактические характеристики РЛС.





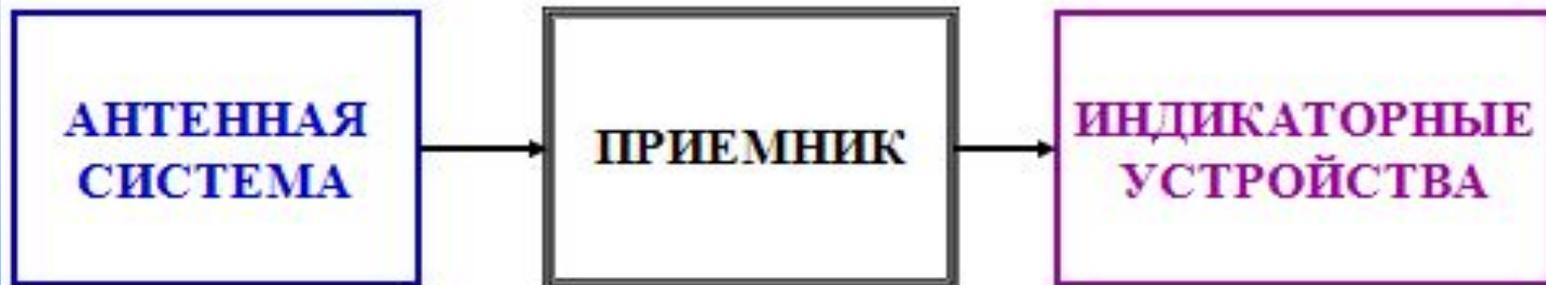
# УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1. Назначение и принцип построения радиоприемных устройств**
- 2. Структурная схема приемного устройства. Назначение, состав и взаимодействие элементов.**
- 3. Параметры приемных устройств и принцип их измерения.**





*Приемное устройство предназначено для частотной избирательности, усиления и преобразования эхо-сигналов в видеосигналы, которые обеспечивают нормальную работу РЛС*

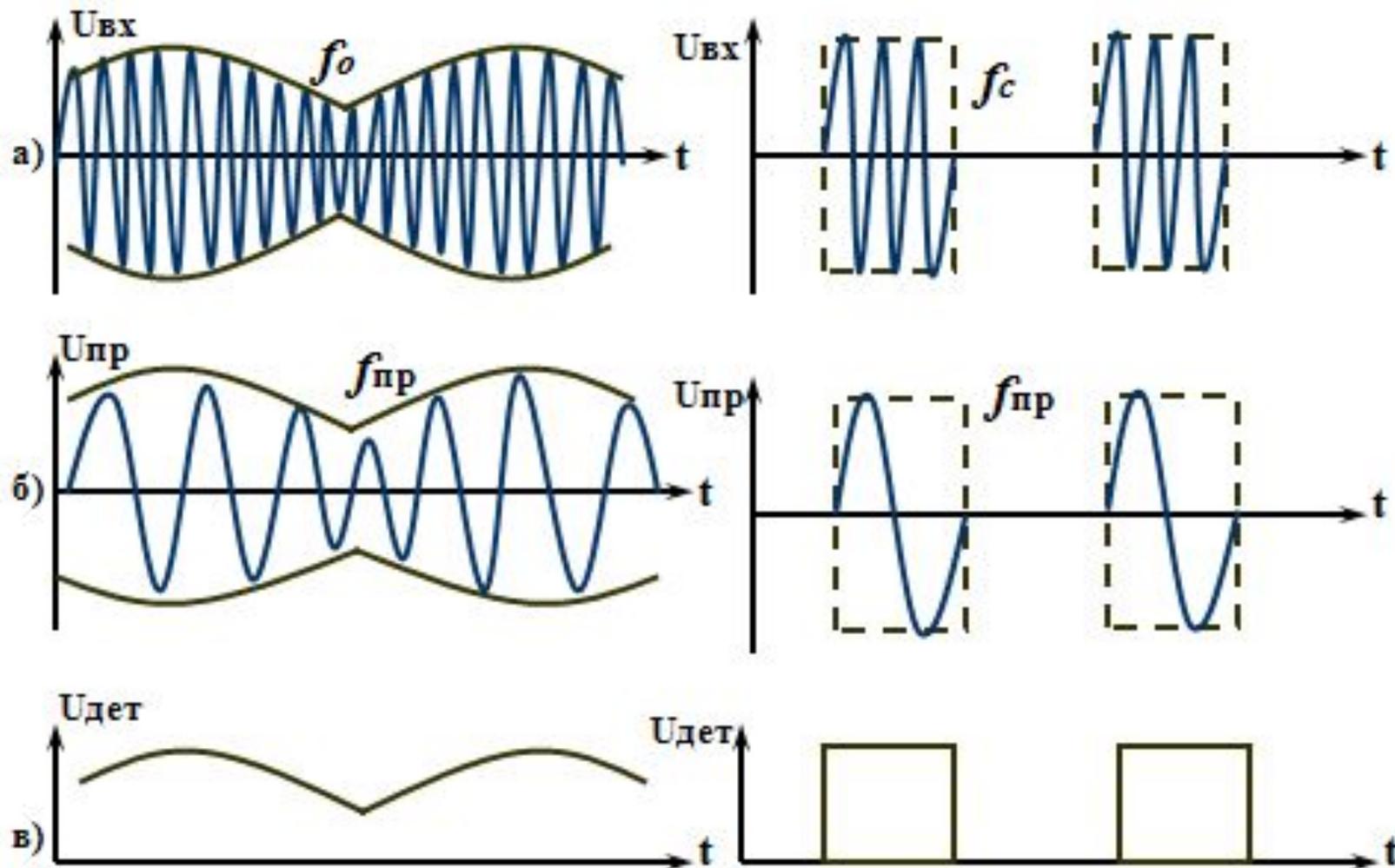




**Антенная система** принимает энергию отраженных электромагнитных волн и преобразует ее в энергию токов высокой частоты

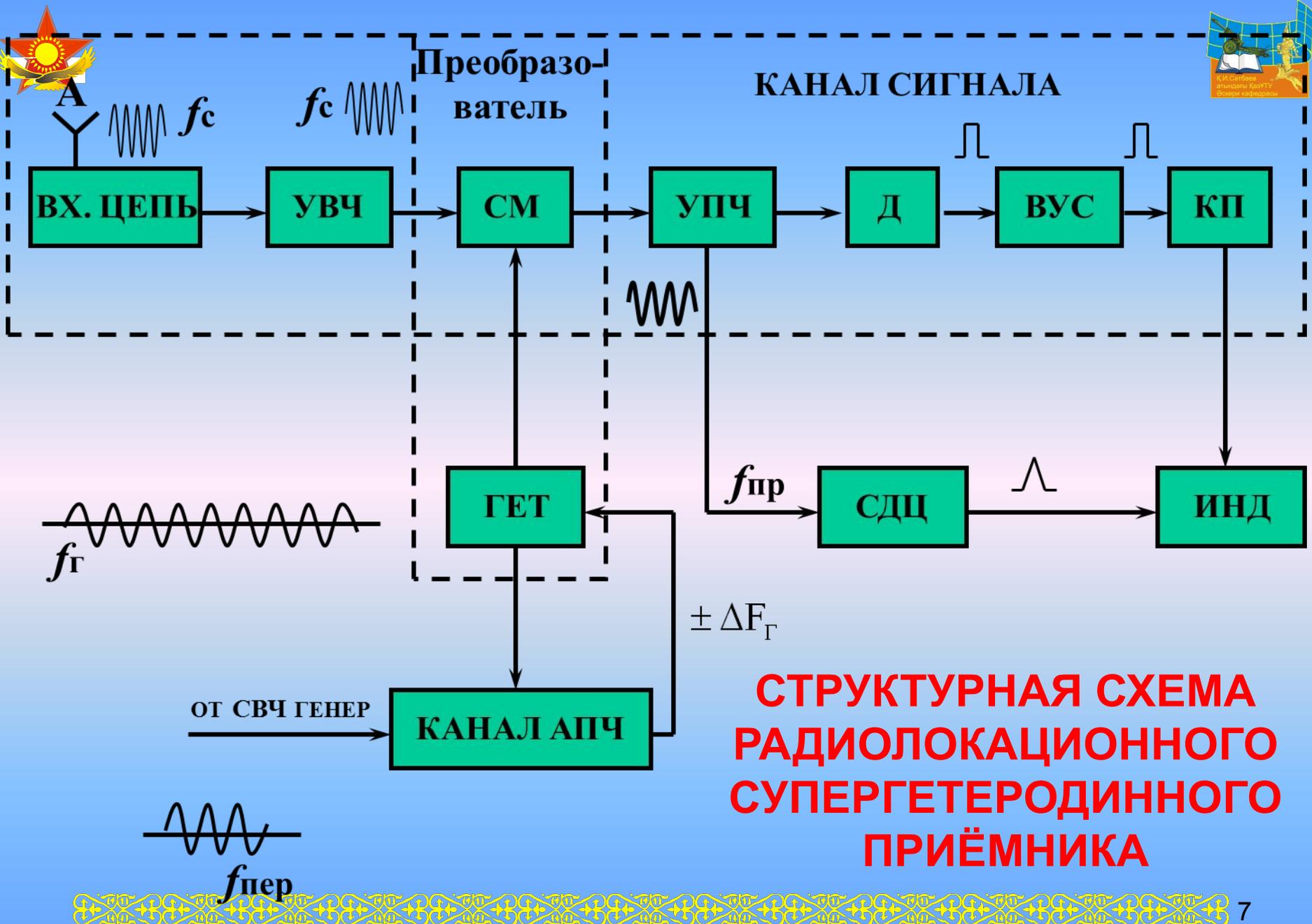
**Приемник** усиливает и преобразует энергию сигналов, поступающих от антенной системы.

**Индикаторное устройство** позволяет регистрировать принятую информацию о наличии целей.



**Преобразование сигналов высокой несущей частоты в промежуточную и видеочастоту**





# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАДИОЛОКАЦИОННОГО СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ПРИЁМНИКА



# ПАРАМЕТРЫ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

Чувствительность (коэффициент шума)  $R_{пр.мин.}$

Избирательность ( $\sigma$ )

Полоса пропускания ( $2\Delta f$ )

Диапазон принимаемых частот ( $\Delta F$ )

Выходное напряжение ( $U_{вых}$ )

Коэффициент усиления ( $K$ )

Динамический диапазон ( $D$ )





**ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ** – это способность

приемника

принимать слабые сигналы, которые можно

надежно регистрировать оконечным устройством.

## **ПРЕДЕЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ**

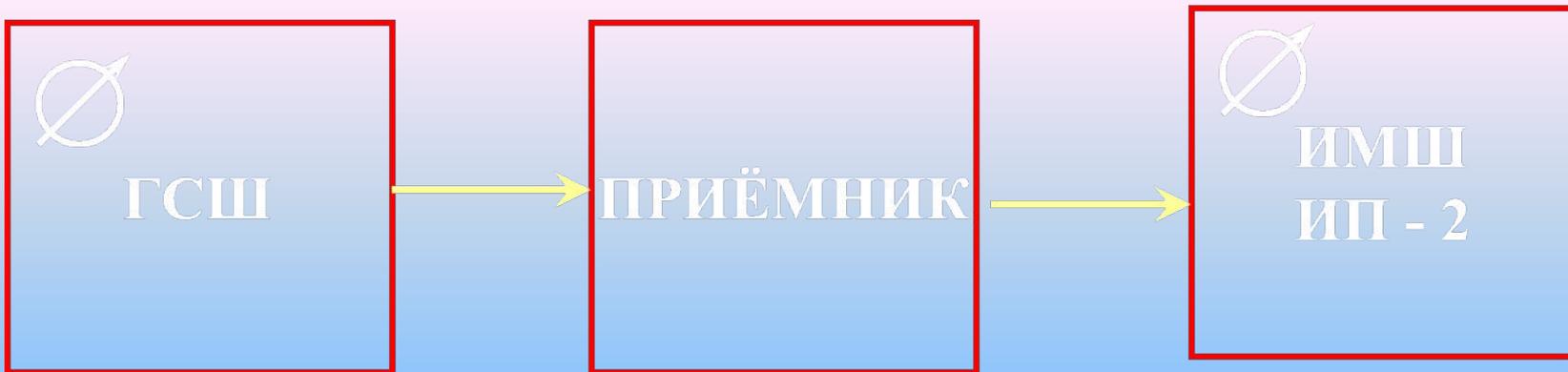
приемника называют такую минимальную мощность (ЭДС) сигнала в антенне, которая обеспечивает на выходе его линейной части отношение сигнала к шуму, равное единице.  $U_{с\ вых}/U_{ш\ вых} = 1$  т.е.  $\gamma_p = 1$

Если это отношение сигнала к шуму больше единицы, то чувствительность приемника называют **РЕАЛЬНОЙ**





## СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИЁМНИКА



## СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА ПРИЁМНИКА





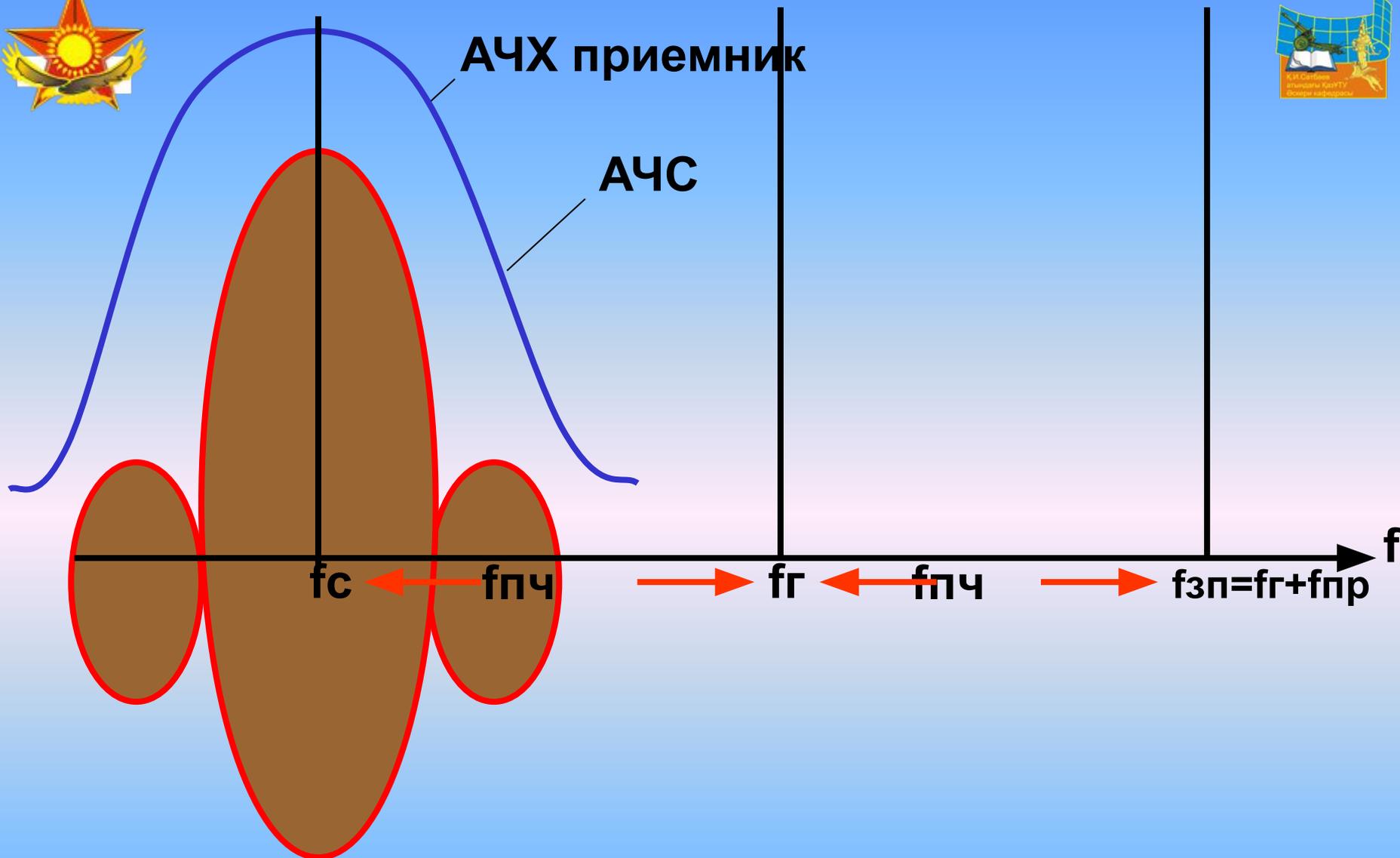
**Коэффициентом шума называют число, показывающее, во сколько раз отношение мощности сигнала к мощности шума на входе приемника больше, чем на выходе:**



## Избирательность ( $\sigma$ ) приемника

характеризует  
его способность отделять полезный  
высокочастотный сигнал от всех  
мешающих  
сигналов

Зеркальной помехой называют такие  
высокочастотные мешающие сигналы,  
которые, взаимодействуя в смесителе с  
колебаниями генератора, образуют биения на  
промежуточной частоте

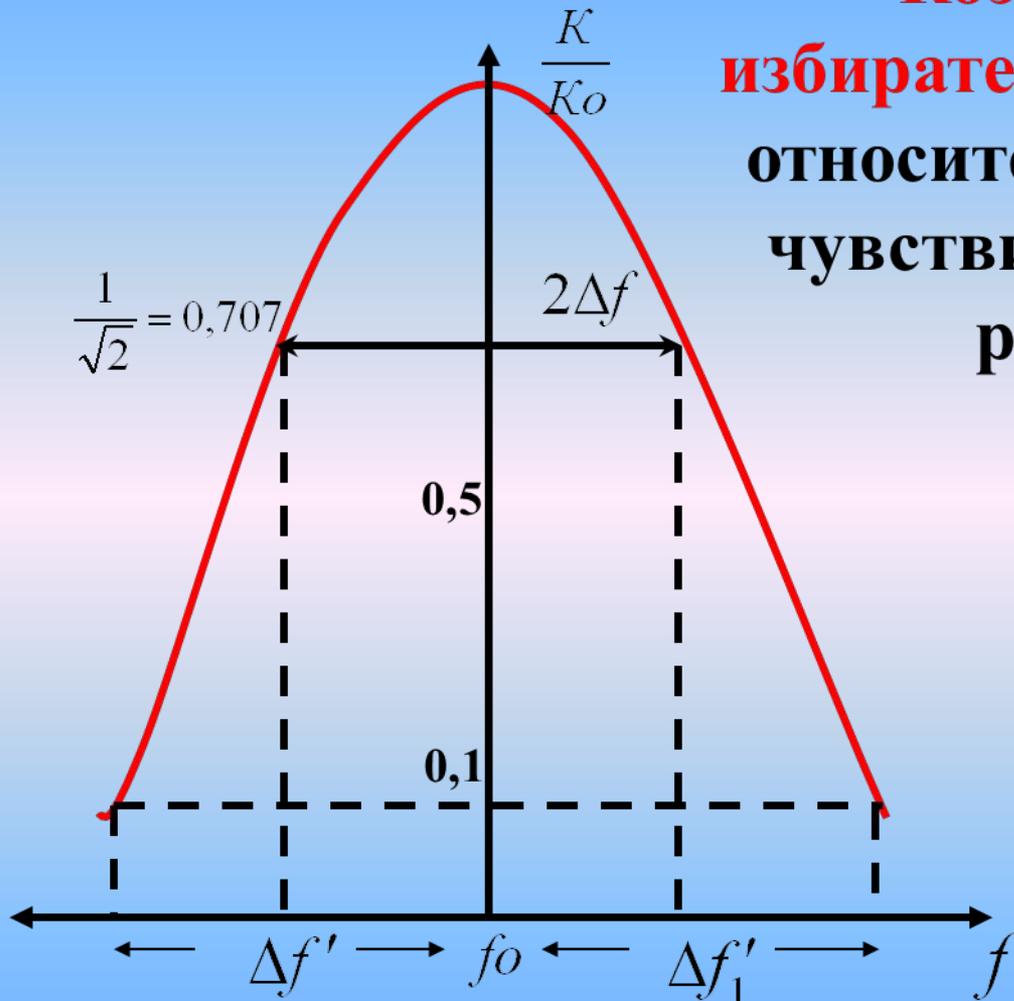


## К понятию о зеркальной помехе.





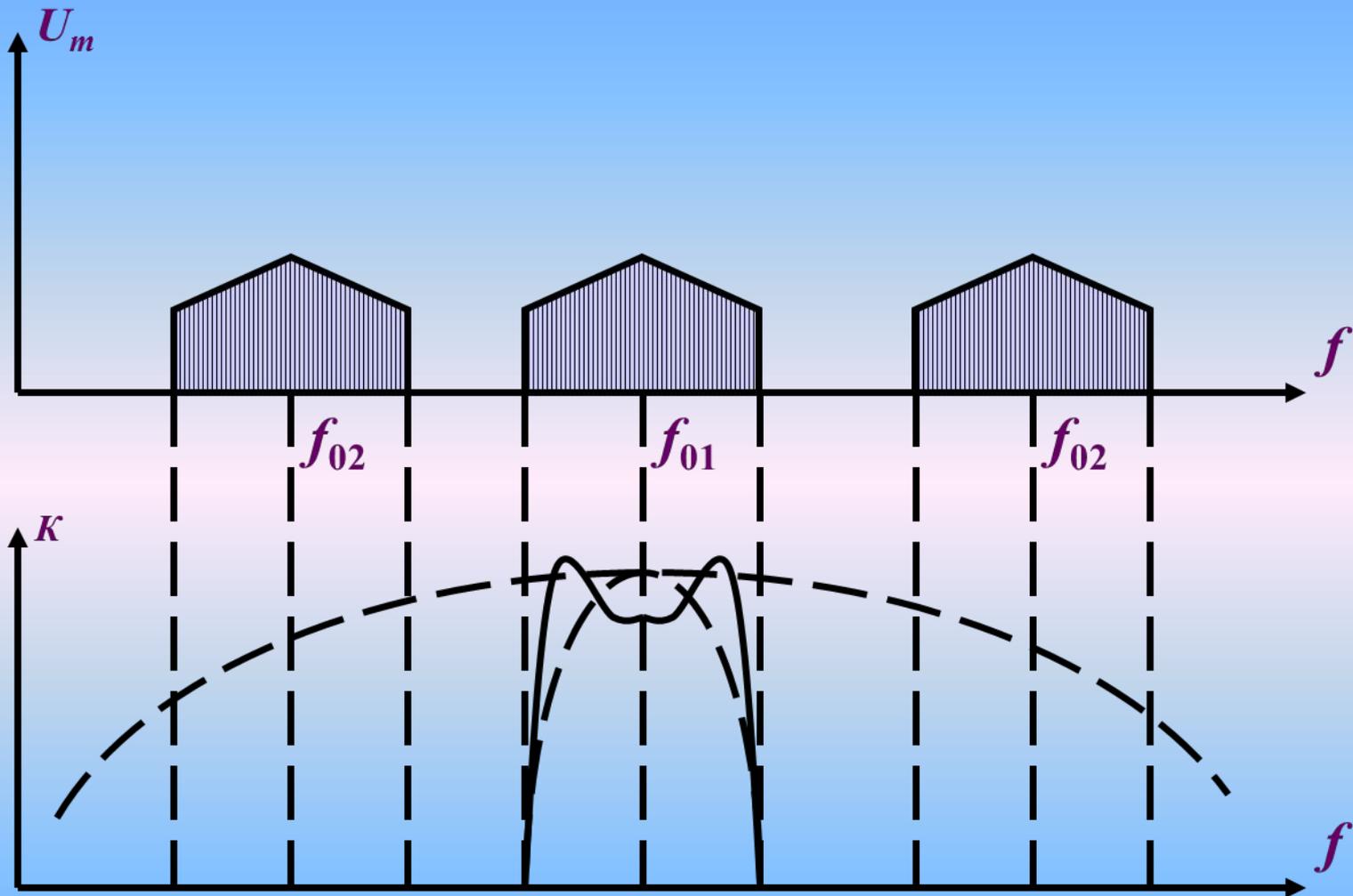
**Коэффициент частотной избирательности приемника равен относительному уменьшению его чувствительности при заданной расстройке частоты**



$$\sigma = \frac{K_0}{K}$$

$$\sigma_{дб} = 20 \lg \frac{K_0}{K}$$

**К ПОНЯТИЮ ОБ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ И ПОЛОСЕ ПРОПУСКАНИЯ ПРИЕМНИКА.**



## ЧАСТОТНЫЕ СПЕКТРЫ СИГНАЛОВ ТРЁХ РЛС, БЛИЗКИХ ПО ЧАСТОТЕ



Полоса пропускания ( $2\Delta f$ ) – это область частот, в пределах которой коэффициент усиления приемника уменьшается до уровня 0,707 от максимального

Для импульсных РЛС полоса пропускания составляет 0,3....1 МГц  
(в зависимости от диапазона)

$$2\Delta f = \frac{1,37}{\tau_u}$$



## ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ( $U_{\text{вых}}$ ) ПРИЕМНИКА

определяется свойствами индикаторного устройства.  
Для нормальной работы индикаторов с ЭЛТ требуются видеоимпульсы с амплитудой в несколько десятков вольт.

## Коэффициент усиления ( $K$ ) приемника

определяется отношением величин амплитуд напряжения сигнала на выходе и входе приемника:

$$K = \frac{U_{m.\text{вых}}}{U_{m.\text{вх}}}$$





Диапазон принимаемых частот определяется теми несущими частотами от  $f_{мин}$  до  $f_{макс}$  на которые настраивается приемник

$$K_f = \frac{f_{max}}{f_{min}}$$

*коэффициент перестройки по диапазону*

Динамический диапазон (Д) – это диапазон уровней входных сигналов, при котором обеспечивается

необходимое качество приема (способность приемника работать без перегрузок при воздействии

**сильных сигналов и помех).**

$$D = \frac{U_{ex. max}}{U_{ex. min}}$$

$$D(\text{дБ}) = 20 \lg \frac{U_{ex. max}}{U_{ex. min}}$$



# ТЕМА 5. ТРАКТ ПРИЕМА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

## ЗАНЯТИЕ 2. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

### Вопросы занятия.

1. Входные цепи
2. Усилители высокой частоты
3. Преобразователи частоты
4. Усилители промежуточной частоты
5. Детекторы и видео усилители



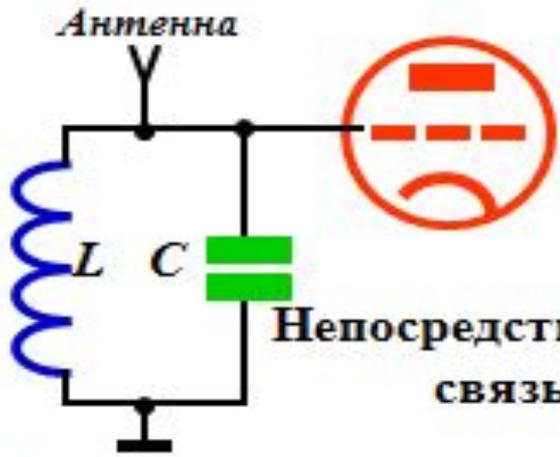


**ВХОДНОЙ ЦЕПЬЮ** приемника называется цепь, связывающая антенну РЛС со входом первого каскада УВЧ

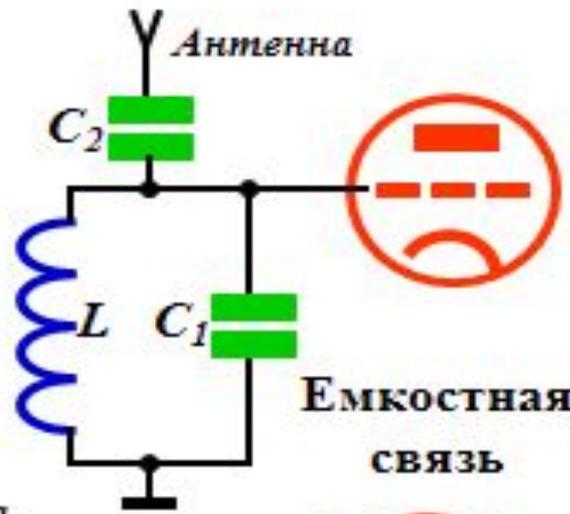
### **НАЗНАЧЕНИЕ:**

- 1. Передача полезного сигнала рабочей частоты на вход первого каскада приемника – УВЧ.**
- 2. Согласование выхода АФС со входом первого каскада приемника**
- 3. Ослабление сигнала помех**

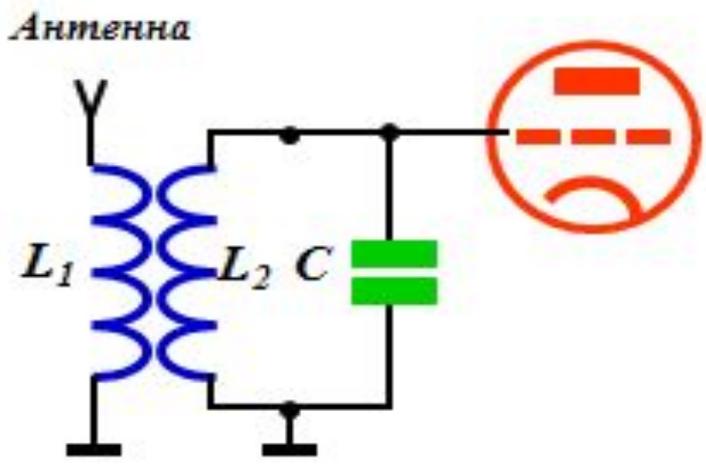




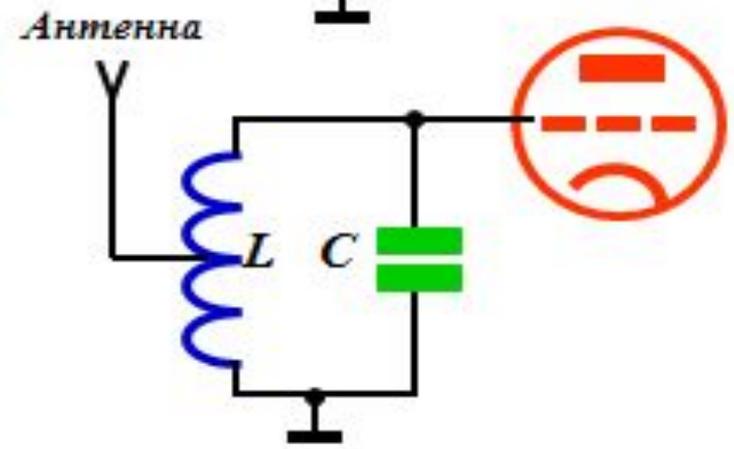
Непосредственная  
связь



Емкостная  
связь

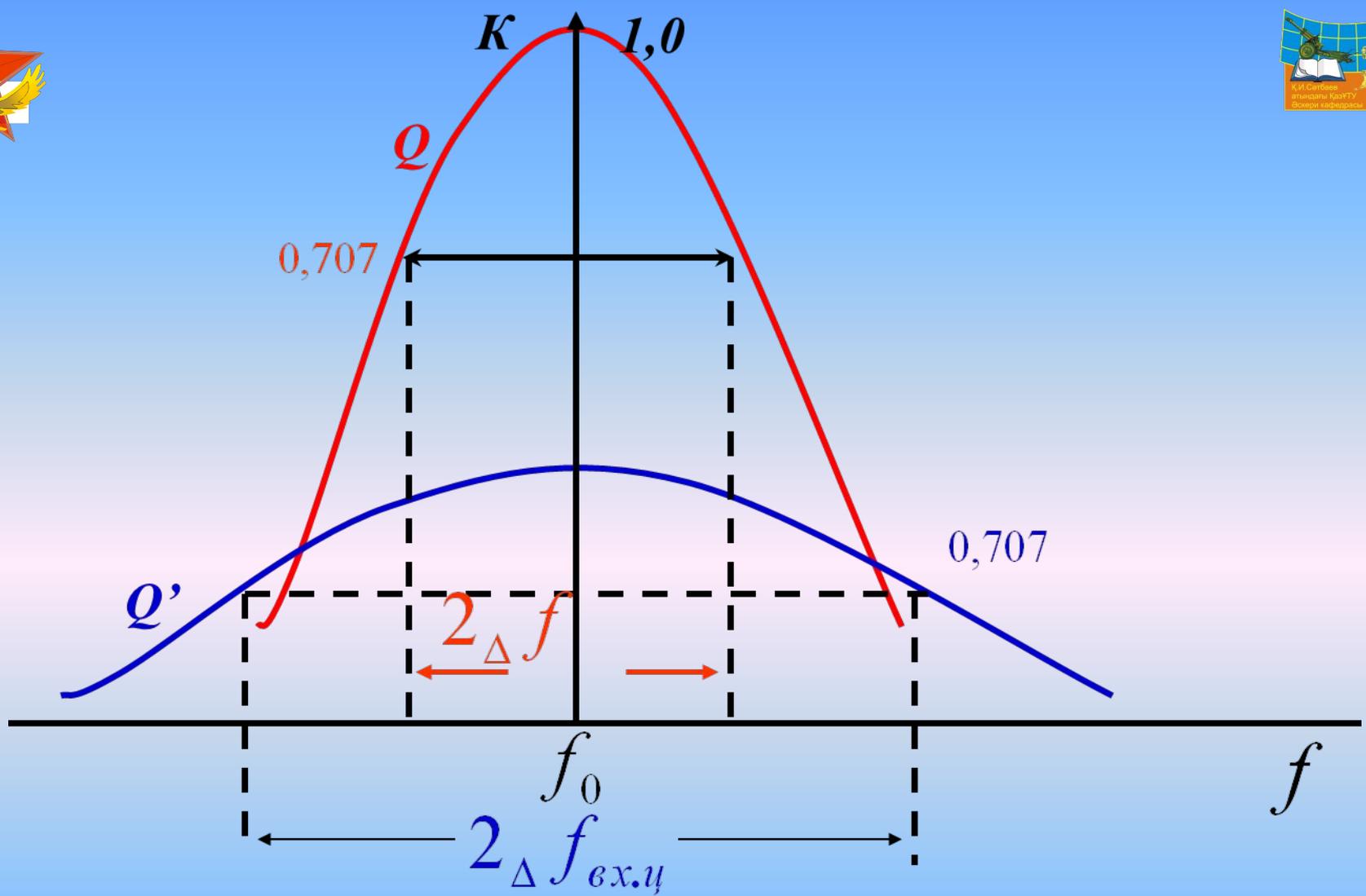


Индуктивная  
связь



Автотрансформаторная  
связь





# ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ ВХОДНОЙ ЦЕПИ



# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВХОДНОЙ ЦЕПИ



**ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ** определяется для входной цепи, если она содержит один контур, по его частотной характеристике

**ДИАПАЗОН РАБОЧИХ ЧАСТОТ** – это полоса частот, в пределах которой возможна перестройка входной цепи с сохранением других показателей

## **КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ**

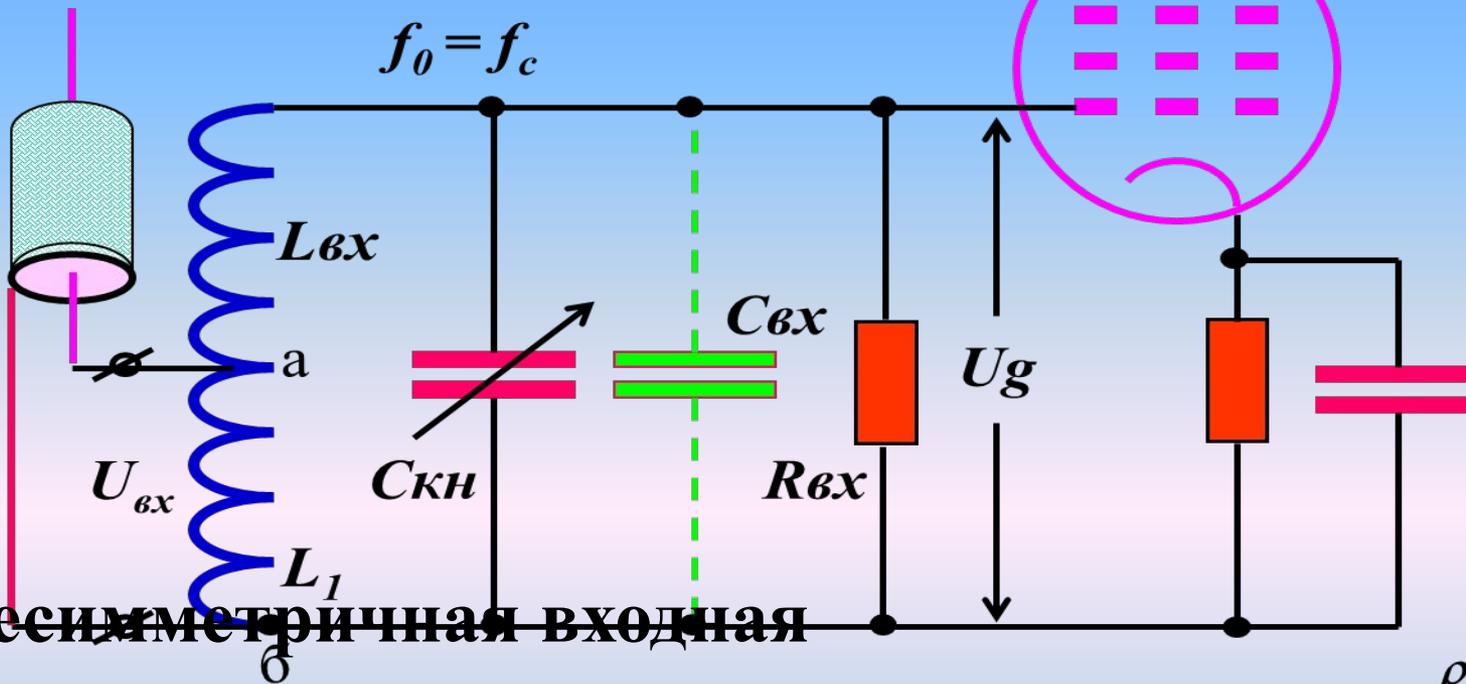
определяется выражением:

$$K_{вх} = \frac{U_{вх}}{e}$$



К антенне

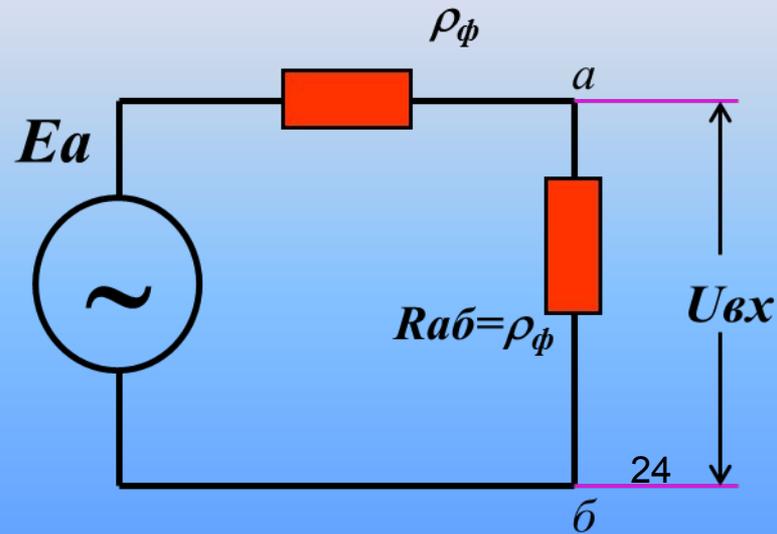
$$f_0 = f_c$$



Несимметричная входная цепь

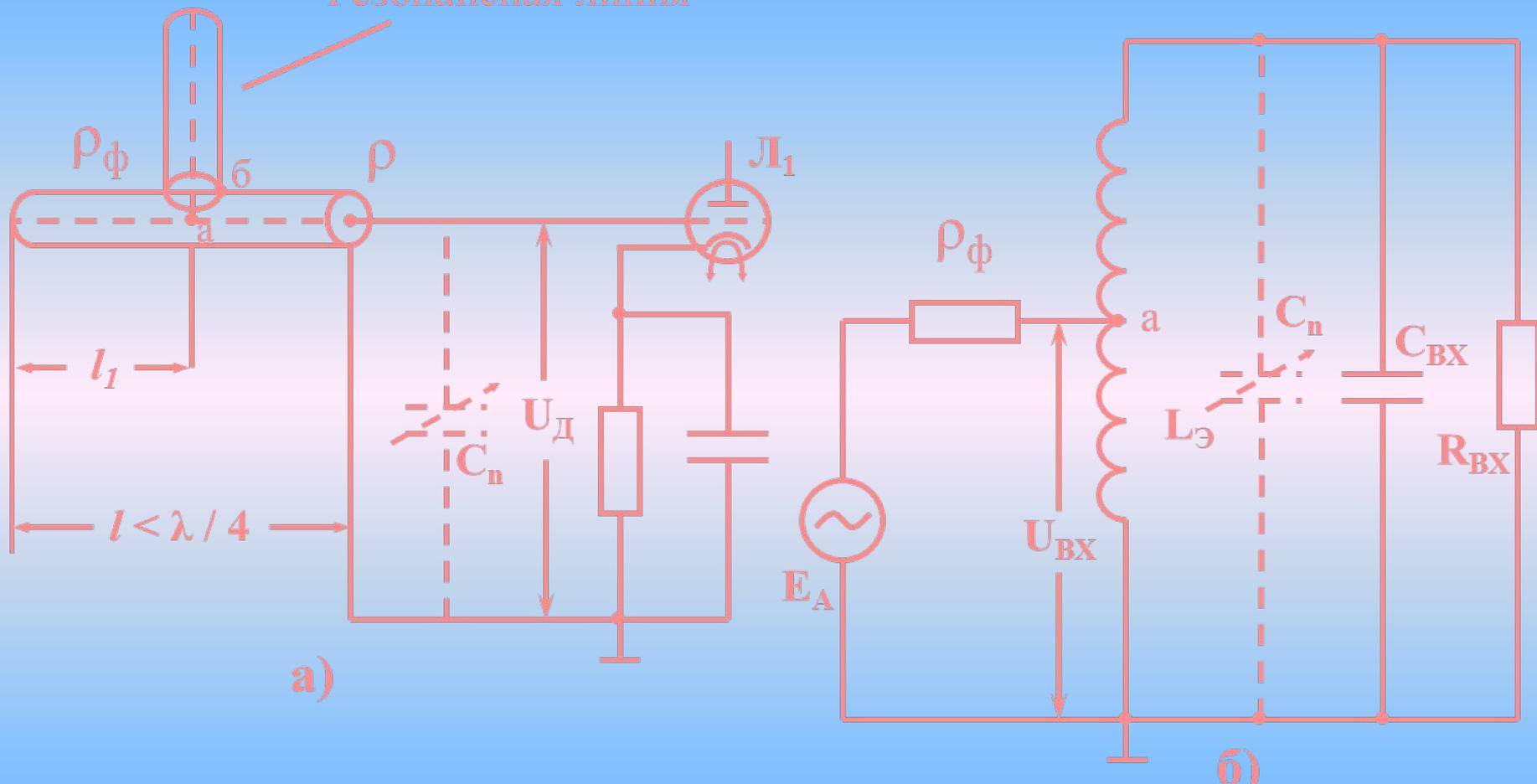
с автотрансформаторной связью и эквивалентная схема

входа приемника с выполнением





Резонансная линия

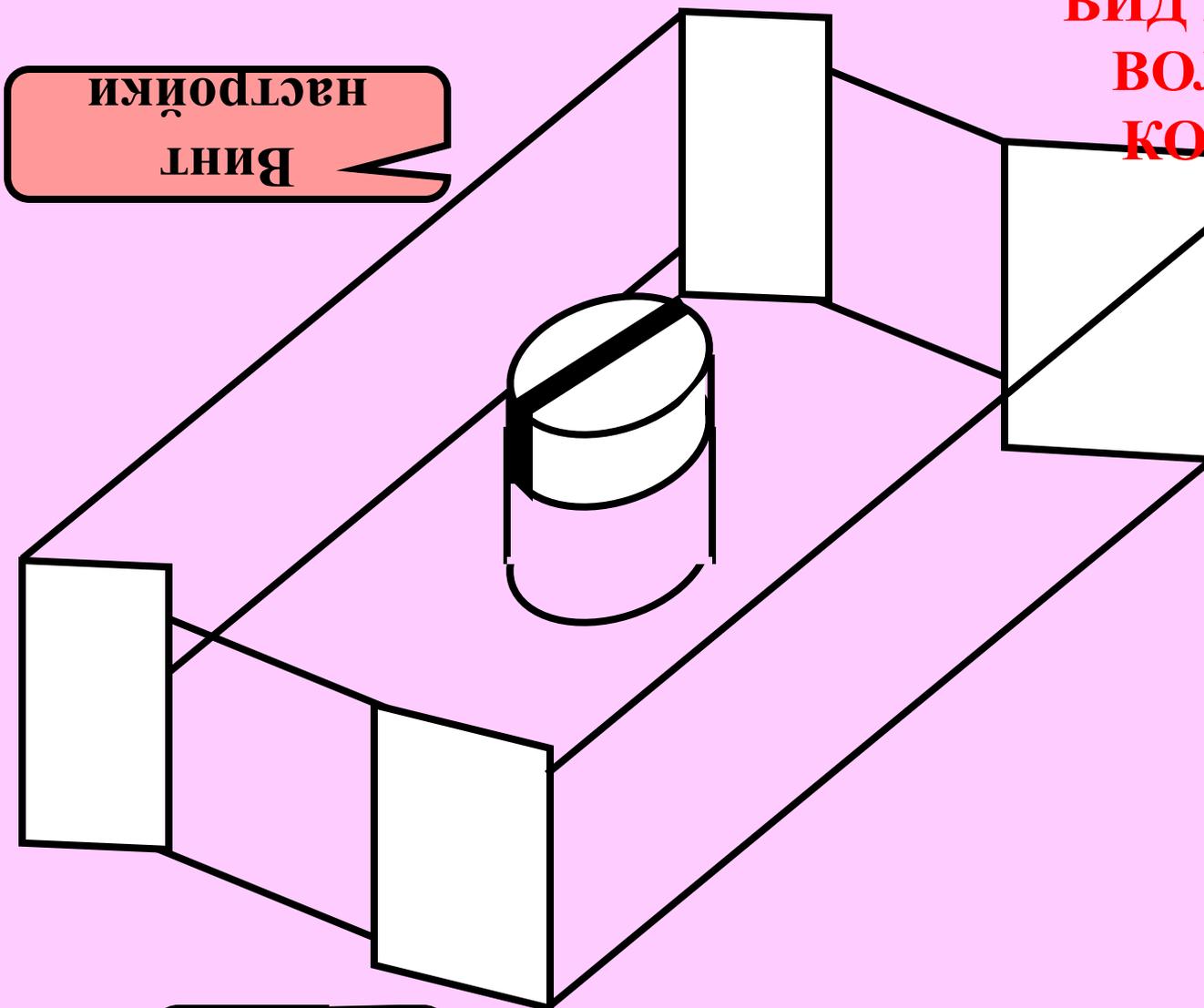


**Входная цепь с резонансной коаксиальной линией:**

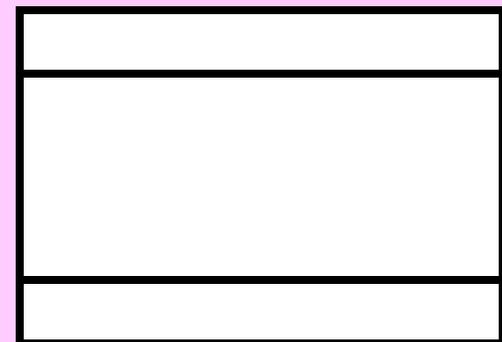
**а) принципиальная схема**

**б) эквивалентная схема**

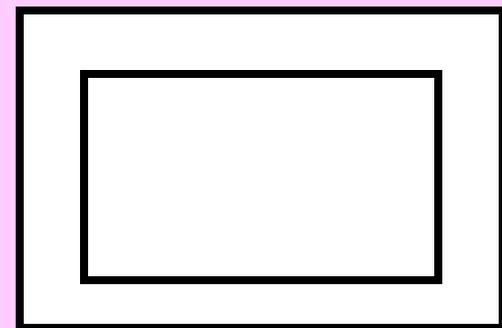
# ВИД РЕЗОНАТОРА ВОЛНОВОДНОЙ КОНСТРУКЦИИ



Винт  
настройки



Емкостная диафрагма



Резонансное окно

Окно  
связи

Индуктивная  
диафрагма



## В Ы В О Д Ы:

-В метровом диапазоне волн ( $\lambda > 2\text{м}$ ) в качестве входных цепей используются контуры с сосредоточенными параметрами, состоящие из катушек индуктивности и конденсаторов.

-С уменьшением длины волны необходимо уменьшить  $L$  и  $C$ , но есть пределы уменьшения, поэтому на ДМ волнах ( $\lambda = 1\text{м} \dots 10\text{ см}$ ) контуры выполняются с распределенными параметрами на отрезках длинных линий, а в СМ диапазоне – в виде объемных резонаторов





**ВХОДНОЙ ЦЕПЬЮ** приемника называется цепь, связывающая антенну РЛС со входом первого каскада УВЧ

## **НАЗНАЧЕНИЕ:**

- 1. Передача полезного сигнала рабочей частоты на вход первого каскада приемника – УВЧ.**
- 2. Согласование выхода АФС со входом первого каскада приемника**
- 3. Ослабление сигнала помех**





# УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

## Основные параметры:

- коэффициент усиления по напряжению и по мощности ( $K_u$  и  $K_p$ );
- входное сопротивление ( $R_{вх}$ );
- коэффициент шума ( $K_{ш}$ );
- резонансный и максимально достижимый коэффициент усиления ( $K_0$  и  $K_{0max}$ );
- полоса пропускания ( $2\Delta f$ );
- избирательность ( $\sigma$ ).





# КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ ПО НАПРЯЖЕНИЮ И ПО МОЩНОСТИ ( $K_u$ и $K_p$ ):

$$K_u = \frac{U_{m \text{ Вых}}}{U_{m \text{ Вх}}}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{Вых}}}{P_{\text{Вх}}}$$

## РЕЗОНАНСНЫЙ И МАКСИМАЛЬНО ДОСТИЖИМЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ ( $K_o$ и $K_{o \max}$ );

$$K_o = S_d \cdot R_{\text{э}}$$

$S_d$  – динамическая крутизна лампы.

$R_{\text{э}}$  – эквивалентное сопротивление, пропорционально сопротивлению настроенного контура.





## **ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ ( $2\Delta f$ ):**

**Полоса пропускания каскада УВЧ определяется как разность частот, в пределах которой коэффициент усиления понижается не более уровня 0,707 от коэффициента усиления на резонансной частоте:**

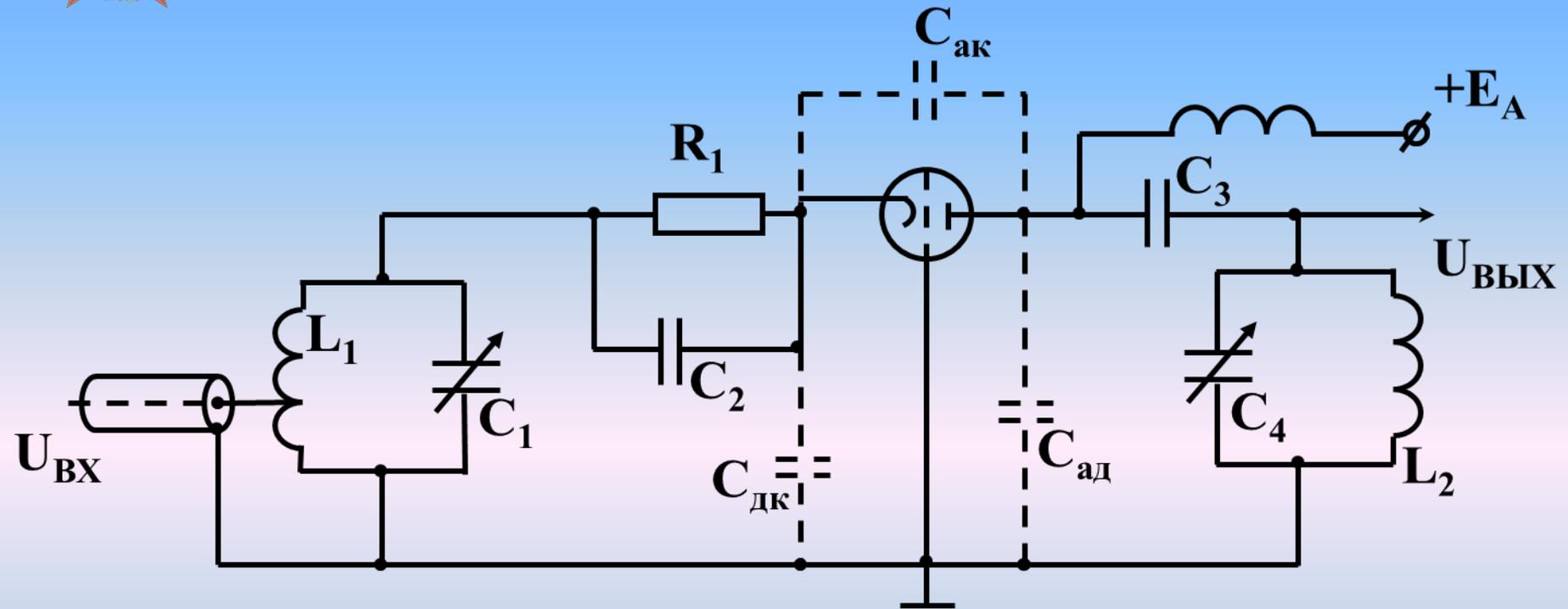
**$Q_{\text{э}}$**  – эквивалентная добротность;

**$R_{\text{э}}$**  – резонансное сопротивление контура;

**$C_{\text{э}}$**  – эквивалентная емкость контура.

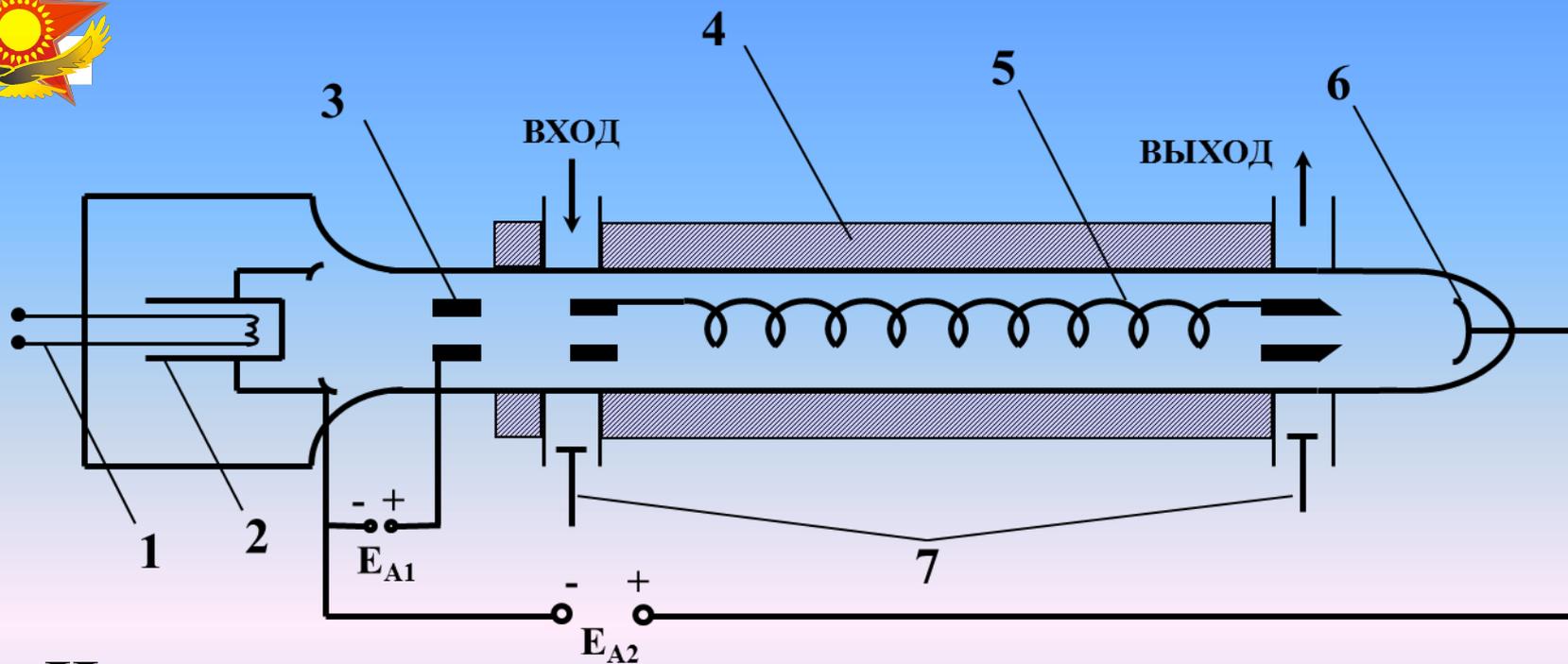






## УВЧ НА ТРИОДЕ С ОБЩЕЙ СЕТКОЙ



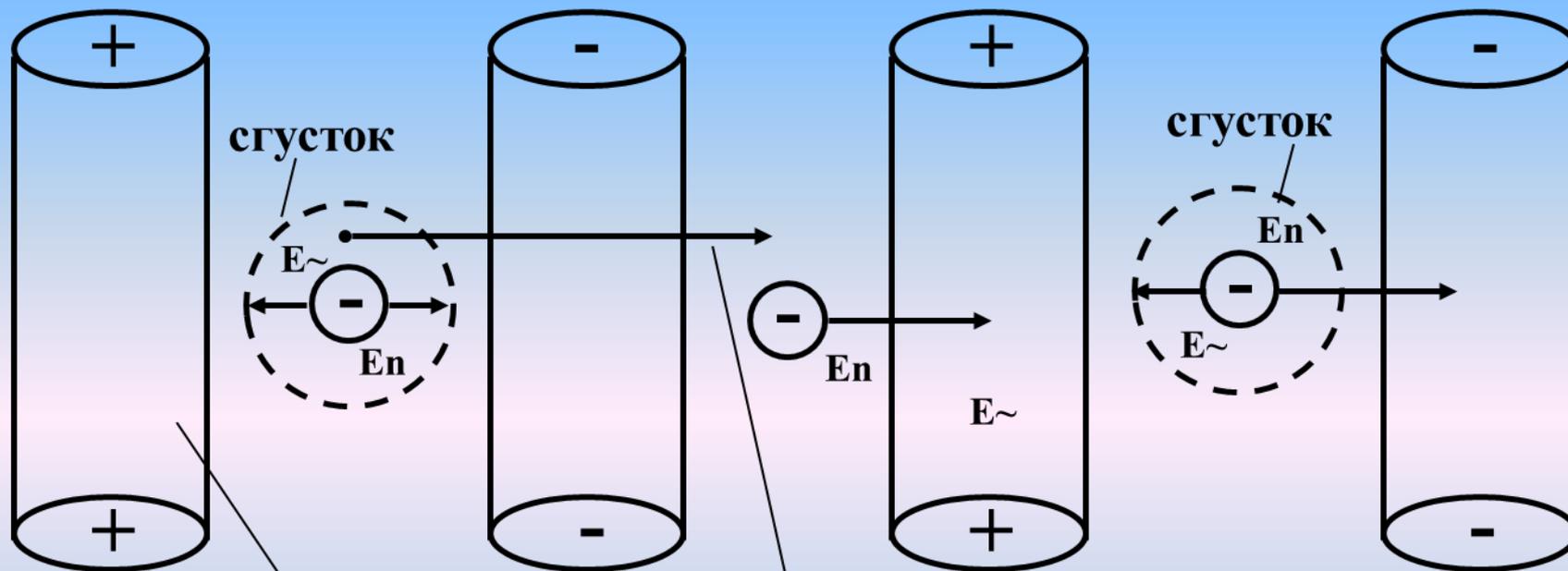


1. Нить накала
2. Катод
3. Анод
4. Фокусирующая система
5. Проволочная спираль
6. Коллектор
7. Входное и выходное устройство



ускоряющее поле СВЧ

замедляющее поле СВЧ



виток спирали

$E$  поля

катод - коллектор

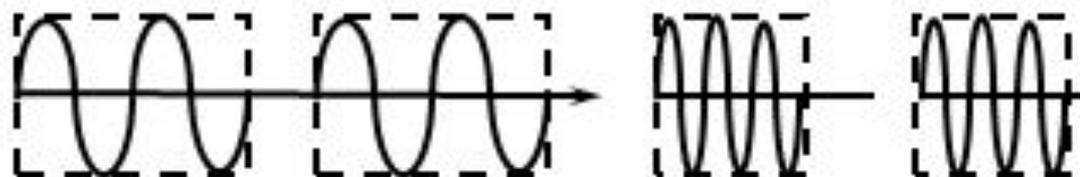
# ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛБВ



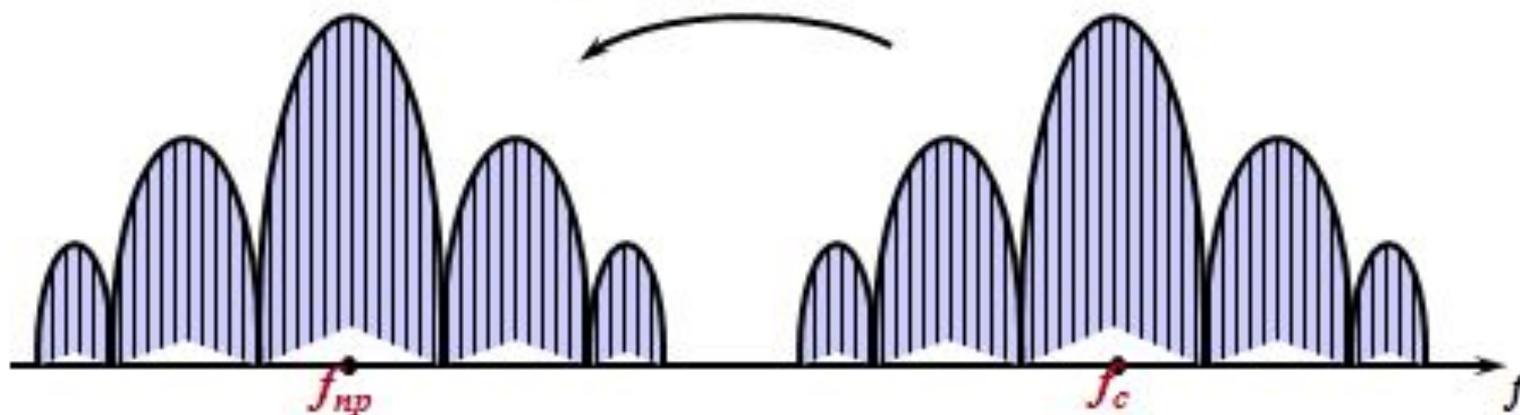
## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

### ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ.

Преобразователем частоты называется устройство, в котором несущая частота принятого сигнала ( $f_c$ ) преобразуется в промежуточную ( $f_{np}$ ) без изменения закона модуляции.



преобразование





# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ



1. Коэффициент преобразования (коэффициент передачи или коэффициент усиления):

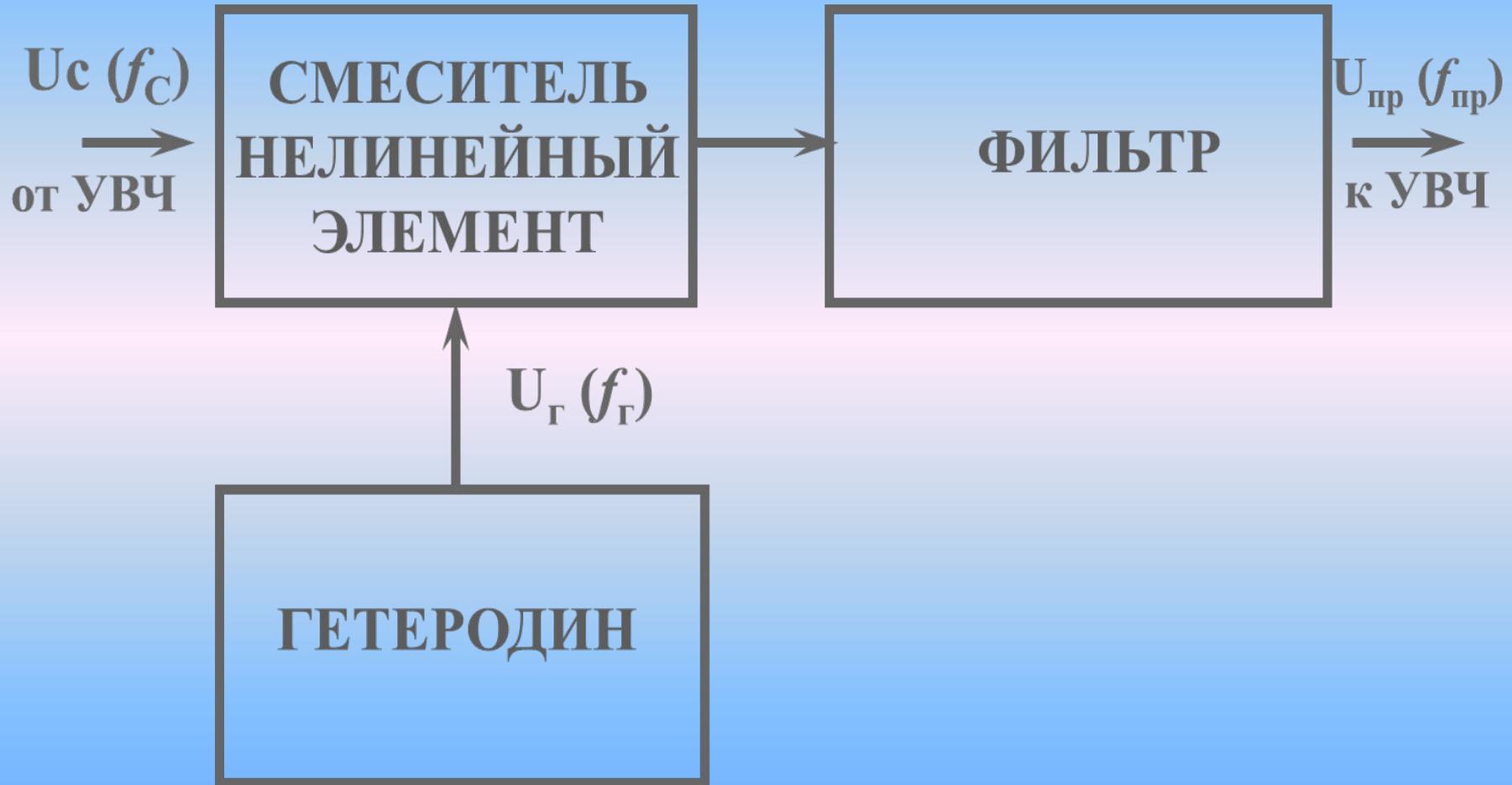
$$K_{np} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{U_{т.пр}(F_{пр})}{U_{т.с}(f_c)}$$

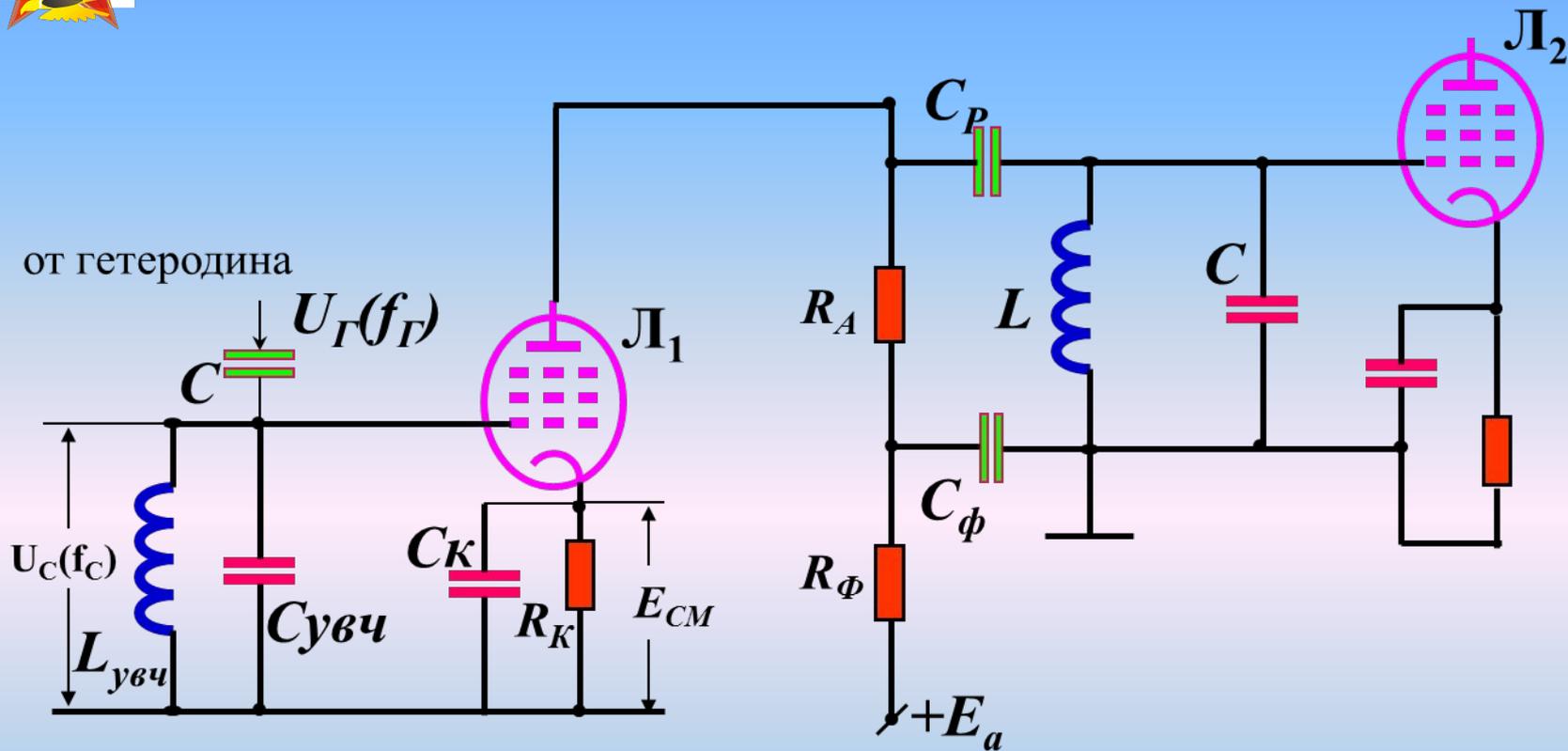
2. Устойчивость работы ПРЧ





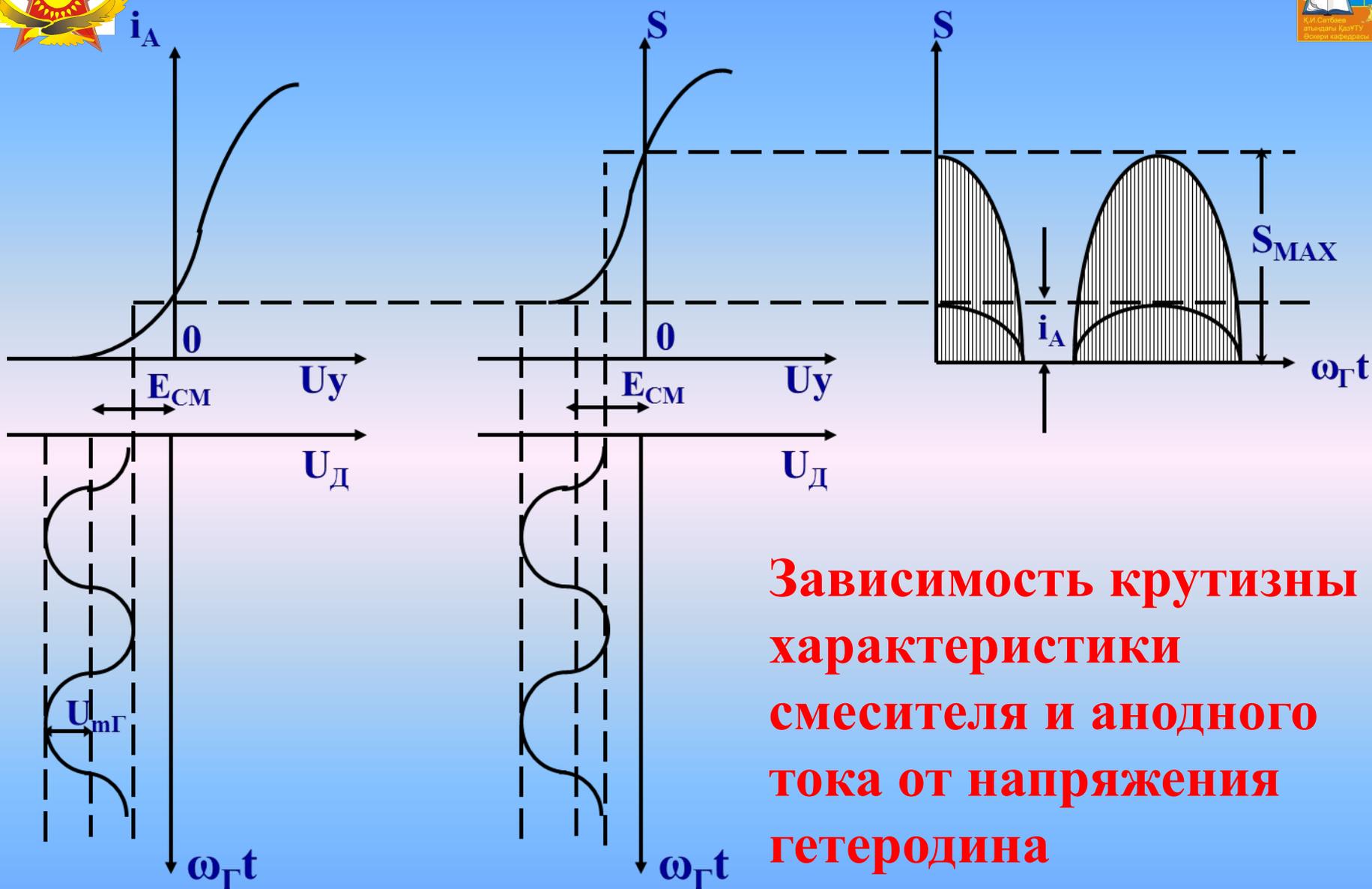
# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ





# ОДНОСЕТОЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ



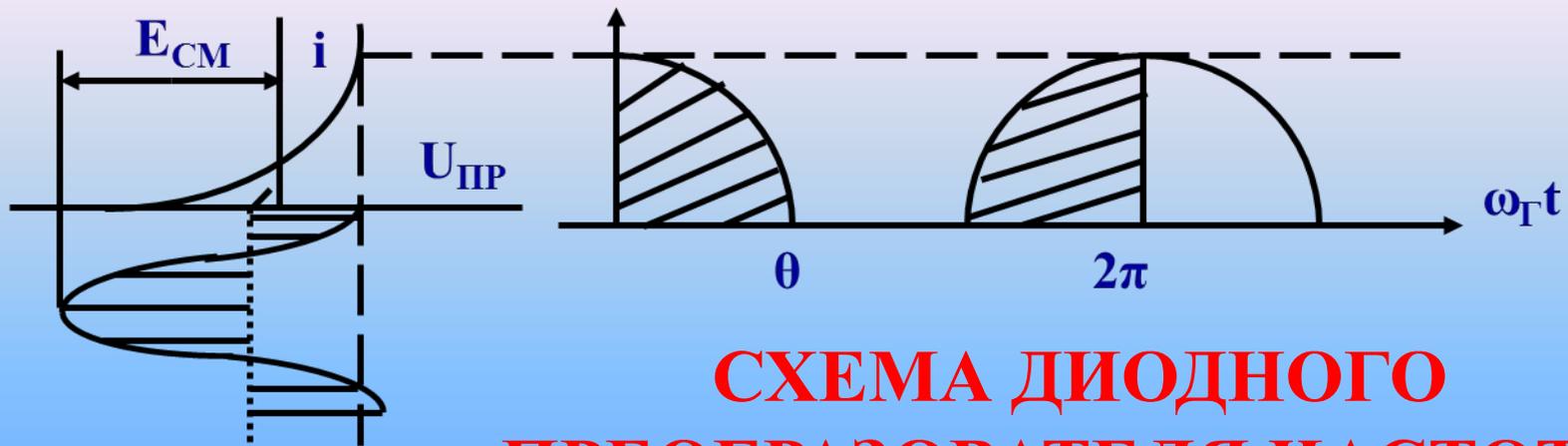
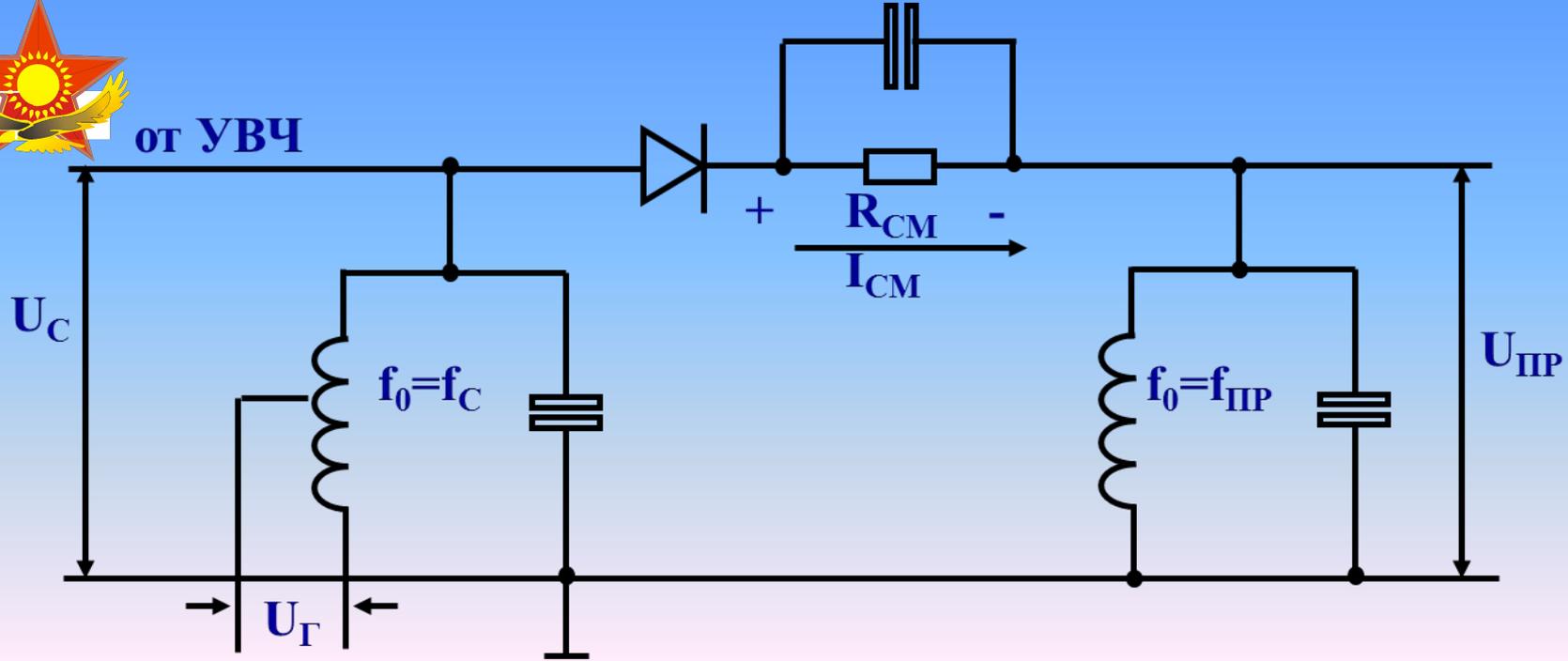


**Зависимость крутизны  
характеристики  
смесителя и анодного  
тока от напряжения  
гетеродина**





от УВЧ



# СХЕМА ДИОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ





# УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

УПЧ находятся после преобразователя частоты и осуществляют основное усиление приемника

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

- ПРОМЕЖУТОЧНАЯ ЧАСТОТА** выбирается в зависимости от диапазона приемника и его назначения. Лежит в пределах 5 – 90 мГц.
- КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ** равен отношению комплексной амплитуды напряжения на выходе  $U_{вых}$  к комплексной амплитуде напряжения на входе  $U_{вх}$ .

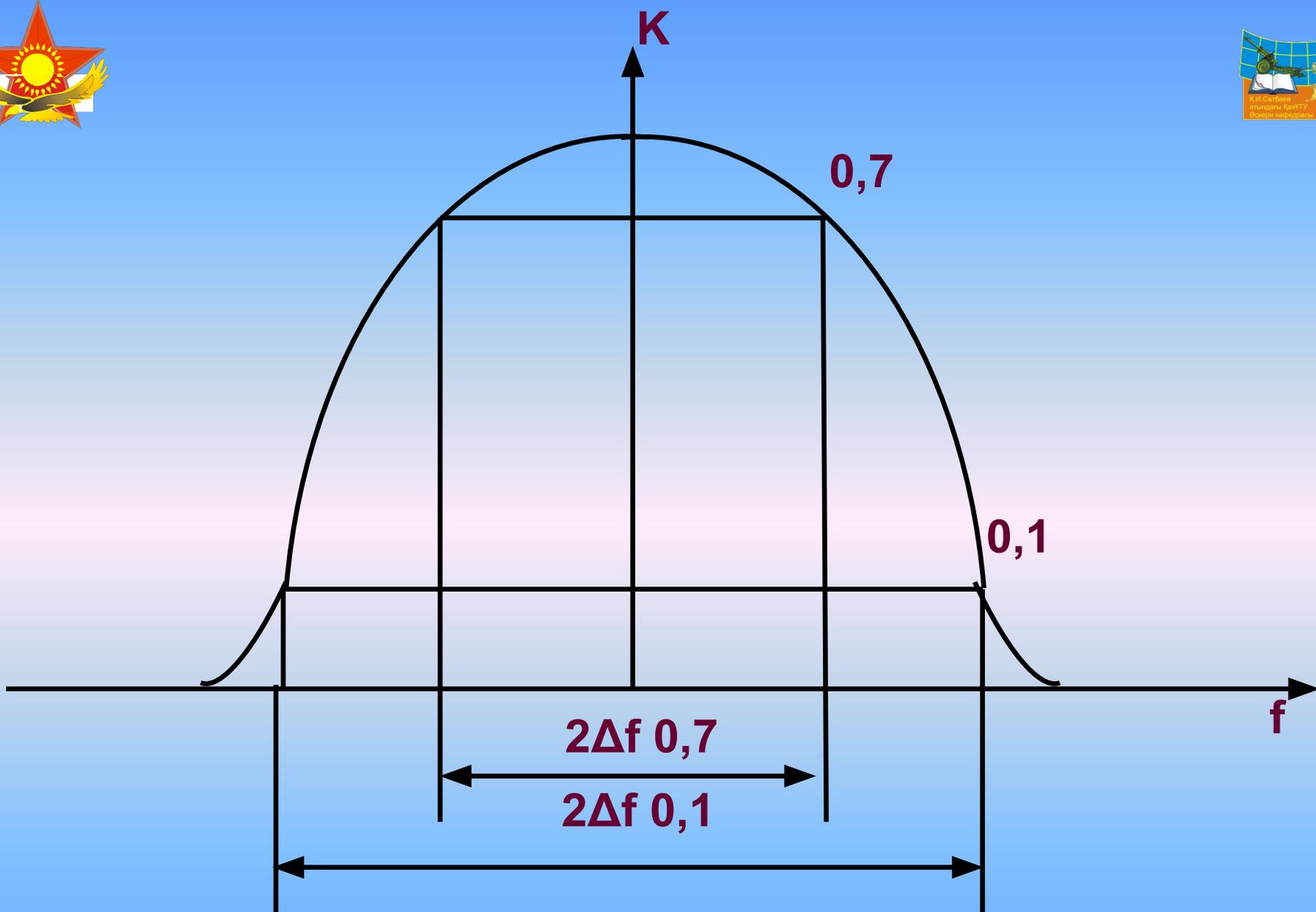


**3. ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ УПЧ** определяет полосу пропускания всего приемника и выбирается в зависимости от назначения его и диапазона принимаемых частот.

$$2\Delta f = 1 \dots 1,2 / \tau_{\text{ш}} \cong 2 \Delta f_{\text{опт}}$$

**4. ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ УПЧ** определяет избирательность всего приемника и оценивается коэффициентом прямоугольности.





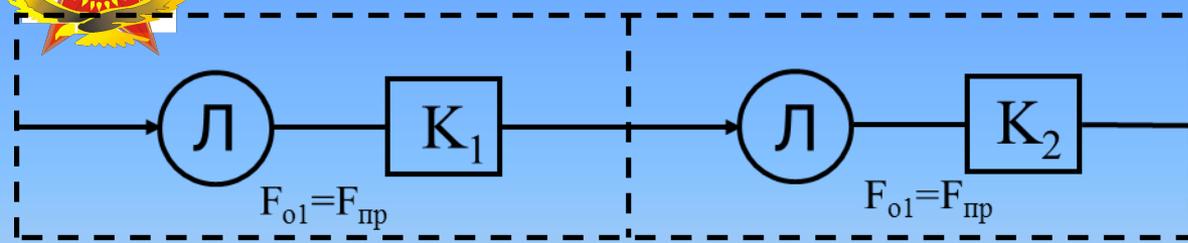
# РЕЗОНАНСНАЯ КРИВАЯ УПЧ ПРИЁМНИКА



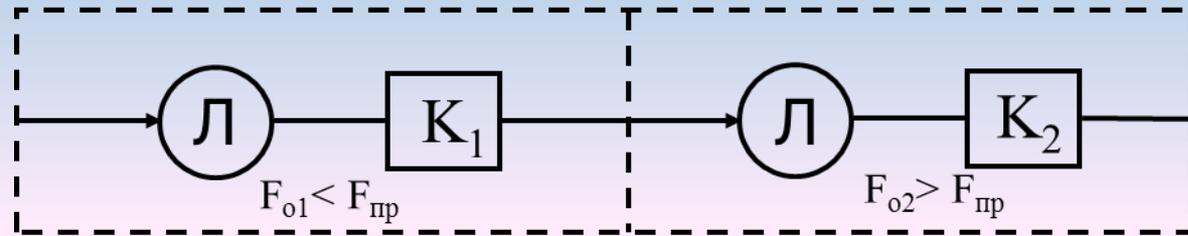
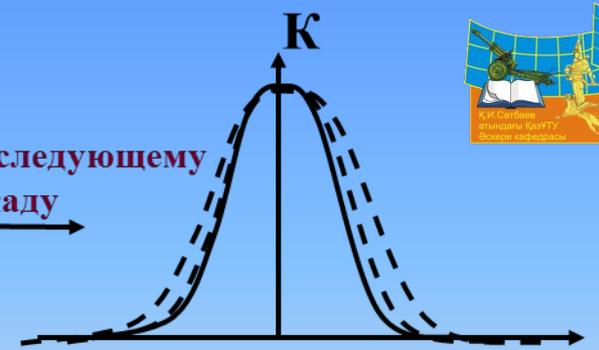
**5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СХЕМЫ УПЧ** – это произведение резонансного коэффициента усиления одного каскада  $K_{01}$  на полосу пропускания  $2\Delta f$  всего многокаскадного усилителя.

$$\mathcal{E} = K_{01} \cdot 2 \Delta f$$

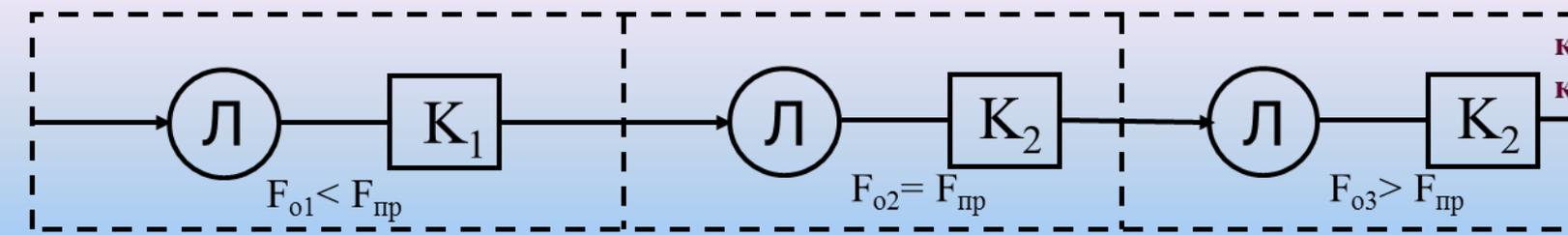
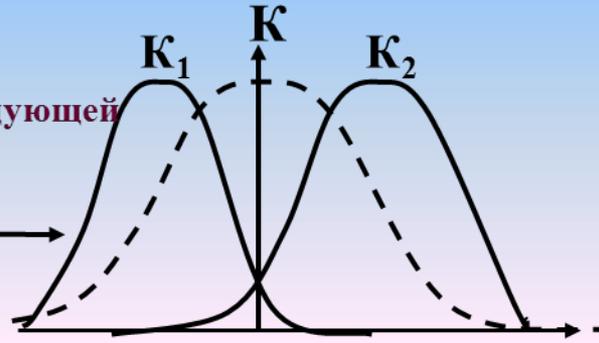
**6. УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ.** УПЧ не должен самовозбуждаться



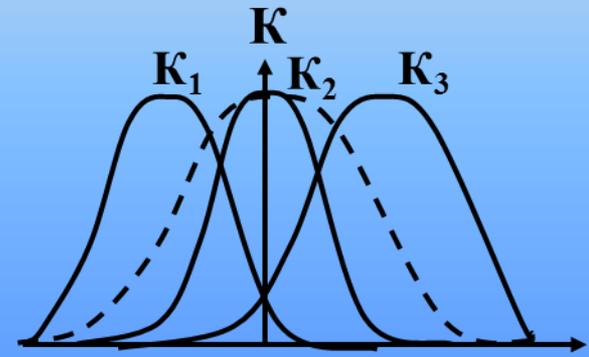
к последующему каскаду



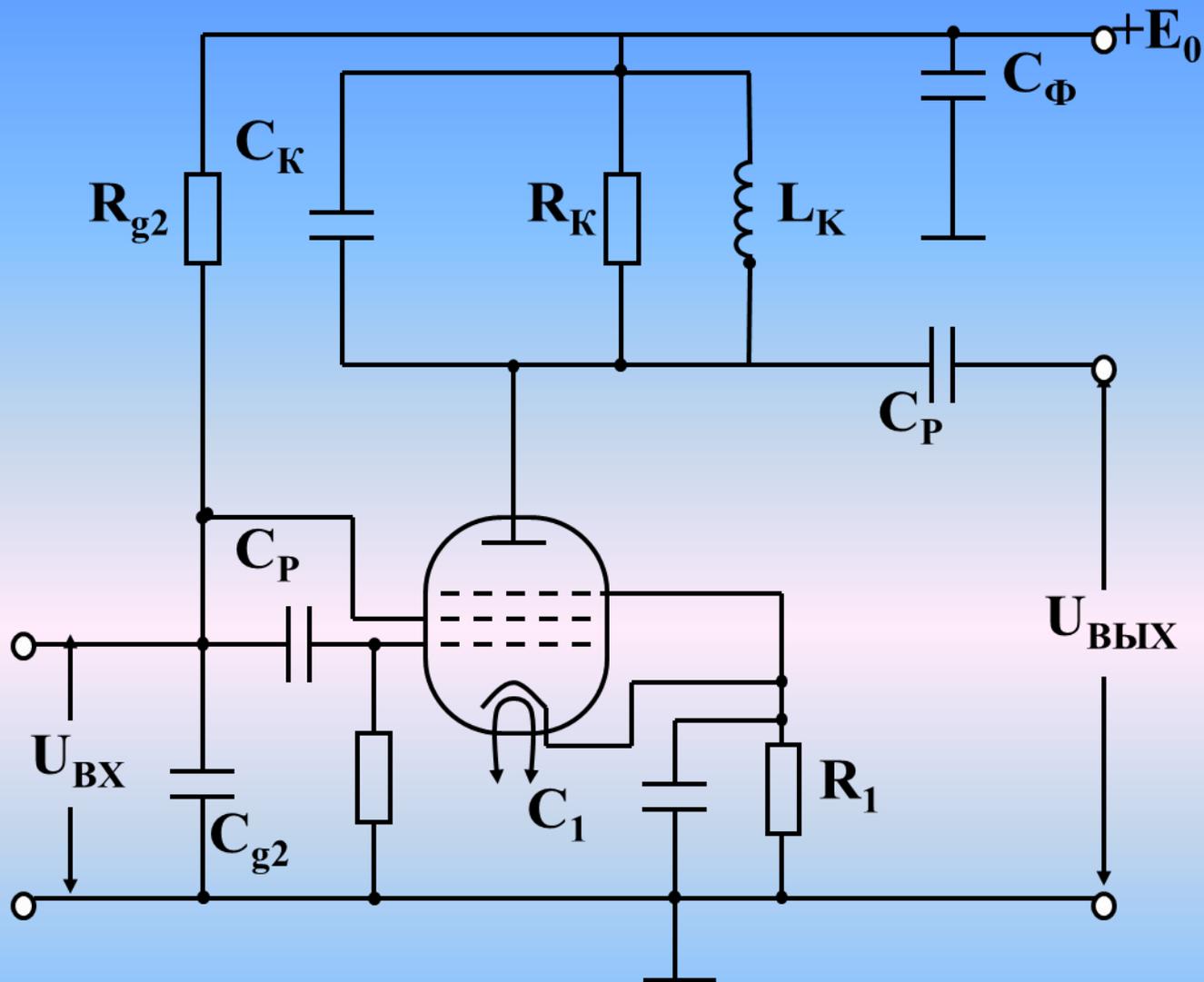
к следующей паре



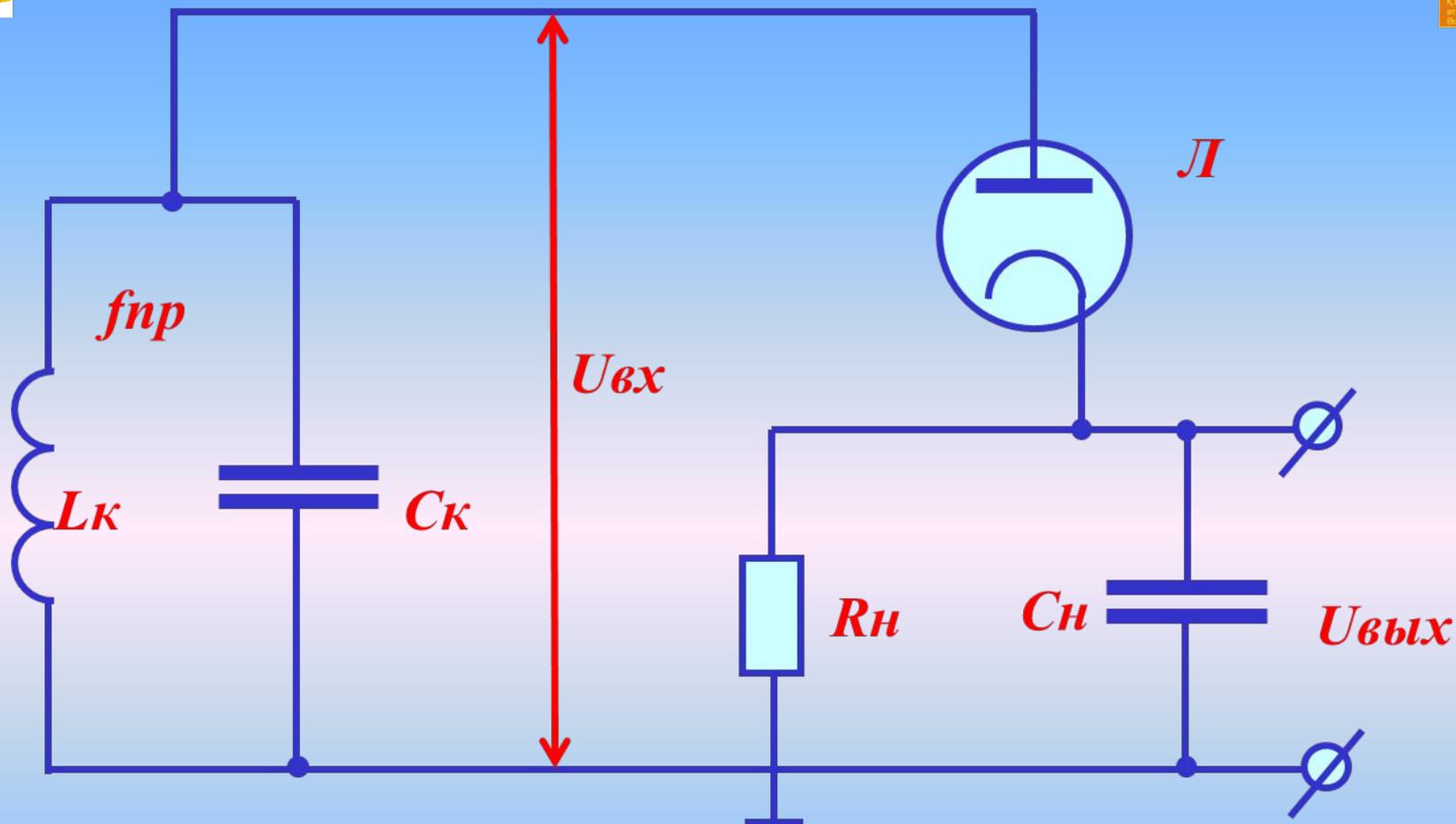
к последующему каскаду



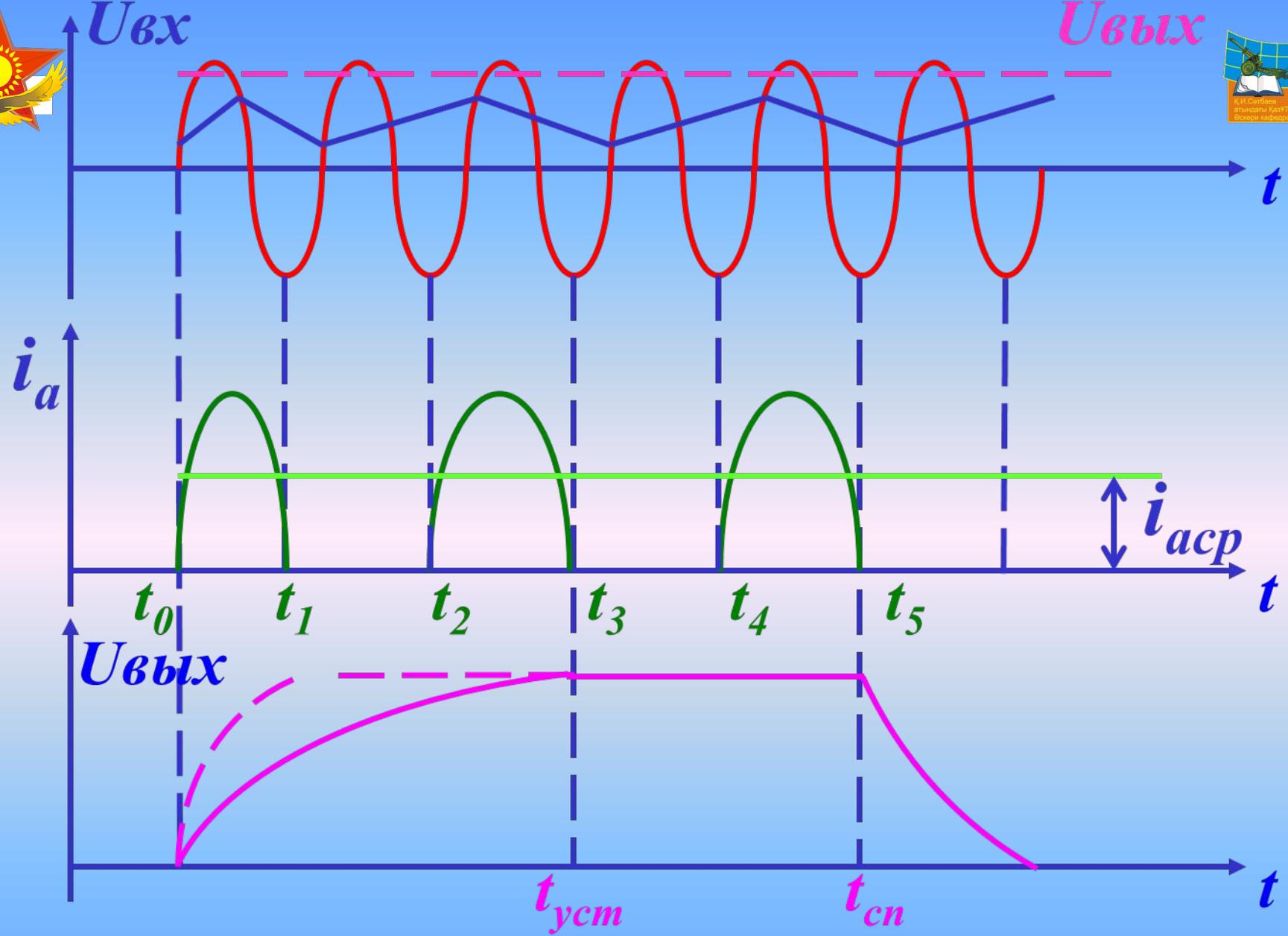
# Классификация УПЧ



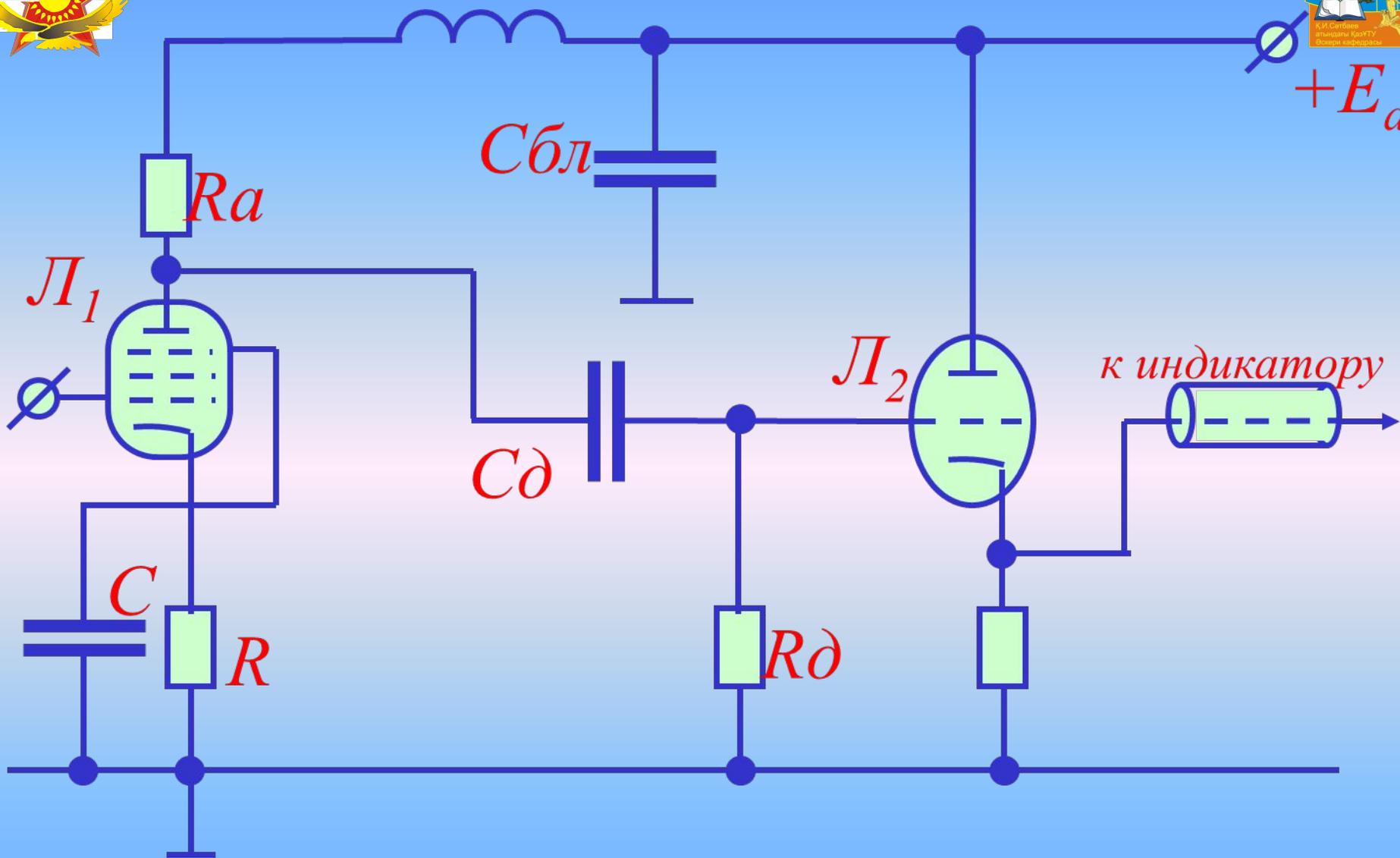
# РЕЗОНАНСНЫЙ КАСКАД С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ НАГРУЗКИ



# СХЕМА АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА

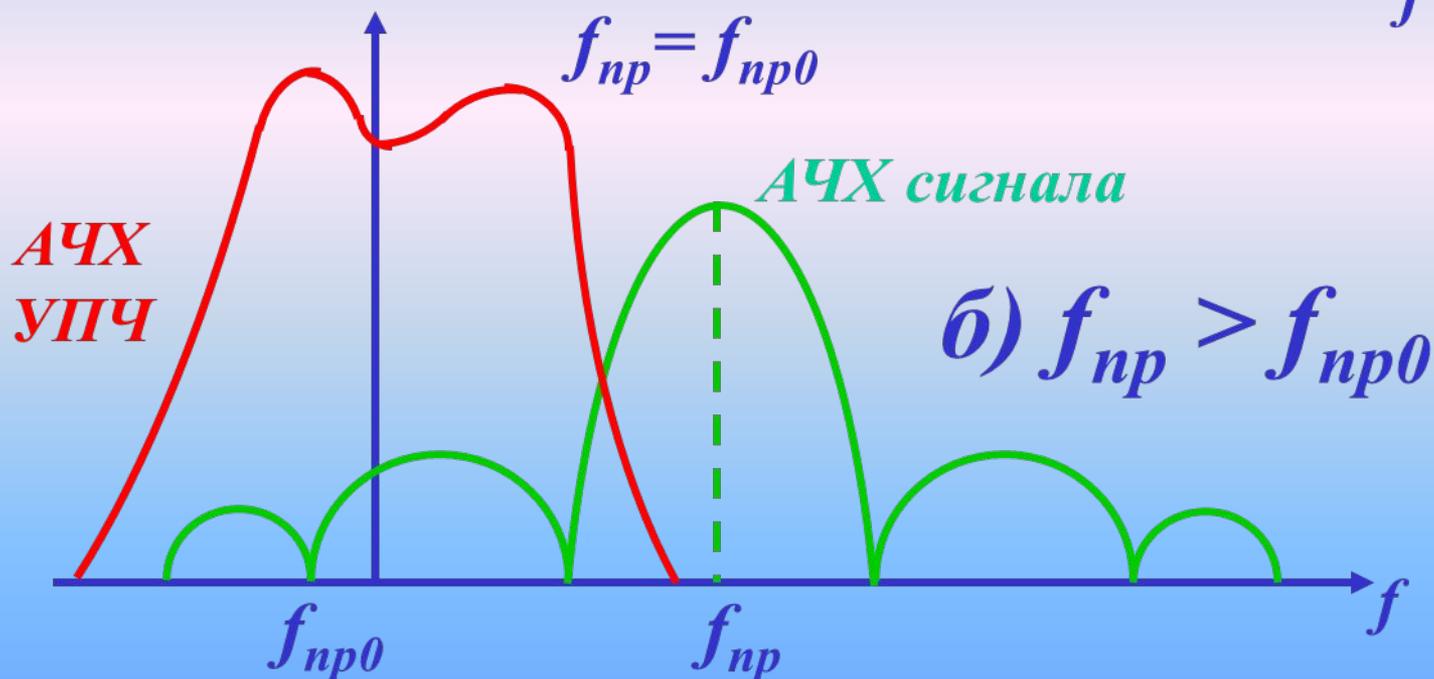
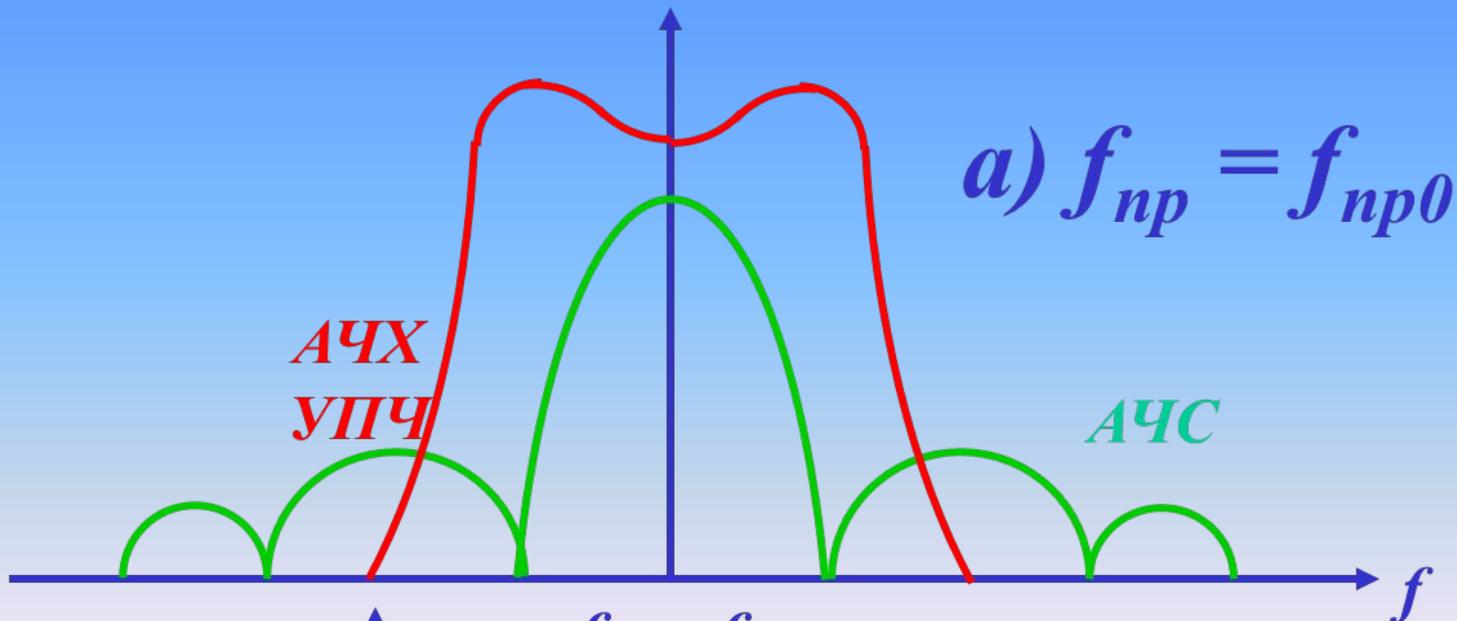


**ЭЩЮРЫ НАПРЯЖЕНИЯ, ПОЯСНЯЮЩИЕ ПРИНЦИП РАБОТЫ АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА** 49



# ДВУХКАСКАДНАЯ СХЕМА ВЫХОДНОГО УСТРОЙСТВА ПРИЕМНИКА

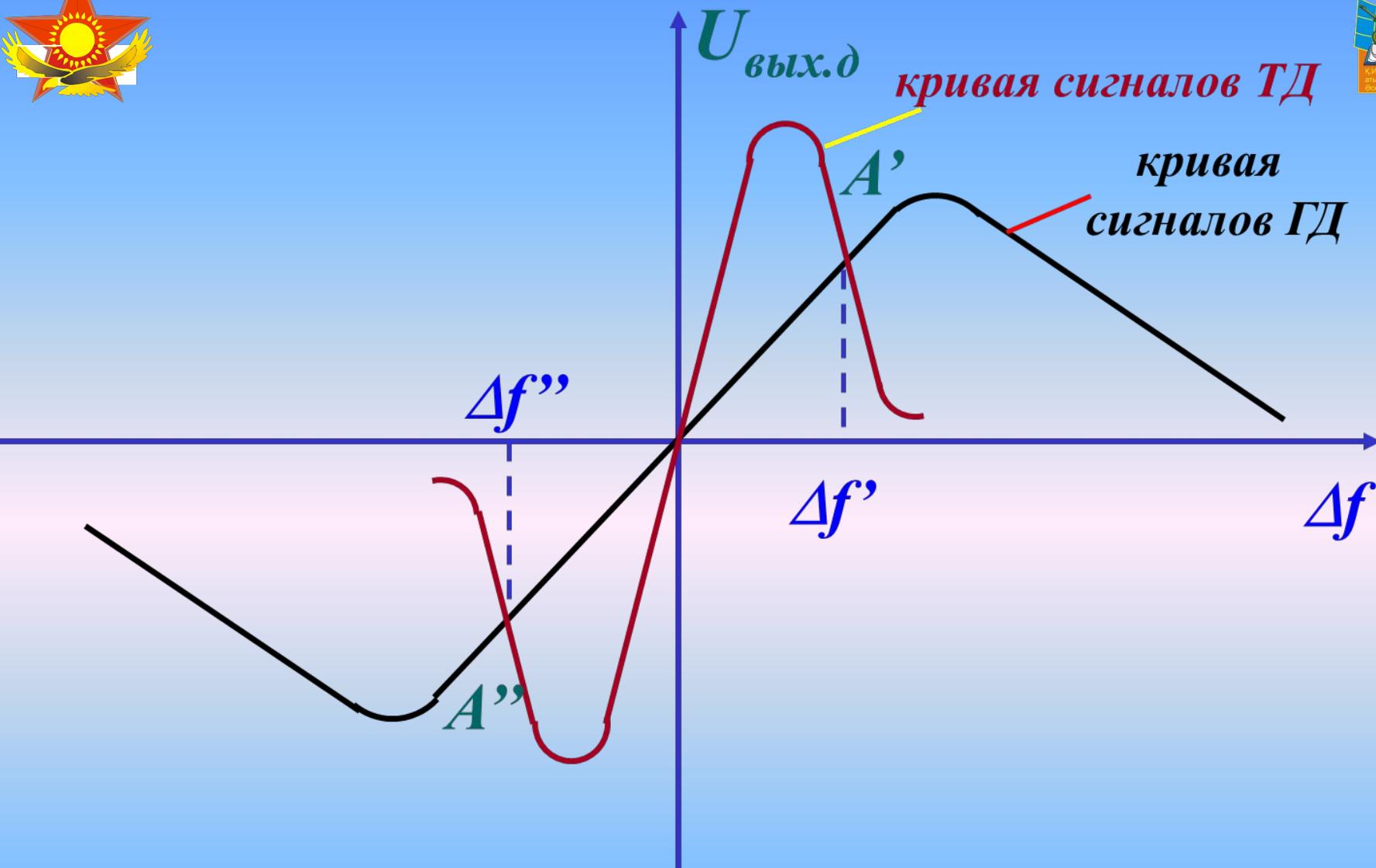
- **ЗАНЯТИЕ 3**





# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ДВУХКАНАЛЬНОЙ АПЧ





# АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ АПЧ



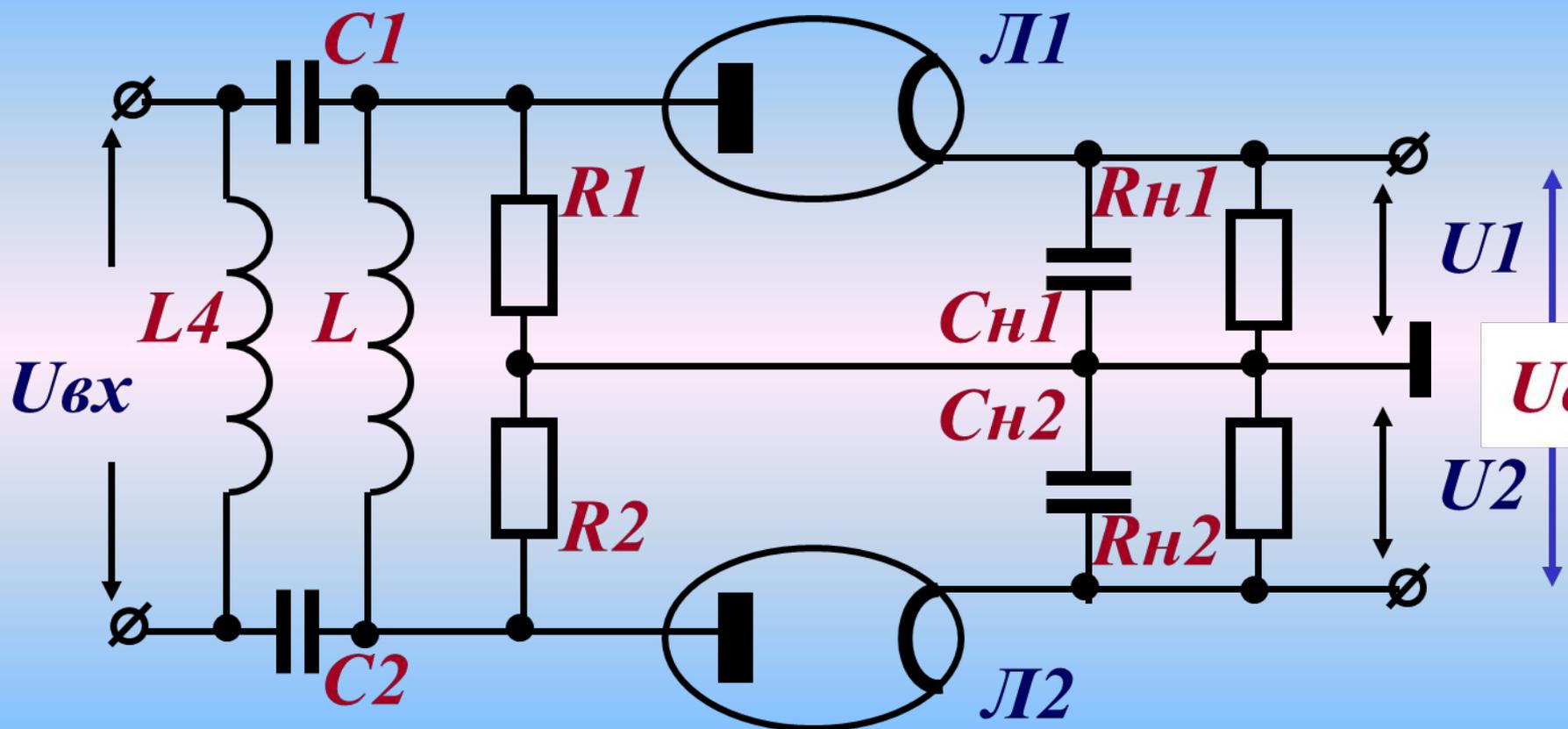
**1. ПОЛОСА СХВАТЫВАНИЯ** – это область максимальных начальных расстройек частоты, в пределах которых система АПЧ при ее включении способна выполнять свои функции.

**2. БЫСТРОДЕЙСТВИЕ** – максимальная скорость изменения частоты гетеродина или передатчика под воздействием управляющего сигнала.

**3. ТОЧНОСТЬ ПОДСТРОЙКИ** – характеризуется величиной остаточной ошибки.



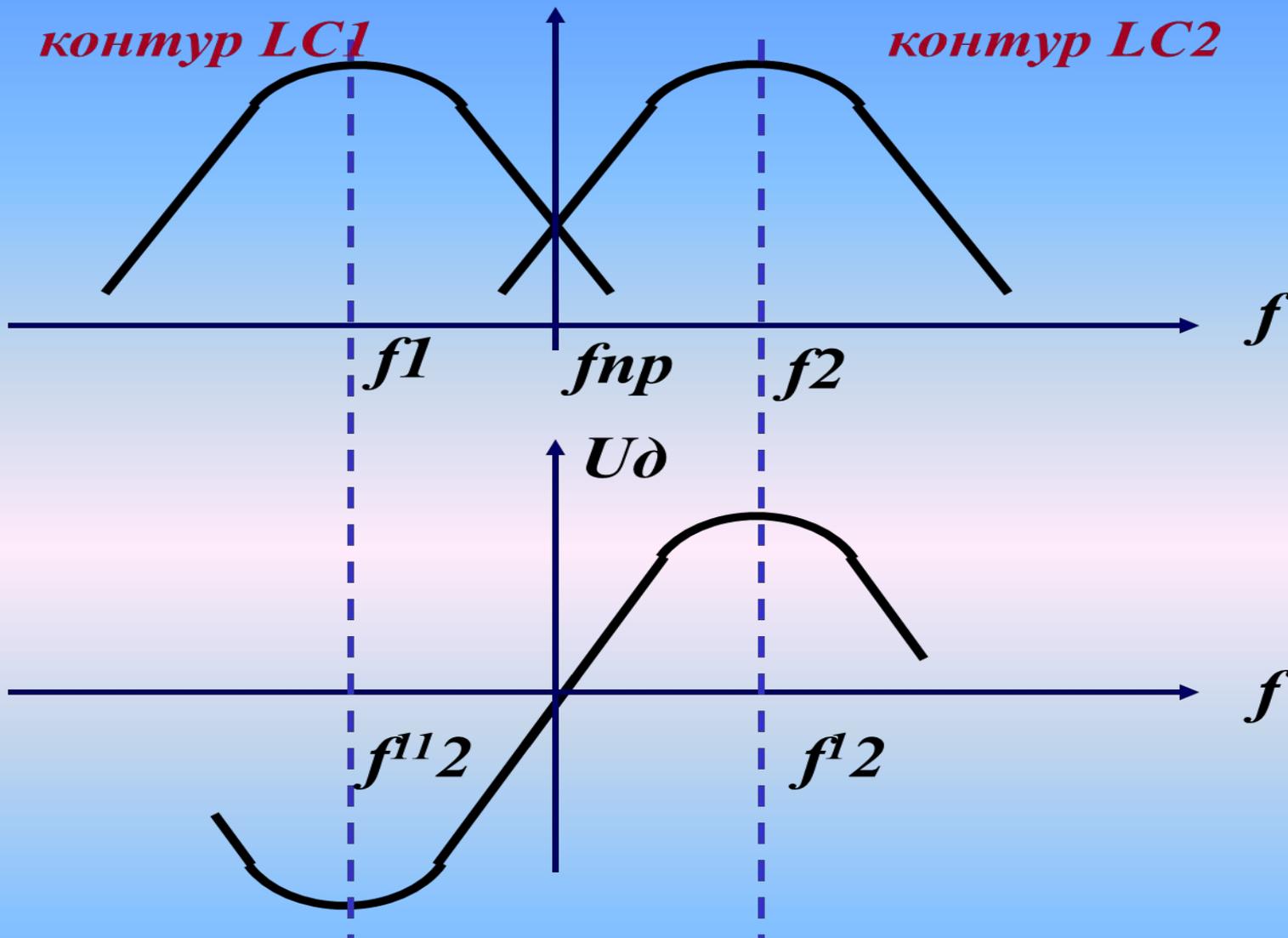
# ЧАСТОТНЫЙ ДИСКРИМИНАТОР С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ РЕЗОНАНСОМ





$U_{mRn}$   
контур LC1

$U_{mRn}$   
контур LC2

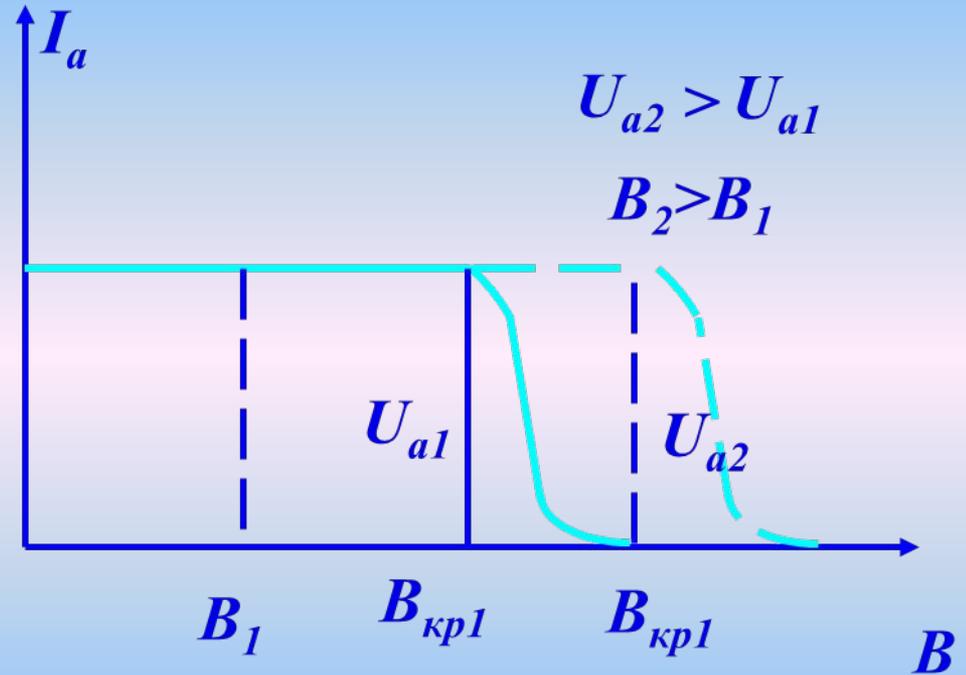
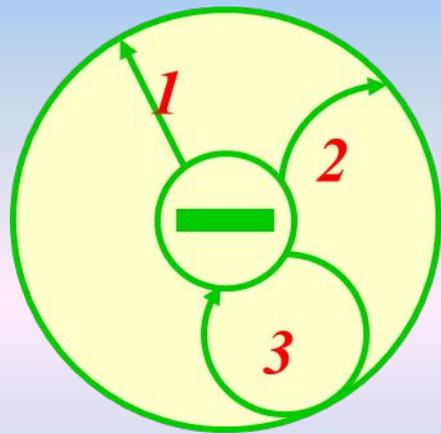


# ЭШЮРЫ НАПРЯЖЕНИЙ ДИСКРИМИНАТОРА



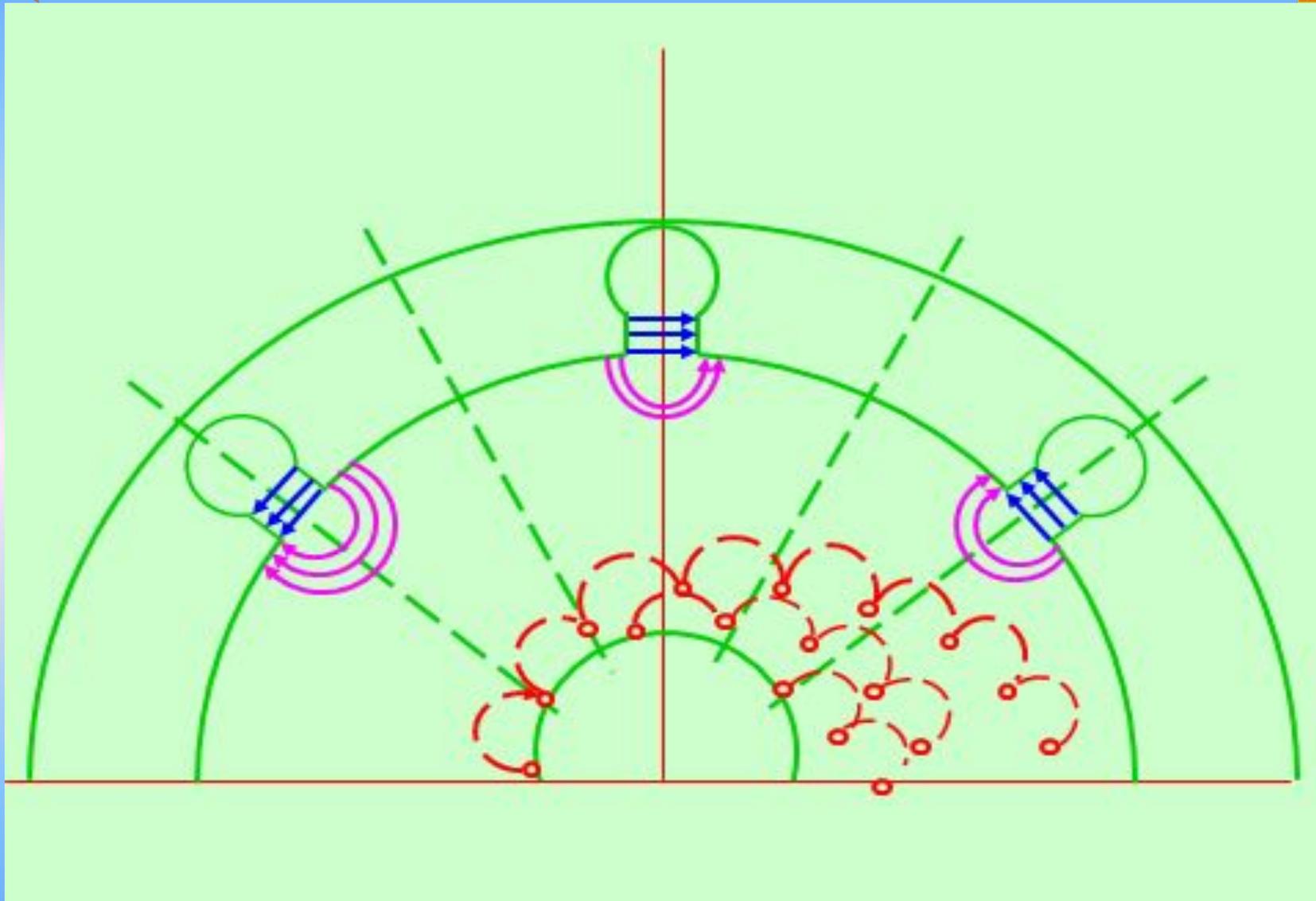






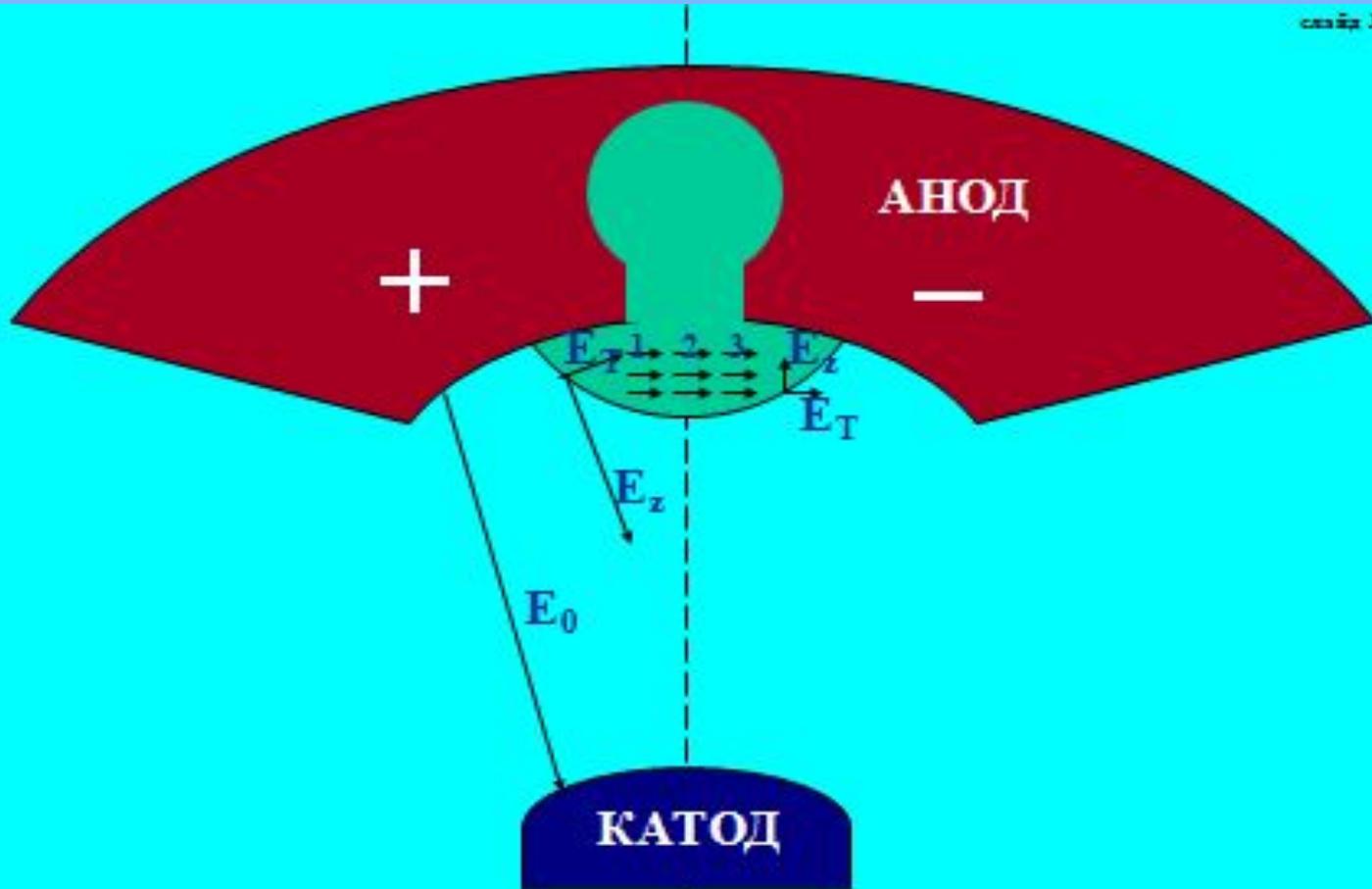
# ТРАЕКТОРИЯ ПОЛЕТА ЭЛЕКТРОНОВ И ЗАВИСИМОСТЬ АНОДНОГО ТОКА ОТ ВЕЛИЧИНЫ ИНДУКЦИИ





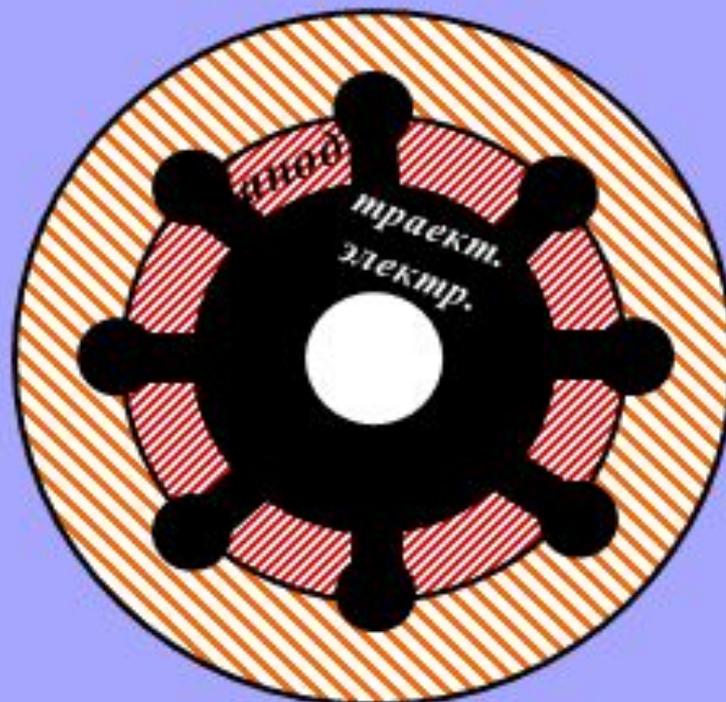


слайд № 43



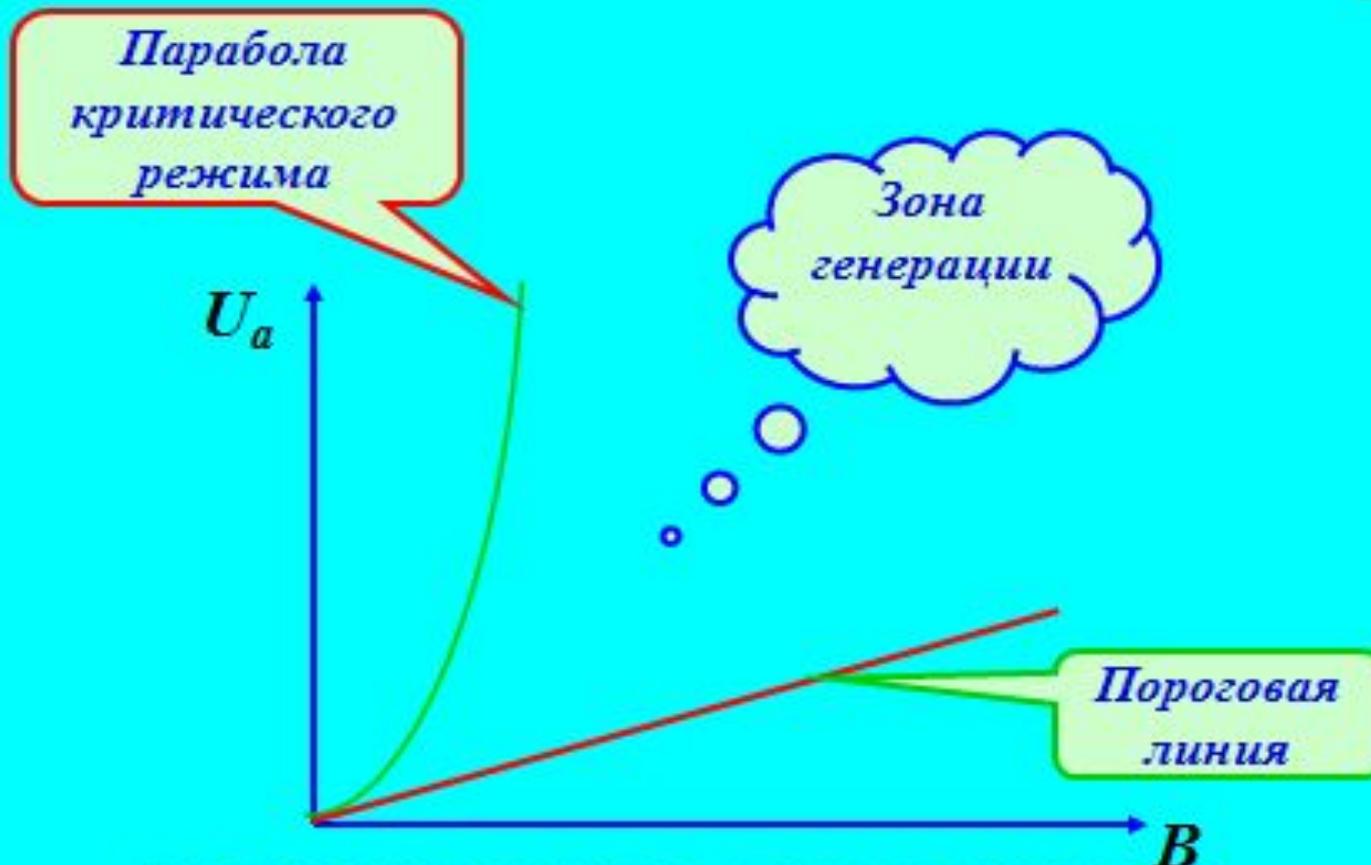
## ФОКУСИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОЛЯ СВЧ





## ФОРМА ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛАКА В МАГНЕТРОНЕ





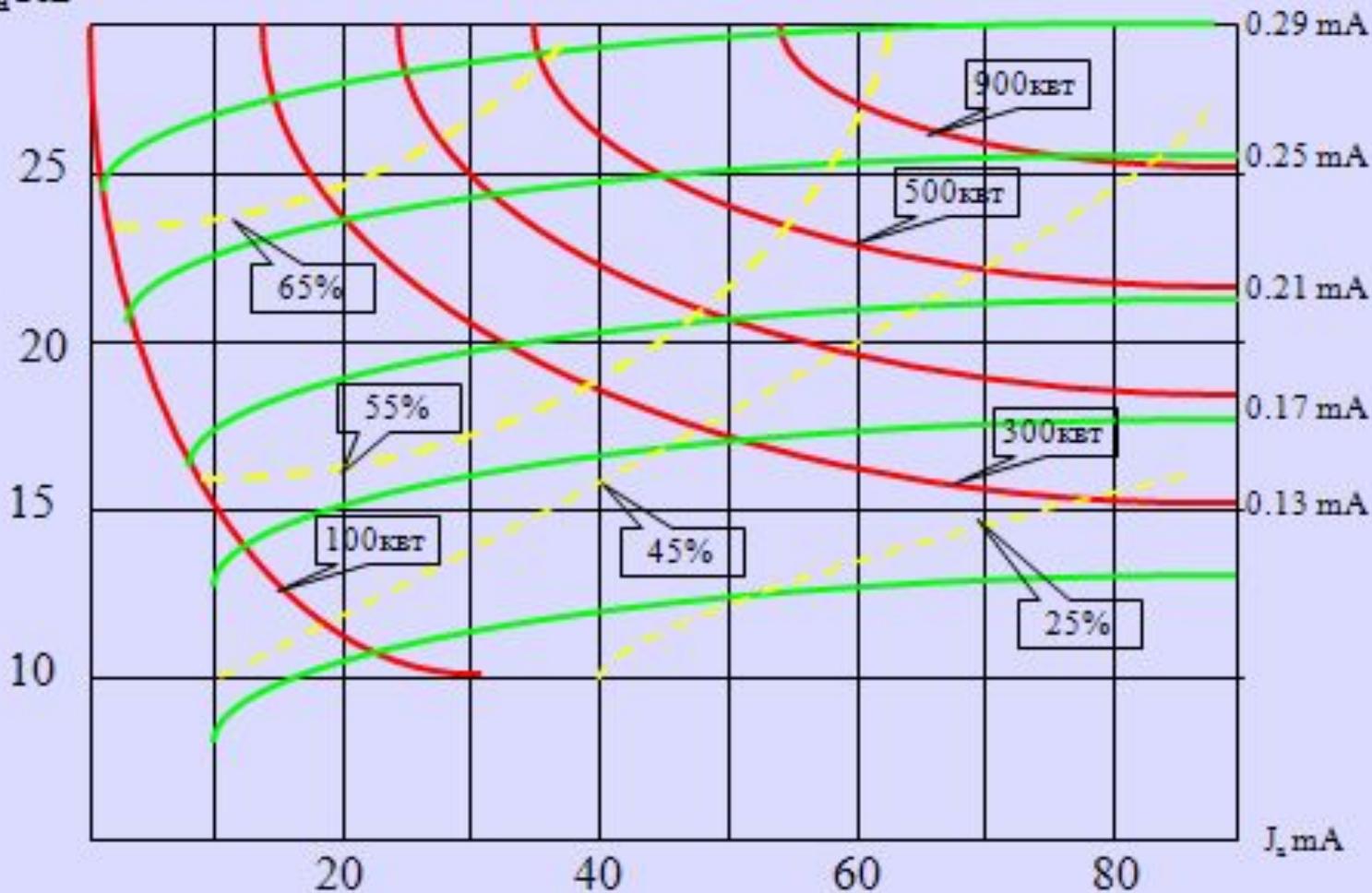
# ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВОГО НАПРЯЖЕНИЯ ОТ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ





# РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНЕТРОНА

$U_a$  кВ



слайд № 51





**Тема 4.**

# **ТРАКТ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ**

**Занятие 7. ИМПУЛЬСНЫЕ МОДУЛЯТОРЫ**

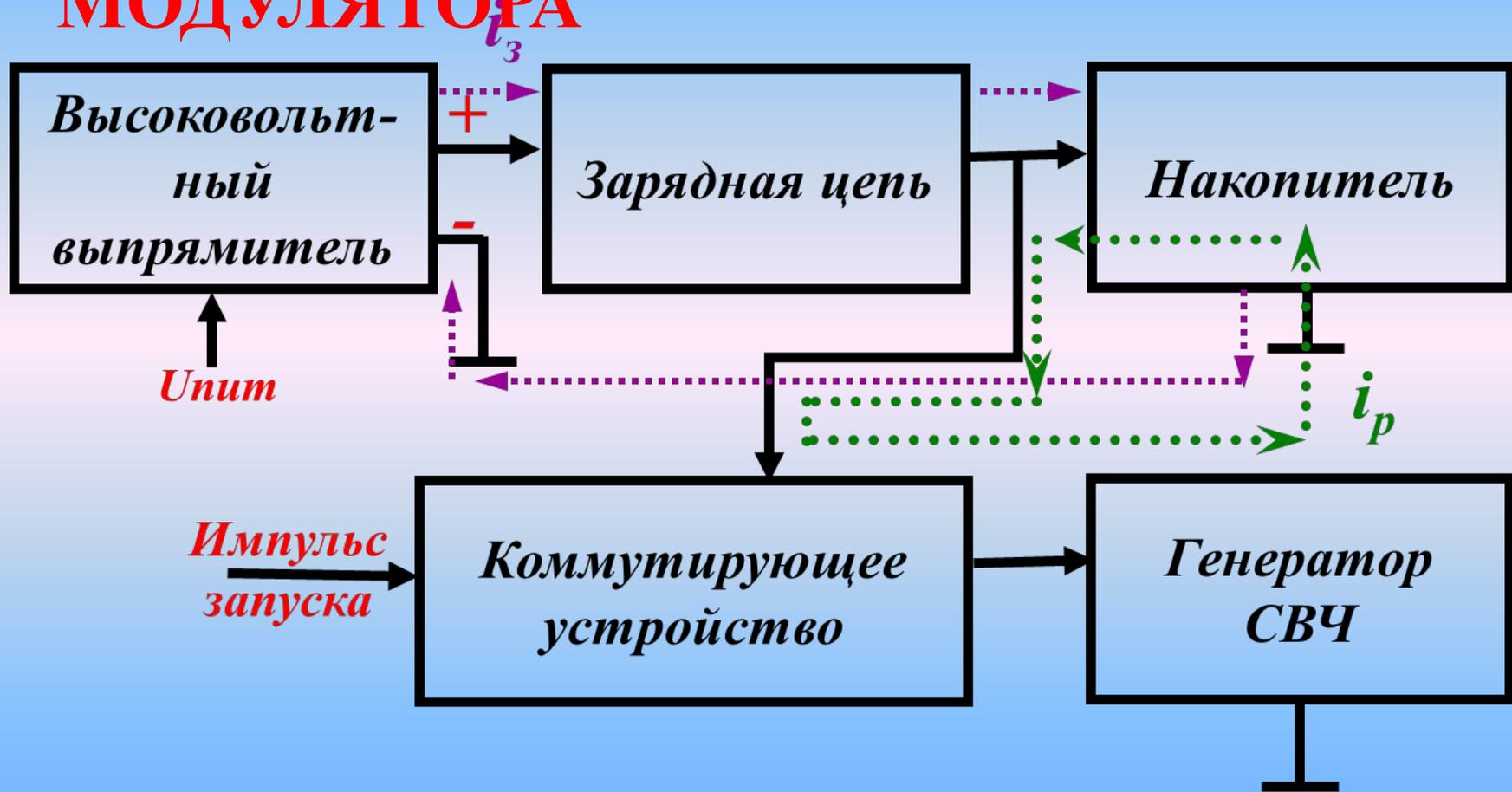
## **Вопросы занятия**

- 1. Назначение и принцип построения импульсных модуляторов.**
- 2. Способы заряда и разряда накопителя.**
- 3. Принципиальная схема импульсного модулятора.**
- 4. Конструктивное исполнение радиопередающего устройства.**



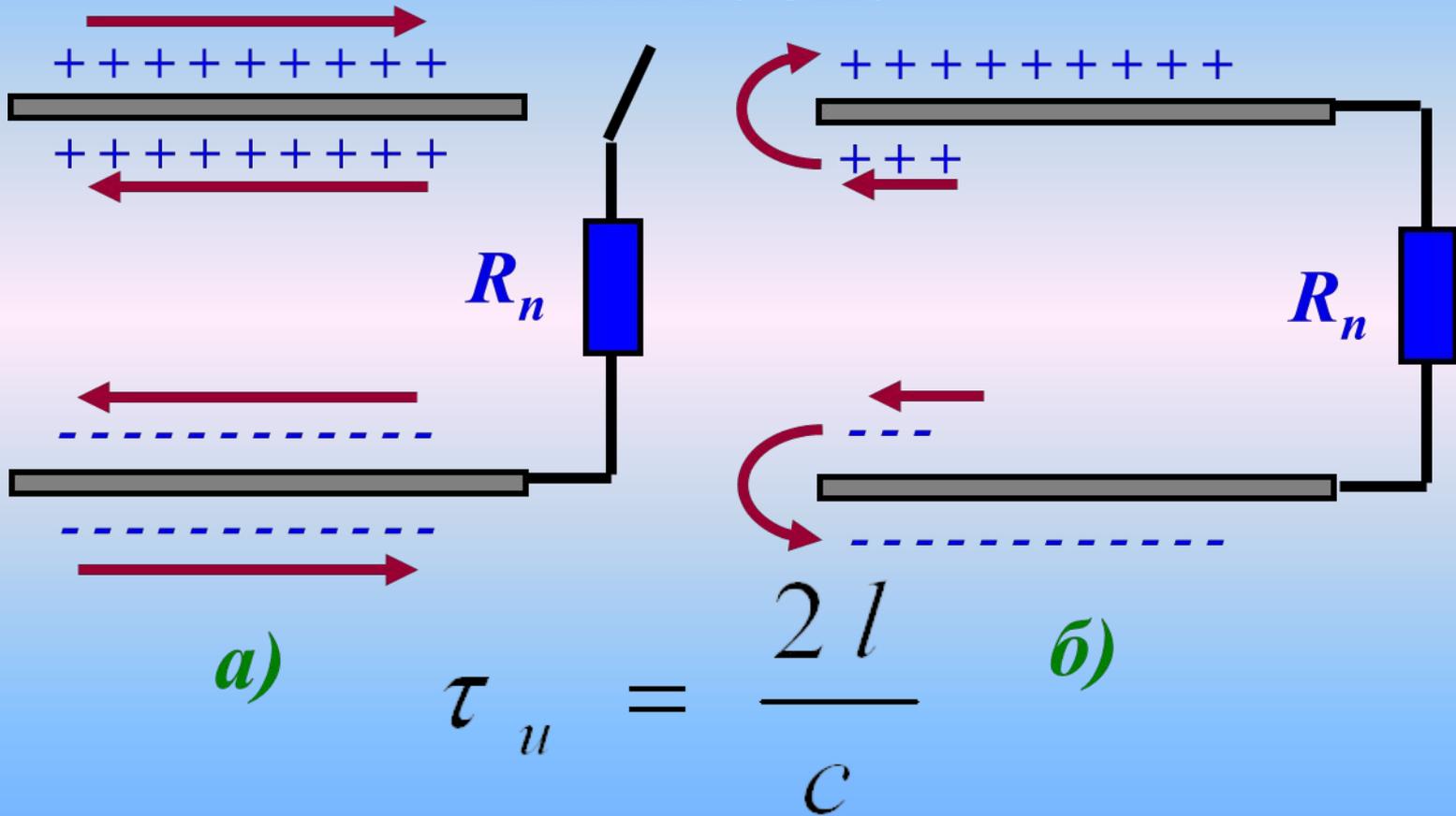


# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МОДУЛЯТОРА



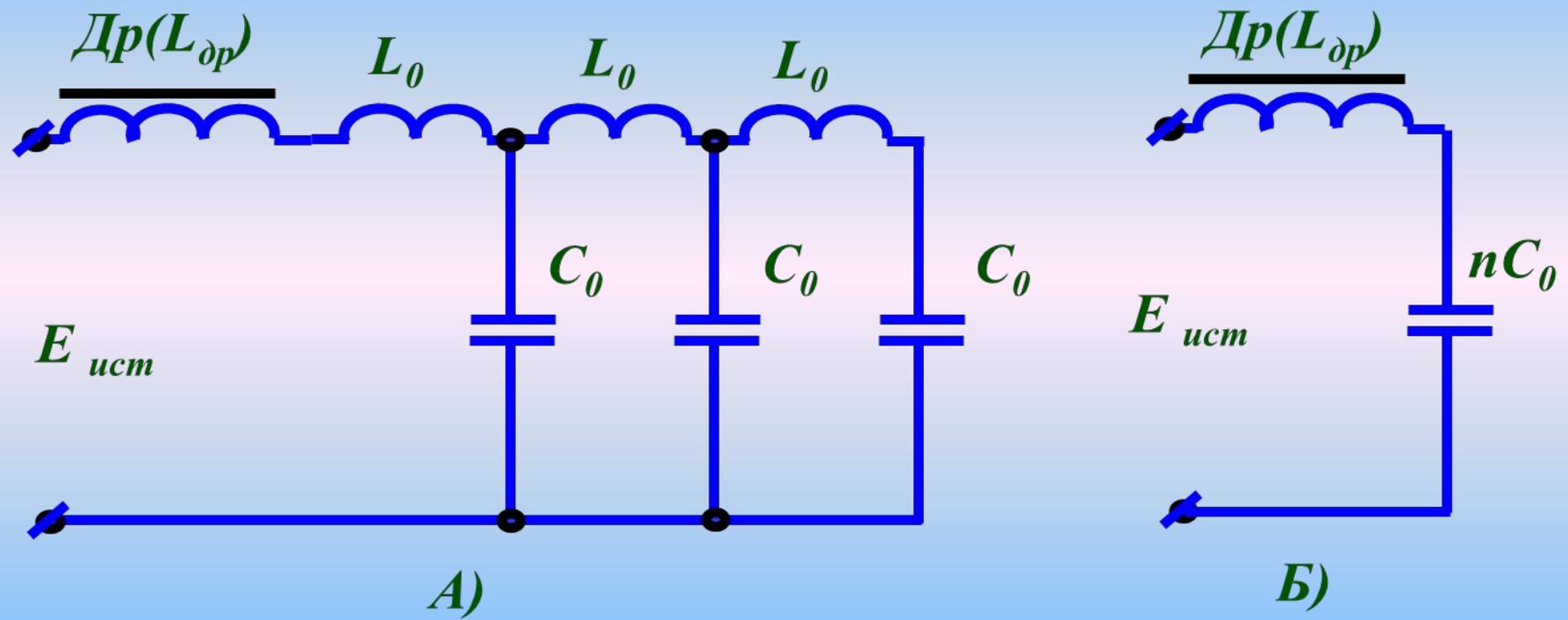


# ПРОЦЕССЫ ЗАРЯДА И РАЗРЯДА ДЛИННОЙ ЛИНИИ НА СОГЛАСОВАННУЮ НАГРУЗКУ



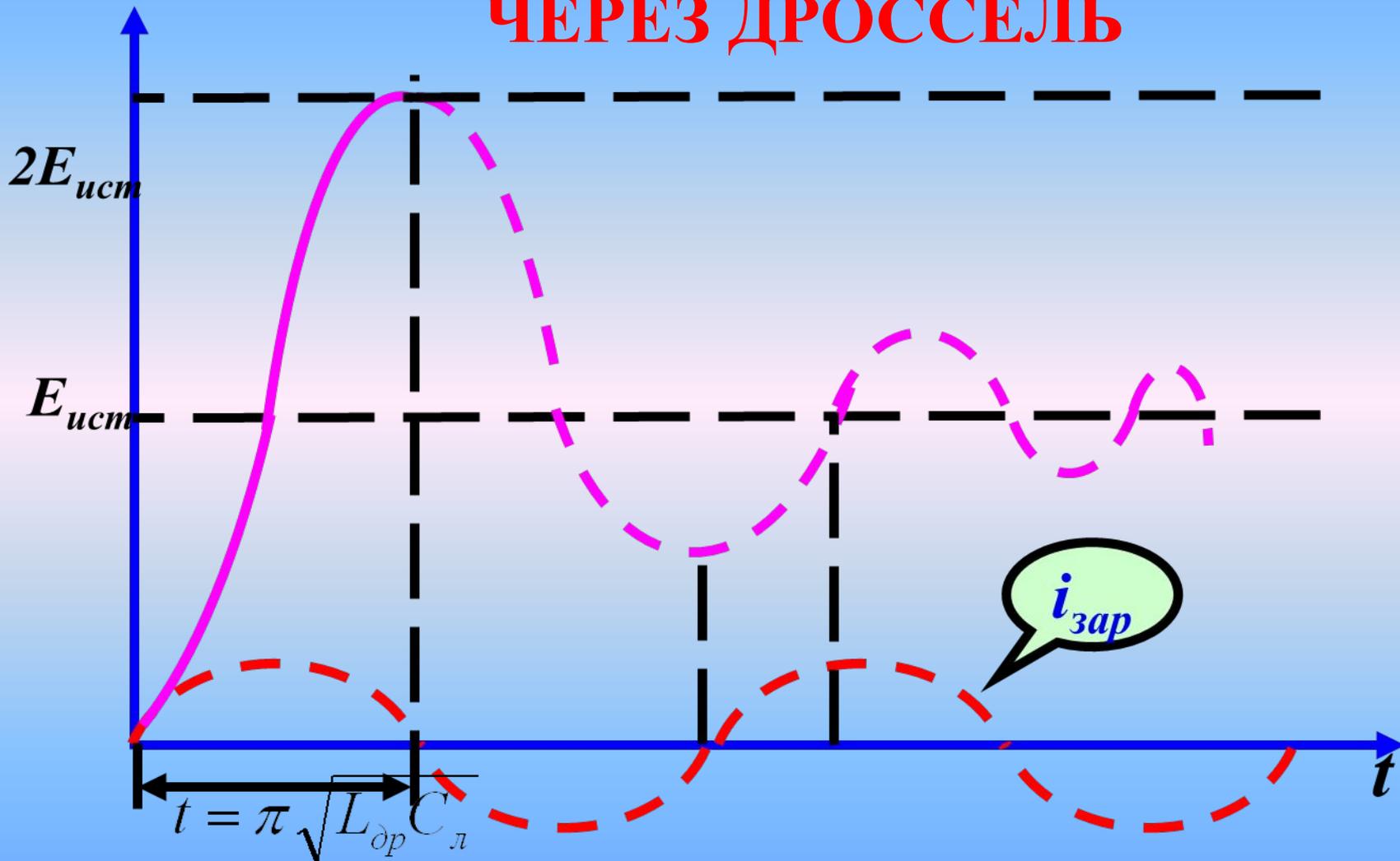


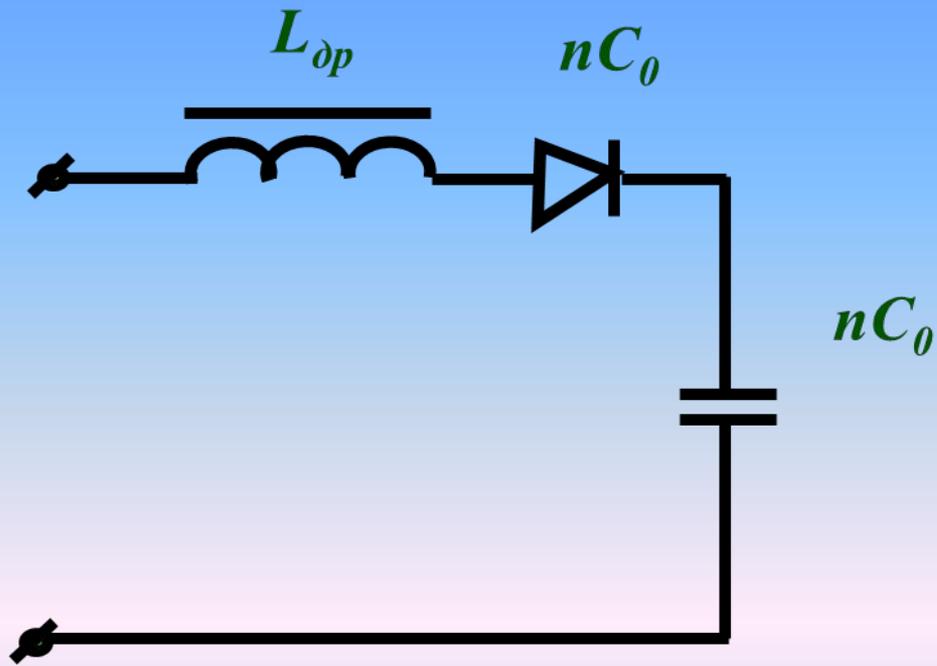
# ЗАРЯД ИСКУССТВЕННОЙ ЛИНИ ЧЕРЕЗ ДРОССЕЛЬ





# ЗАРЯД ИСКУССТВЕННОЙ ЛИНИИ ЧЕРЕЗ ДРОССЕЛЬ





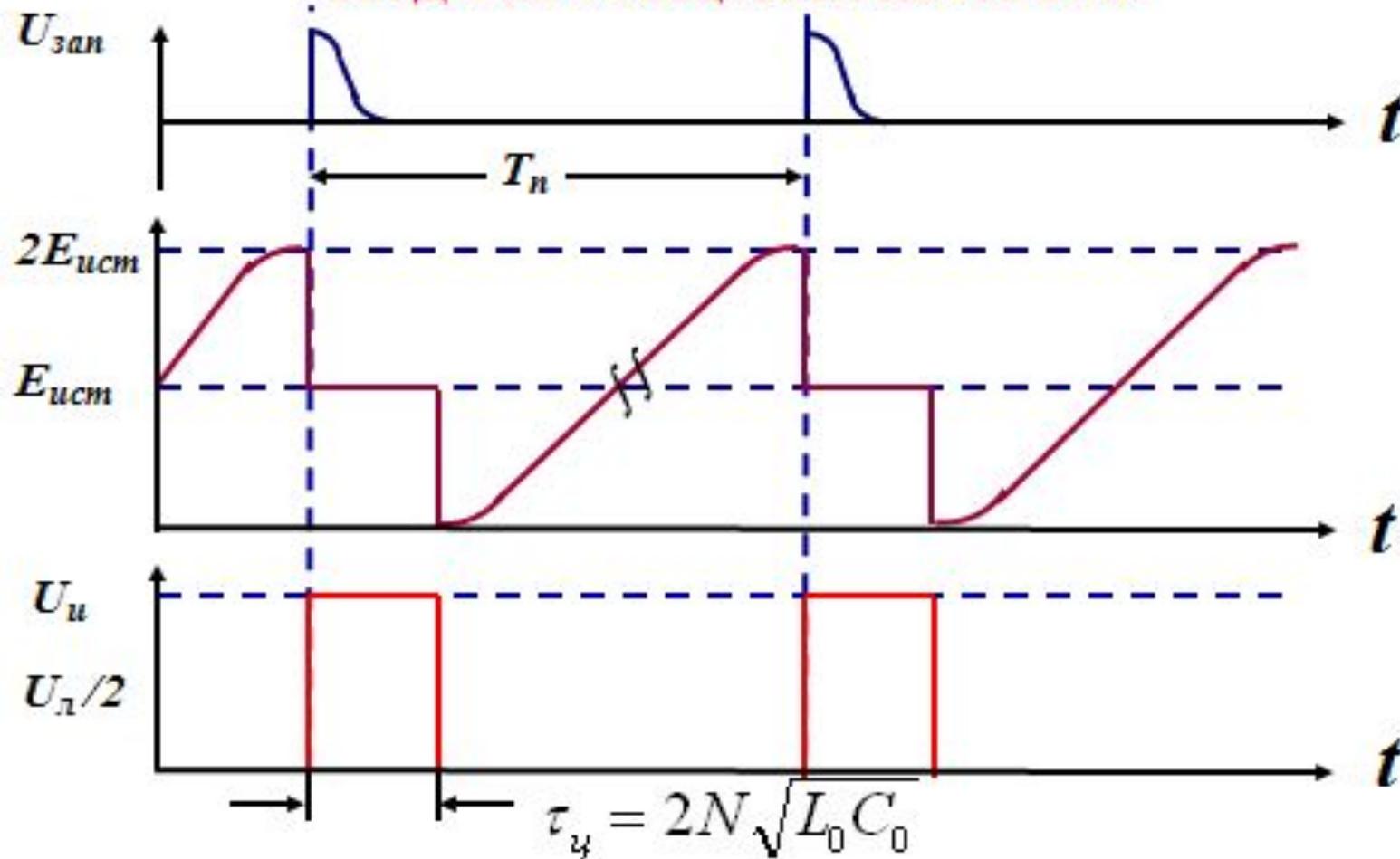
**ФИКСИРОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО  
НАПРЯЖЕНИЯ  
НА ЛИНИИ С ПОМОЩЬЮ ДИОДА**

$\pi \sqrt{L_{dp} C_{\text{л}}}$   
Цикл ПРКРТВ ПБО СВО Л



слайд № 59

## ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ МОДУЛИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ

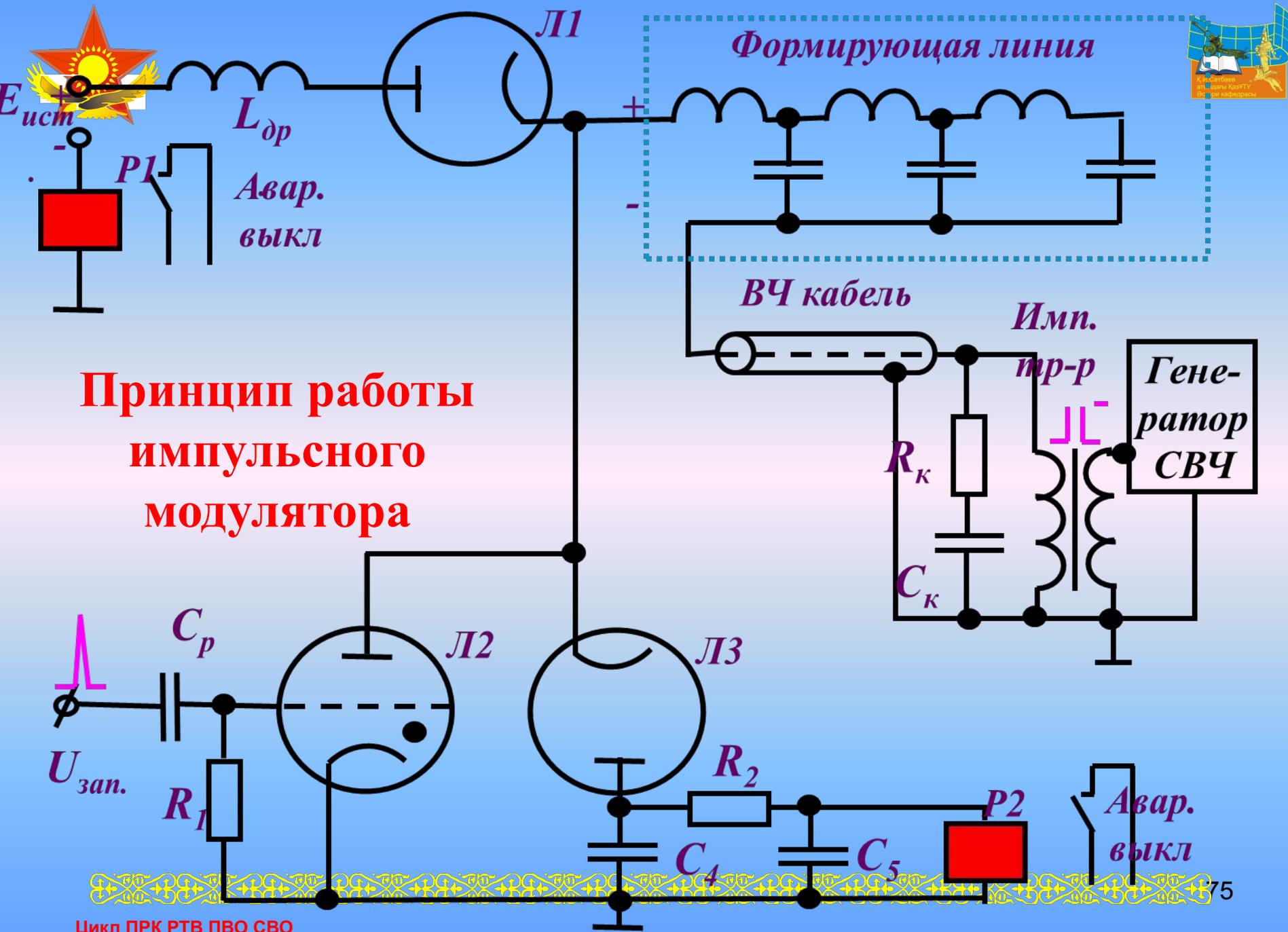




## **ВЫВОДЫ:**

- 1. Импульсный режим работы передатчиков СВЧ обусловил применение модуляторов с накопителем энергии на искусственной длинной линии.**
- 2. использование заряда формирующей линии через дроссель позволяет повысить напряжение на линии до удвоенного значения напряжения источника питания.**
- 3. Фиксирующий диод обеспечивает постоянство максимального напряжения на линии в течение длительного времени, что необходимо при переменном запуске.**
- 4. Разряд накопителя модулятора должен происходить на согласованную нагрузку. С этой целью в модуляторах используются импульсные трансформаторы.**





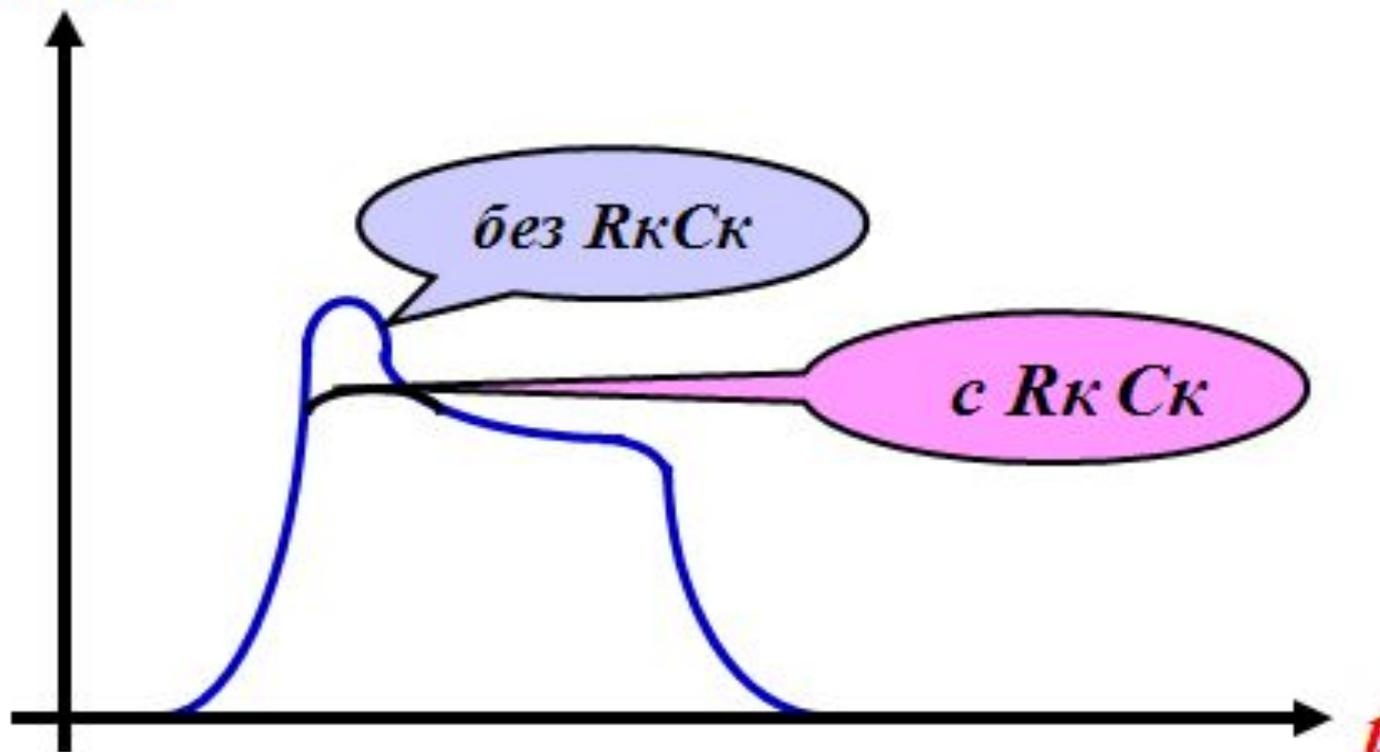
# Принцип работы импульсного модулятора





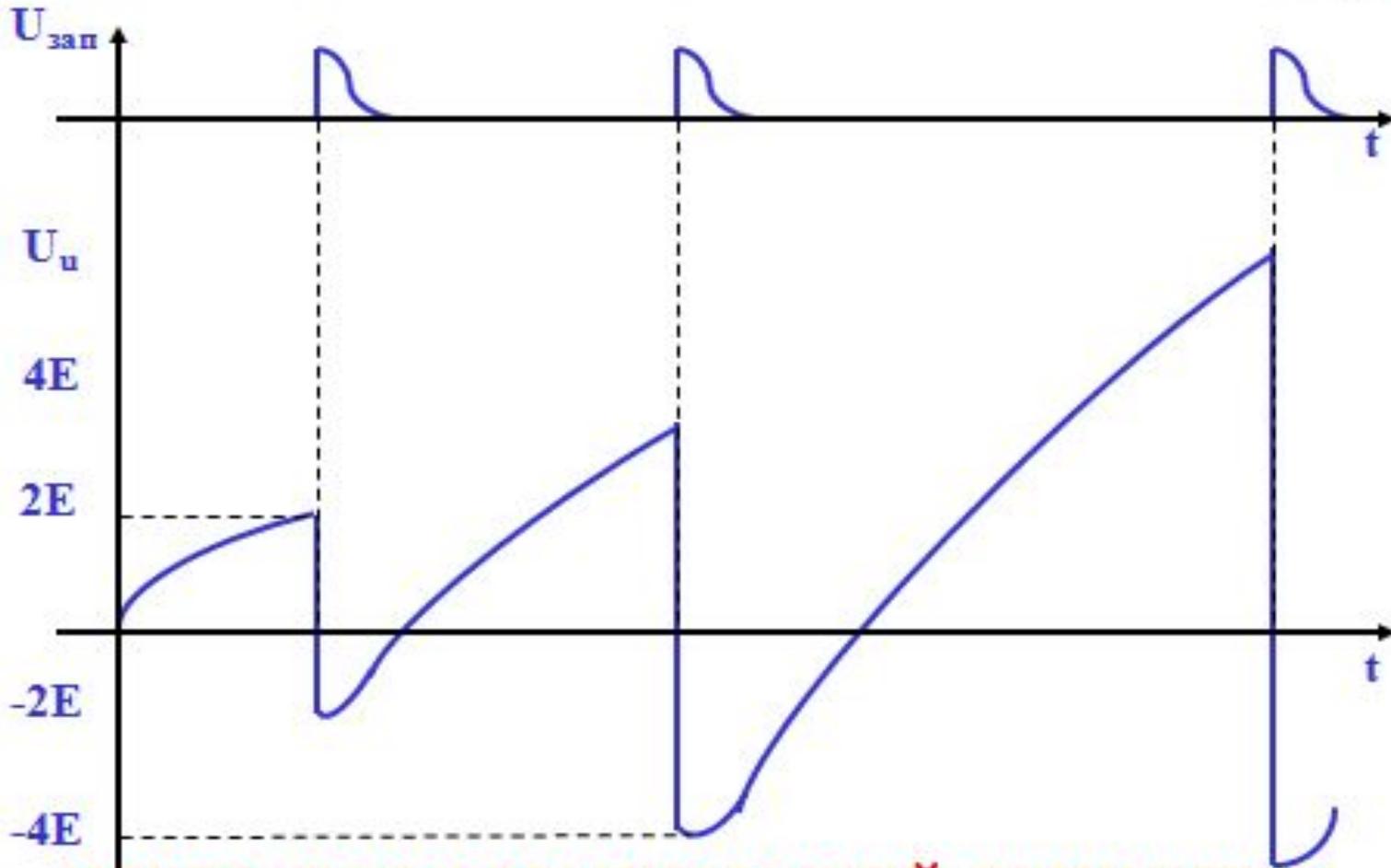
слайд № 01

$U_{\text{имп}}$



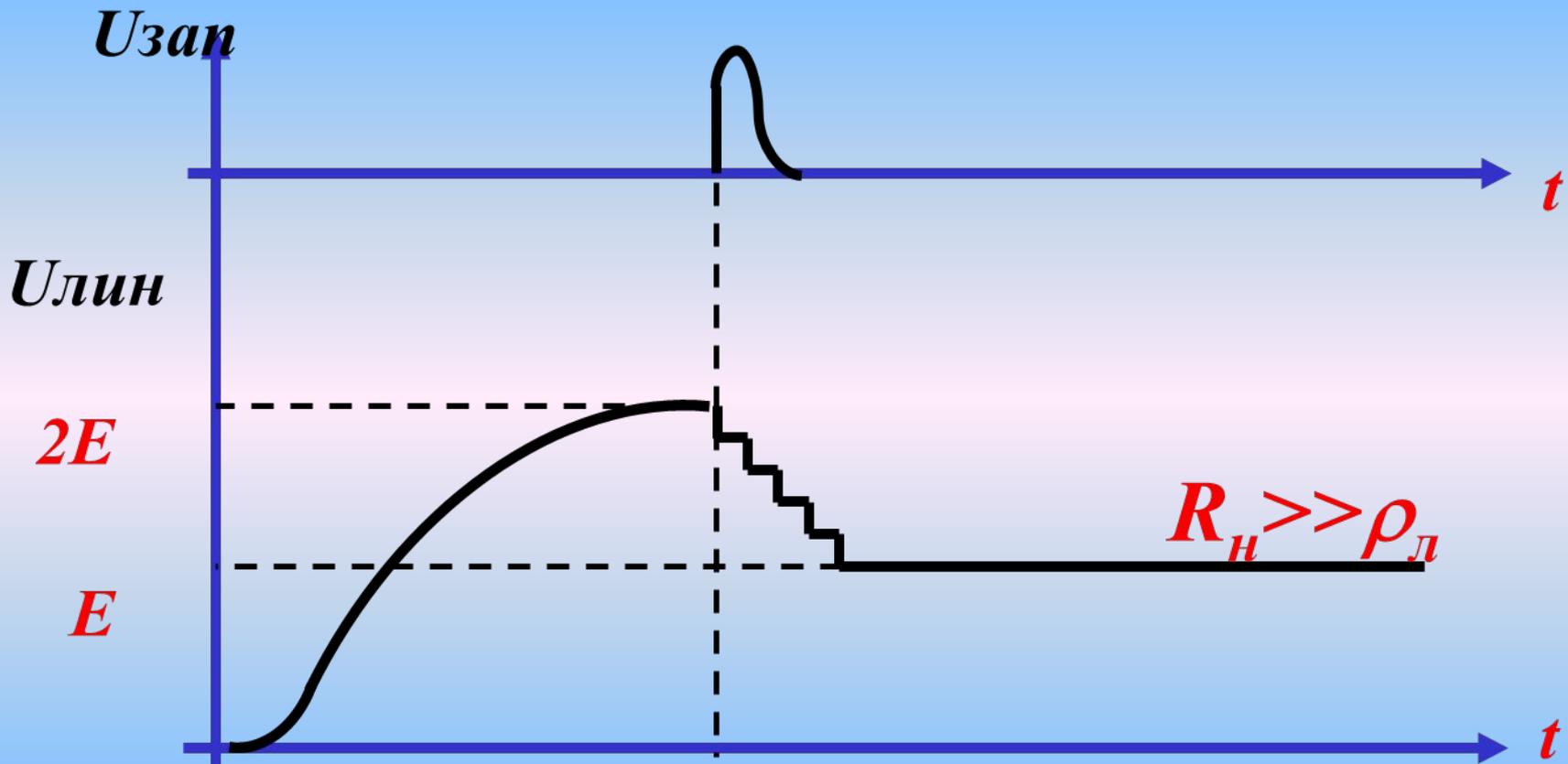
**ДЕЙСТВИЕ  
КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ ЦЕПИ**





**ПЕРЕЗАРЯД ФОРМИРУЮЩЕЙ ЛИНИИ ПРИ  
КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ**





## К РЕЖИМУ ХОЛОСТОГО ХОДА В МОДУЛЯТОРЕ





НАЗАР  
АУДАРҒАҢДАРЫҢЫЗҒА  
РАХМЕТ!

ҚАЗҰТУ

