



# **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.





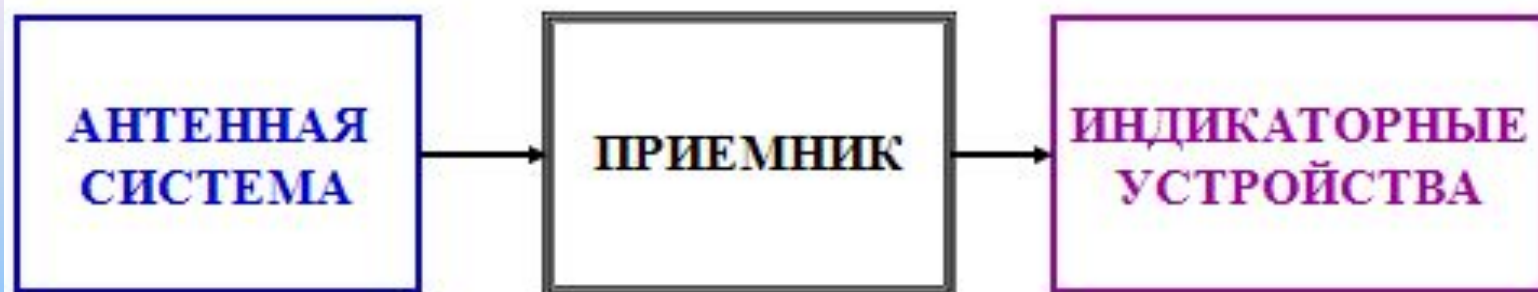
# УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ

- 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*

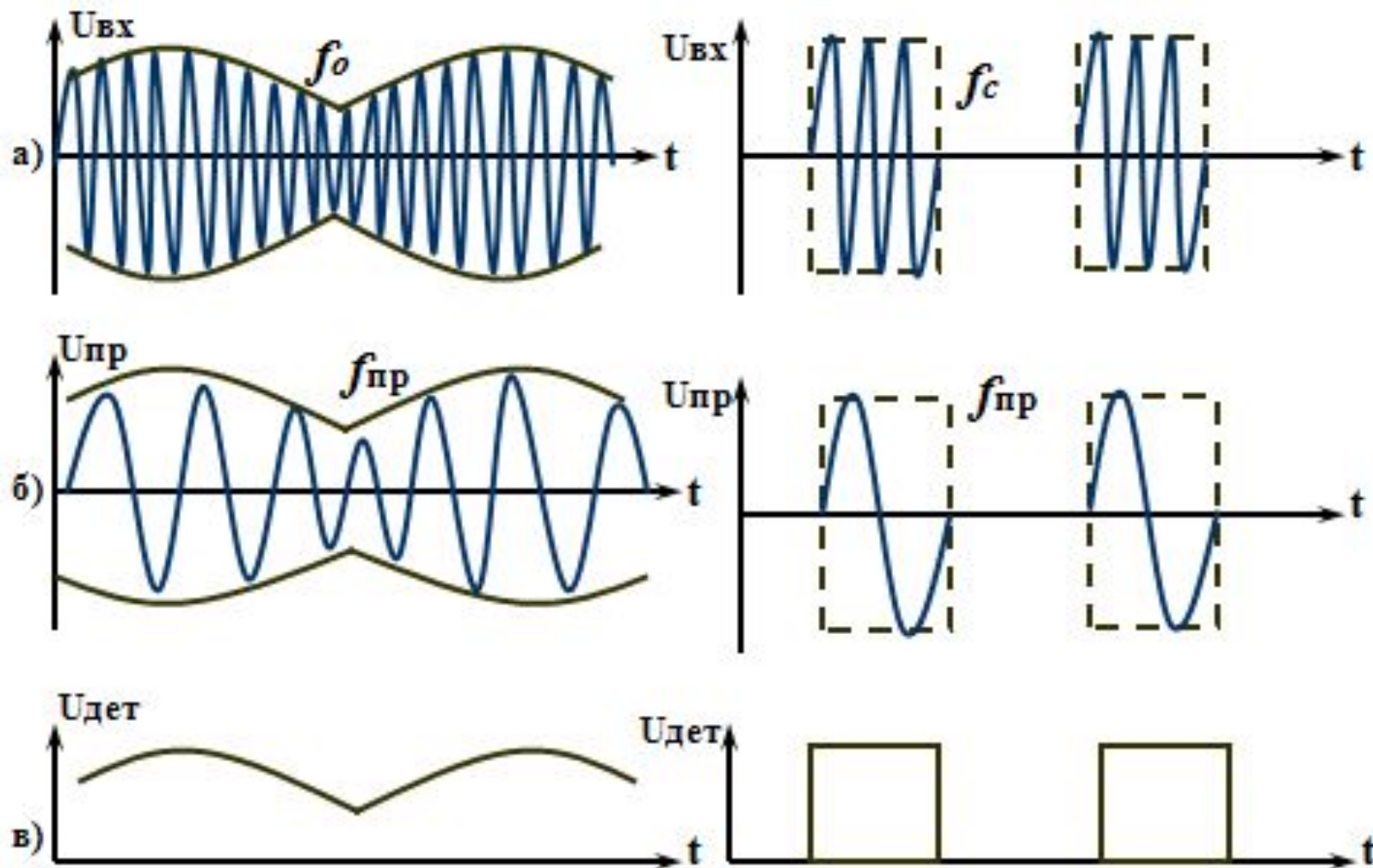




**Антенная система** принимает энергию отраженных электромагнитных волн и преобразует ее в энергию токов высокой частоты

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

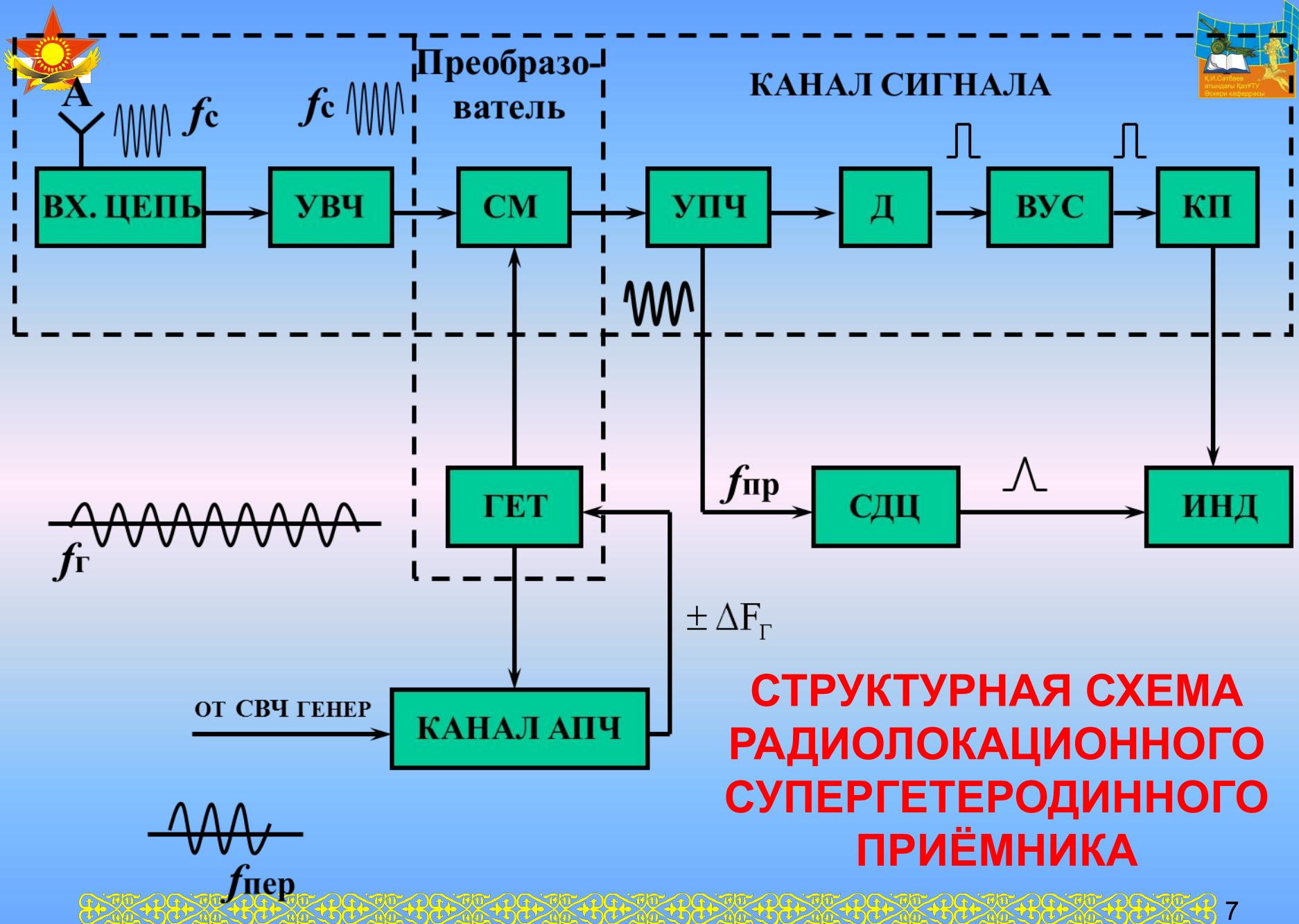
**Индикаторное устройство** позволяет регистрировать принятую информацию о наличии целей.



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









# 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

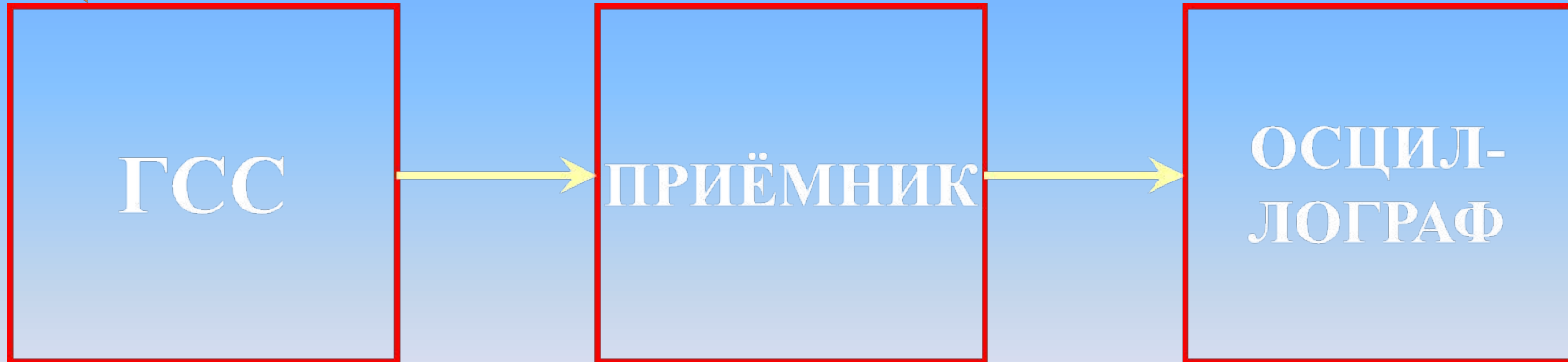
принимать слабые сигналы, которые можно  
надежно регистрировать оконечным устройством.

**ПРЕДЕЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ**

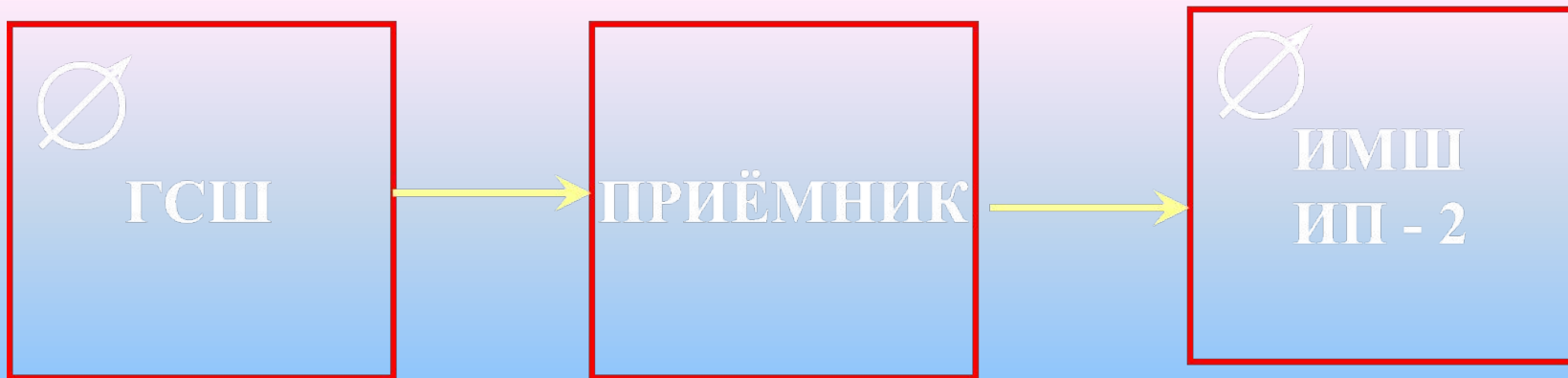
приемника называют такую минимальную мощность  
(ЭДС) сигнала в антенне, которая обеспечивает на  
выходе его линейной части отношение сигнала к шуму,  
равное единице.  $U_{с\text{ вых}}/U_{ш\text{ вых}} = 1$  т.е.  $\gamma_p = 1$

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





## СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИЁМНИКА



## СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА ПРИЁМНИКА



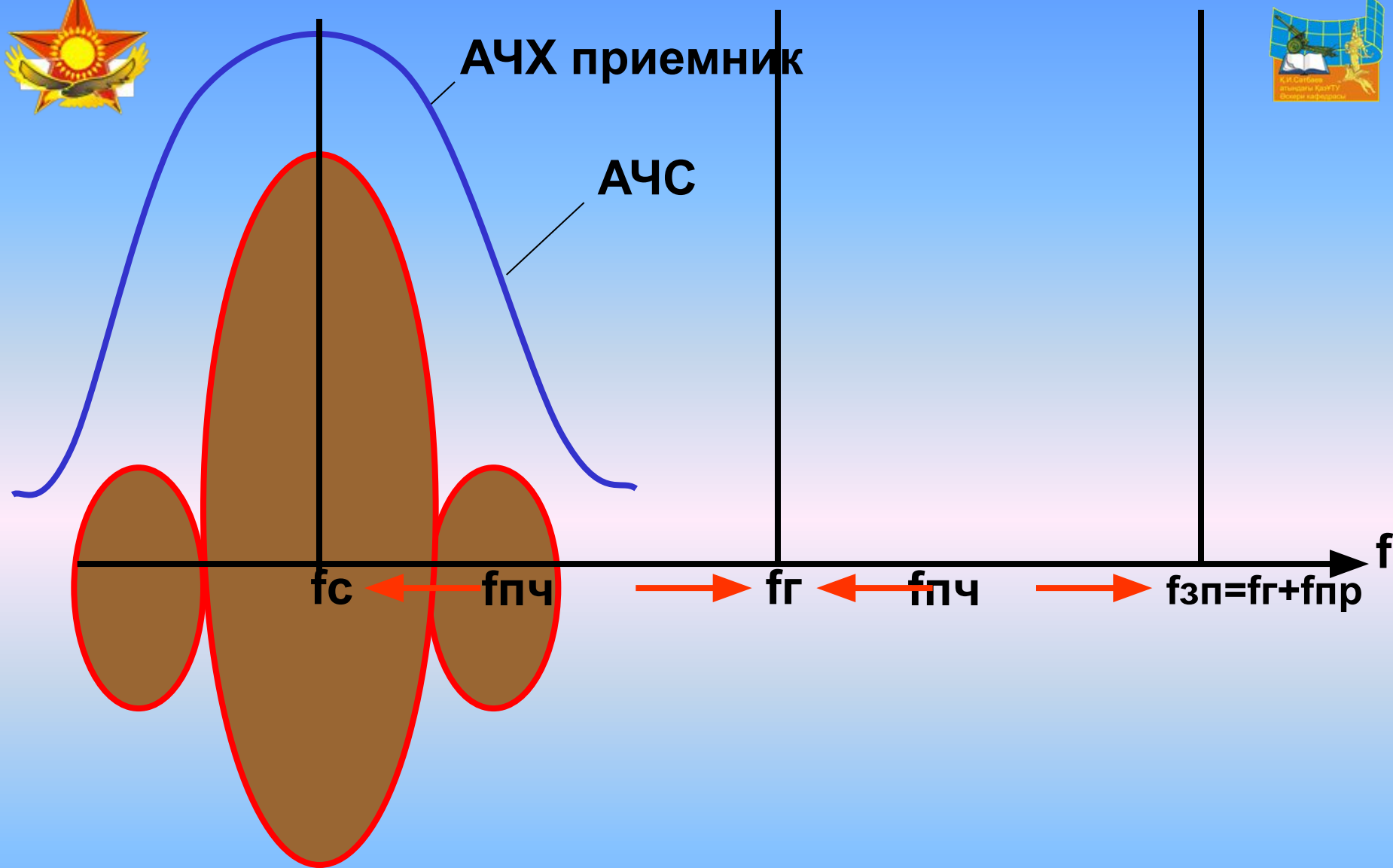


**Коэффициентом шума называют число, показывающее, во сколько раз отношение мощности сигнала к мощности шума на входе приемника больше, чем на выходе:**



**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

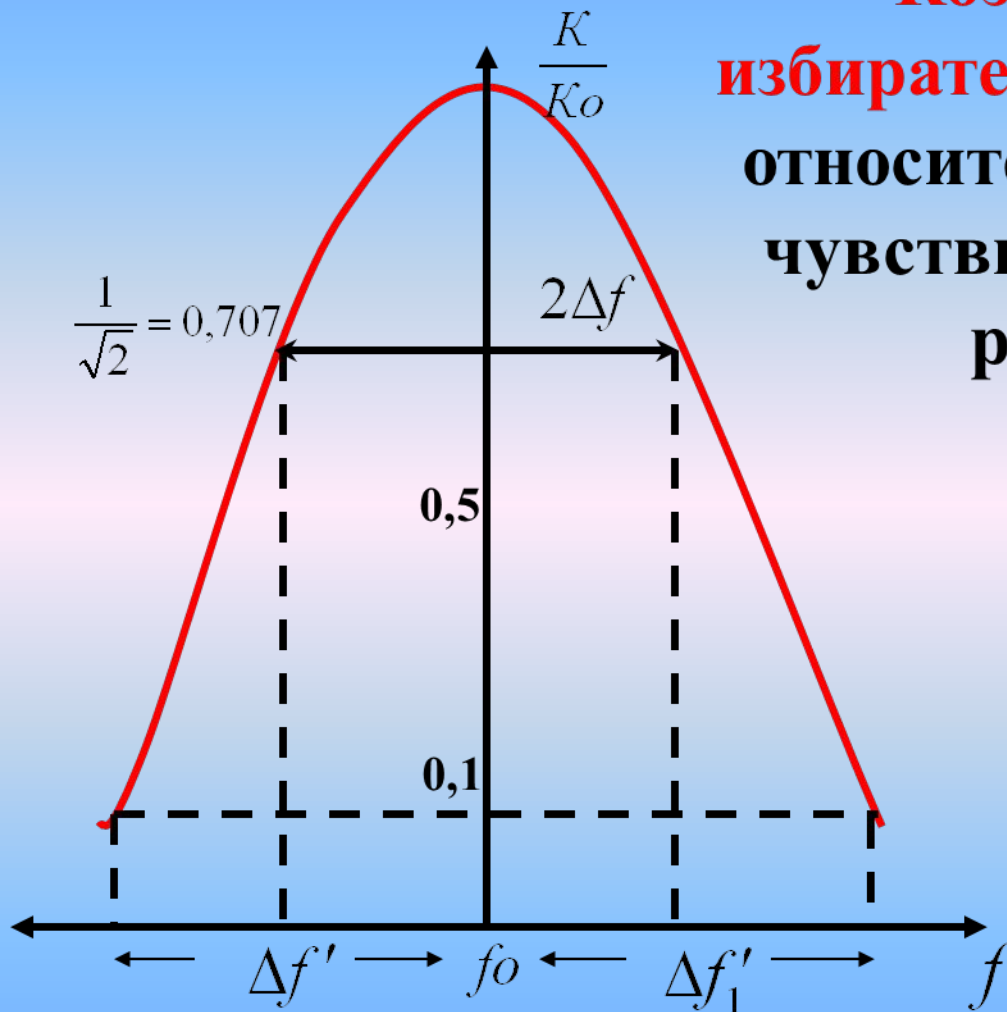


# К понятию о зеркальной помехе.





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

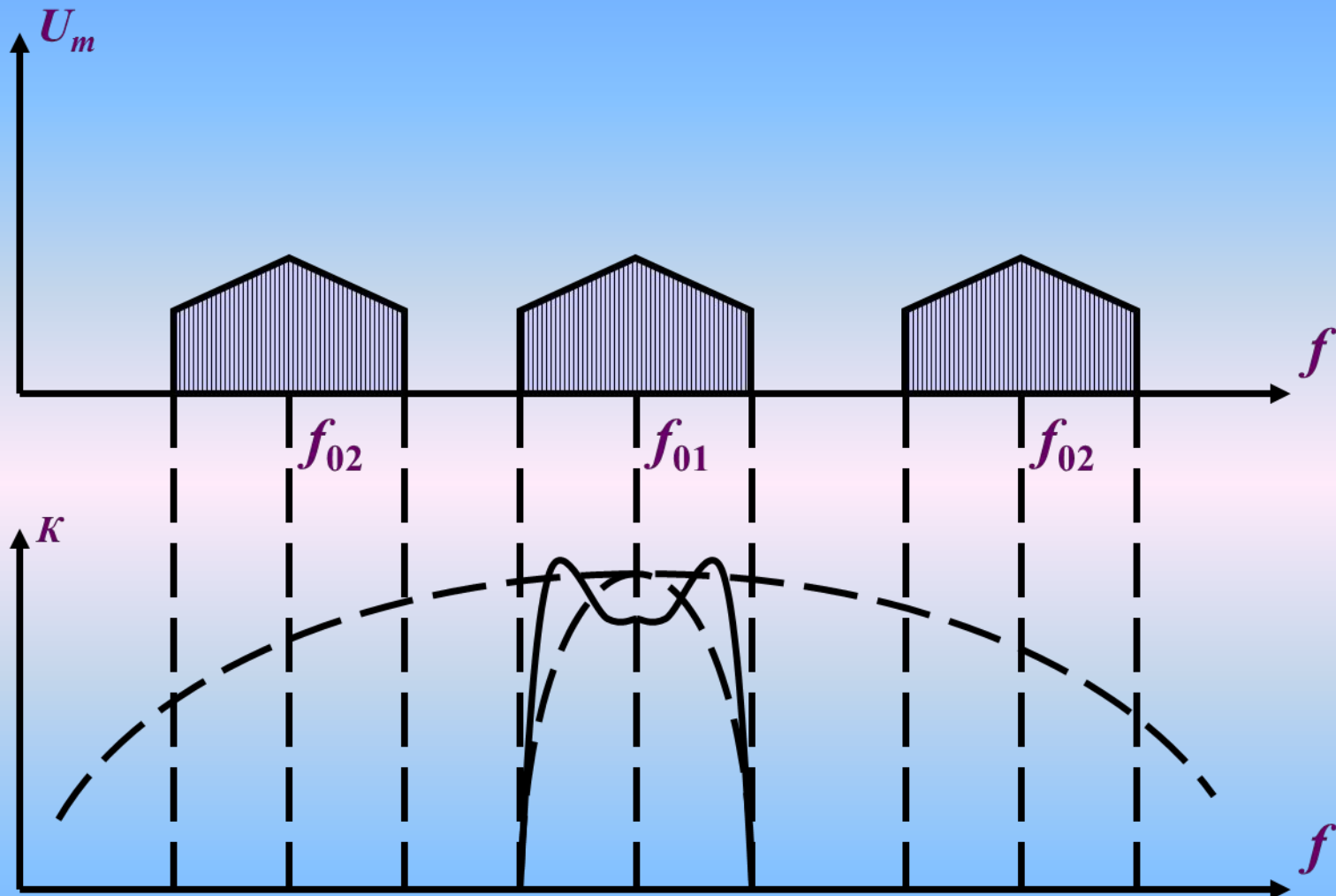


$$\sigma = \frac{K_0}{K}$$

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

**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  $f_{\min}$  до  $f_{\max}$  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**





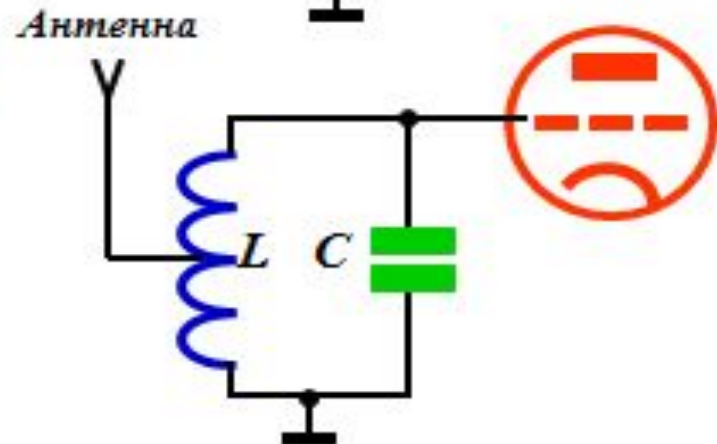
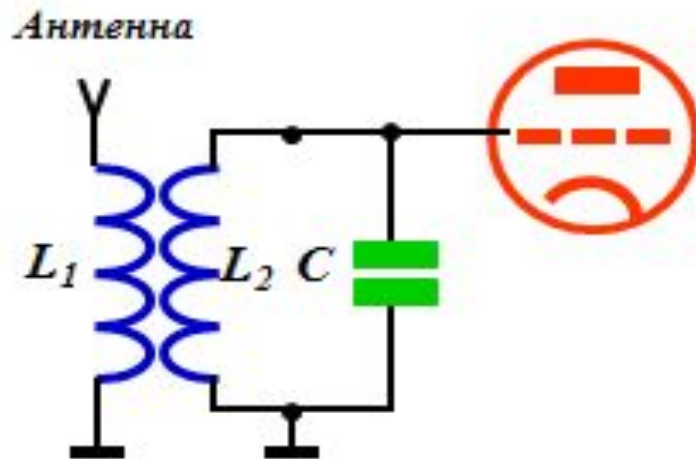
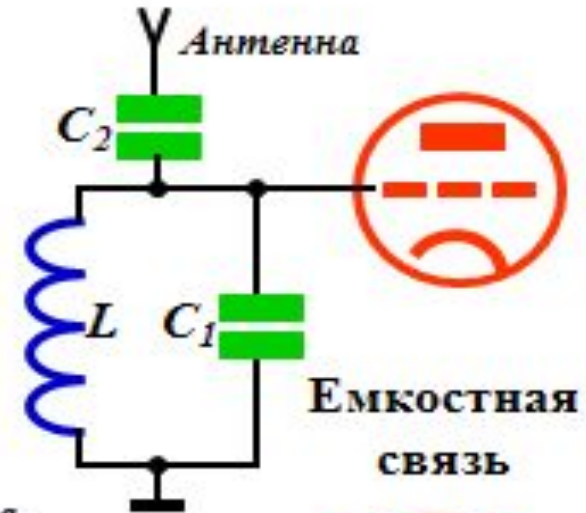
**ВХОДНОЙ ЦЕПЬЮ** приемника называется цепь, связывающая антенну РЛС со входом первого каскада УВЧ

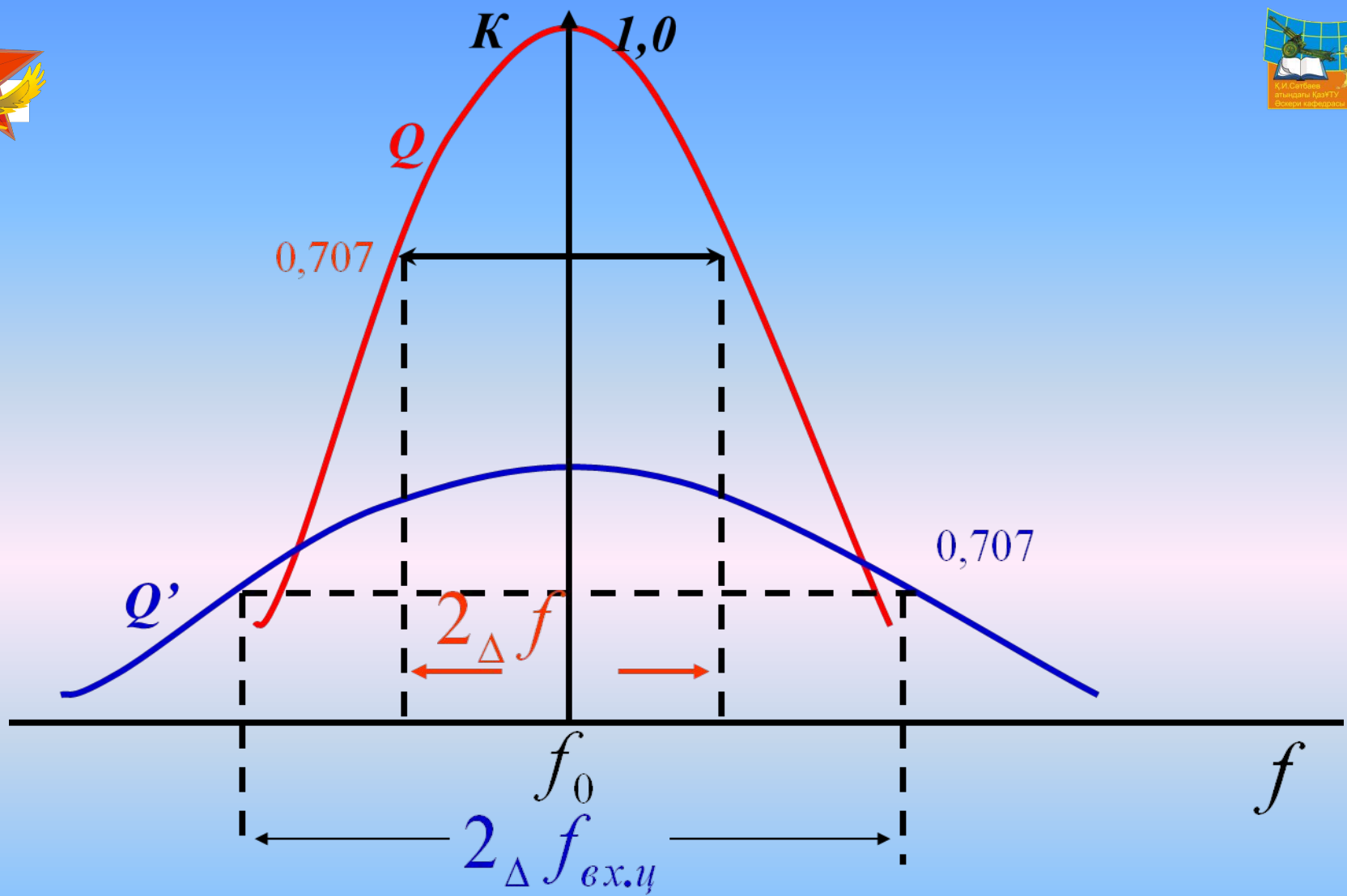
### **НАЗНАЧЕНИЕ:**

- 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**









## ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ 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

$$f_0 = f_c$$

$L_{вх}$

а

$U_{вх}$

$L_1$

б

$C_{кн}$

$C_{вх}$

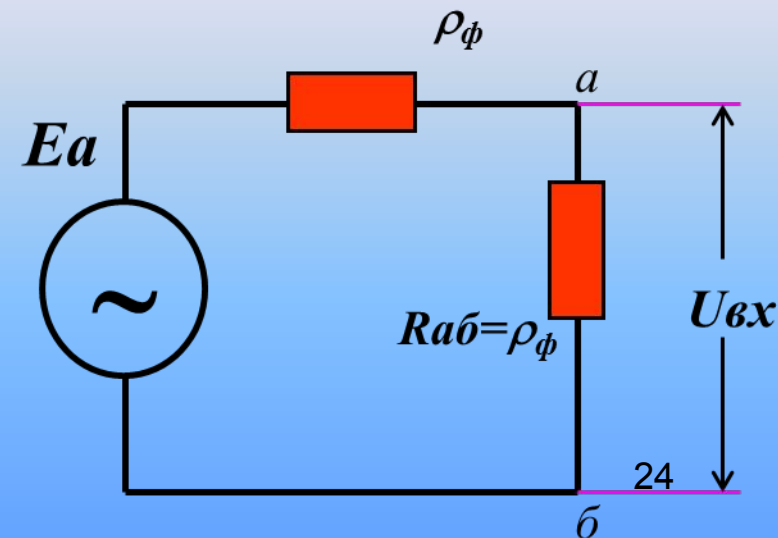
$R_{вх}$

$U_g$

Несимметричная входная  
цепь

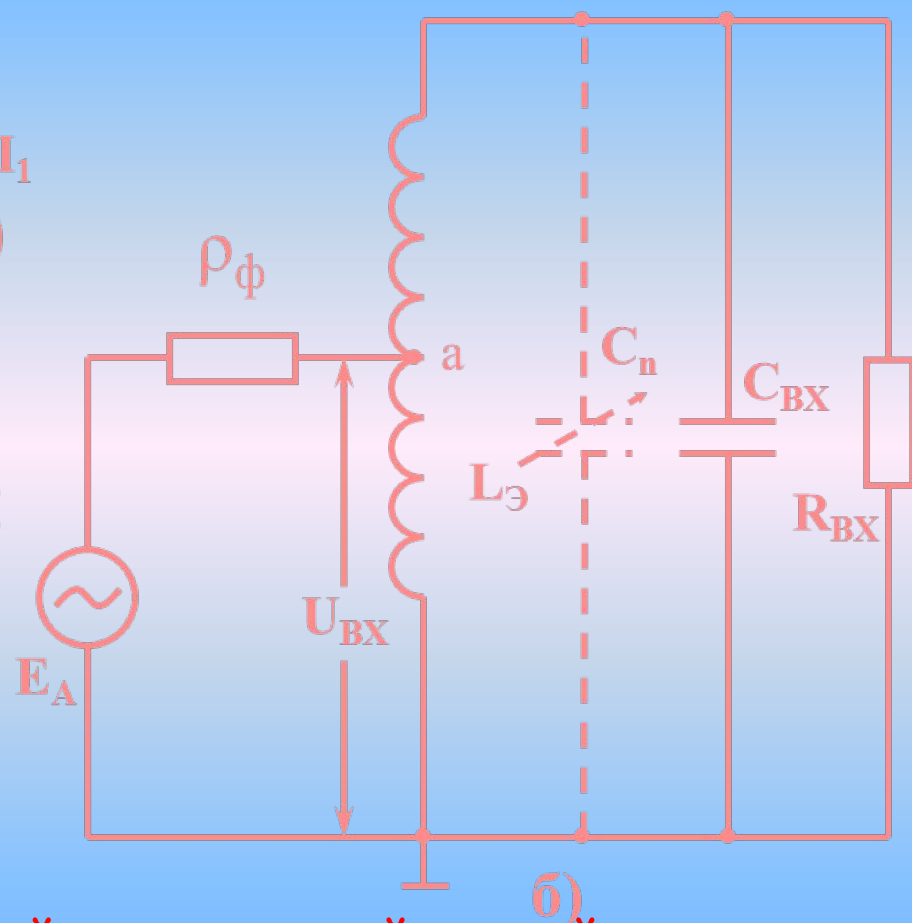
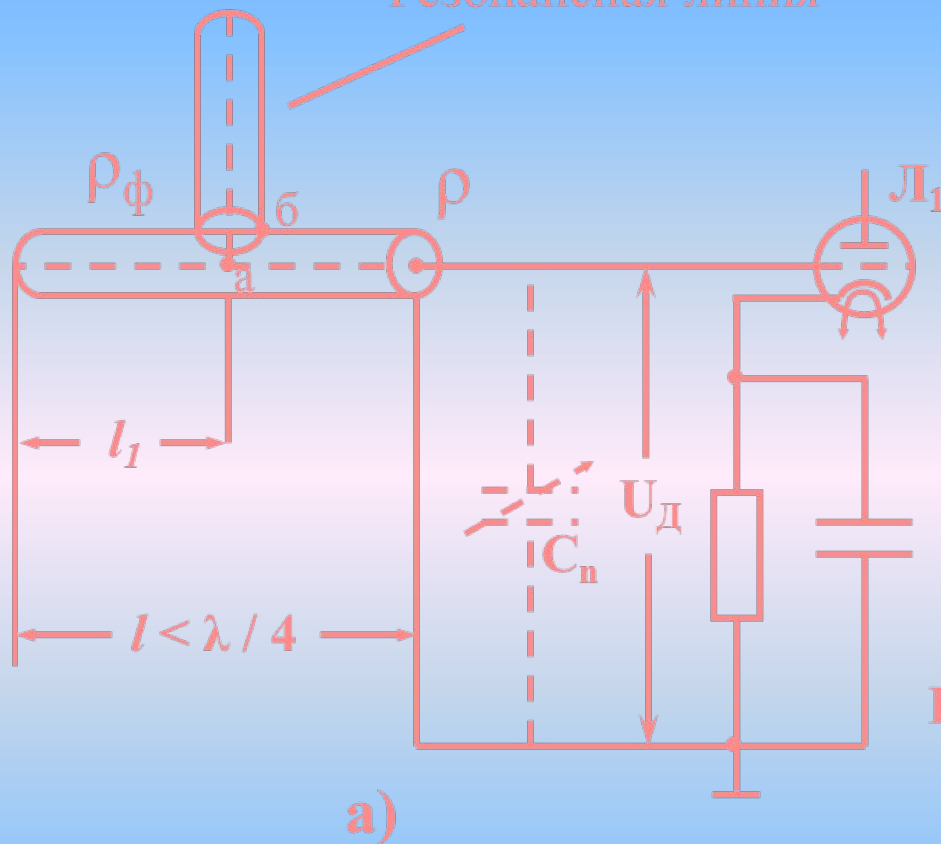
с автотрансформаторной  
связью и эквивалентная  
схема

входа приемника с  
выполнением





Резонансная линия

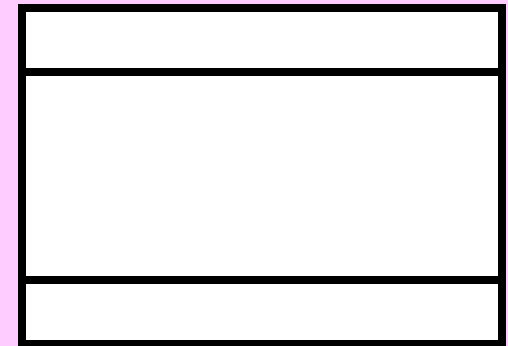
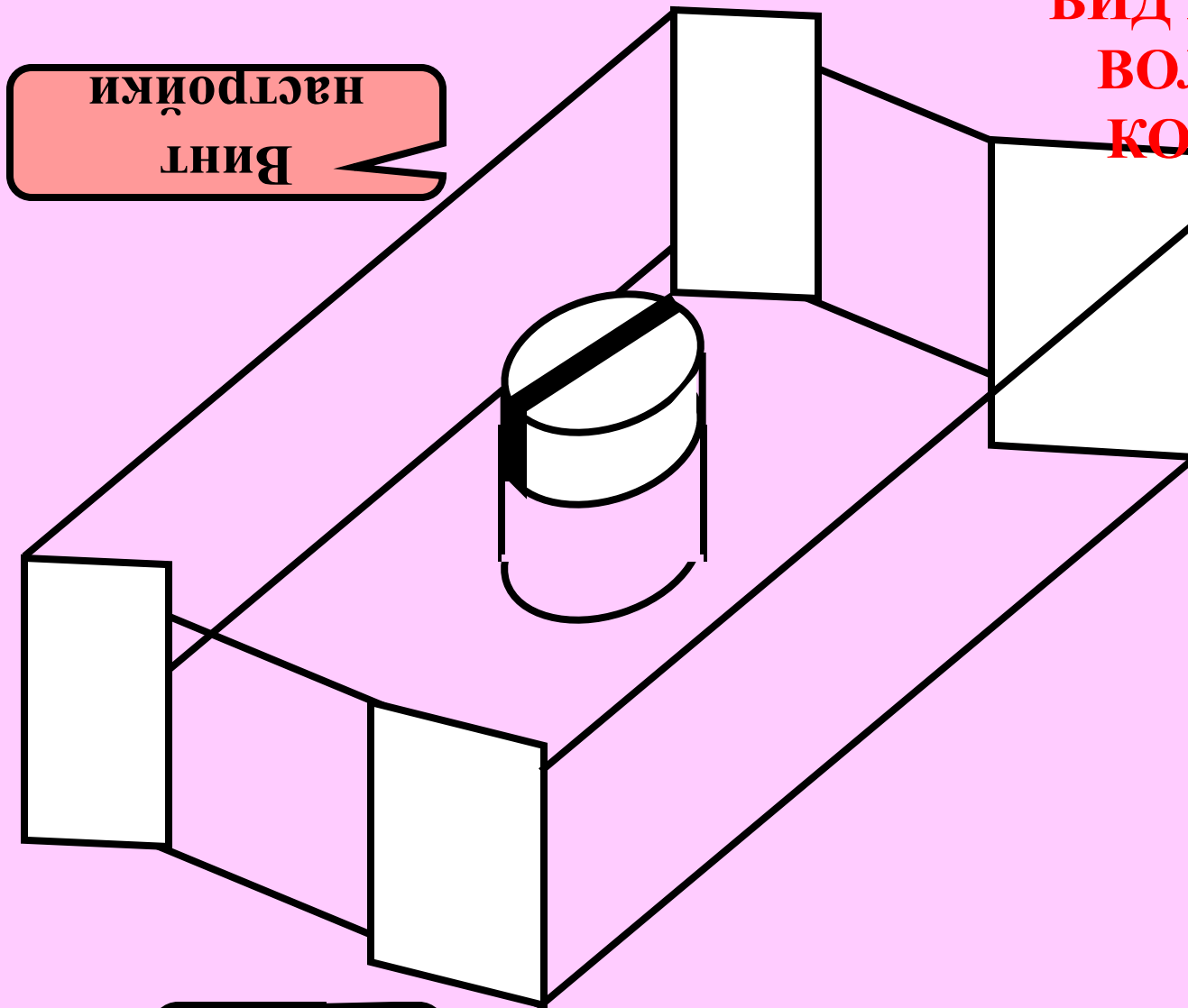


**Входная цепь с резонансной коаксиальной линией:**

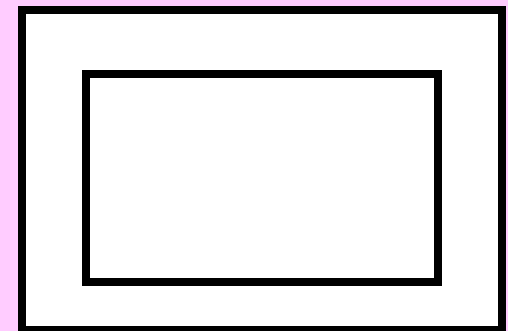
**а) принципиальная схема**

**б) эквивалентная схема**

# ВИД РЕЗОНАТОРА ВОЛНОВОДНОЙ КОНСТРУКЦИИ



Емкостная диафрагма



Резонансное окно

Винт  
настройки

Индуктивная  
диафрагма

Окно  
связи



## 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 $K_{omax}$ );

$$K_o = S_d \cdot R_{\Sigma}$$

$S_d$  – динамическая крутизна лампы.

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





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

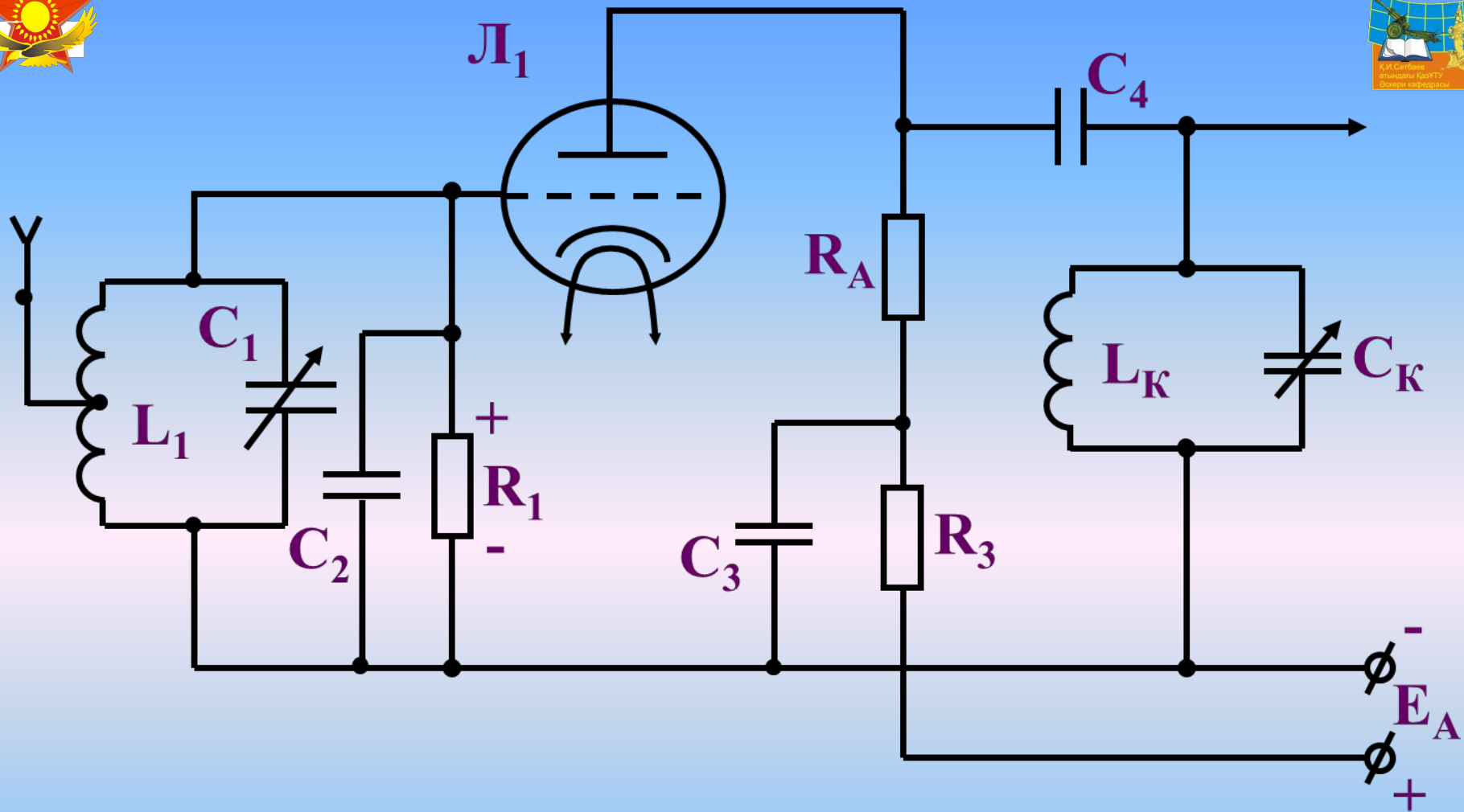
**Полоса пропускания каскада УВЧ определяется как разность частот, в пределах которой коэффициент усиления понижается не более уровня 0,707 от коэффициента усиления на резонансной частоте:**

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

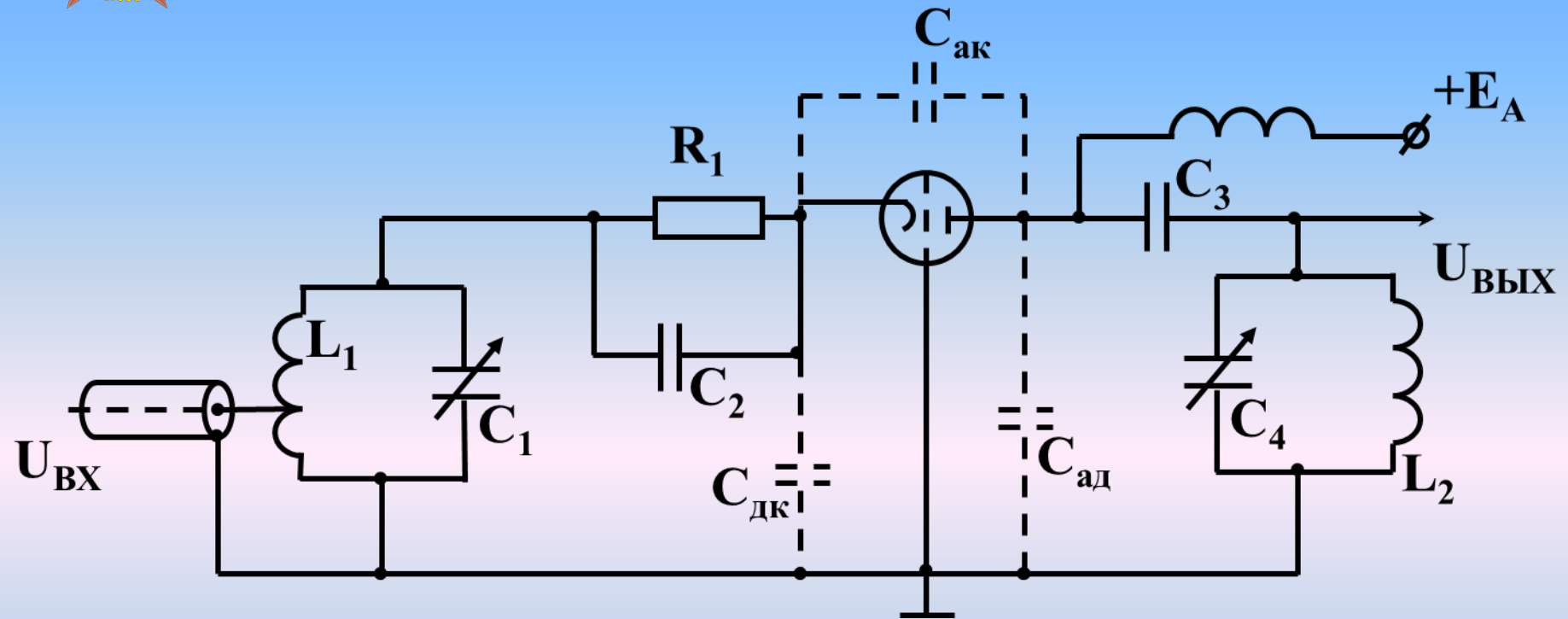
**$R_{\text{э}}$  – резонансное сопротивление контура;**

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



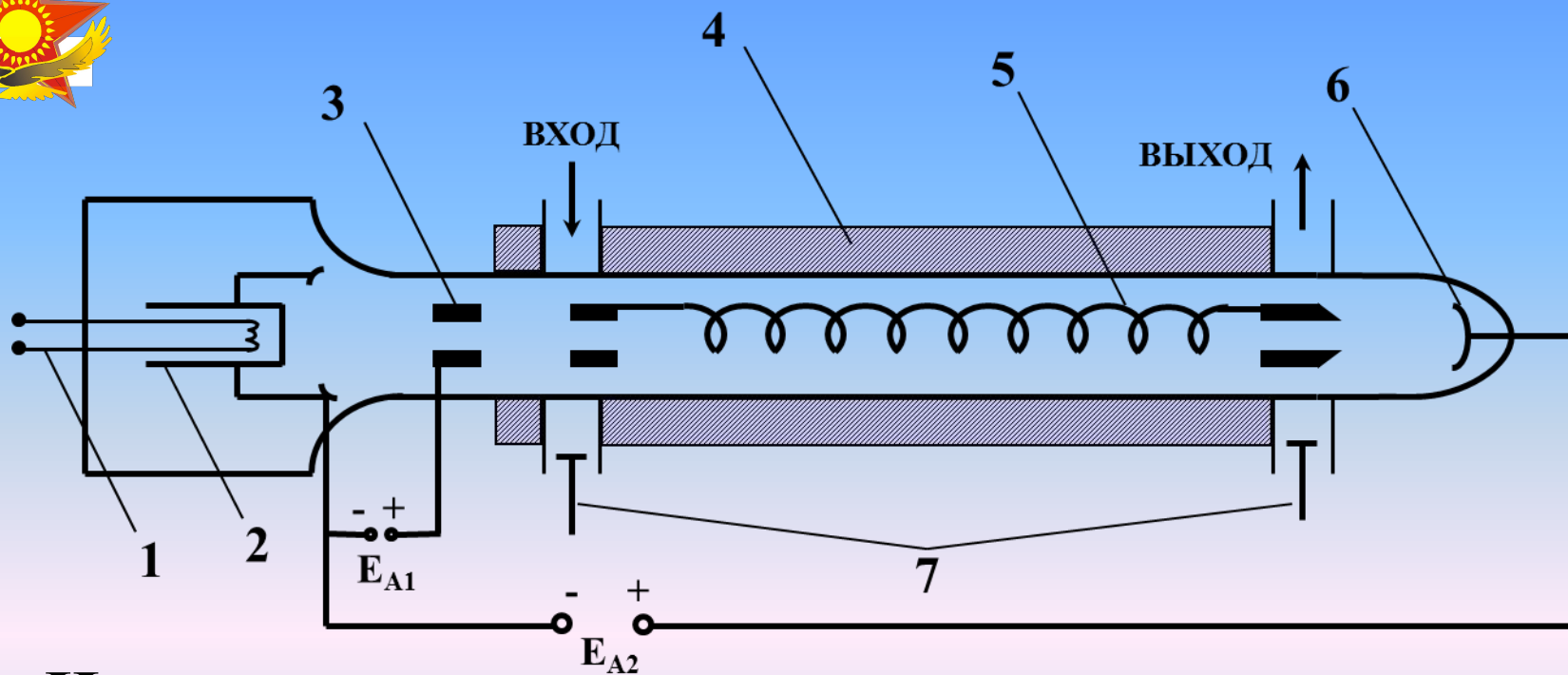


## УВЧ НА ТРИОДЕ С ОБЩИМ КАТОДОМ



## УВЧ НА ТРИОДЕ С ОБЩЕЙ СЕТКОЙ



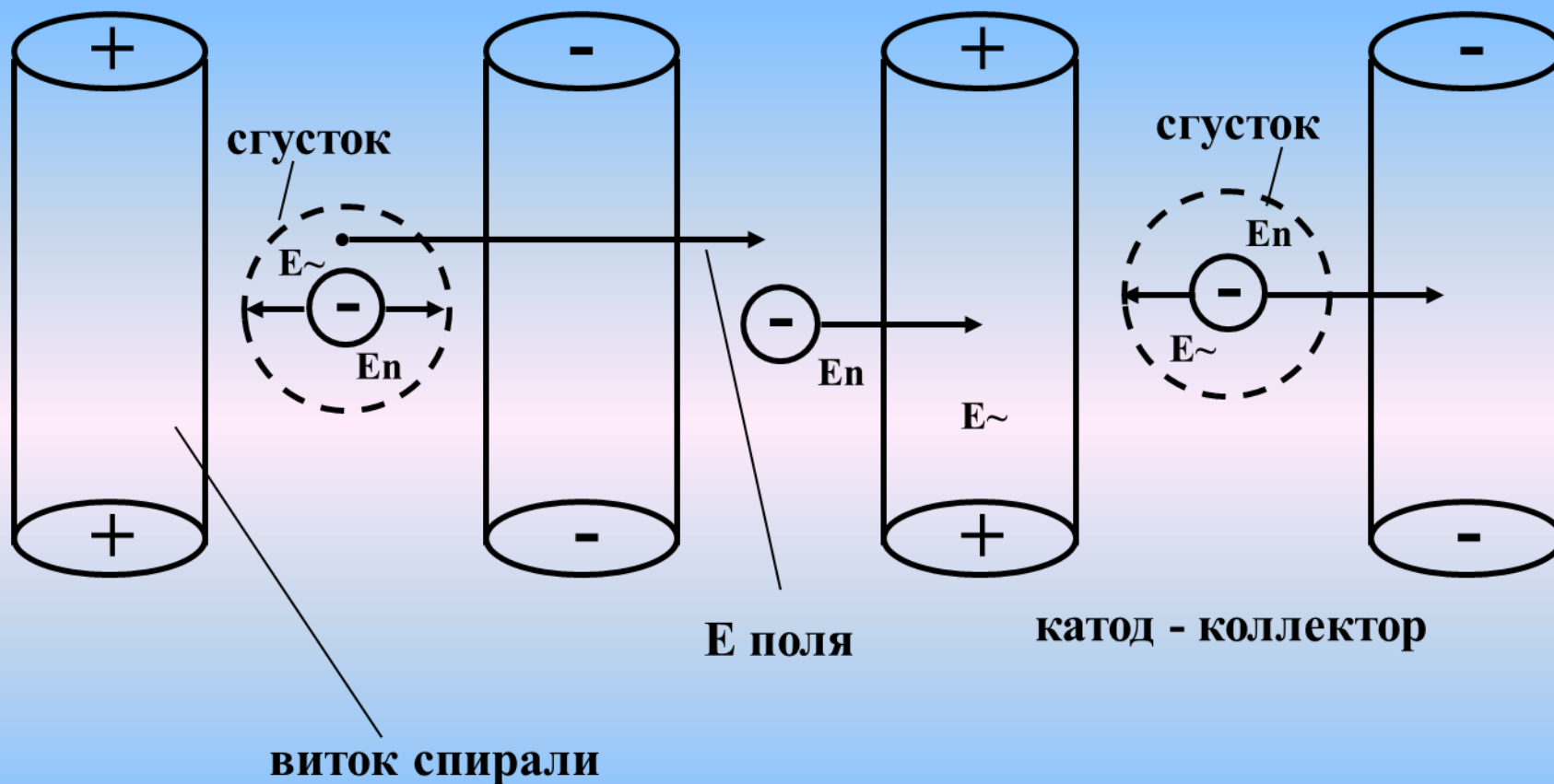


1. Нить накала
2. Катод
3. Анод
4. Фокусирующая система
5. Проволочная спираль
6. Коллектор
7. Входное и выходное устройство



ускоряющее поле СВЧ

замедляющее поле СВЧ



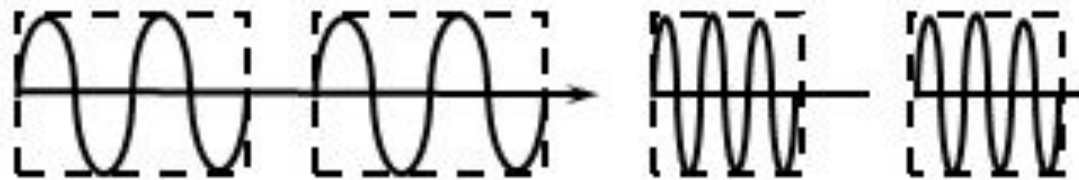
## ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛБВ



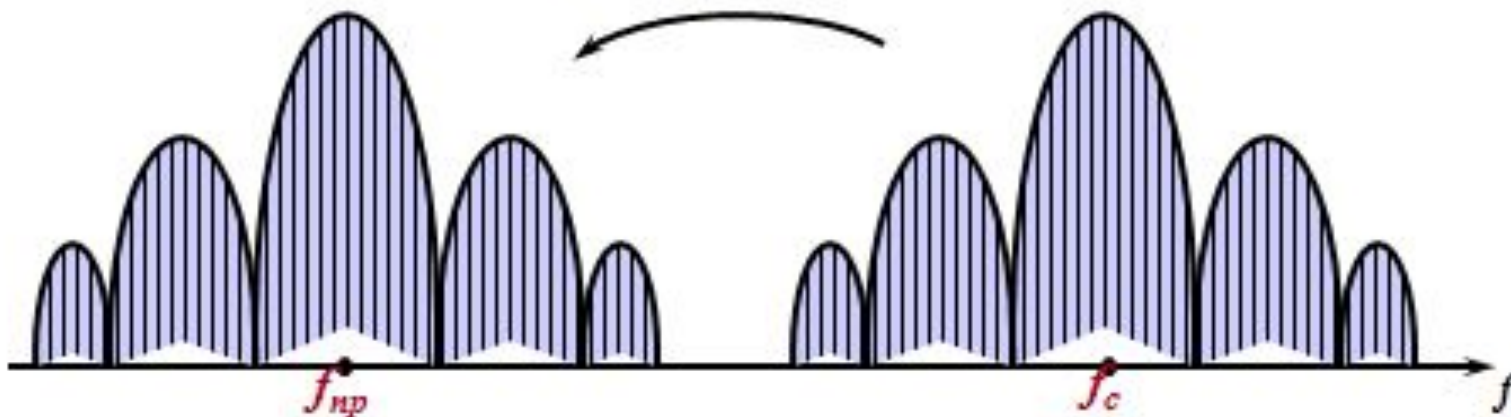


# ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ.

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):

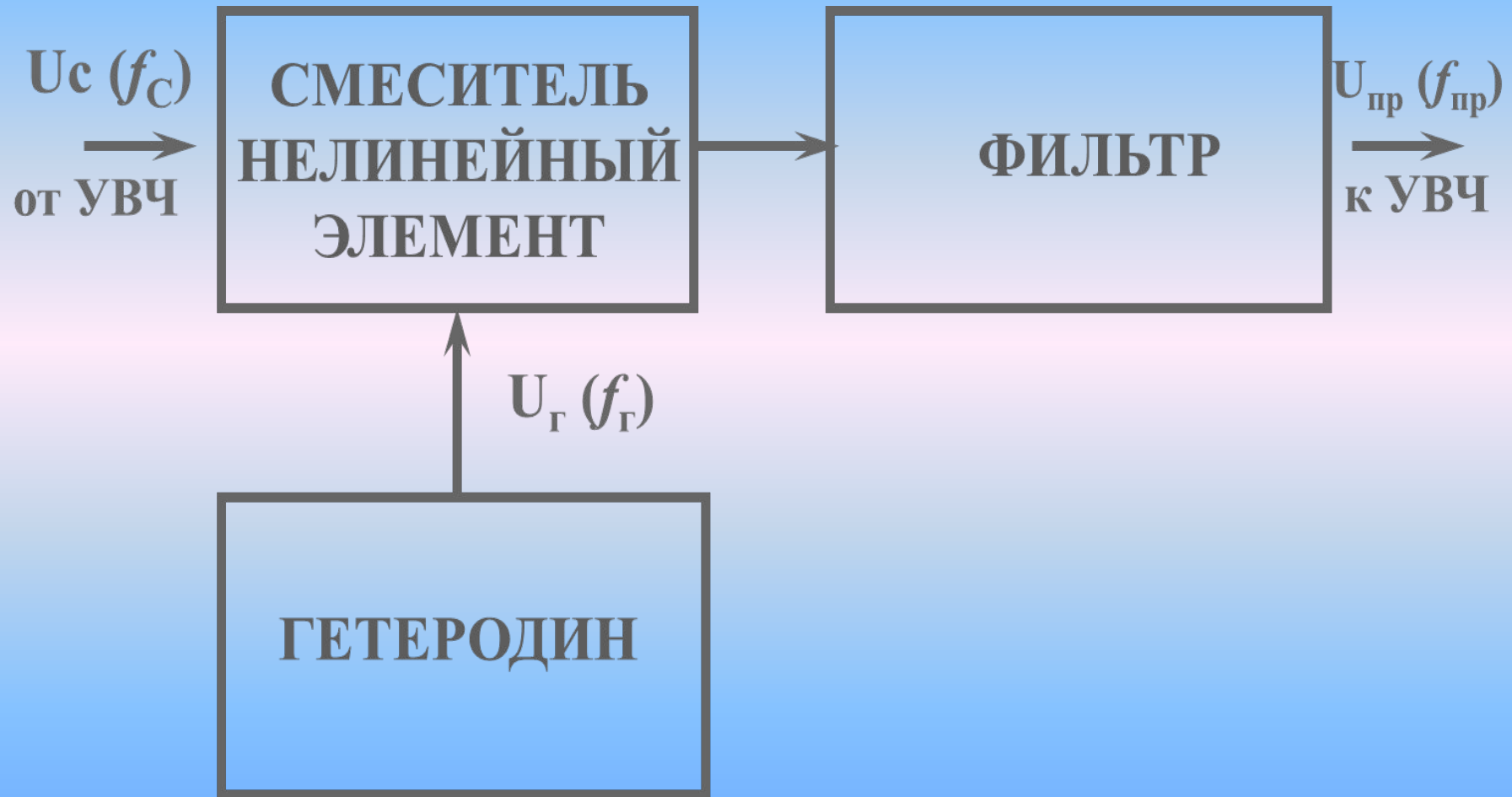
$$K_{np} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{U_{т.пр}(F_{пр})}{U_{т.с}(f_c)}$$

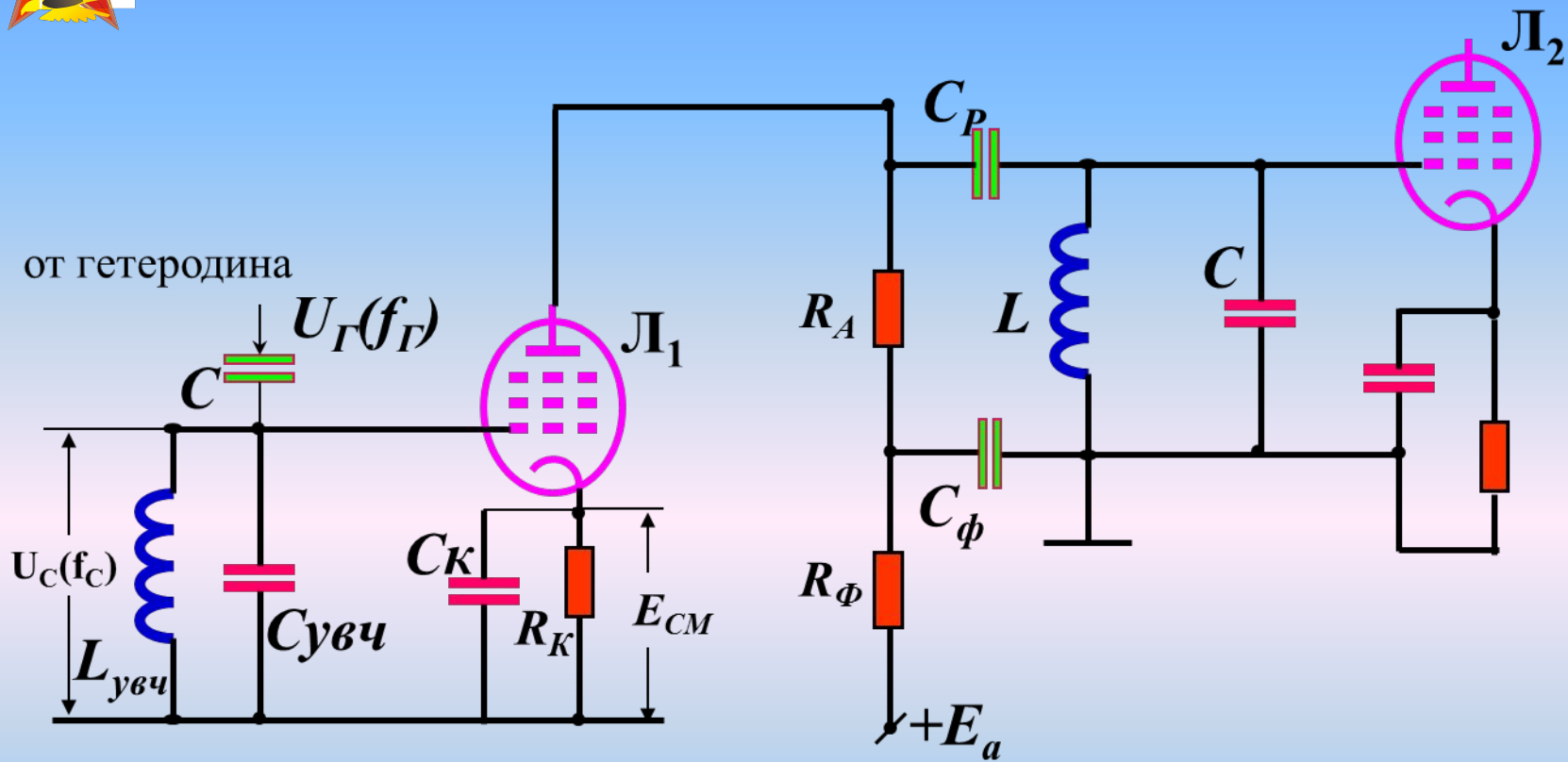
2. Устойчивость работы ПРЧ



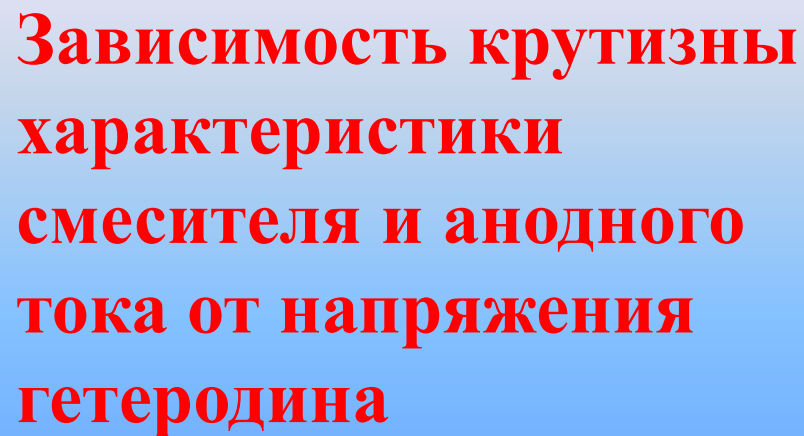


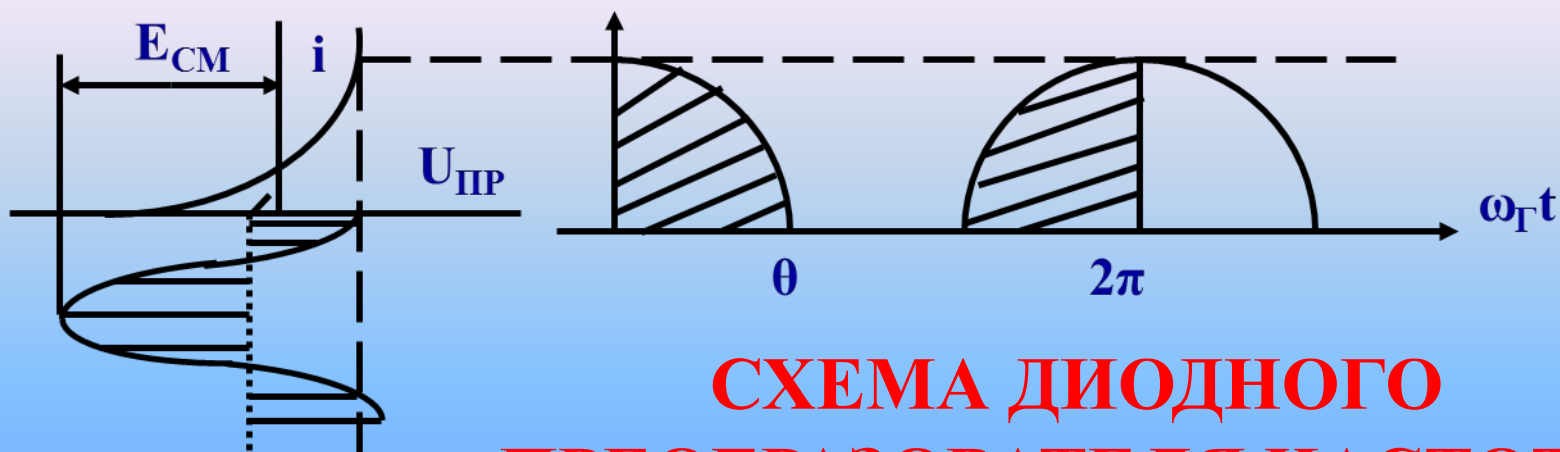
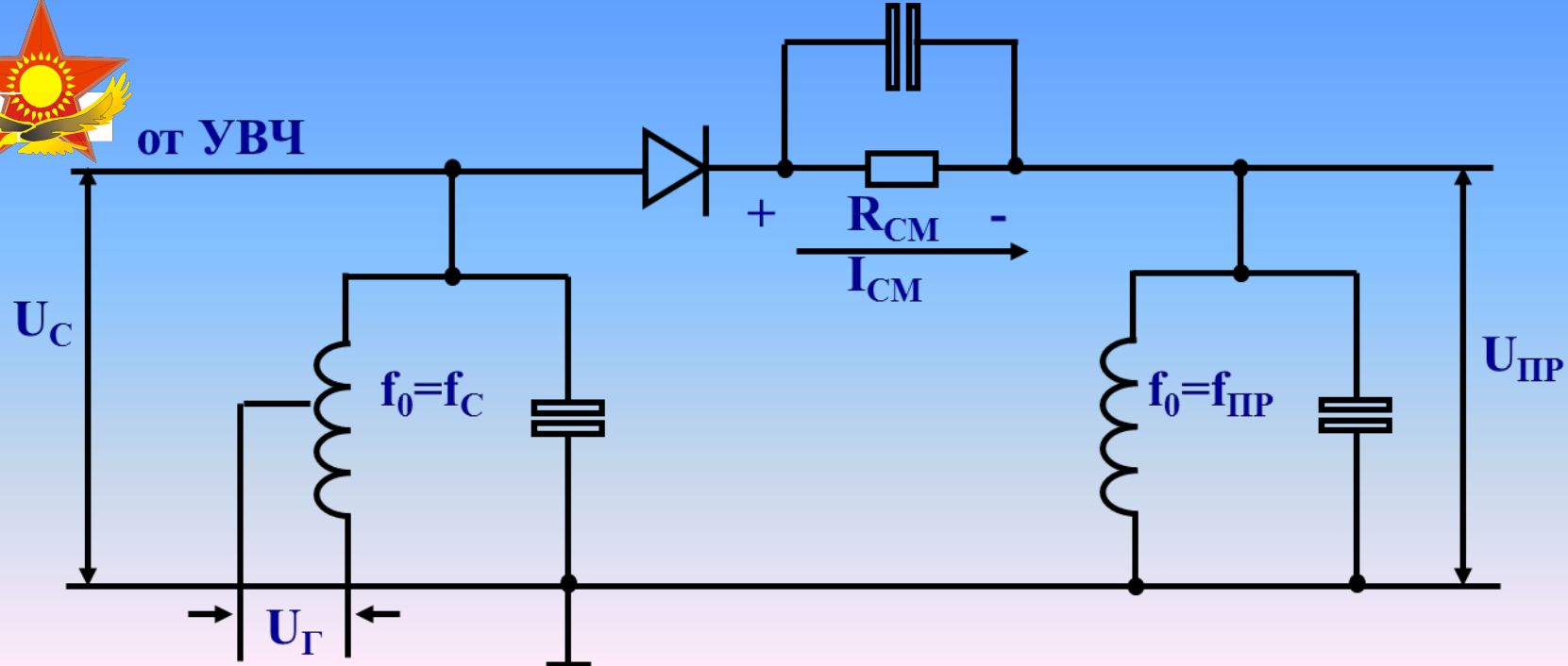
# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ





## ОДНОСЕТОЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ





## СХЕМА ДИОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ





# УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

УПЧ находятся после преобразователя частоты и осуществляют основное усиление приемника

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

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



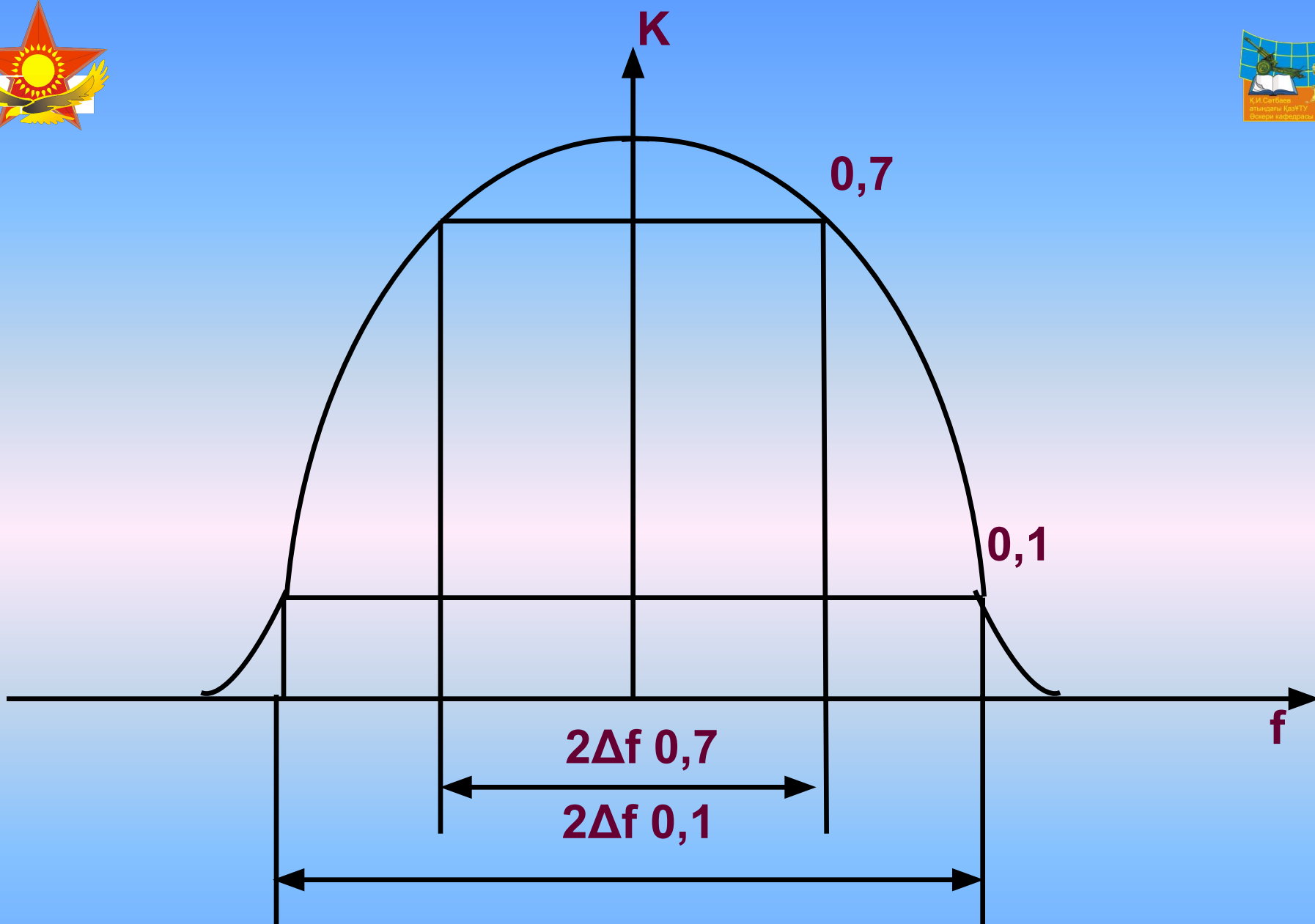
**3. ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ УПЧ** определяет полосу пропускания всего приемника и выбирается в зависимости от назначения его и диапазона принимаемых частот.

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

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







# РЕЗОНАНСНАЯ КРИВАЯ УПЧ ПРИЁМНИКА

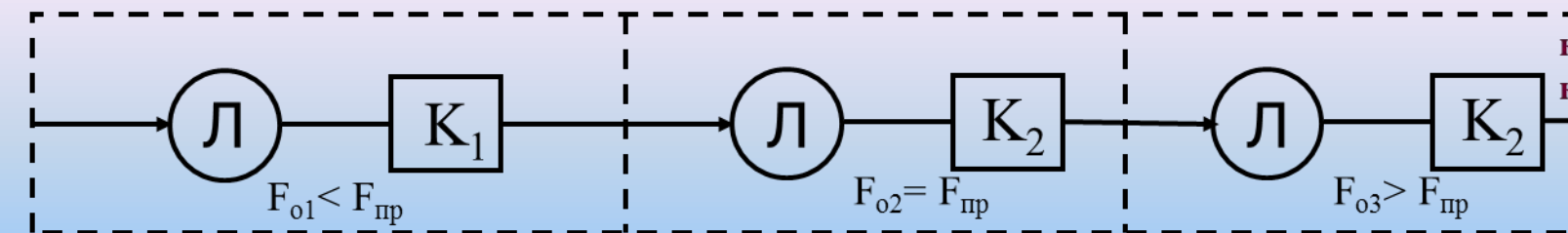
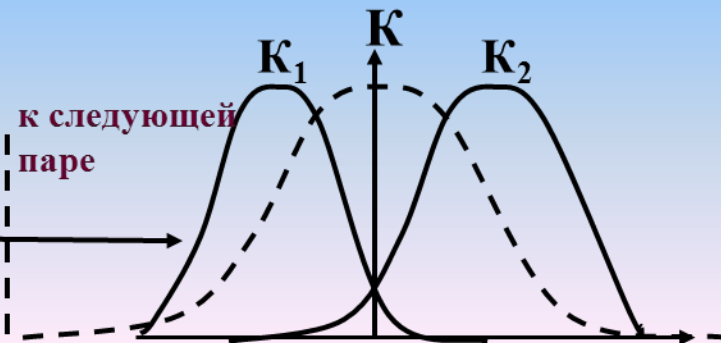
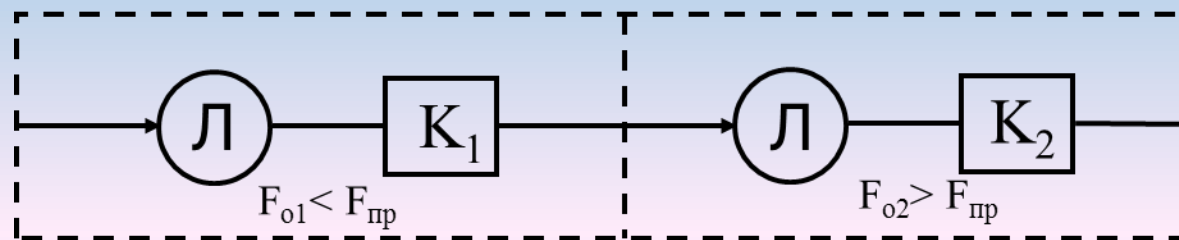
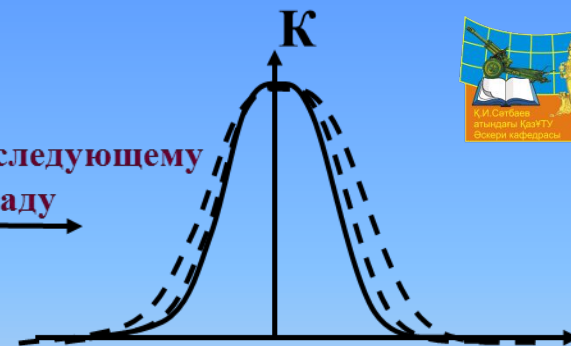
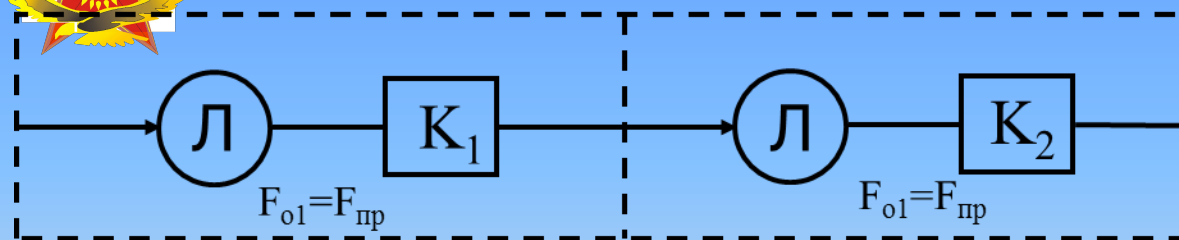
44



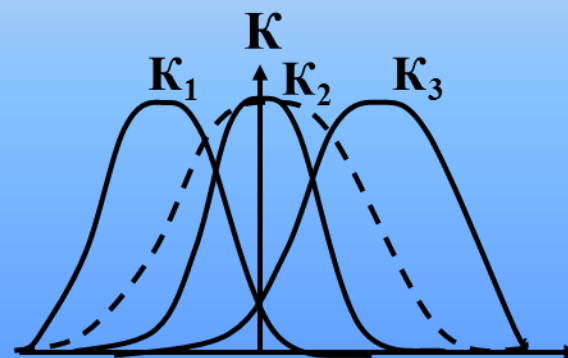
**5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СХЕМЫ УПЧ** — это произведение резонансного коэффициента усиления одного каскада  $K_{01}$  на полосу пропускания  $2\Delta f$  всего многокаскадного усилителя.

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

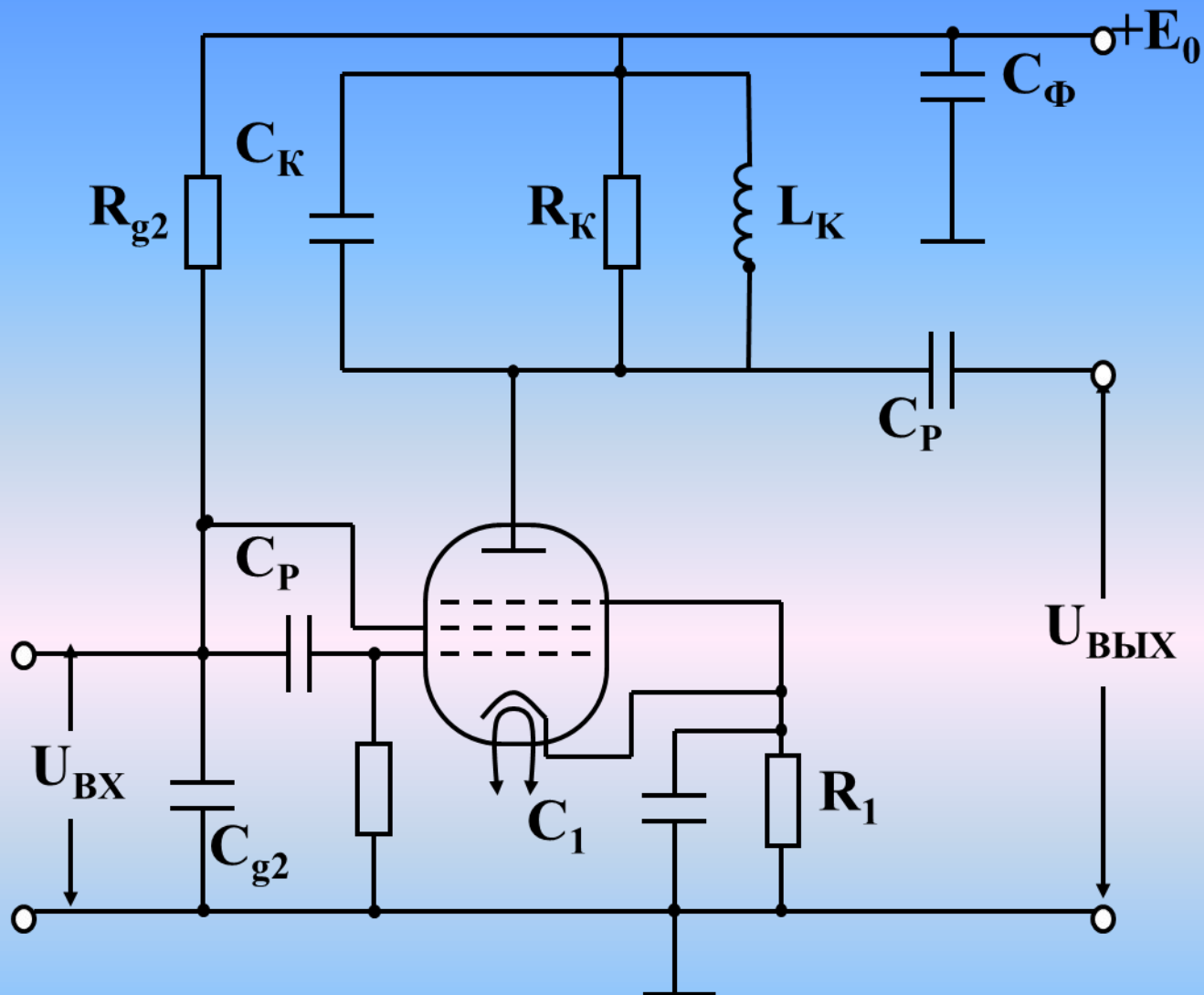
**6. УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ.** УПЧ не должен самовозбуждаться



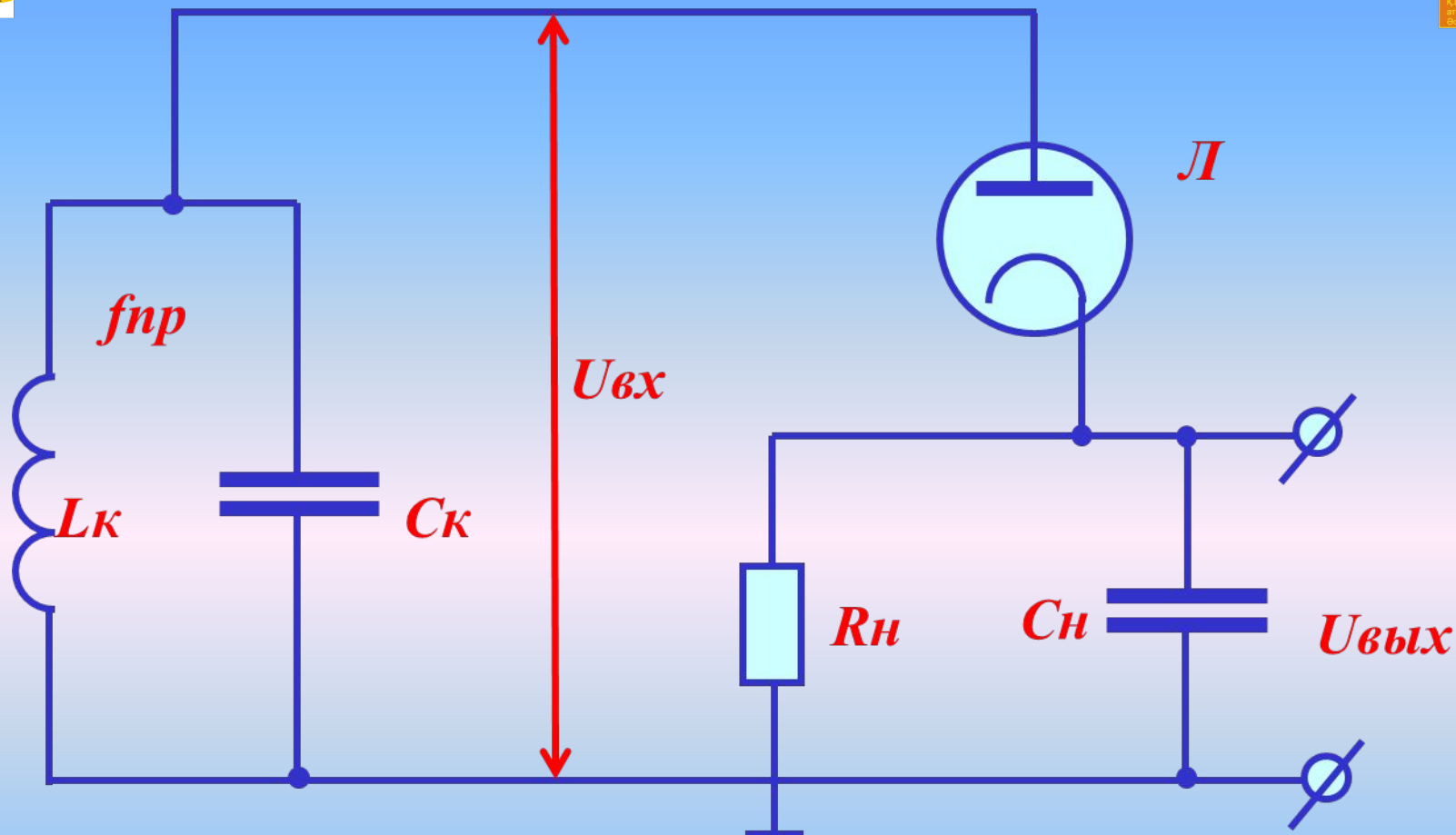
к последующему  
каскаду



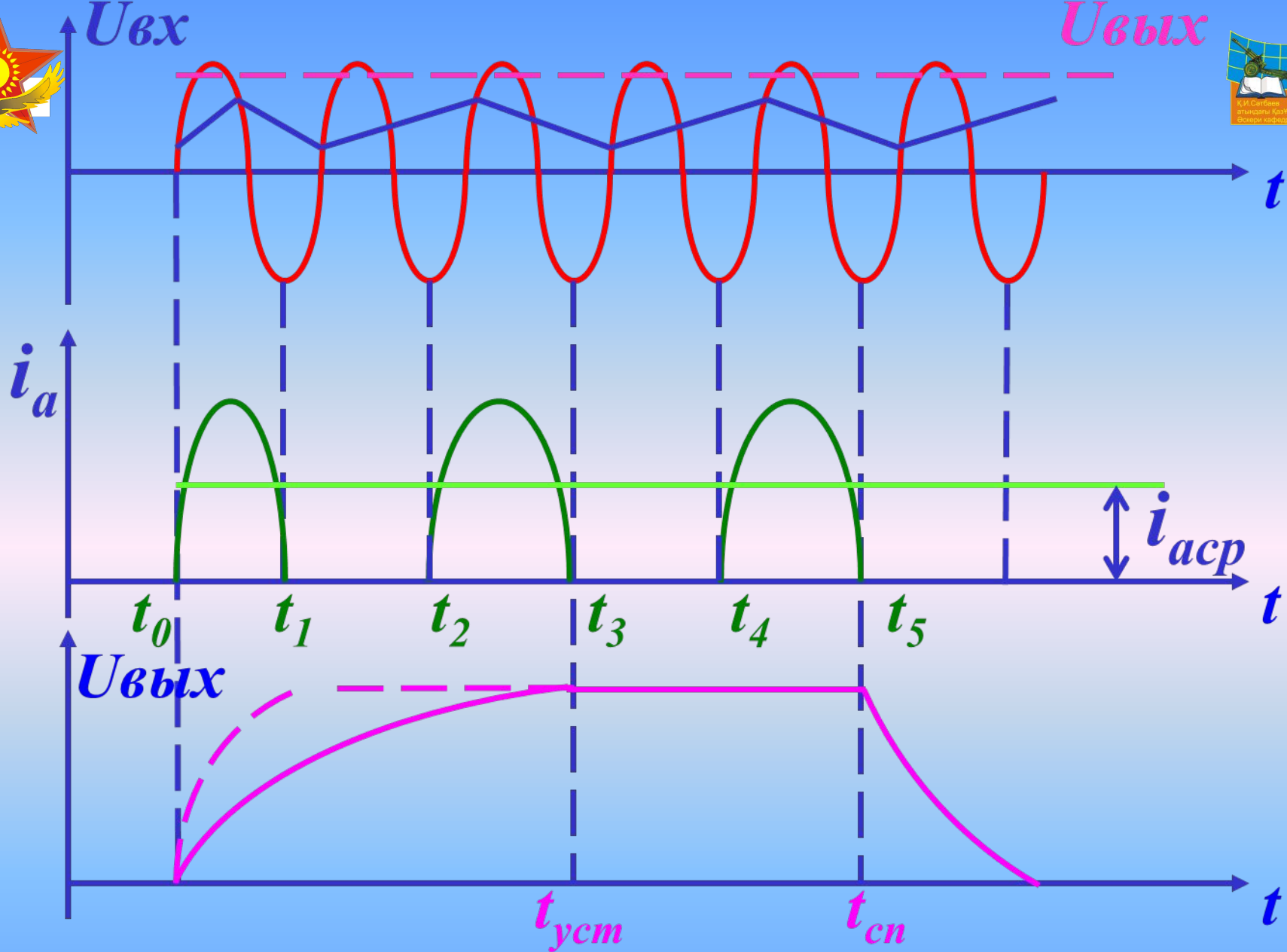
## Классификация УПЧ



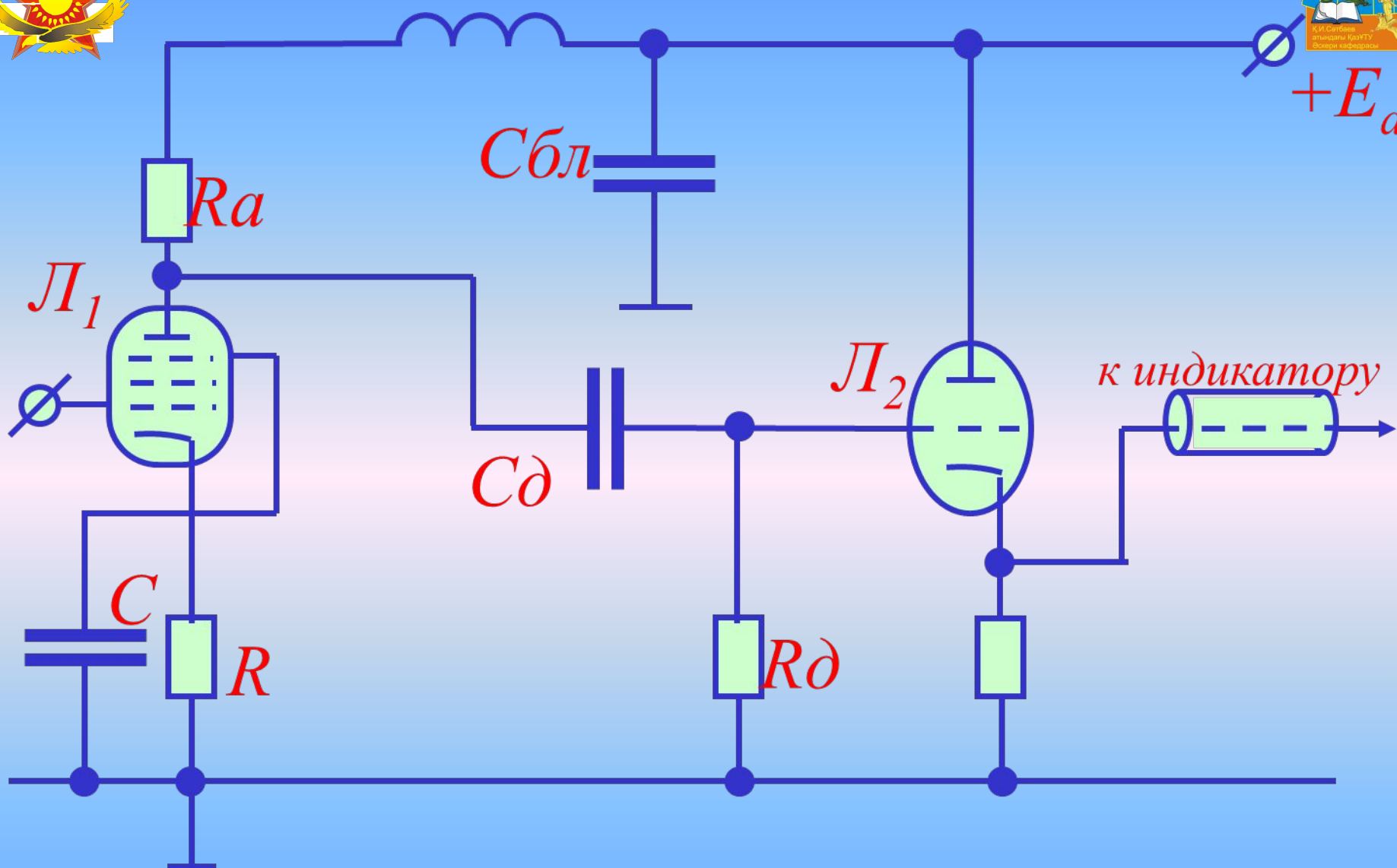
## РЕЗОНАНСНЫЙ КАСКАД С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ НАГРУЗКИ



## СХЕМА АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА



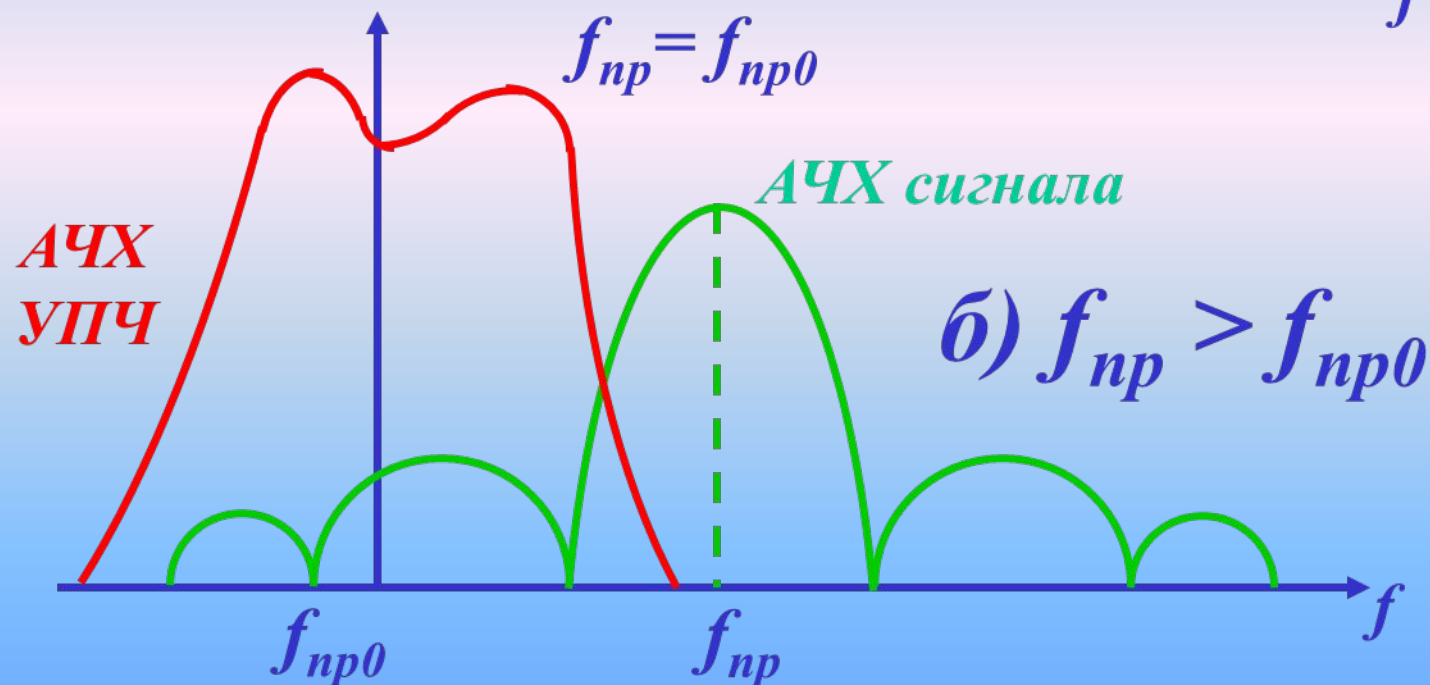
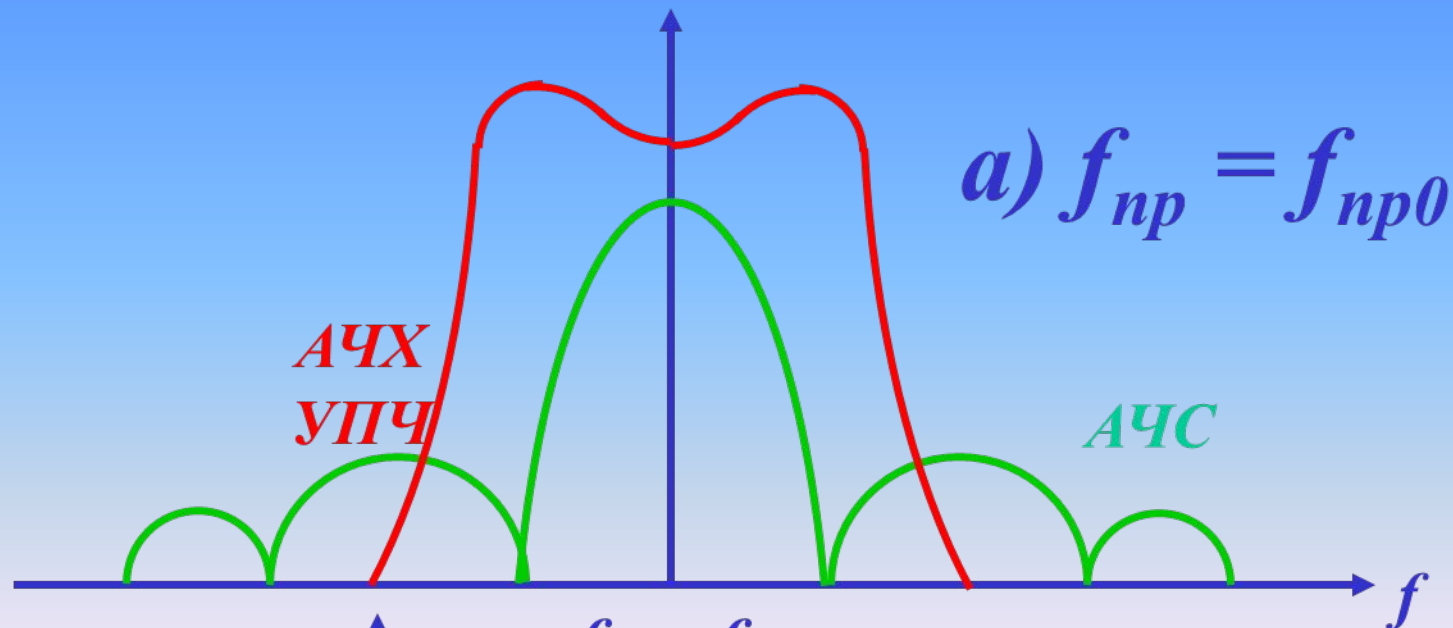
**ЭПЮРЫ НАПРЯЖЕНИЯ, ПОЯСНЯЮЩИЕ ПРИНЦИП РАБОТЫ  
АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА**



# ДВУХКАСКАДНАЯ СХЕМА ВЫХОДНОГО УСТРОЙСТВА ПРИЕМНИКА

- **ЗАНЯТИЕ 3**



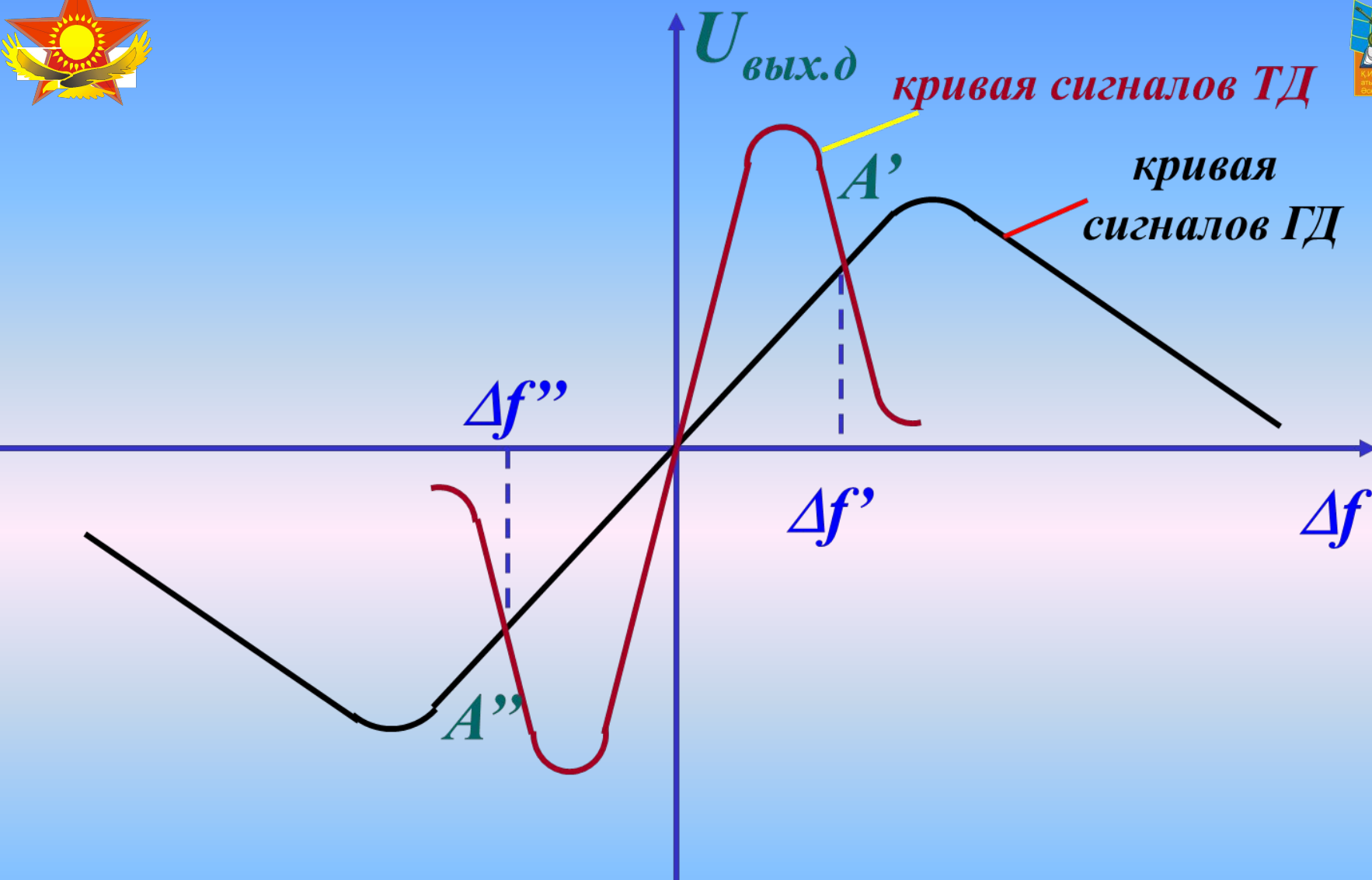


**ВЛИЯНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ  $F_{np}$  НА КАЧЕСТВО ПРИЕМА СИГНАЛА**



# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ДВУХКАНАЛЬНОЙ АПЧ





## АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ АПЧ



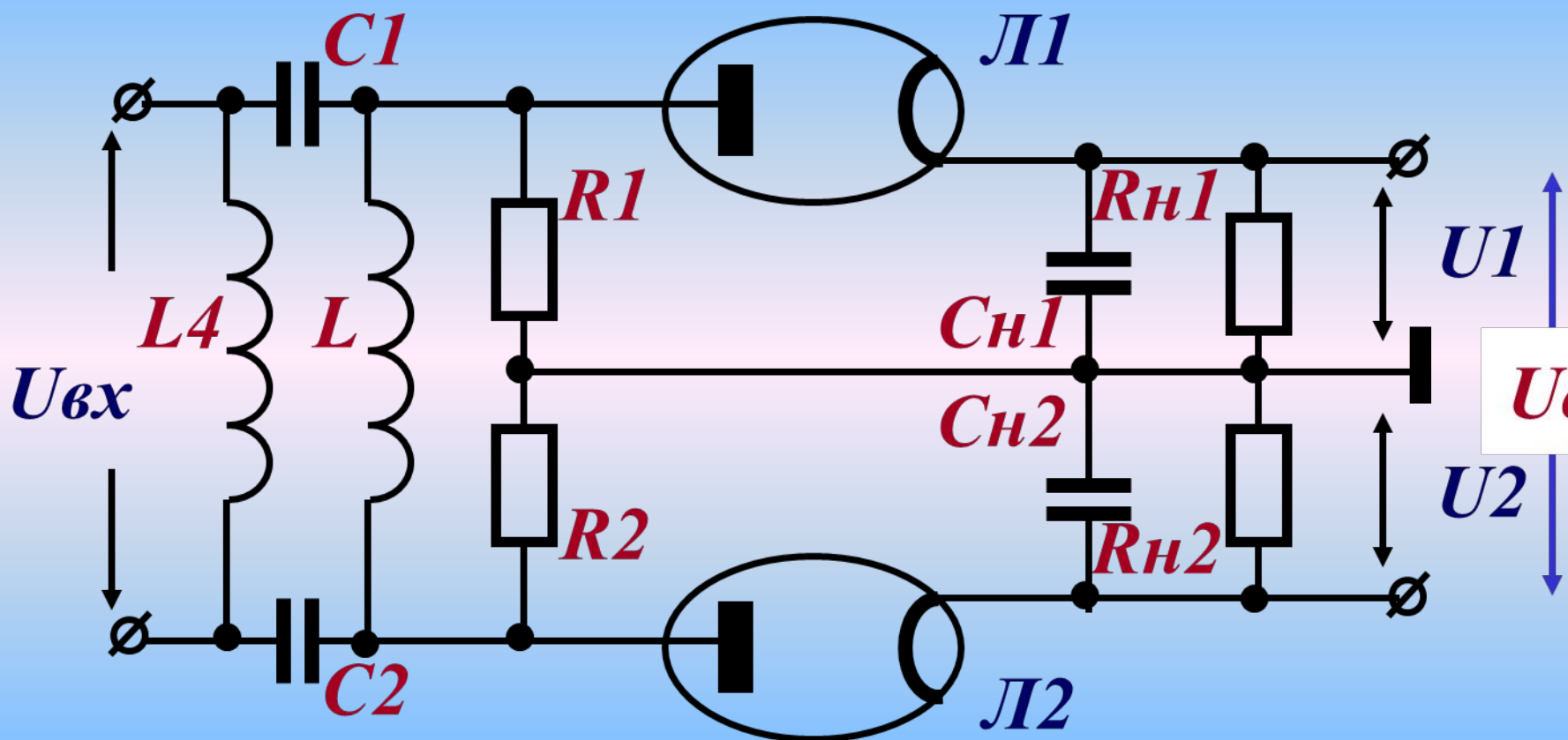
**1. ПОЛОСА СХВАТЫВАНИЯ** – это область максимальных начальных расстройек частоты, в пределах которых система АПЧ при ее включении способна выполнять свои функции.

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

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



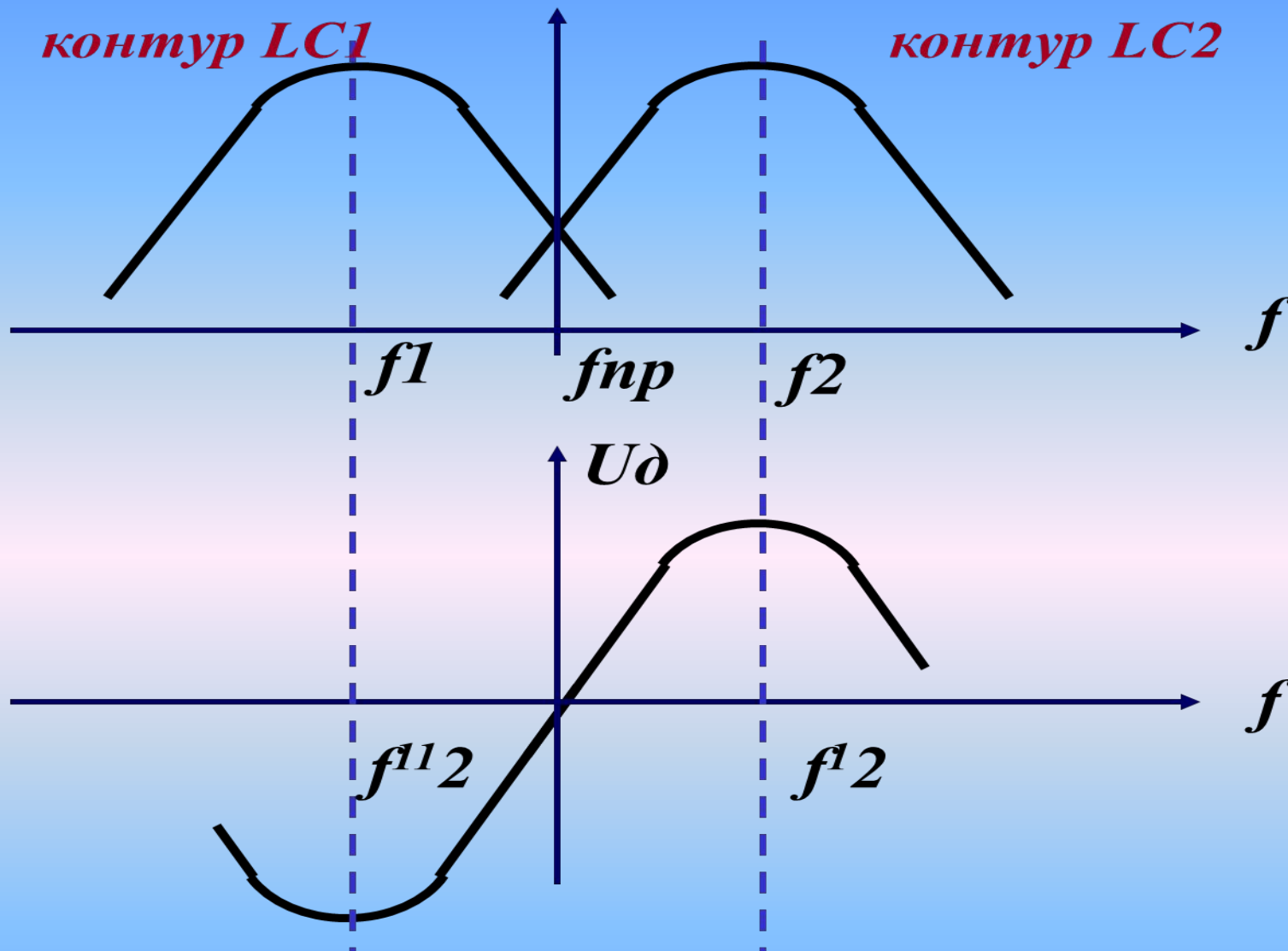
# ЧАСТОТНЫЙ ДИСКРИМИНАТОР С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ РЕЗОНАНСОМ





$U_{mRn}$   
контур  $LC1$

$U_{mRn}$   
контур  $LC2$



# ЭПЮРЫ НАПРЯЖЕНИЙ ДИСКРИМИНАТОРА

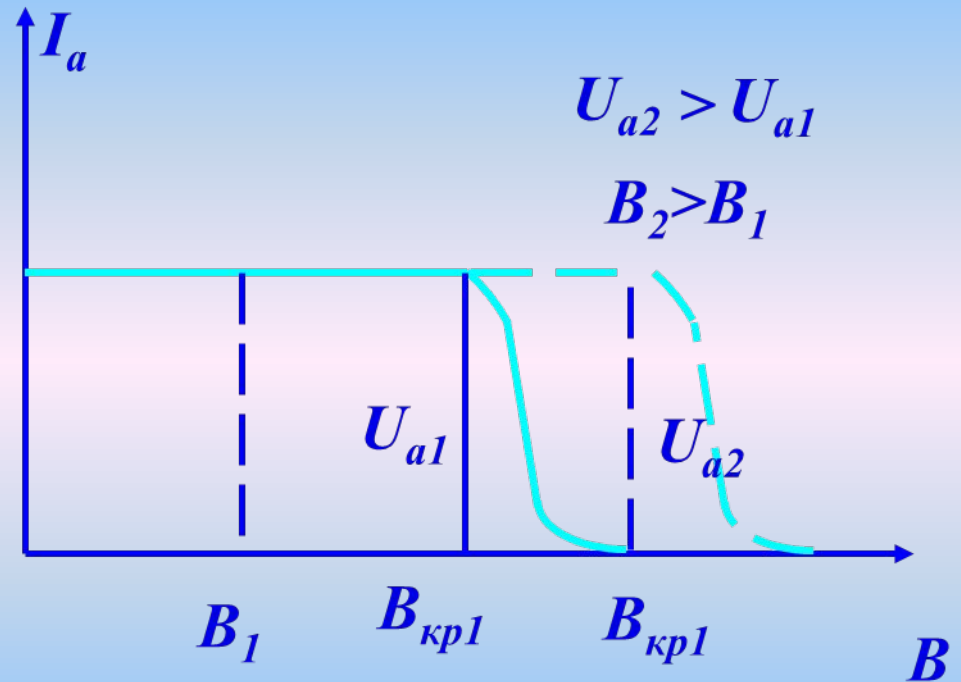
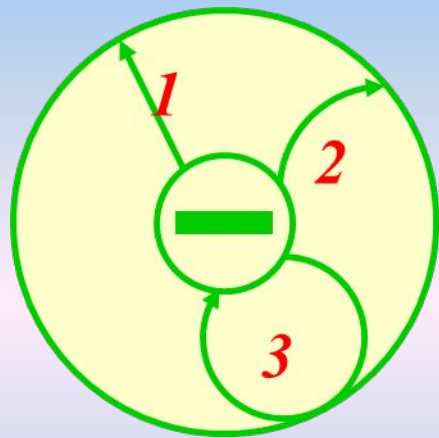
57





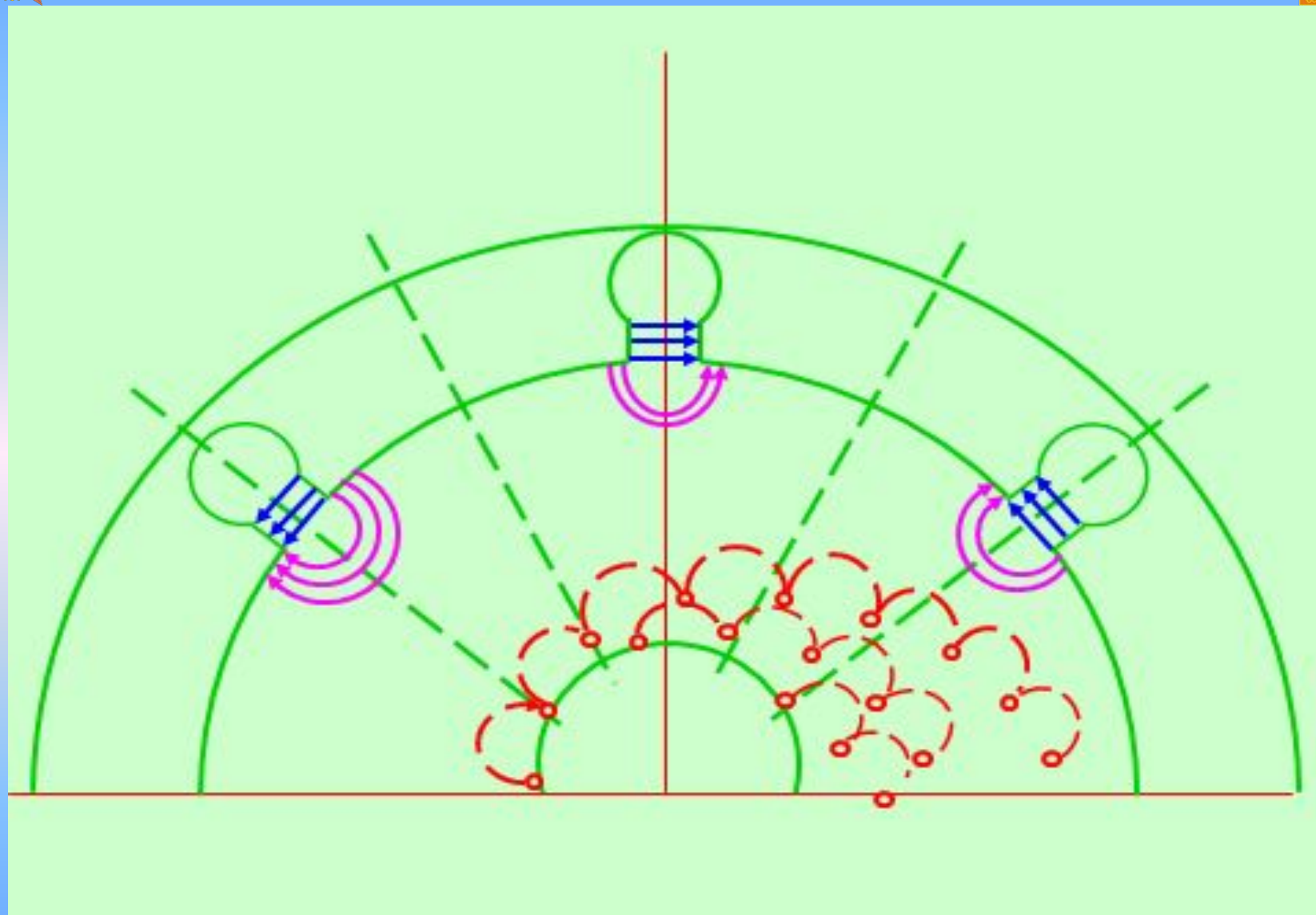






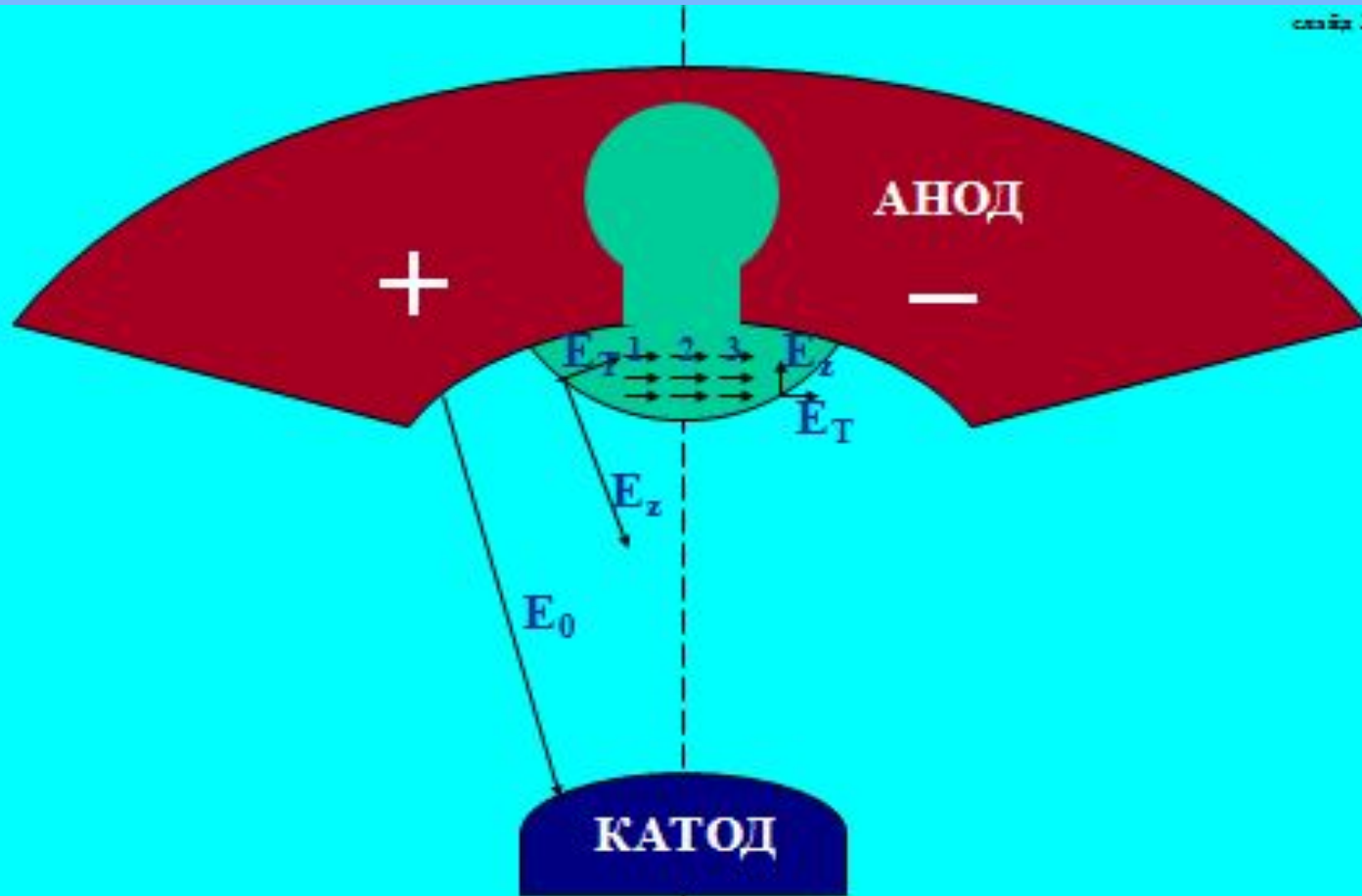
## ТРАЕКТОРИЯ ПОЛЕТА ЭЛЕКТРОНОВ И ЗАВИСИМОСТЬ АНОДНОГО ТОКА ОТ ВЕЛИЧИНЫ ИНДУКЦИИ







слайд № 43



**ФОКУСИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ  
РАДИАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОЛЯ СВЧ**

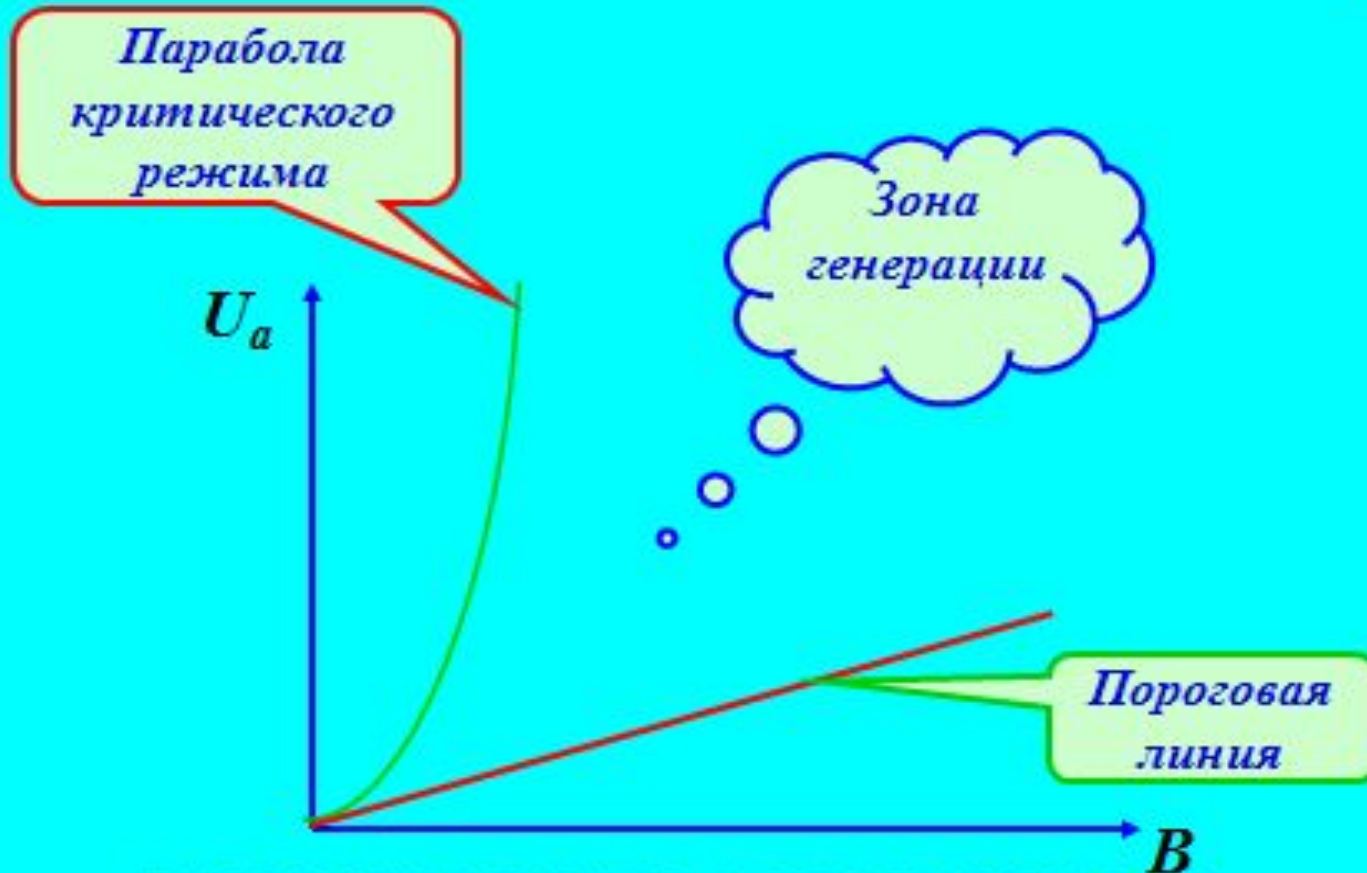


слайд № 49



## ФОРМА ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛАКА В МАГНЕТРОНЕ





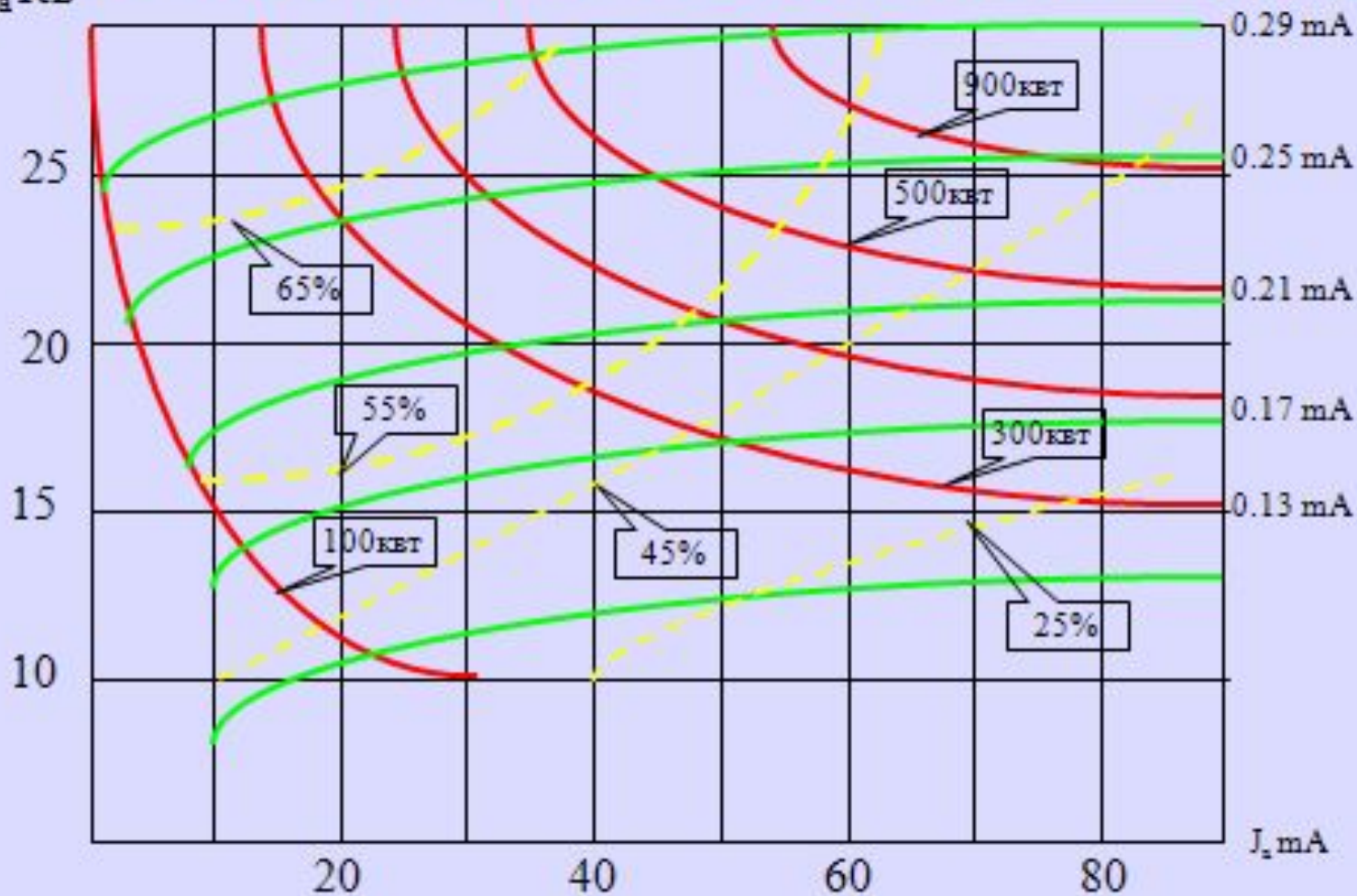
**ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВОГО  
НАПРЯЖЕНИЯ ОТ МАГНИТНОЙ  
ИНДУКЦИИ**





# РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНЕТРОНА

$U_a R_B$





## Тема 4.

# ТРАКТ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ

## Занятие 7. ИМПУЛЬСНЫЕ МОДУЛЯТОРЫ

### Вопросы занятия

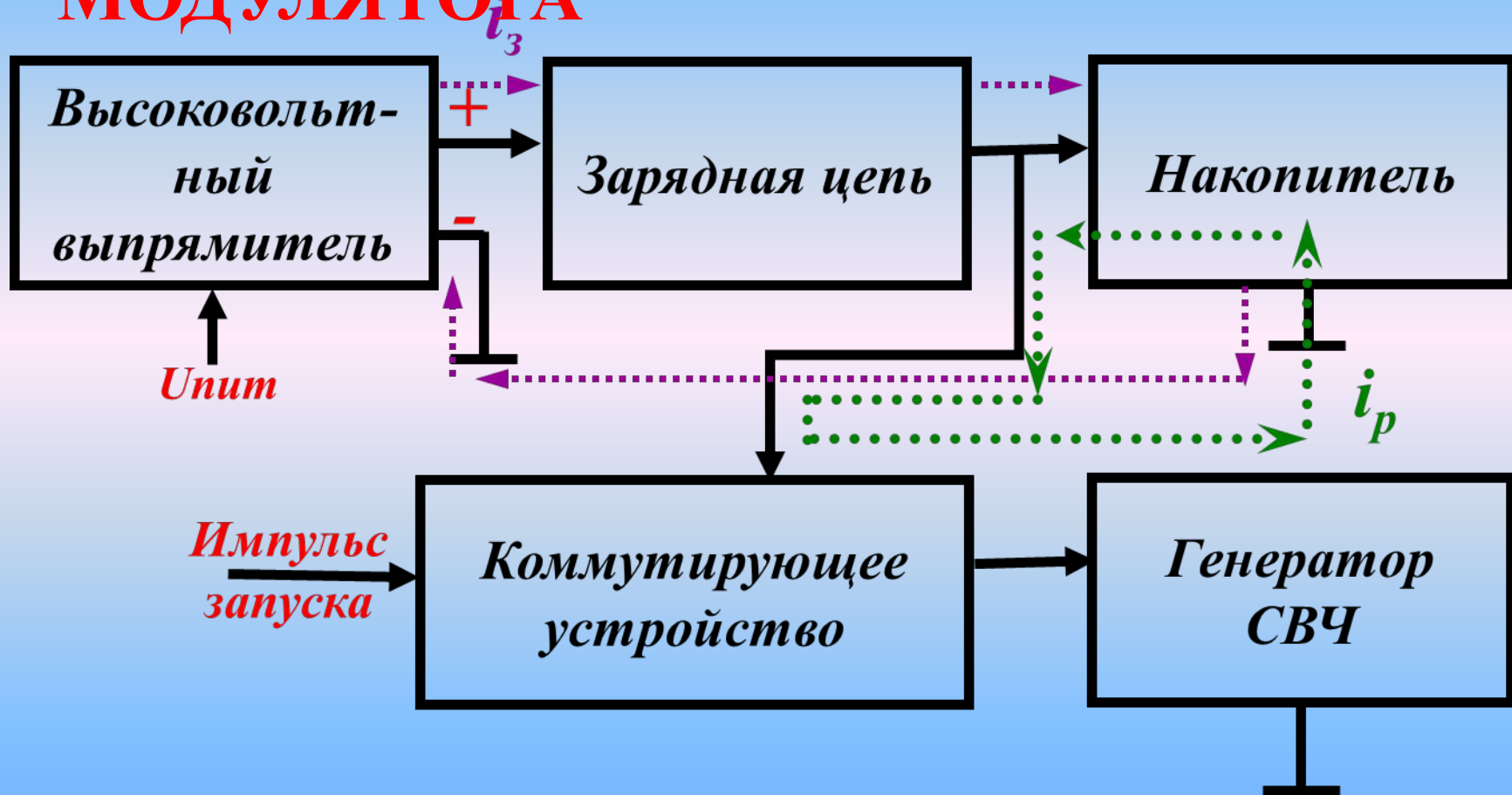
1. Назначение и принцип построения импульсных модуляторов.
2. Способы заряда и разряда накопителя.
3. Принципиальная схема импульсного модулятора.
4. Конструктивное исполнение радиопередающего устройства.





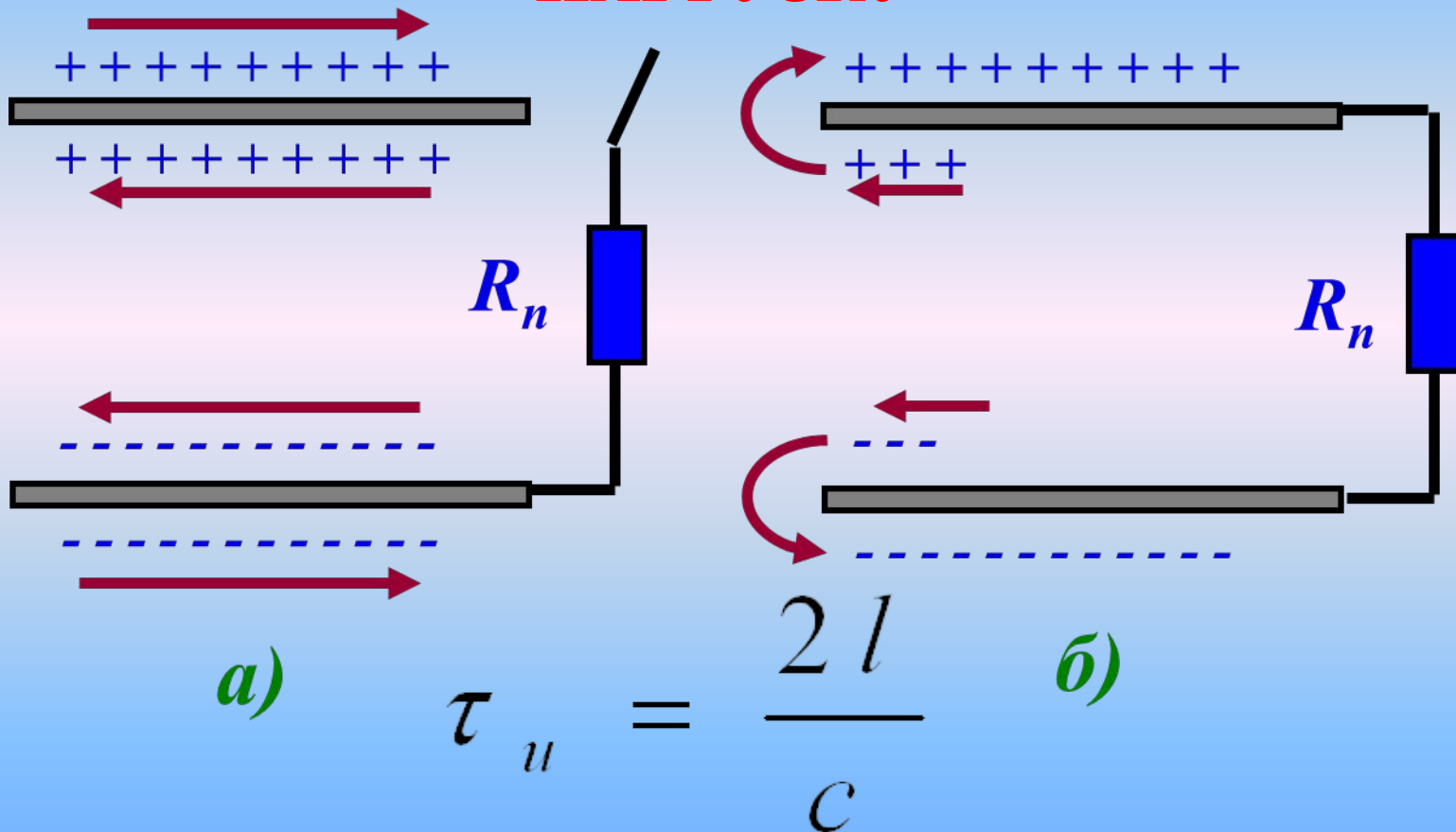


# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МОДУЛЯТОРА



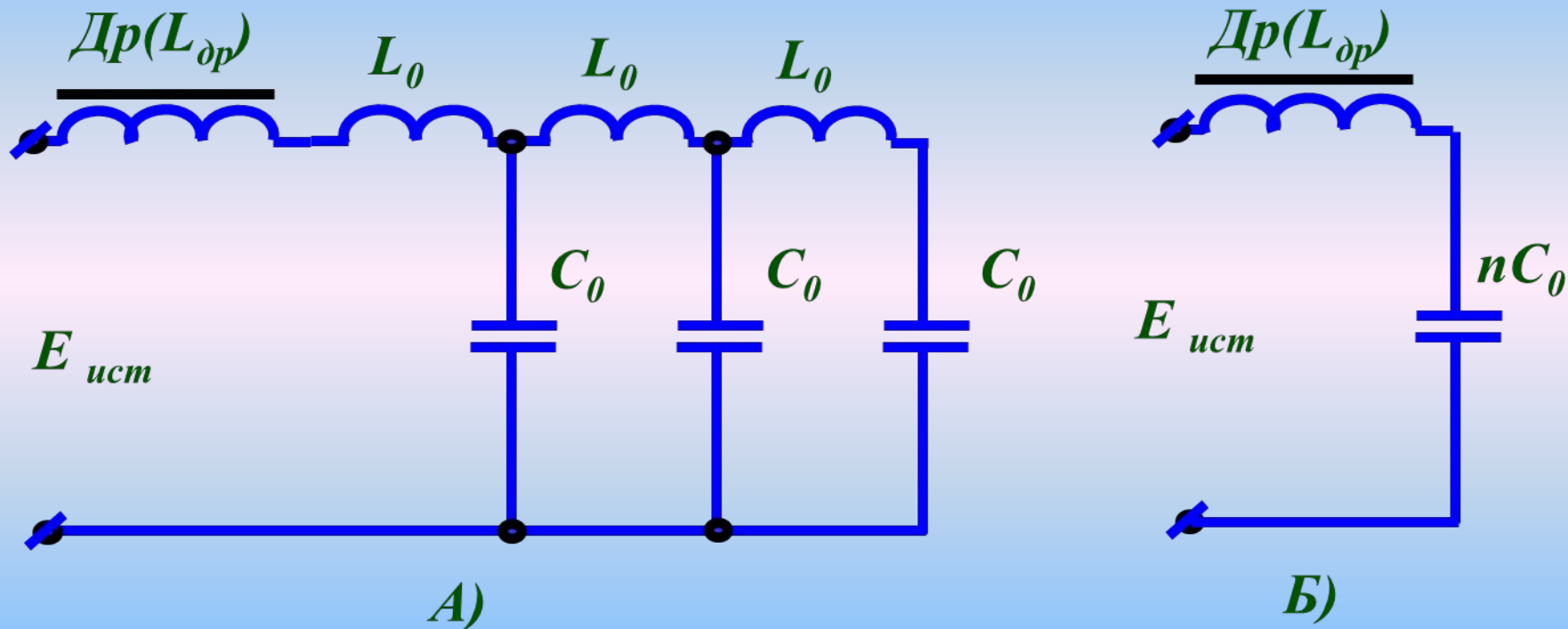


# ПРОЦЕССЫ ЗАРЯДА И РАЗРЯДА ДЛИННОЙ ЛИНИИ НА СОГЛАСОВАННУЮ НАГРУЗКУ



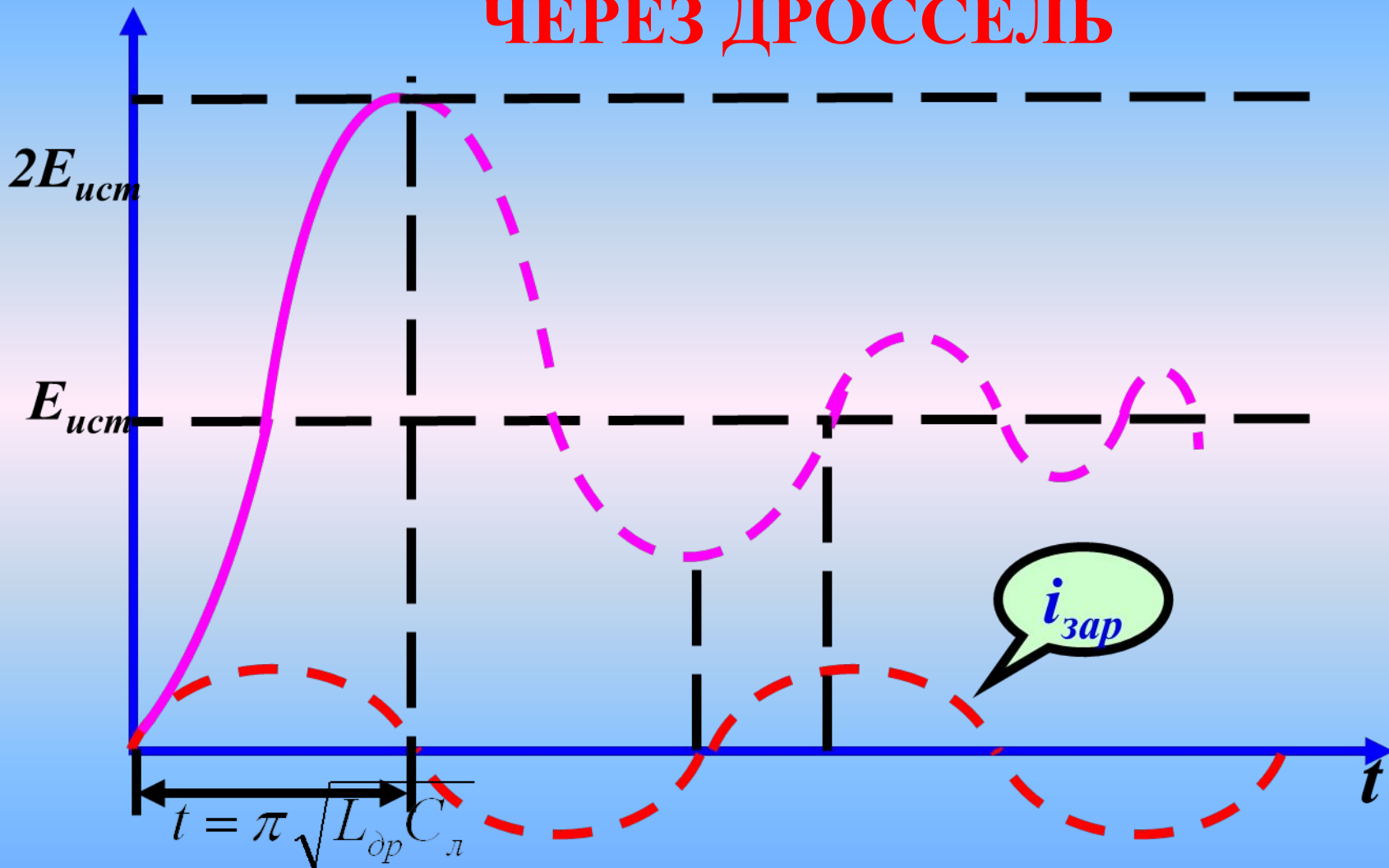


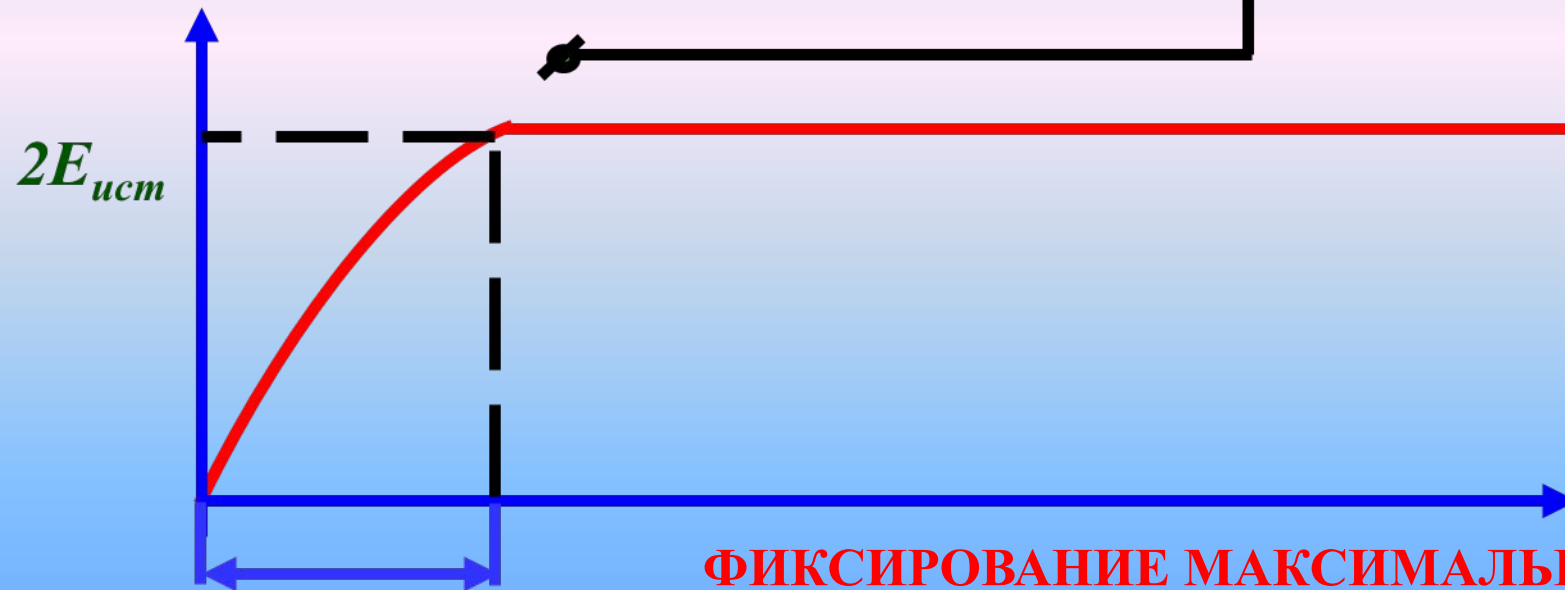
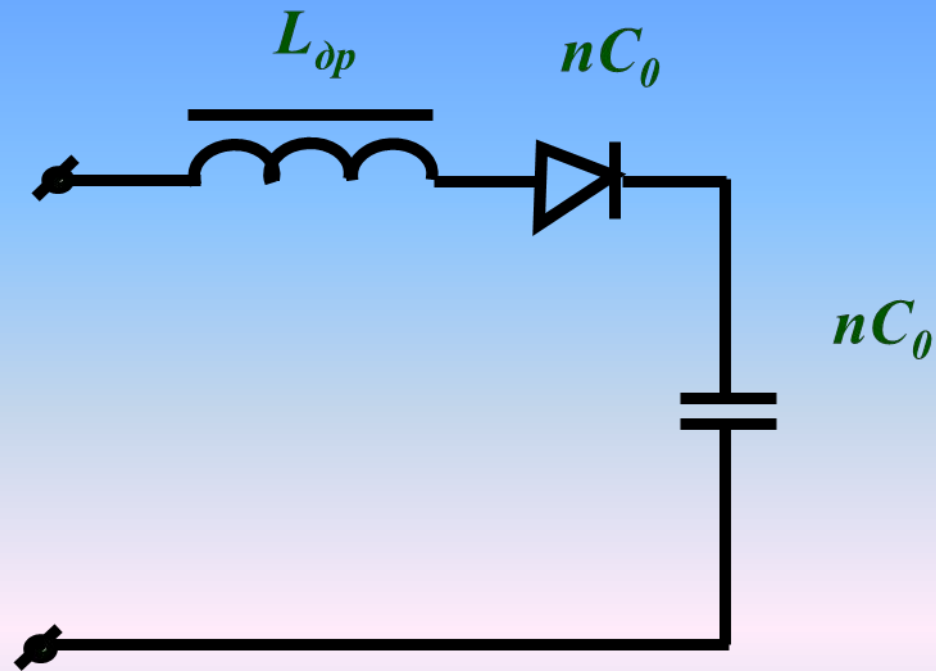
# ЗАРЯД ИСКУССТВЕННОЙ ЛИНИ ЧЕРЕЗ ДРОССЕЛЬ





# ЗАРЯД ИСКУССТВЕННОЙ ЛИНИИ ЧЕРЕЗ ДРОССЕЛЬ



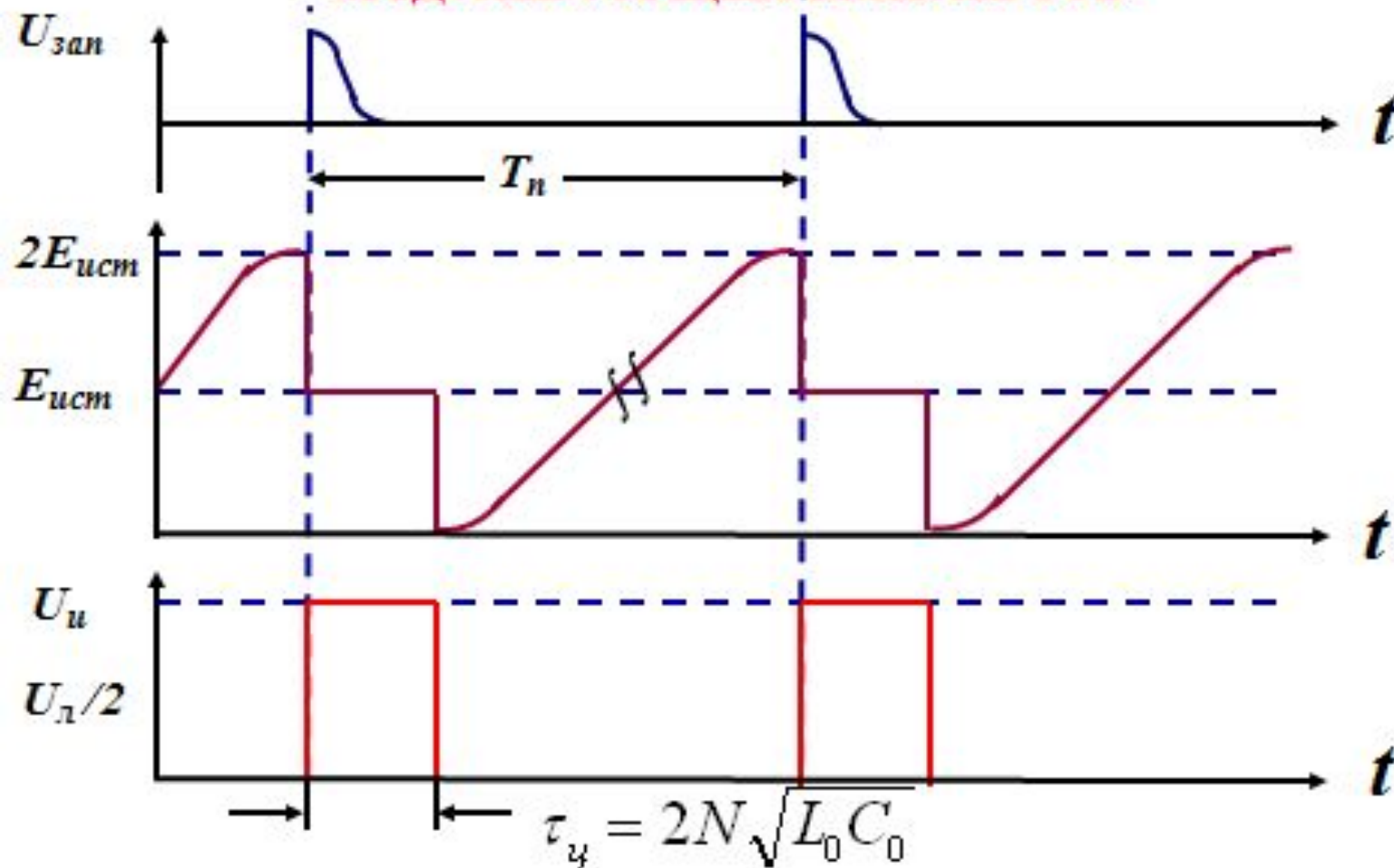


Цикл ПРКРТВ ПВО СВО Л

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



## ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ МОДУЛИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ

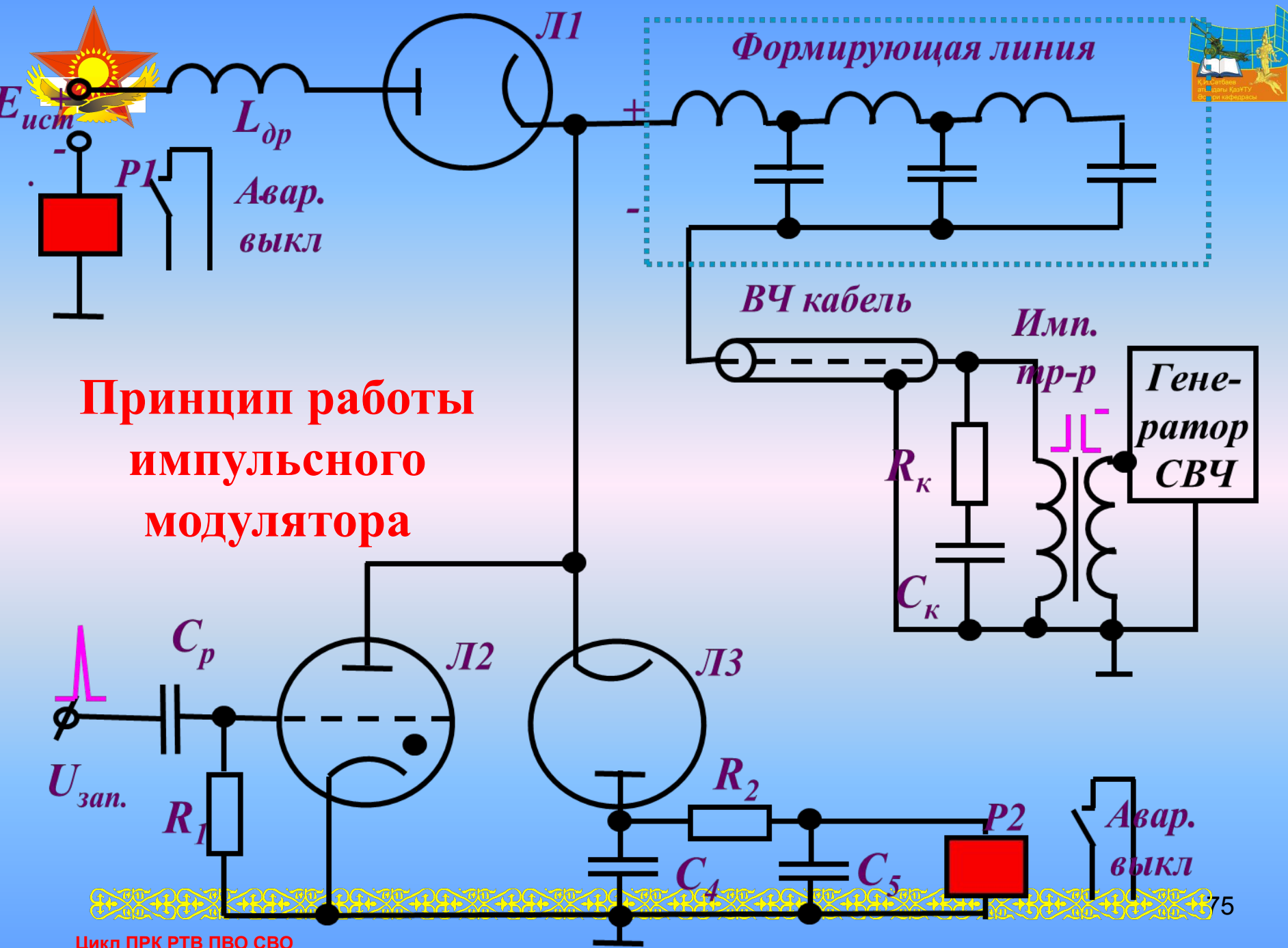




## **ВЫВОДЫ:**

- 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.**

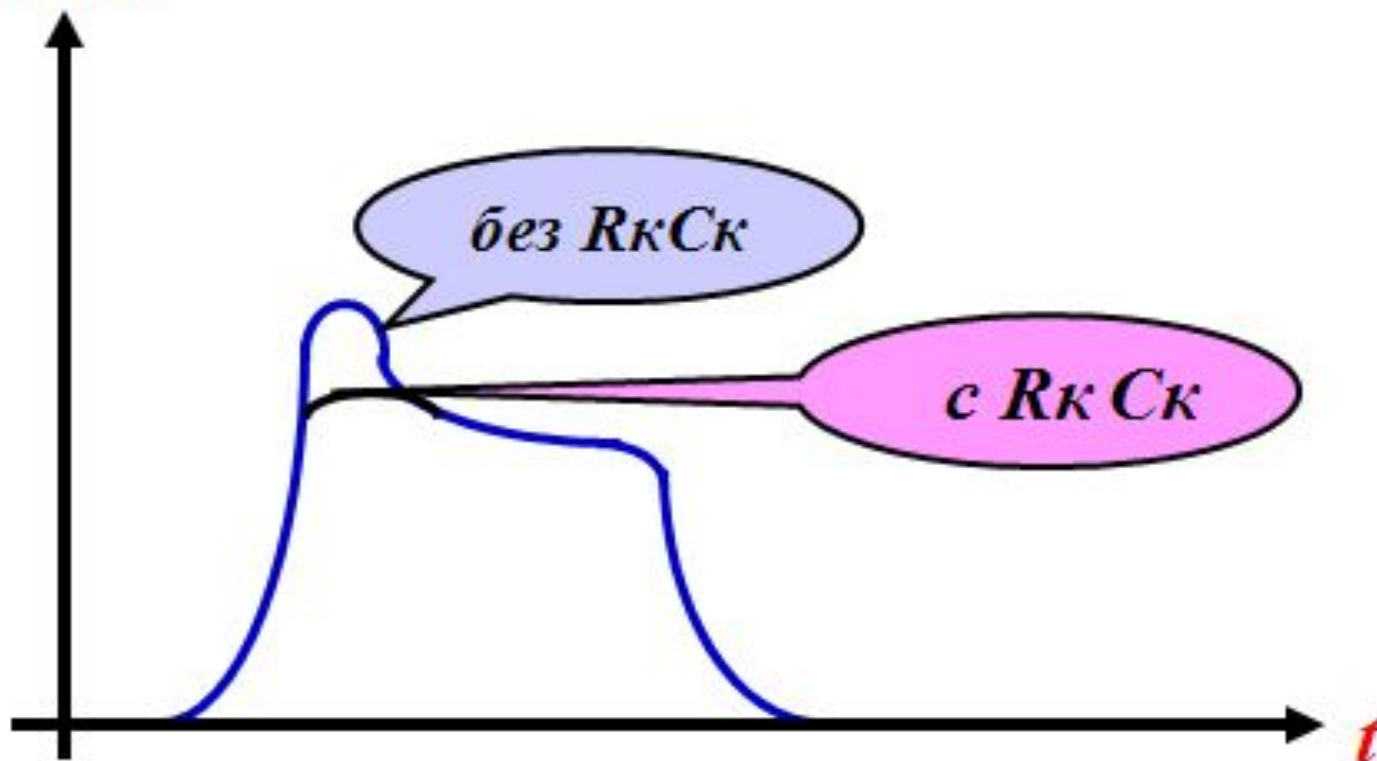








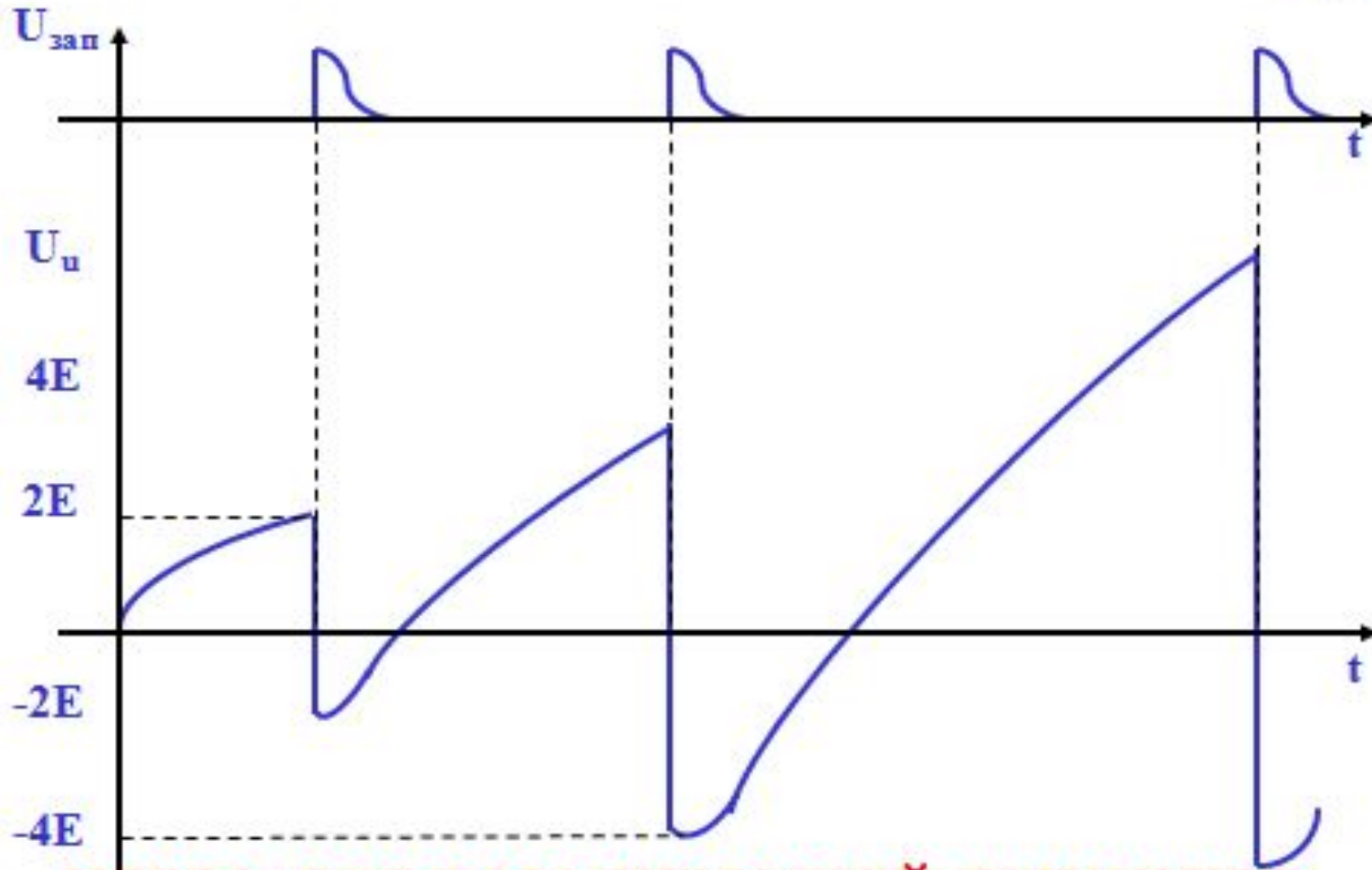
$U_{\text{имп}}$



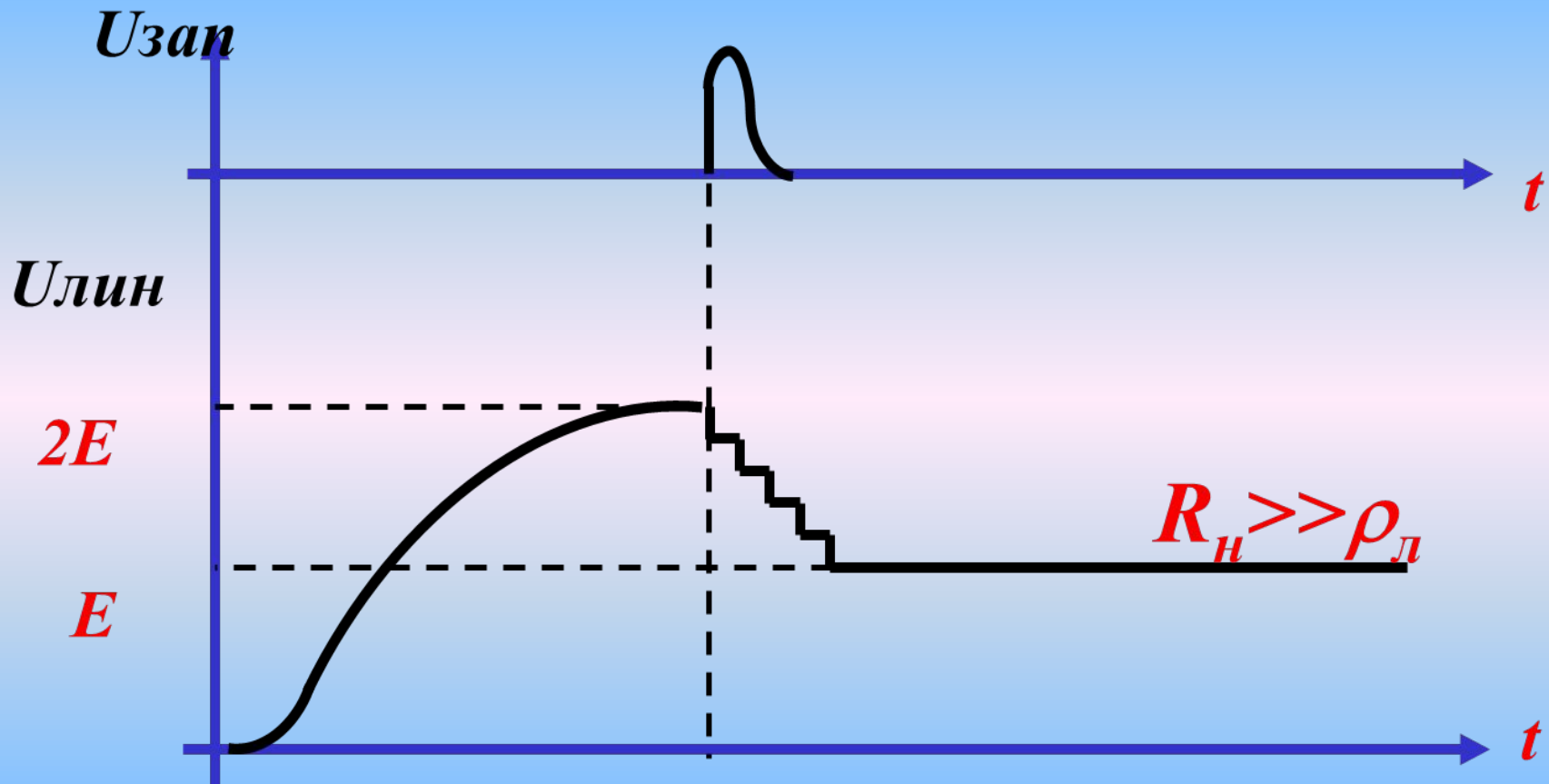
**ДЕЙСТВИЕ  
КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ ЦЕПИ**



слайд № 62



**ПЕРЕЗАРЯД ФОРМИРУЮЩЕЙ ЛИНИИ ПРИ  
КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ**



## К РЕЖИМУ ХОЛОСТОГО ХОДА В МОДУЛЯТОРЕ





НАЗАР  
АУДАРҒАНДАРЫҢЫЗҒА  
РАХМЕТ!

ҚАЗҰТУ

