



# ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЛВ РТВ ПВО



**ТЕМА № 4**

**ТРАКТ ГЕНЕРИРОВАНИЯ  
И ИЗЛУЧЕНИЯ**

**ЗАНЯТИЕ №1**

**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О  
РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ  
УСТРОЙСТВАХ**





# Учебные и воспитательные цели занятия:

**ЗНАТЬ** назначение и принцип работы системы синхронизации по запуску и масштабных отметок дистанции;

**УМЕТЬ** начертить структурную схему формирования масштабных отметок дистанции.





# УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ

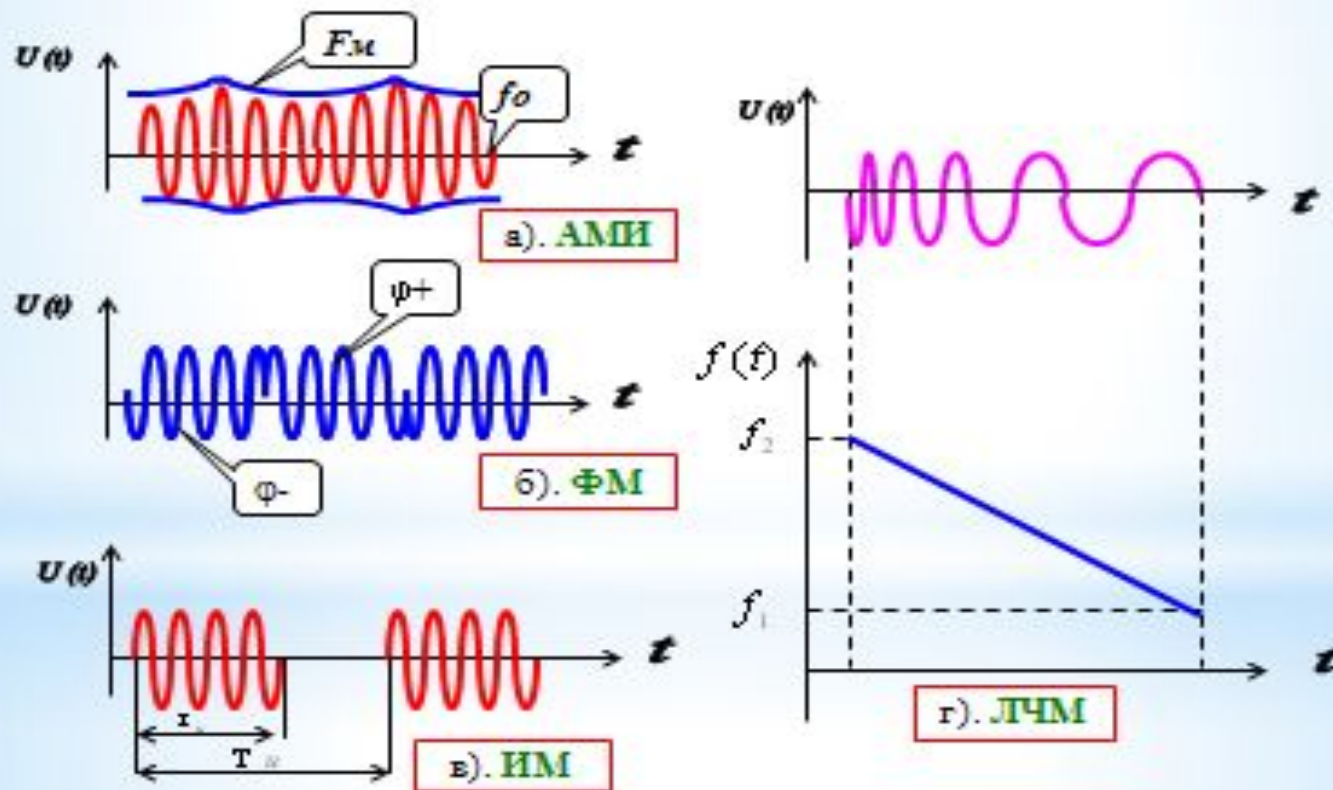
1. Назначение, классификация и принцип построения радиопередающих устройств.
2. Структурная схема радиопередающего устройства импульсной РЛС и взаимодействие элементов.
3. Требования, предъявляемые к радиопередающим устройствам.
4. Назначение и характеристика тракта передачи энергии СВЧ.

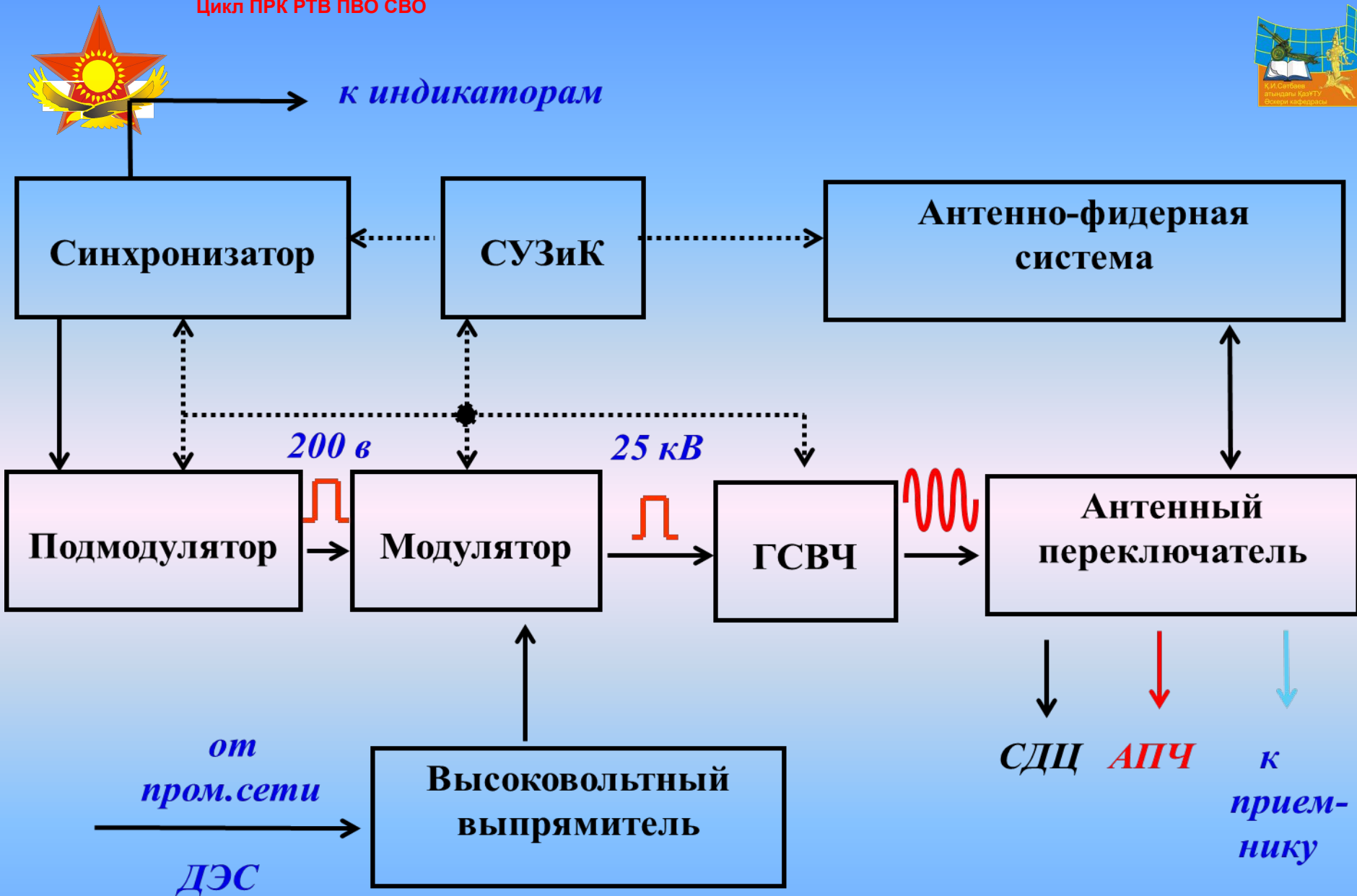




слайд № 3

# ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

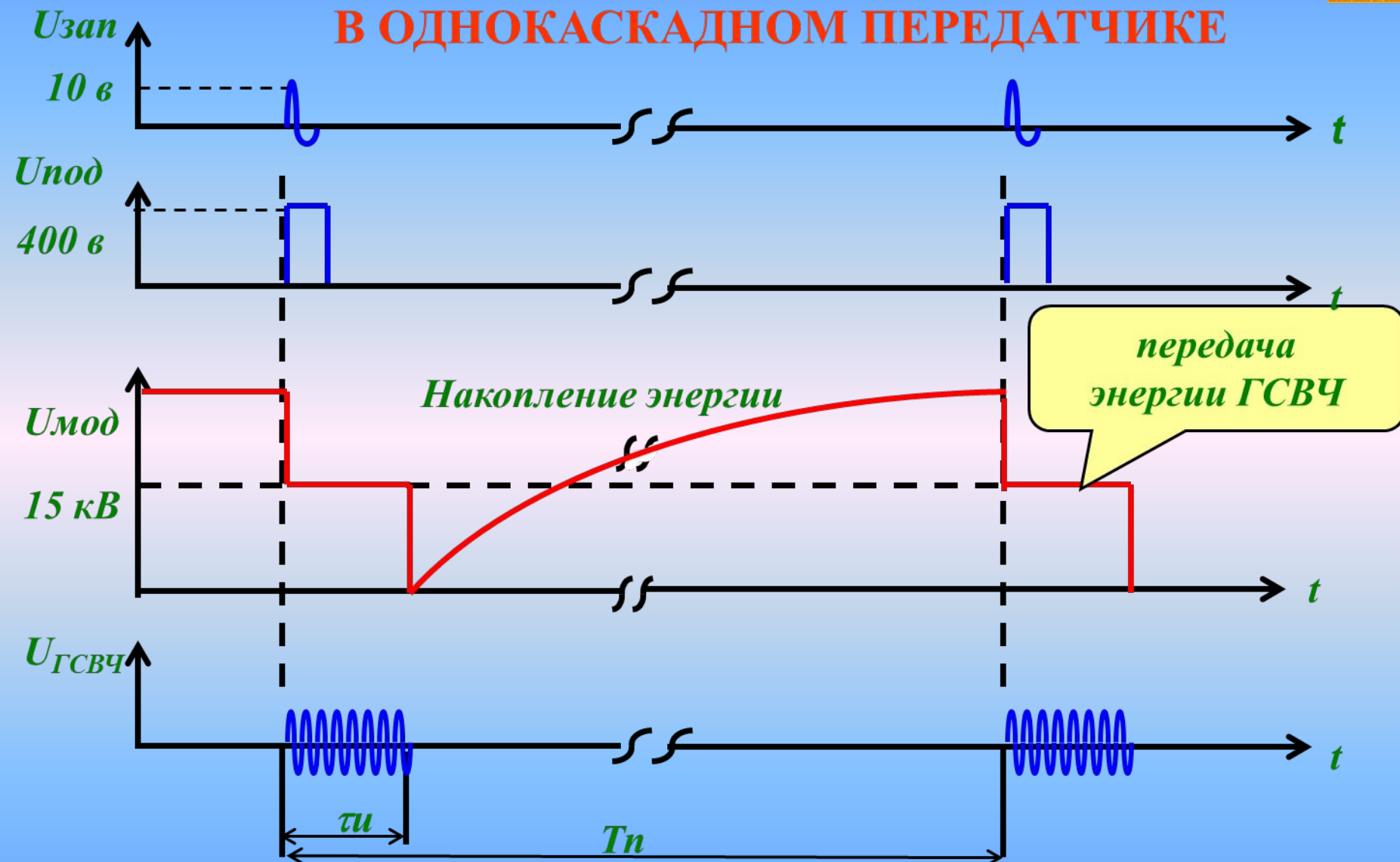




# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ОДНОКАСКАДНОГО ПЕРЕДАТЧИКА



# ЭПЮРЫ НАПРЯЖЕНИЙ В ОДНОКАСКАДНОМ ПЕРЕДАТЧИКЕ





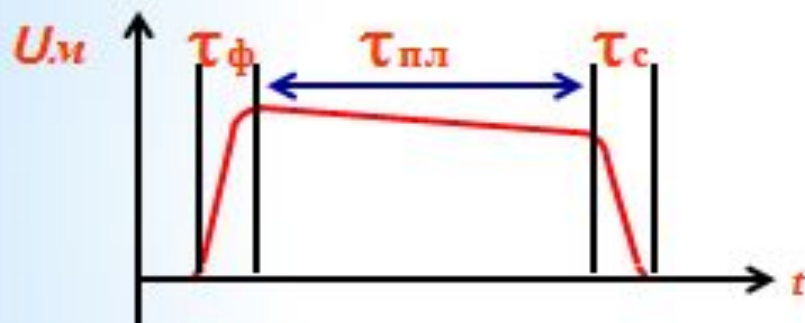
# МАКСИМАЛЬНАЯ ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ СТАНЦИИ

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_u \bullet G_1 \bullet \delta \bullet S_a}{(4\pi)^2 \bullet P_{np.\min}}}$$





## ФОРМА ИМПУЛЬСА МОДУЛЯТОРА И ГЕНЕРАТОРА СВЧ

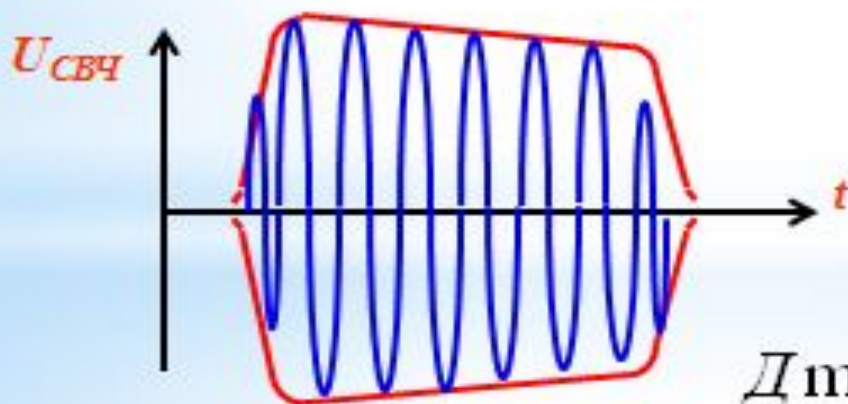


$$P_u \bullet \tau_u$$

Энергетический  
потенциал  
станции

$$\frac{P_{np.min}}{\tau_u}$$

Максимальная  
чувствительность  
приемника



$$D_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_u \bullet \tau_u \bullet G \bullet \delta \bullet S_a}{16\pi^2 \bullet P_{пред.}}}$$





*Коэффициент полезного действия передатчика – это отношение его выходной средней мощности, потребляемой им от источника питания*

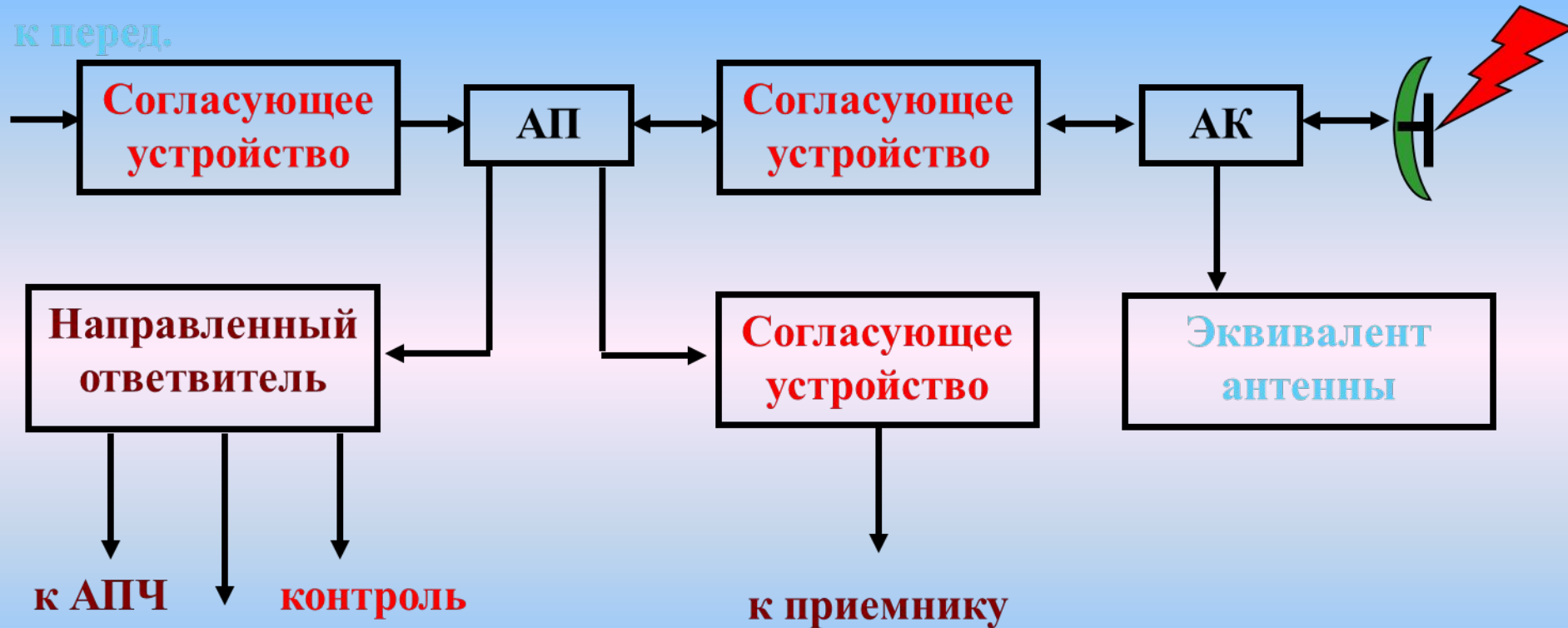
$$\eta = \frac{P_{ср}}{P_0}$$

$$\eta - 0,2 \dots 0.6$$



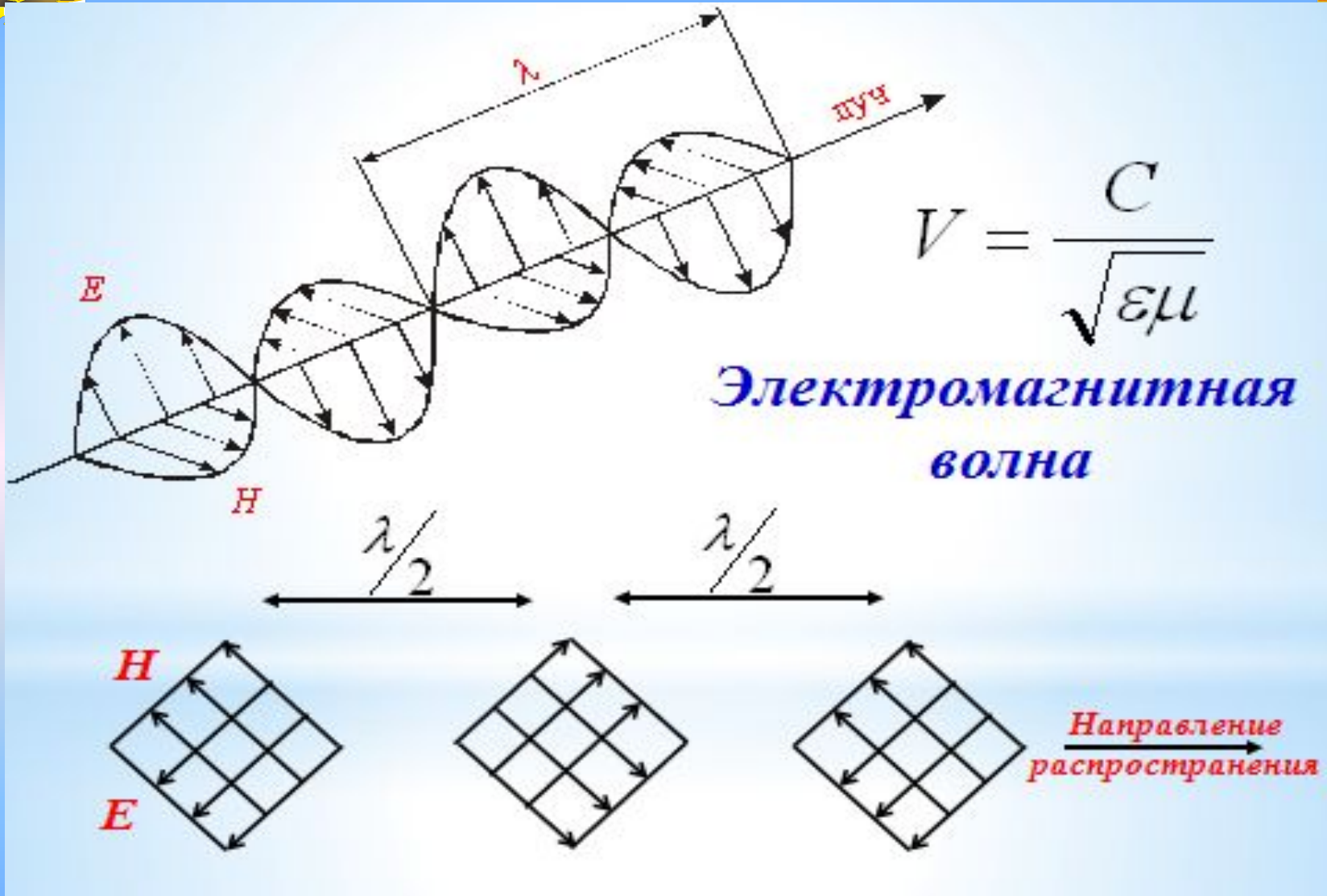
# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ТРАКТА ИЗЛУЧЕНИЯ

к перед.



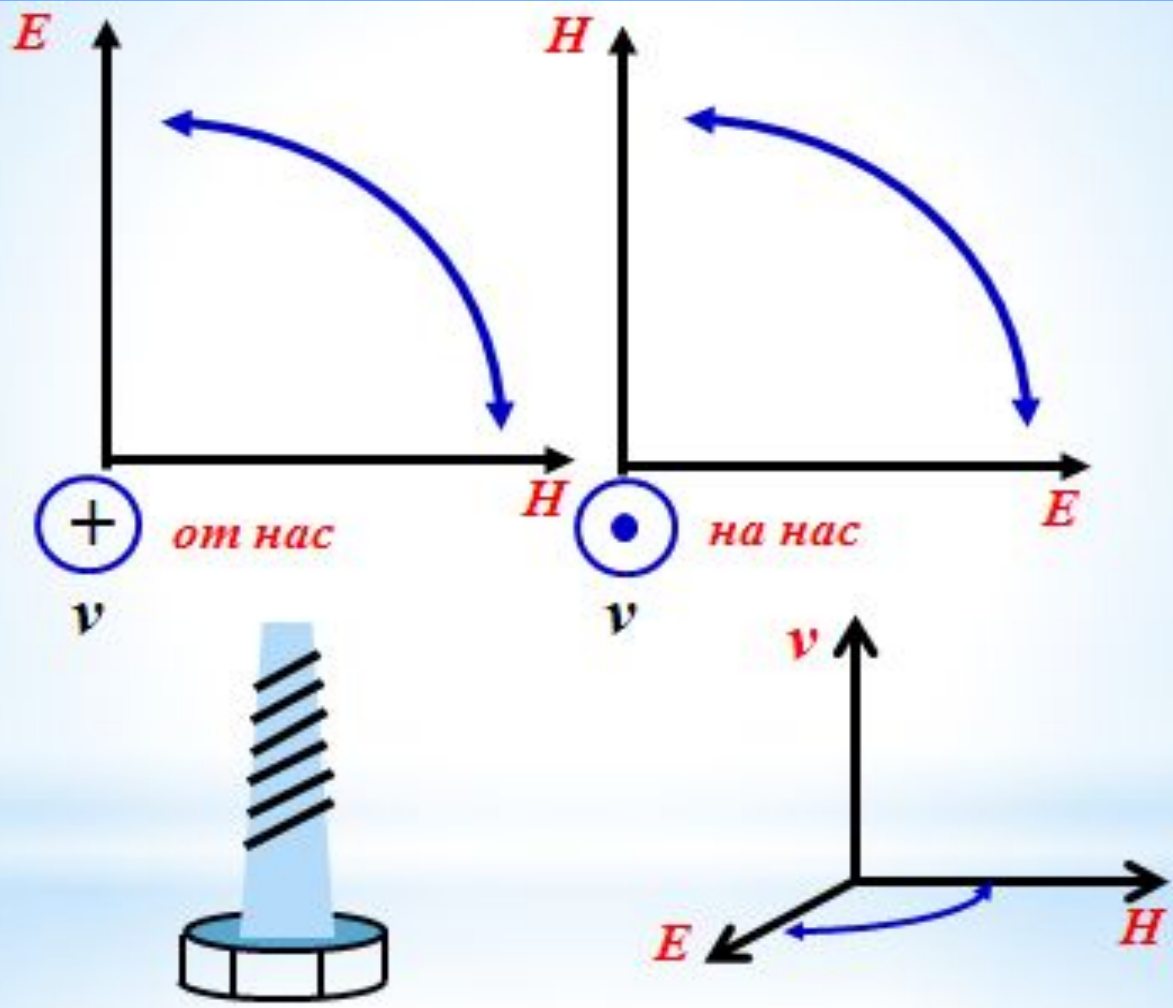
*Тракт передачи энергии СВЧ импульсных РЛС  
предназначен для передачи энергии генератора СВЧ  
к антенне*







слайд № 11



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ**



**Тема 4.**

## **ТРАКТ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ**

**Занятие 2.**

## **ТРАКТ ПЕРЕДАЧИ СВЧ ЭНЕРГИИ**

### **Вопросы занятия.**

- 1. Назначение и параметры длинных линий**
- 2. Режимы волн в длинных линиях**
- 3. Свойства отрезков длинных линий**





# ДВУХПРОВОДНАЯ ЛИНИЯ



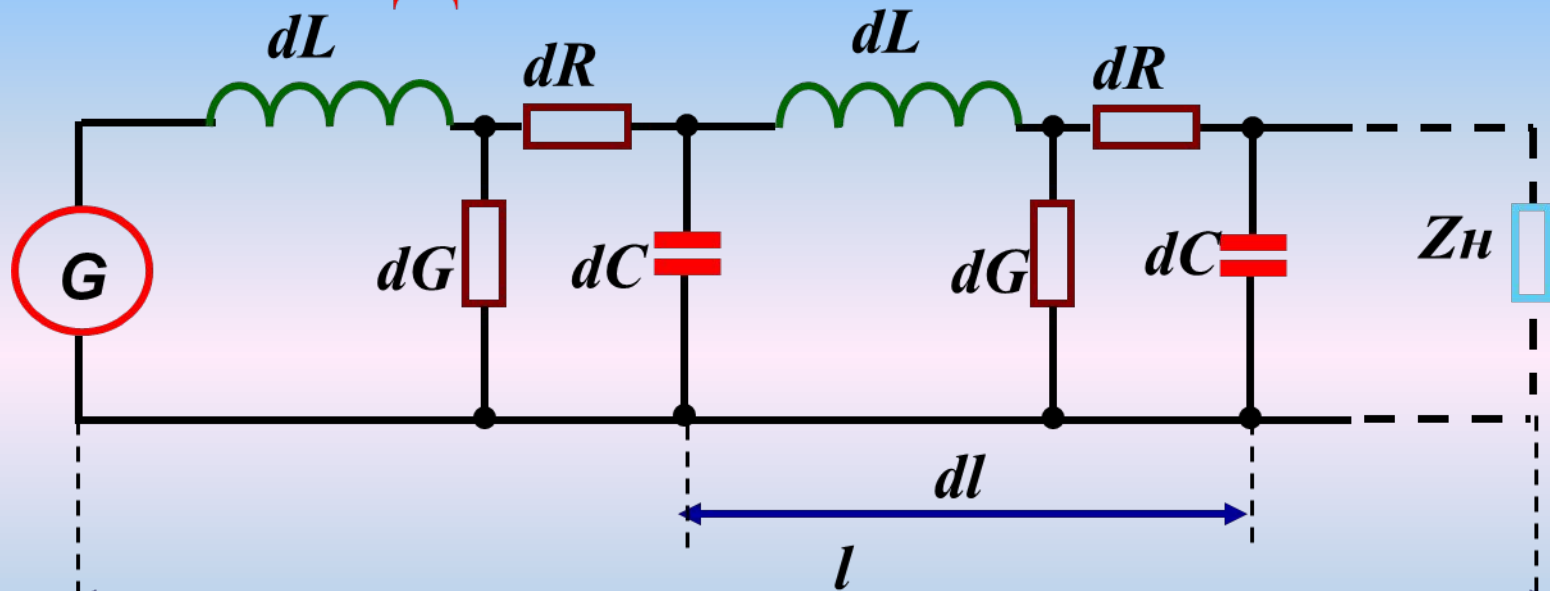
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$c$  – скорость света, равная  $3 \cdot 10^8$   
 $\text{м/с}$





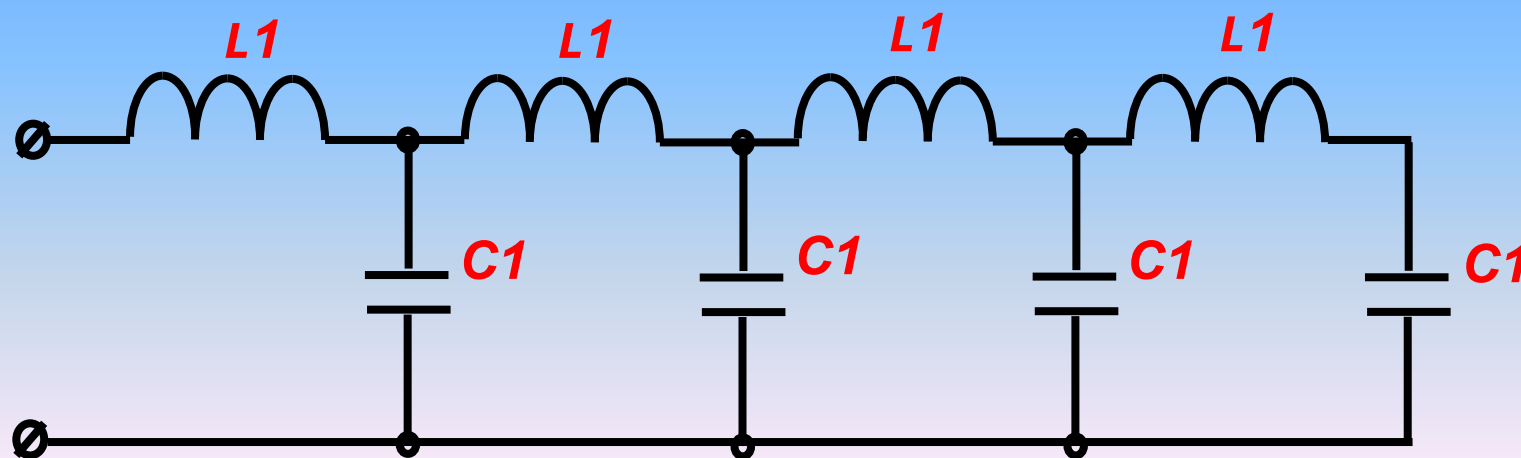
# ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА ДЛИННОЙ ЛИНИИ



Двухпроводная линия представляет собой электрическую цепь с распределенными параметрами, в которой каждый участок провода обладает емкостью, индуктивностью и активным сопротивлением.



# ИСКУССТВЕННАЯ ДЛИННАЯ ЛИНИЯ

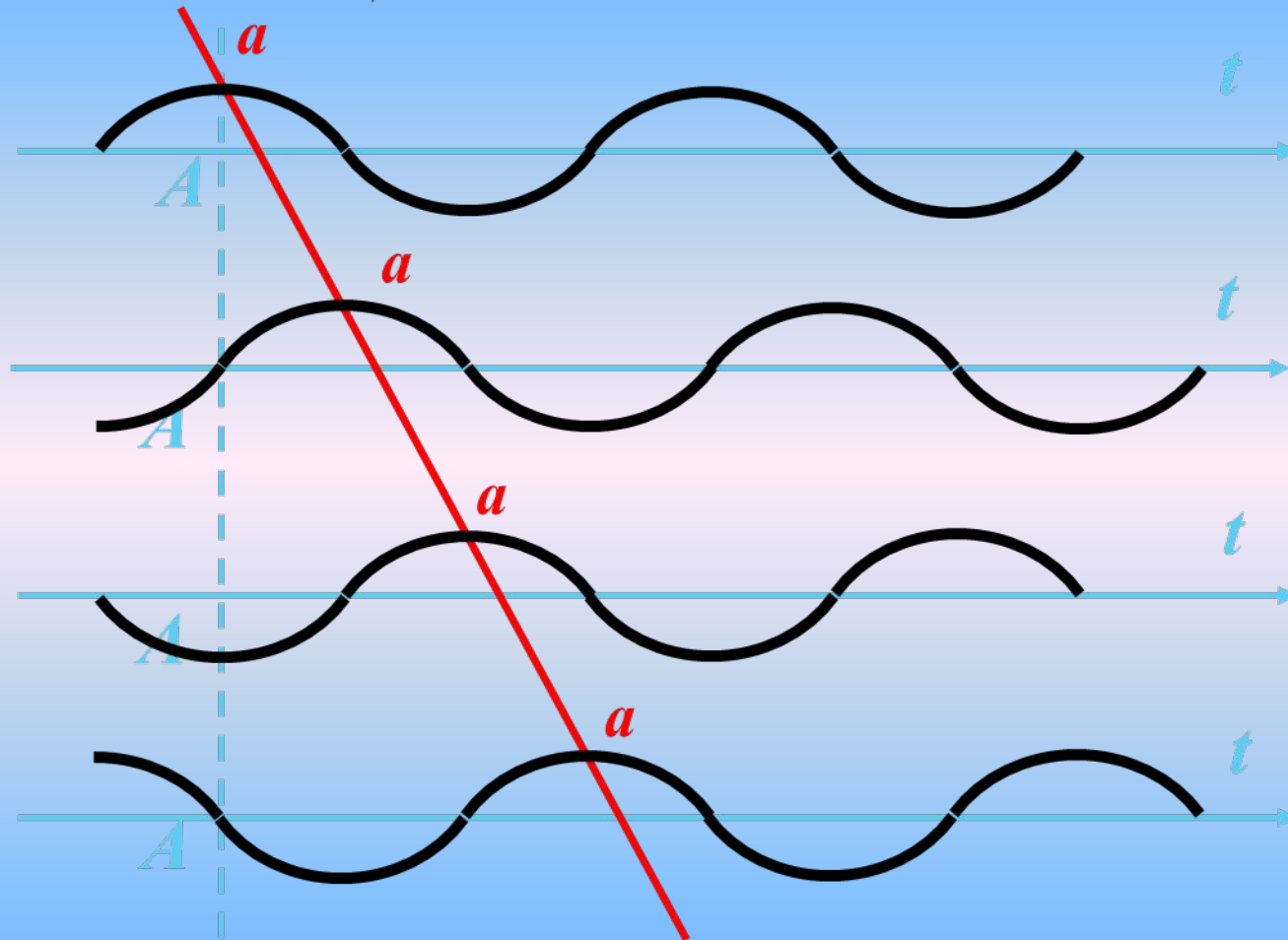


**Линия называется однородной, если значение первичных параметров не изменяется по длине линии.**





# ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВОЛНЫ ВО ВРЕМЕНИ





$$\rho = \sqrt{\frac{L1}{C1}} = \sqrt{\frac{\Gamma_H / \mathcal{M}}{\Phi / \mathcal{M}}} = \sqrt{\frac{\Gamma_H}{\Phi}} = \sqrt{O_M^2} = O_M$$

*Для каждой линии отношение амплитуды напряжения бегущей волны ( $U_m$ ) к амплитуде тока ( $I_m$ ) или отношение их действующих значений ( $U$ ,  $I$ ) называется волновым сопротивлением линии ( $\rho$ ).*

*Волновое сопротивление линии зависит только от конструкции линии и не зависит от ее длины.*





**Режим бегущей волны: ( $R_n = \rho$  или  $l_\lambda = \infty$ );**

## **Особенности:**

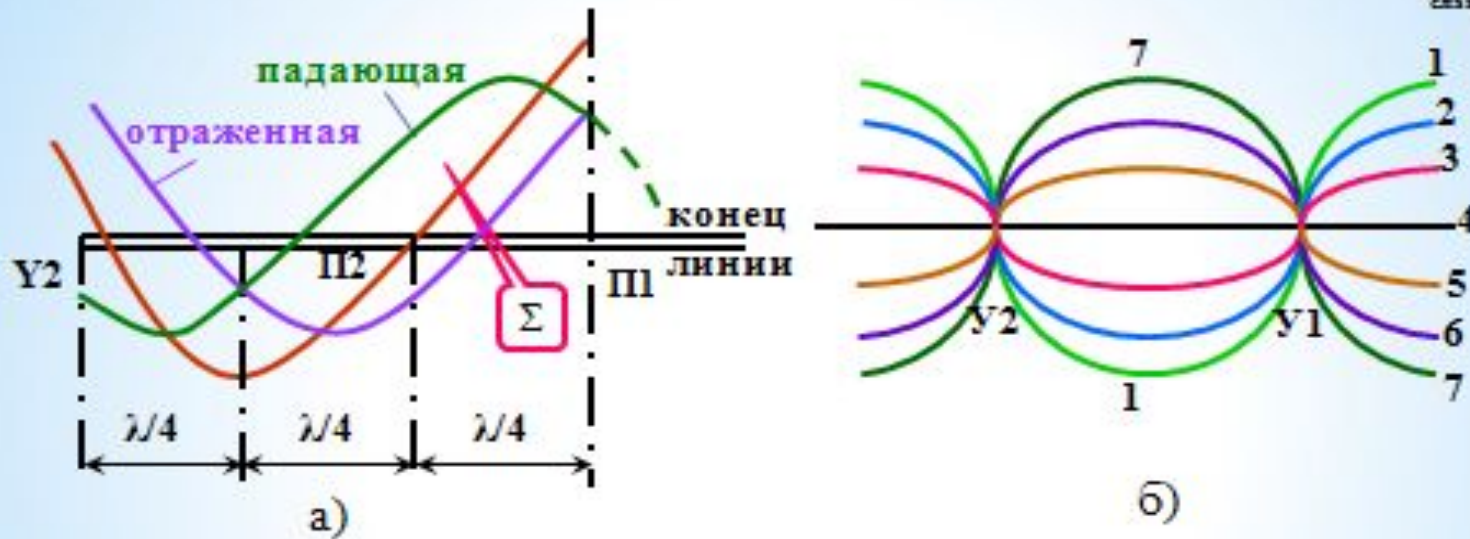
- напряжение и ток изменяются во времени с одинаковой фазой;*
- напряжение и ток распределены вдоль линии по синусоидальному закону;*
- входное сопротивление линии равно ее волновому сопротивлению и не зависит от длины волны;*
- амплитуда напряжения (тока) одинакова во всех точках линии (без учета потерь);*
- энергия падающей волны полностью поглощается нагрузкой.*





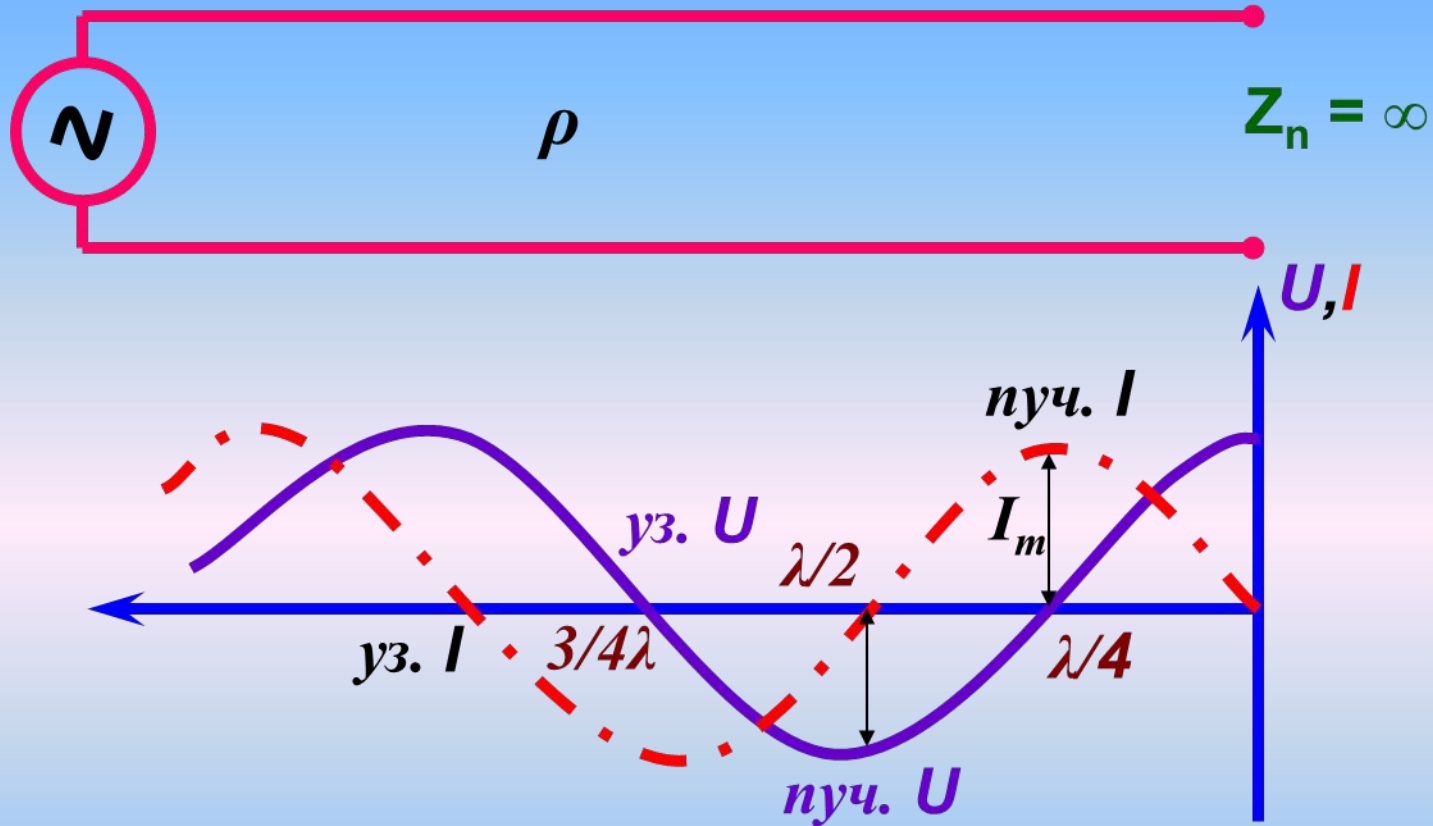
# РЕЖИМЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭМВ

- режим бегущей волны: ( $R_n = \rho$  или  $l_\lambda = \infty$ );
- режим стоячей волны: ( $R_n = \infty$  или  $R_n = 0$ );
- режим смешанных волн: ( $R_n \neq \rho$ ).



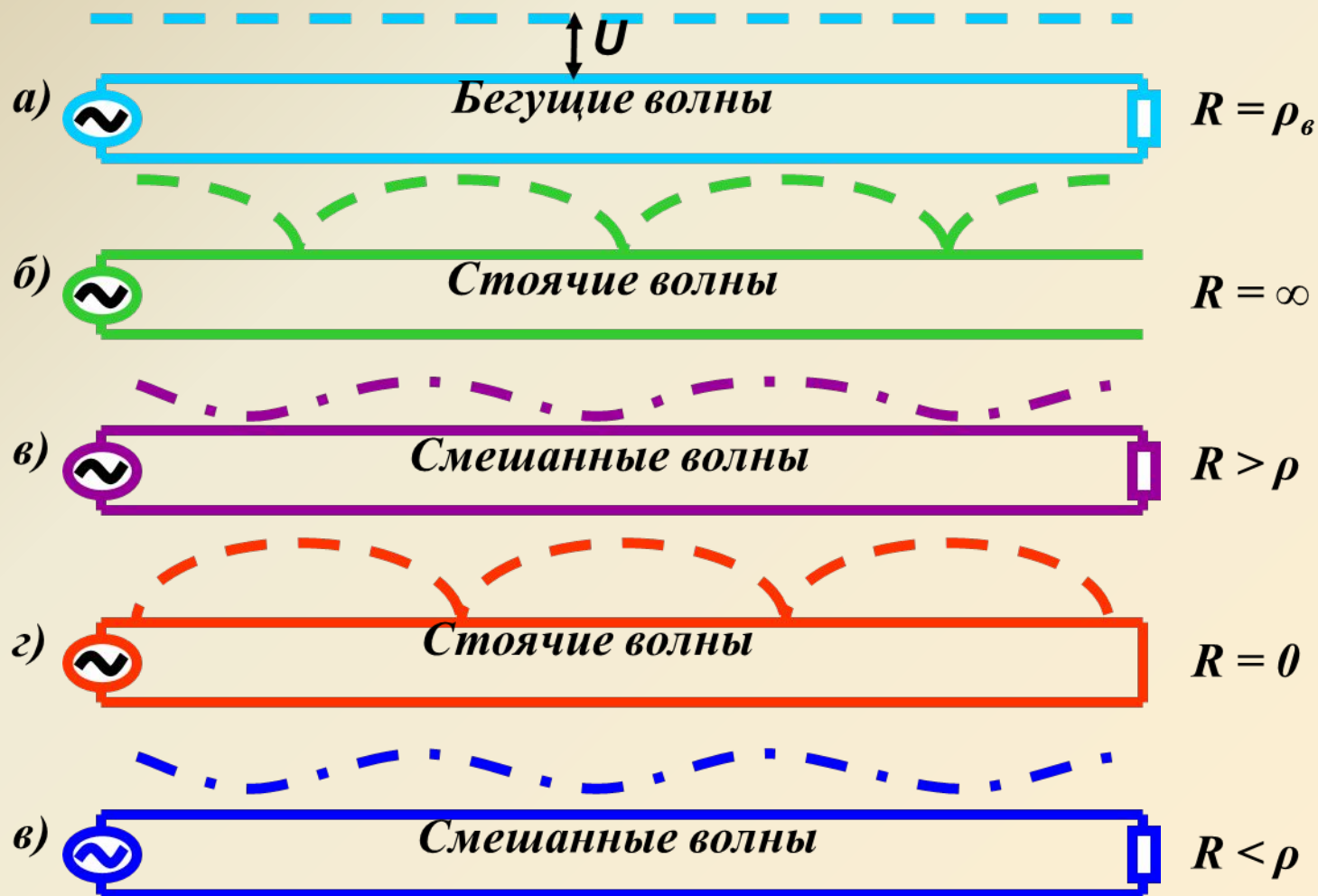
*Режим стоячих волн возникает при  
нагрузке на линии на сопротивление  
отличное от волнового*

**СЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОТРАЖЕННОЙ ВОЛН  
(РЕЖИМ СТОЯЧИХ ВОЛН)**



# СТОЯЧИЕ ВОЛНЫ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА ПРИ $Z_N = \infty$





**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ВДОЛЬ  
ЛИНИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЕЕ НАГРУЗКАХ**

Цикл ПРК РТВ ПВО СВО



**ФИЗИЧЕСКИ КБВ ПОКАЗЫВАЕТ,  
НАСКОЛЬКО ПОЛНО ПЕРЕДАЕТСЯ  
БЕГУЩИМИ ВОЛНАМИ ЭНЕРГИЯ ОТ  
ГЕНЕРАТОРА К НАГРУЗКЕ.**

$$KBV = \frac{U_{\min}}{U_{\max}} = \frac{\rho}{R_H} \quad \rho < R_H$$

$$KBV = \frac{U_{\min}}{U_{\max}} = \frac{R_H}{\rho} \quad \rho > R_H$$

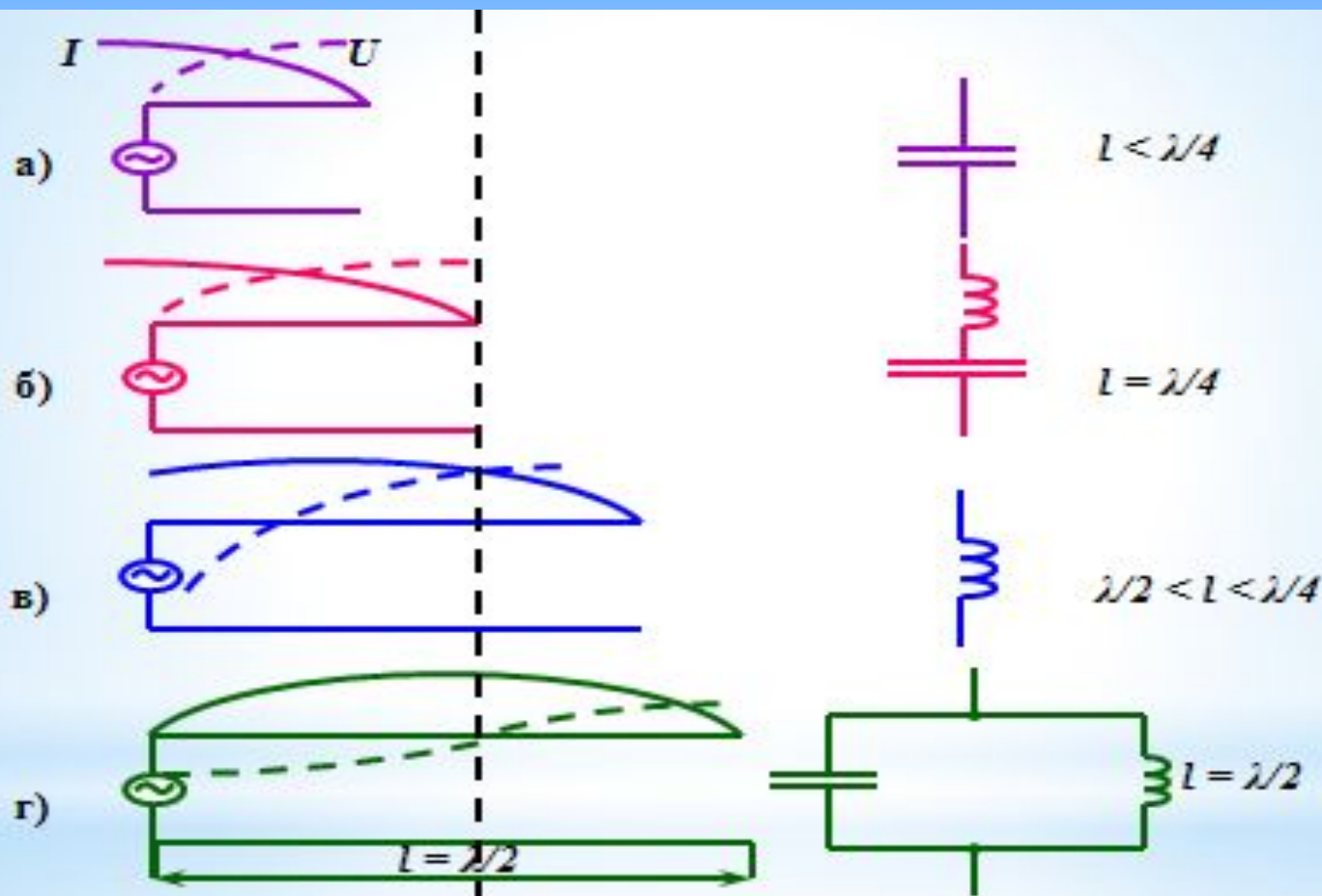
$$KBV = 1$$

*В режиме бегущих волн*

$$KBV = 0$$

*В режиме стоячих волн*

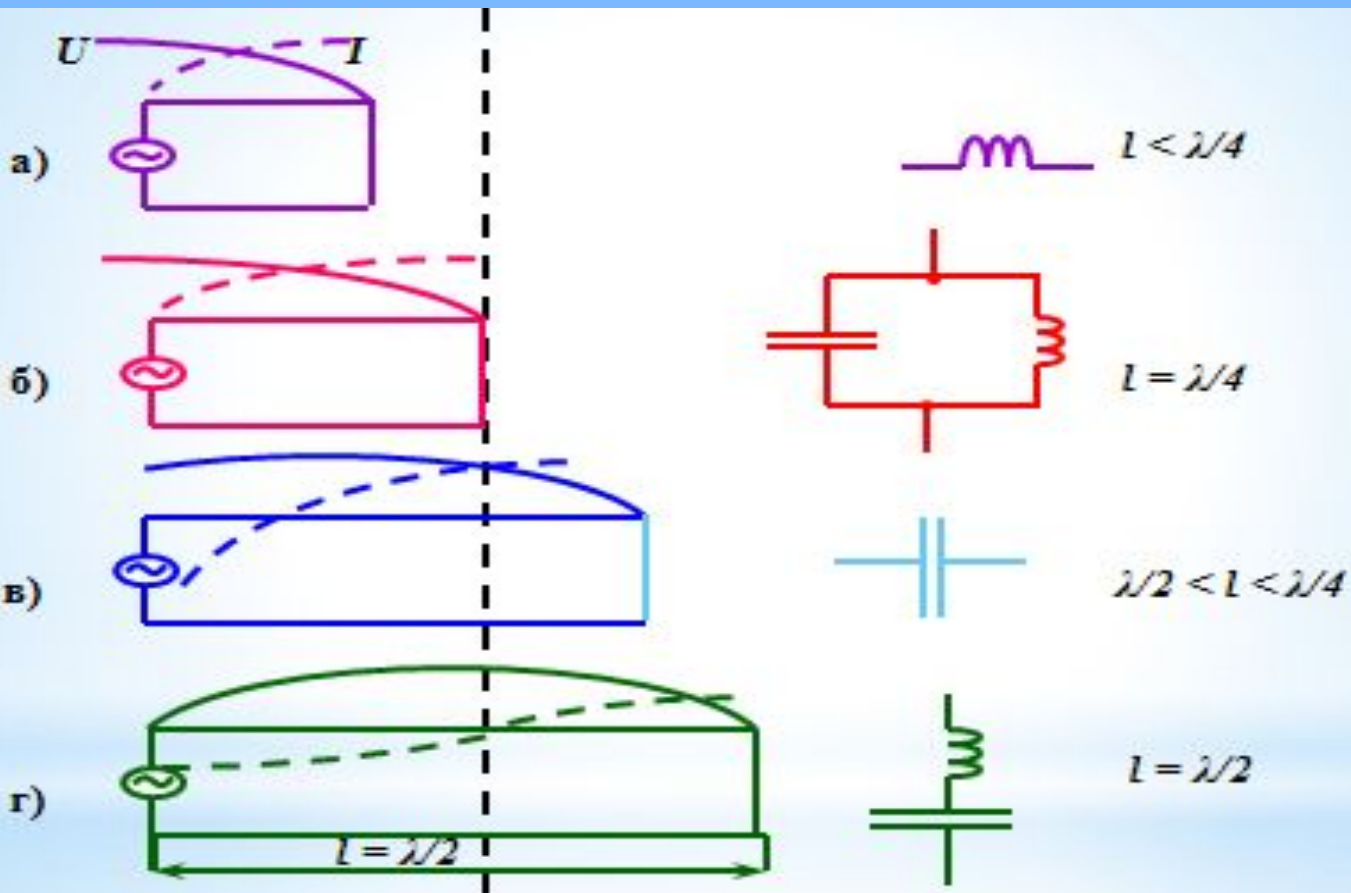




## ЗАВИСИМОСТЬ ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗОМКНУТОЙ ЛИНИИ ОТ ЕЕ ДЛИНЫ



слайд № 25



**ЗАВИСИМОСТЬ ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ  
КОРТОКЗАМКНУТОЙ ЛИНИИ ОТ ЕЕ ДЛИНЫ**



## **ВЫВОДЫ:**

- 1. Отрезки длинных линий могут использоваться в качестве колебательных систем (контуров. емкостей, индуктивностей).*
- 2. Четвертьволновые разомкнутые линии можно применять в качестве трансформаторов сопротивления.*
- 3. Четвертьволновые короткозамкнутые отрезки можно использовать как изоляторы ( $Z_{вх} = \infty$ )*





**Тема 4. ТРАКТ ГЕНЕРИРОВАНИЯ  
И ИЗЛУЧЕНИЯ**

**Занятие 3. ТРАКТ ПЕРЕДАЧИ СВЧ  
ЭНЕРГИИ**

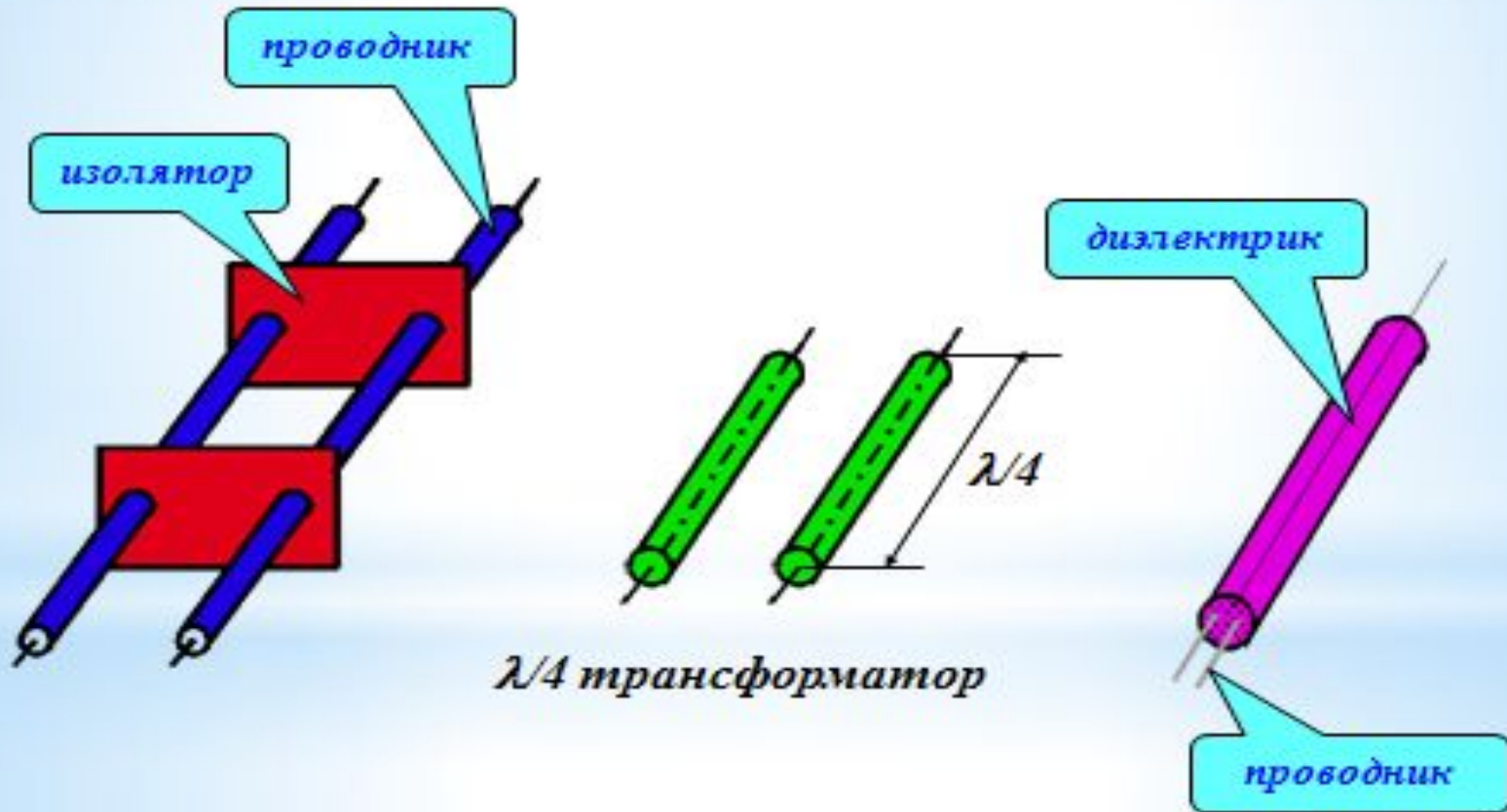
**Вопросы занятия.**

- 1. Особенности технического решения длинных линий в РЛС метрового диапазона**
- 2. Согласующие устройства длинных линий**
- 3. Физические процессы и особенности технического решения длинных линий в РЛС сантиметрового диапазона волн**
- 4. Антенные переключатели и направленные ответвители**



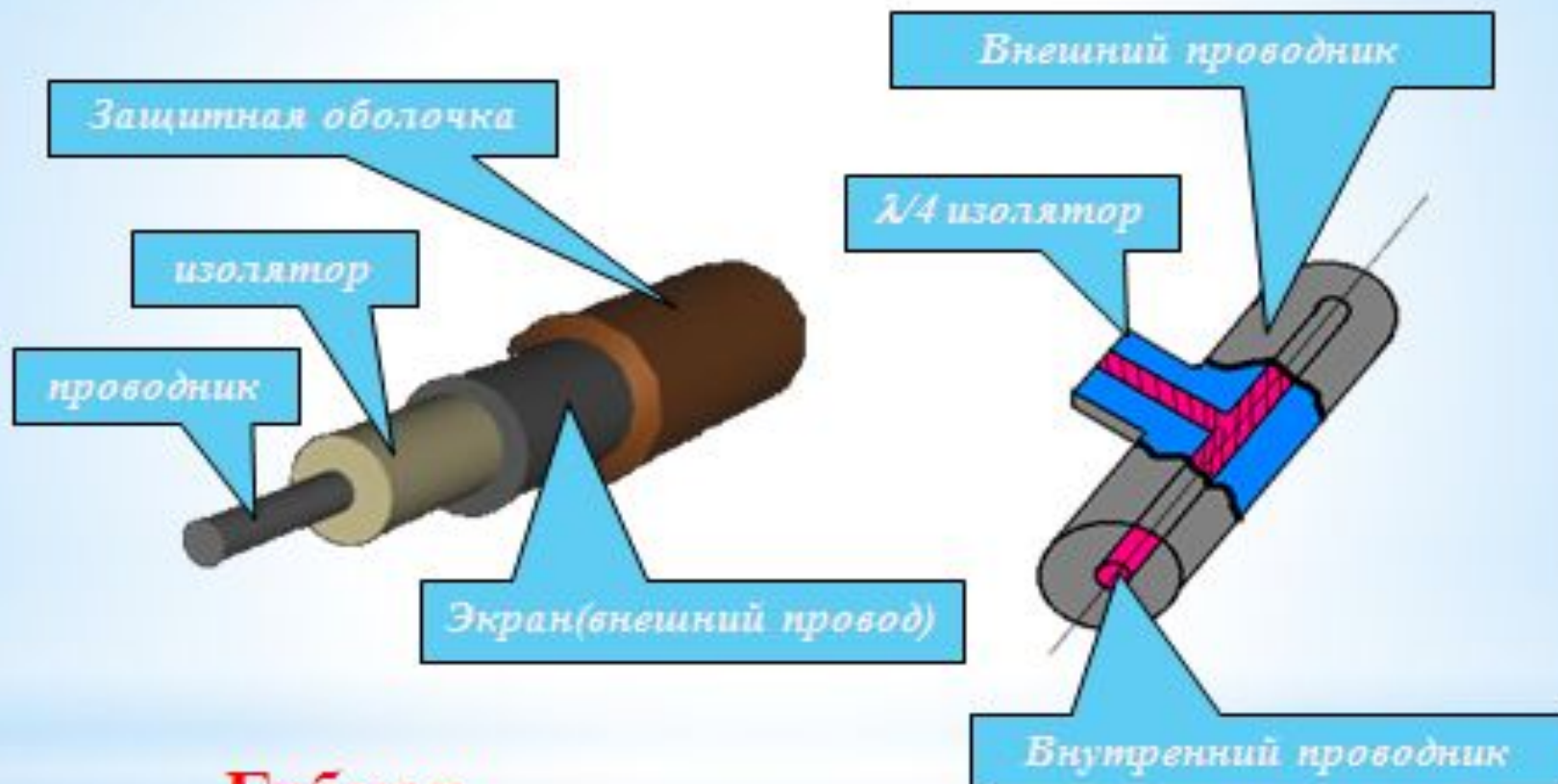
слайд № 28

## КОНСТРУКЦИЯ ДЛИННЫХ ЛИНИЙ





слайд № 29



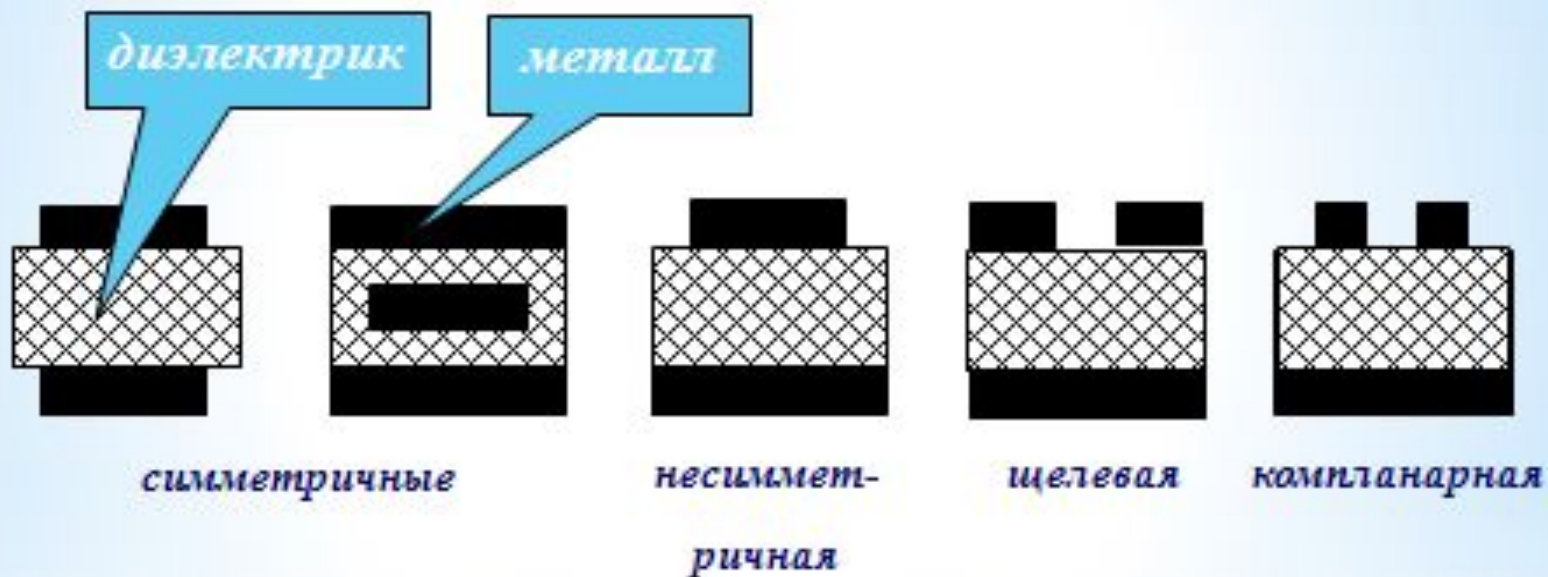
**Гибкая**

**Жесткая**

# КОНСТРУКЦИЯ КОАКСИАЛЬНОЙ ЛИНИИ



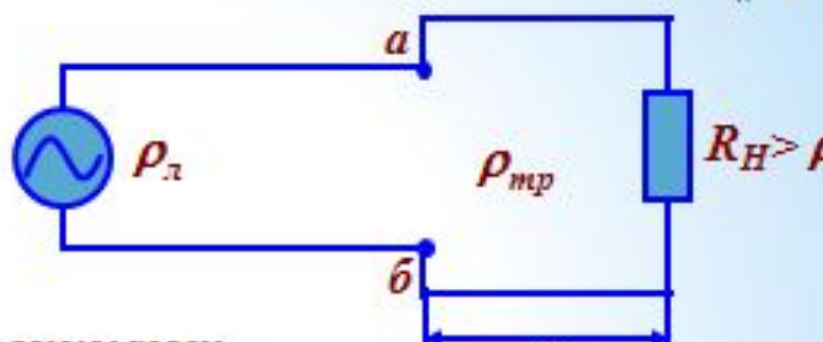
слайд № 30



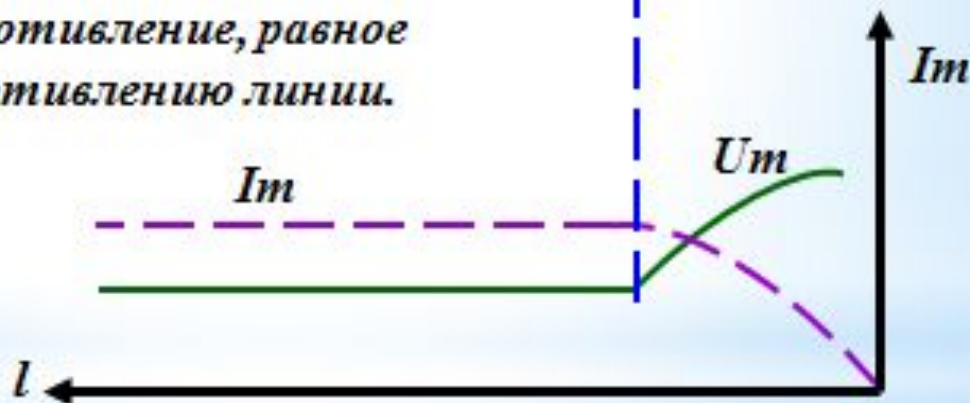
## ТИПЫ ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЙ



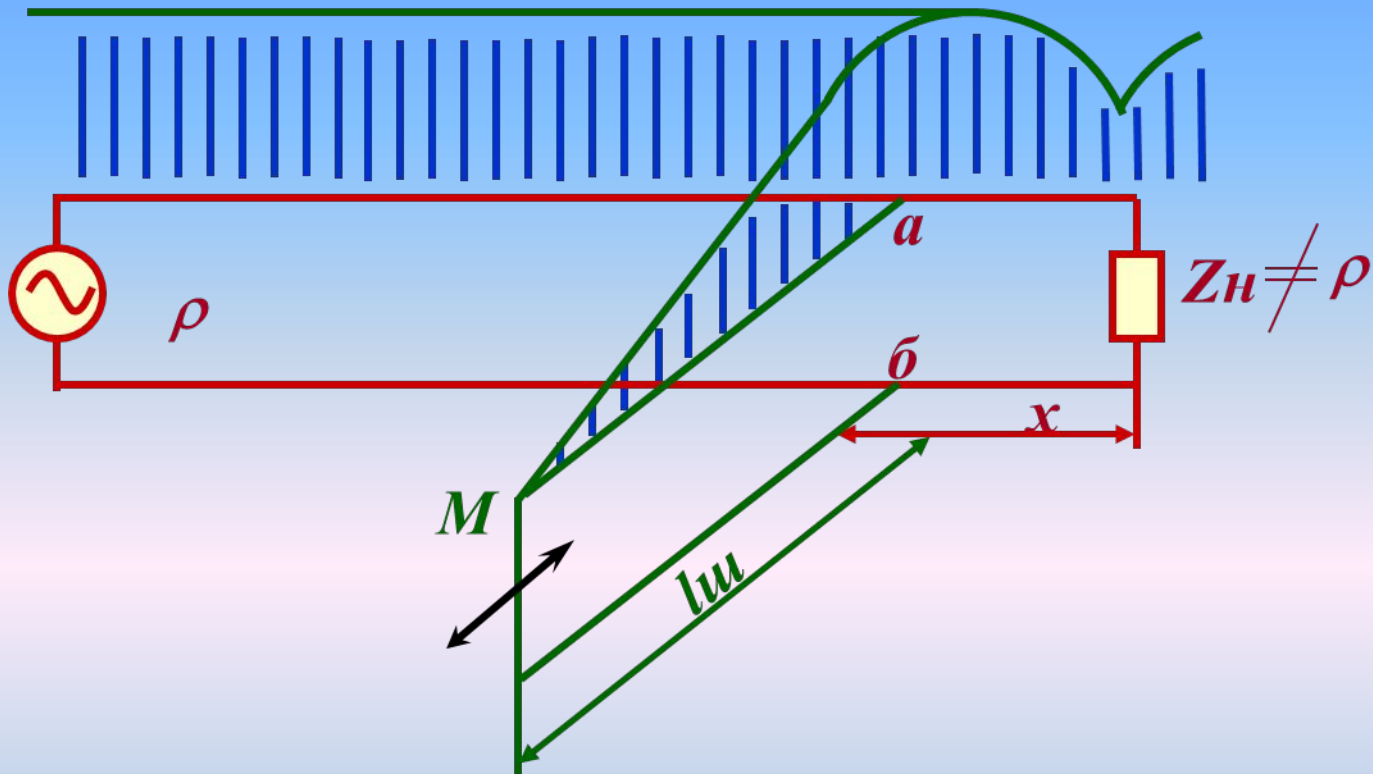
слайд № 31



*Под согласованием линии понимают трансформацию сопротивления нагрузки в активное сопротивление, равное волновому сопротивлению линии.*



## СОГЛАСОВАНИЕ ЛИНИИ С НАГРУЗКОЙ ЧЕРЕЗ ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

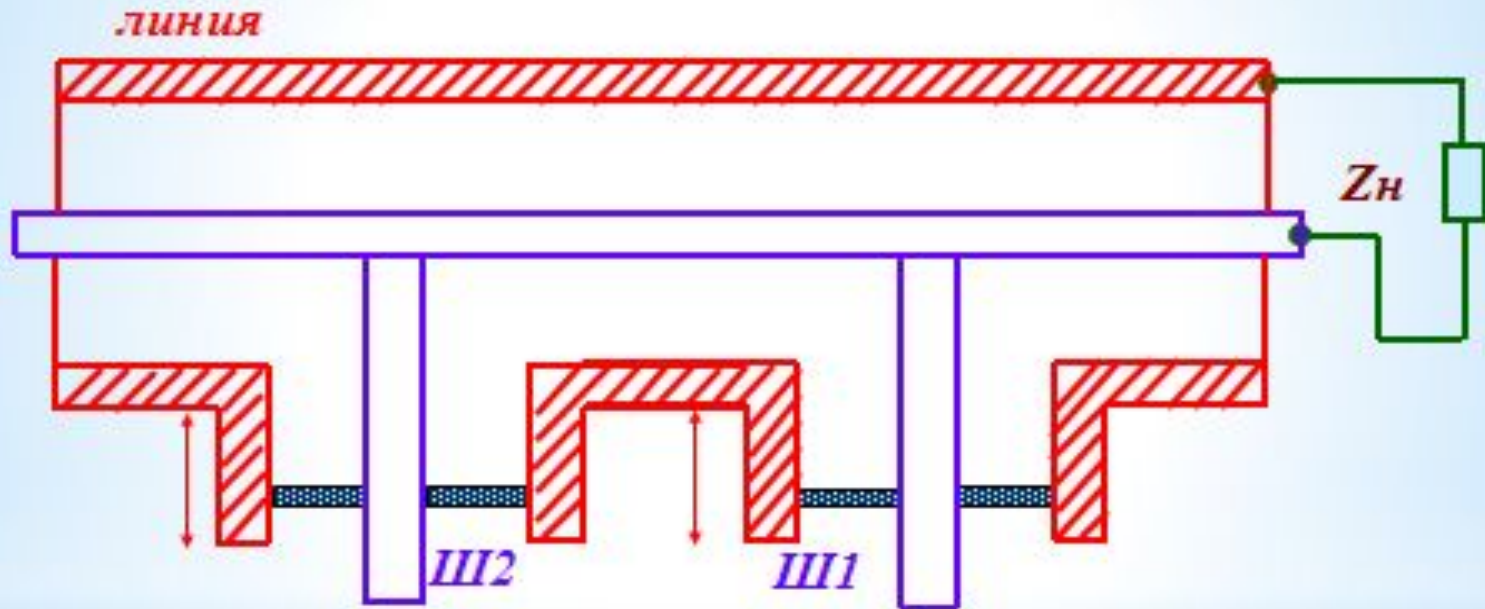


# СОГЛАСОВАНИЕ ДЛИННОЙ ЛИНИИ С ПОМОЩЬЮ РЕАКТИВНОГО ШЛЕЙФА

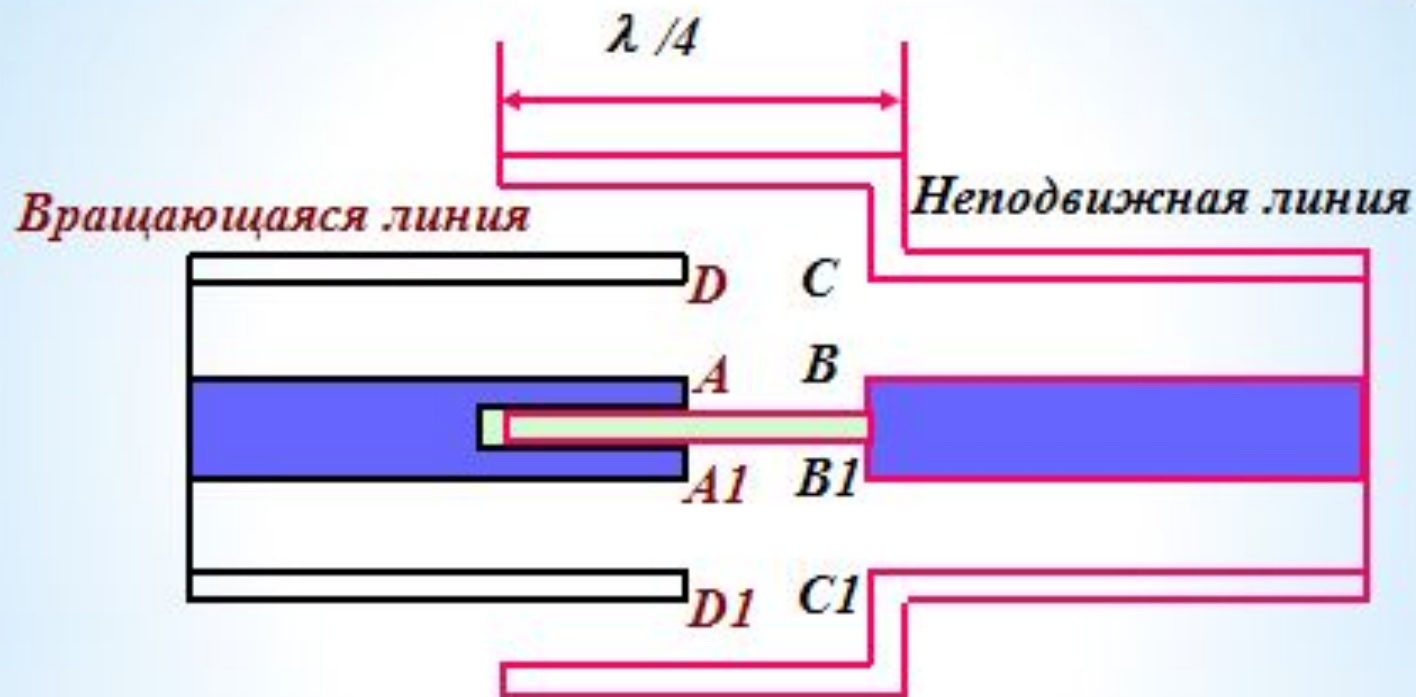




слайд № 33



## ДВУХШЛЕЙФОВЫЙ СОГЛАСОВАТЕЛЬ



## ВРАЩАЮЩЕЕСЯ СОЧЛЕНЕНИЯ В ДЛИННЫХ ЛИНИЯХ



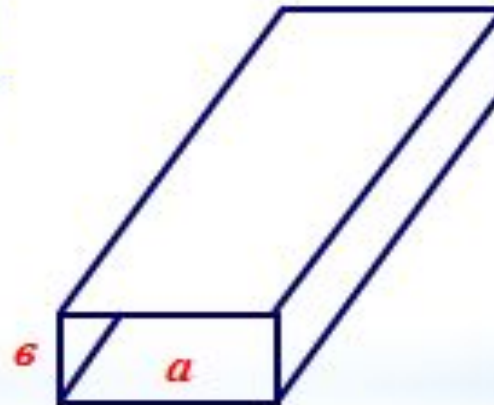
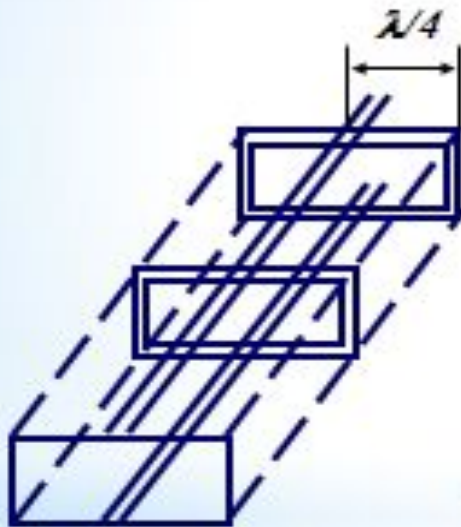
слайд № 35





слайд № 36

## ПЕРЕХОД ОТ ДВУХПРОВОДНОЙ ЛИНИИ К ВОЛНОВОДУ



прямоугольный



круглый



*Предельная длина волны которая может распространяться по волноводу, называется критической и определяется выражением:*

$$\lambda_{кр} = 2a \quad f_{кр} = \frac{c}{\lambda_{кр}} = \frac{c}{2a}$$

## **ГРУППЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН:**

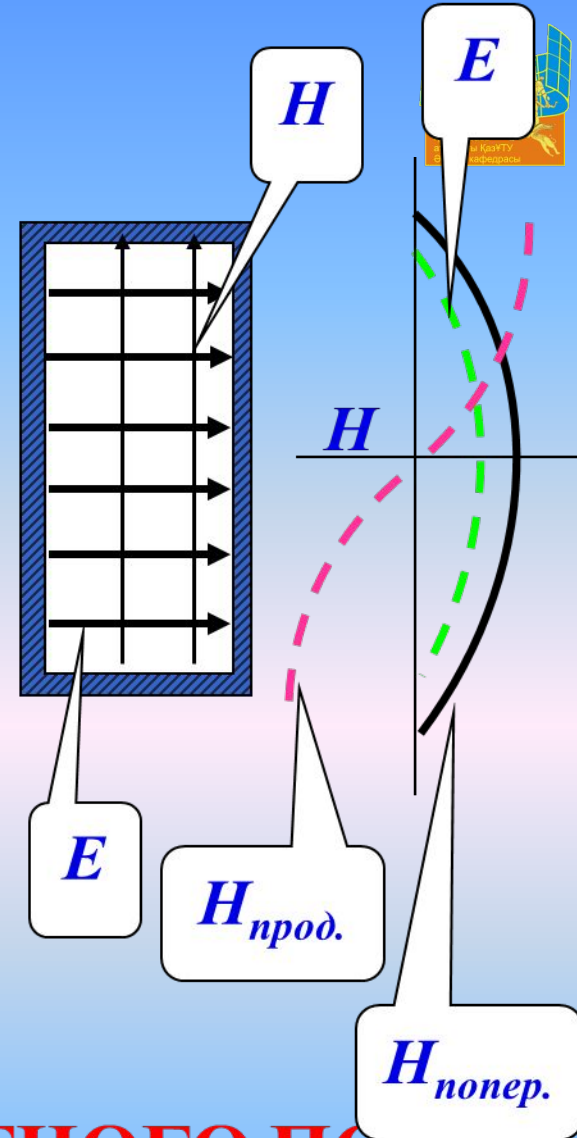
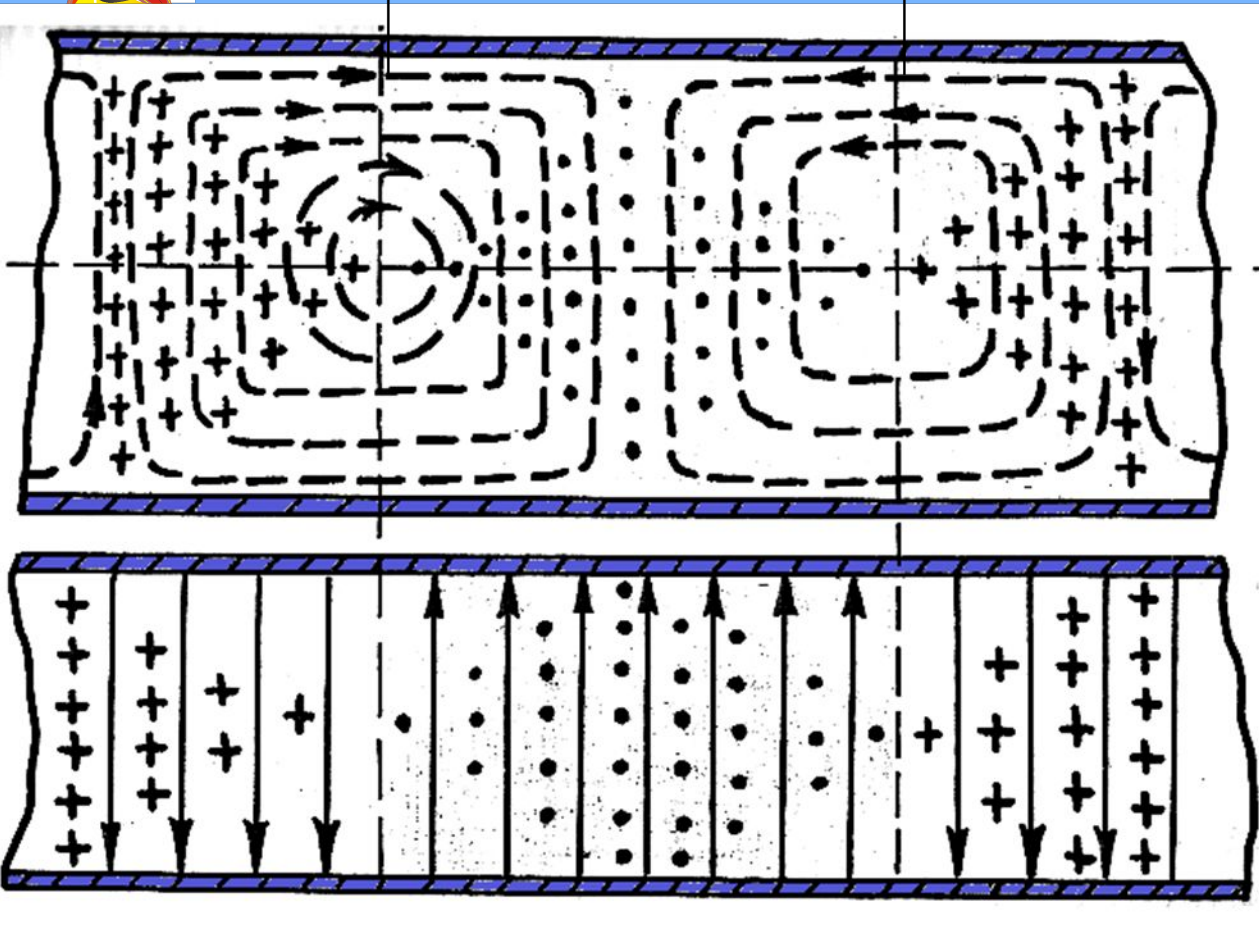
*-электрические волны (**E**), имеют электрическое поле, расположенное и в поперечном и в продольном направлениях, а магнитное – только в поперечной плоскости (волна типа **TM**);*

*-магнитные волны (**H**), имеют магнитное поле, расположенное поперек и вдоль волновода, а электрическое поле – только в поперечной плоскости (волна типа **TE**).*





$\lambda/2$

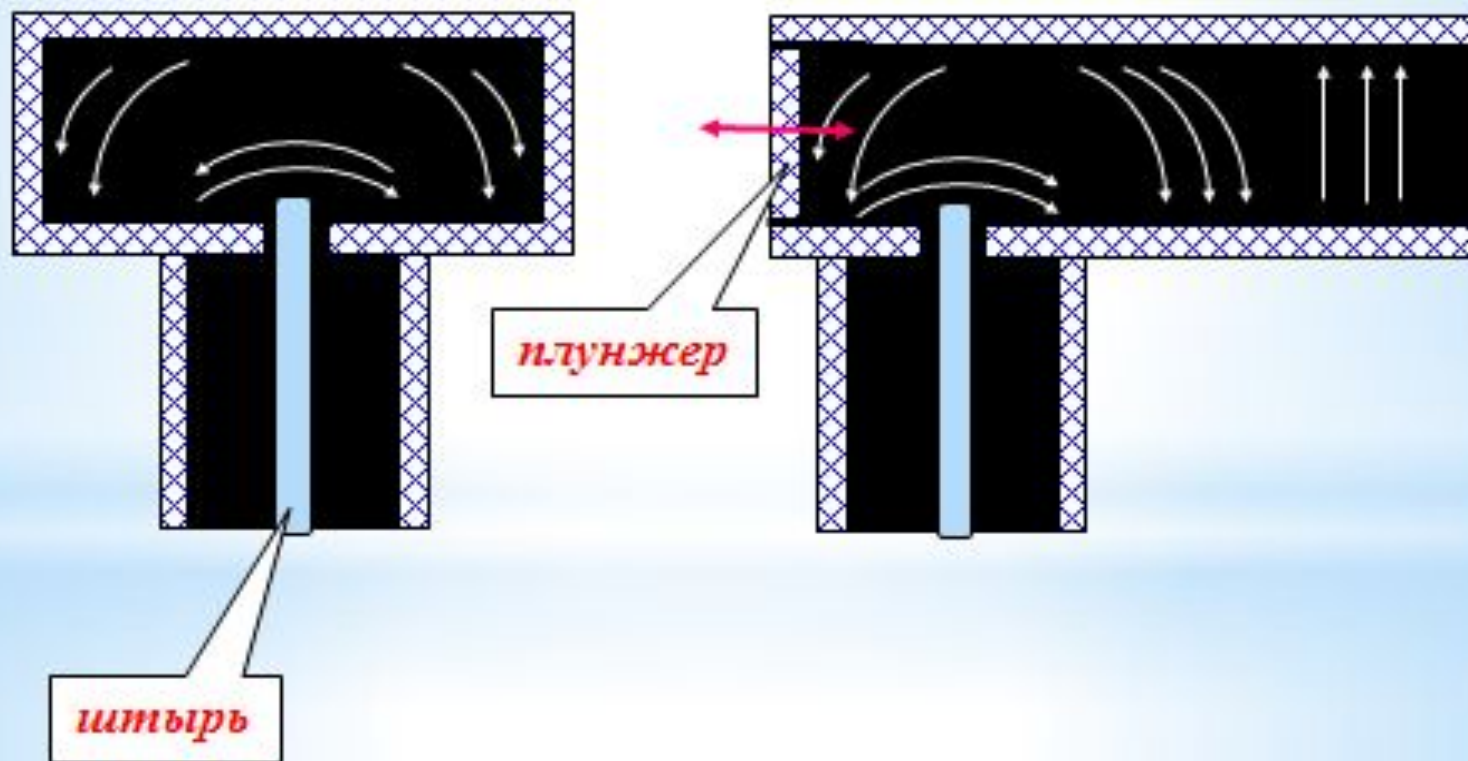


# СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОДОЛЬНОГО ТИПА $H_{10}$ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ ВОЛНОВОДЕ



слайд № 39

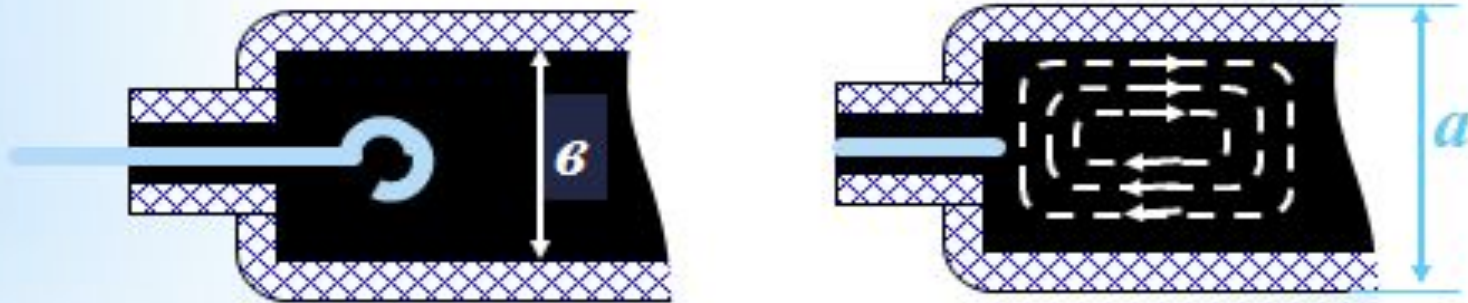
## ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛНОВОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПУТЕМ





слайд № 40

## ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛНОВОДА МАГНИТНЫМ ПУТЕМ





# ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛНОВОДА МАГНИТНЫМ ПУТЕМ

слайд № 41



## А) Трансформаторы сопротивлений



Несимметр.  
емкостная



Симметрич  
индуктивная



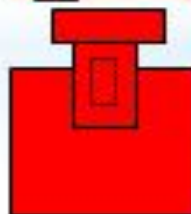
Симметрич  
емкостная



Несимметр.  
индуктивная



резонансная



Реактивный  
штырь



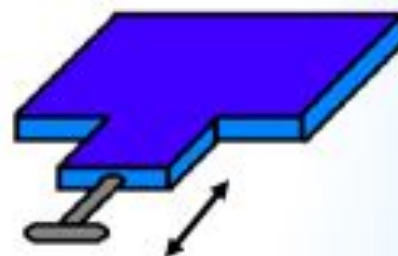
## Б) Согласование с помощью диафрагм



# ШЛЕЙФОВЫЙ И ФАЗОВЫЙ ТРАНСФОРМАТОРЫ \*

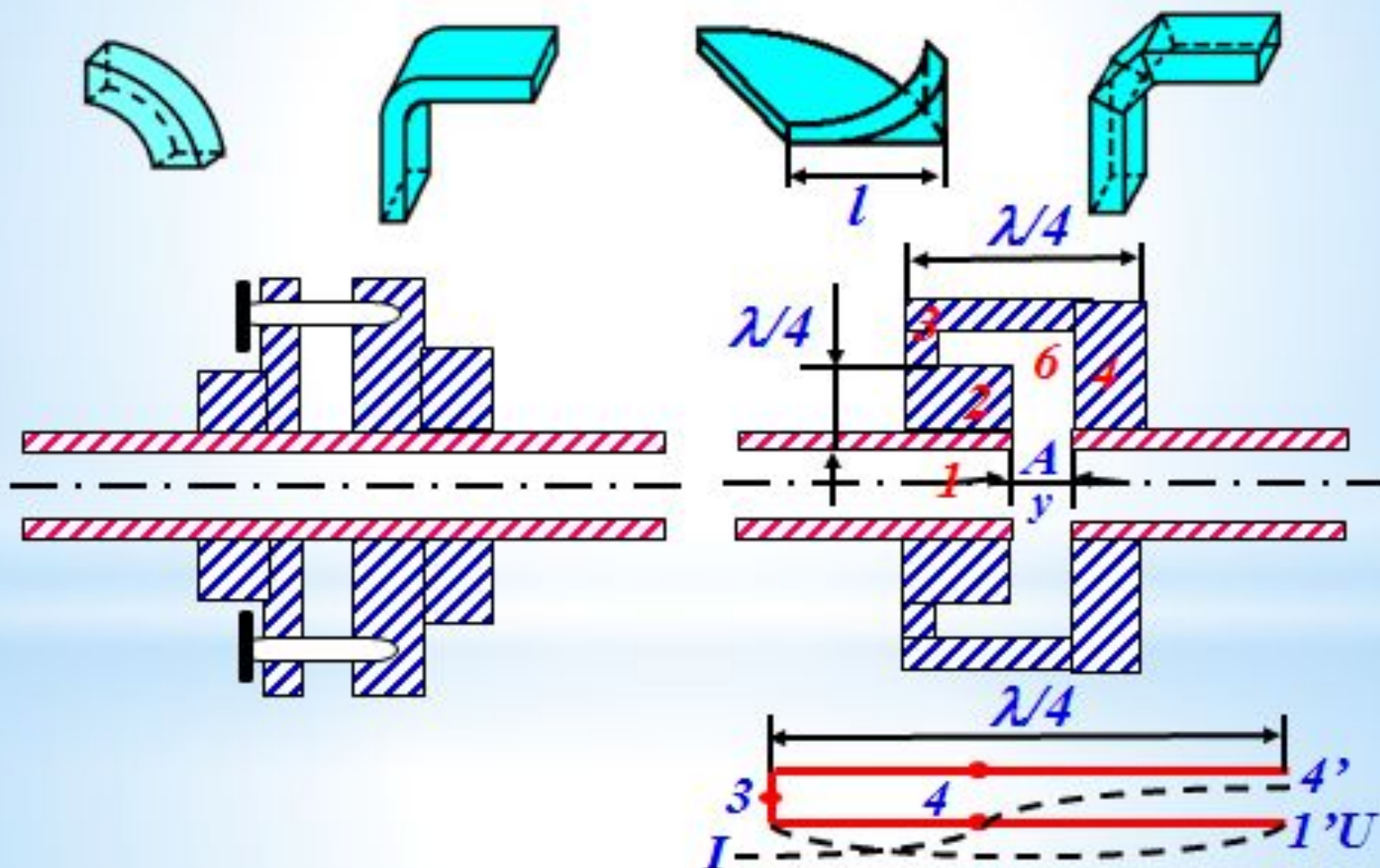


*А) шлейфовые преобразователи  
Б) фазовый трансформатор*



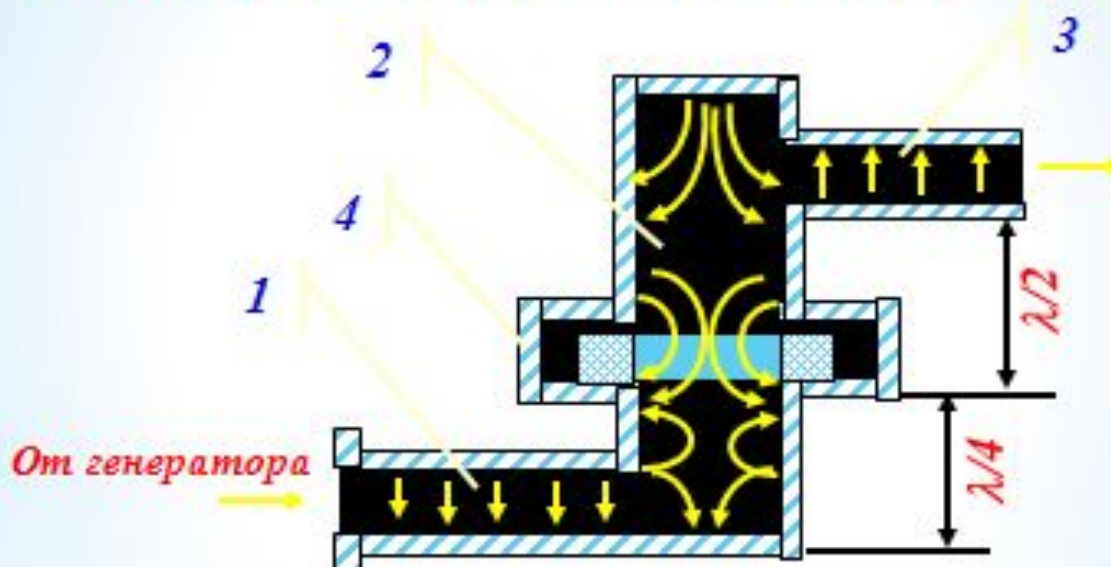


# ИЗГИБЫ И СОЧЛЕНЕНИЯ ВОЛНОВОДОВ





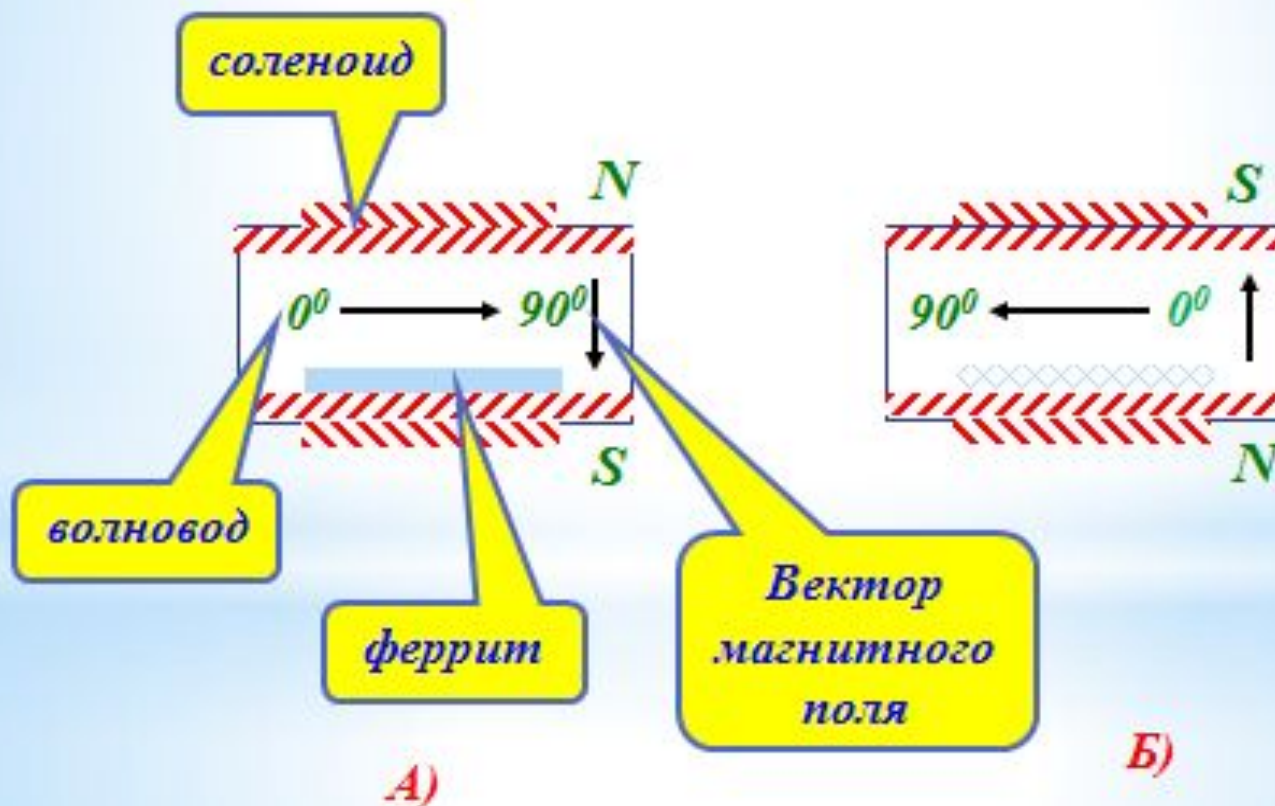
## ВРАЩАЮЩЕЕСЯ СОЧЛЕНЕНИЕ



Сочленение двух прямоугольных волноводов (1) и (3) осуществляется через круглый волновод (2), состоящий из двух половин и соединенный дроссельным вращающимся сочленением (4).

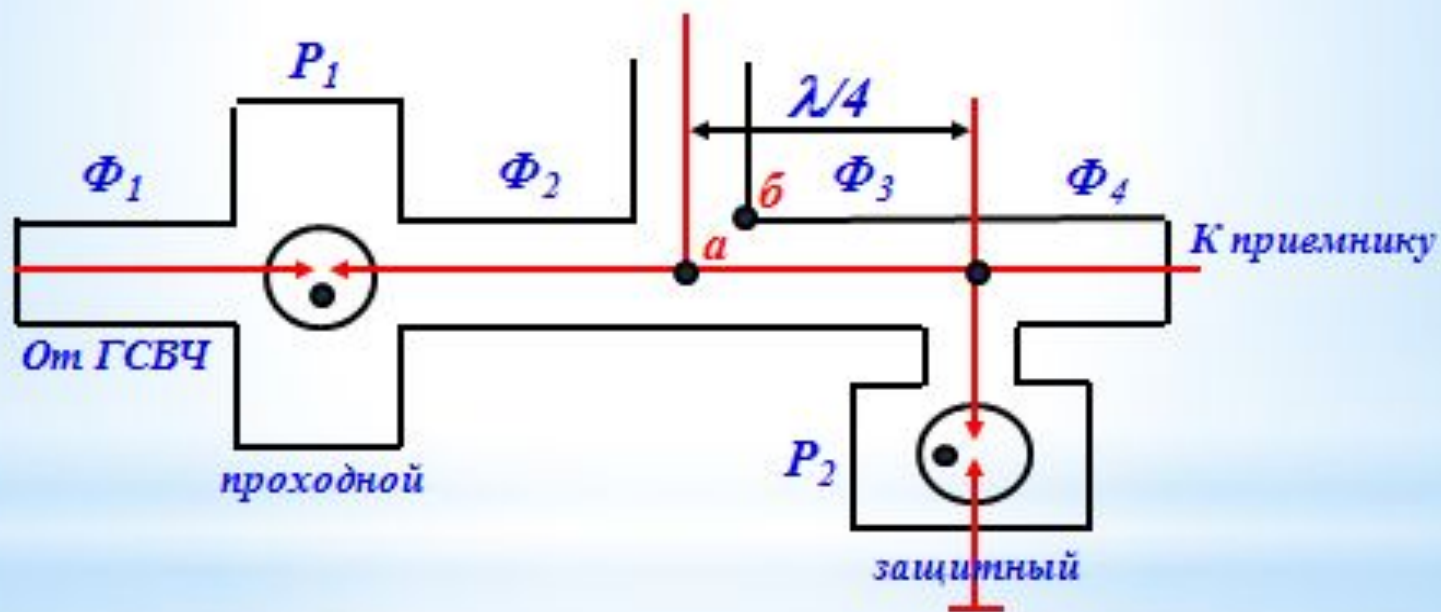


## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ФЕРРИТА





# АНТЕННЫЙ КОММУТАТОР МЕТРОВЫХ ВОЛН





# **Задание на самостоятельную** **ПОДГОТОВКУ**

**Изучить назначение и принцип работы системы синхронизации по запуску РЛС.**

**Изучить порядок определения максимального значения частоты повторения зондирующих импульсов РЛС.**

**Изучить принцип построения системы формирования масштабных отметок дистанции.**

## ***Литература***

**Справочник по основам радиолокационной техники.**

**Под редакцией В.В.Дружининой, стр. 89-90.**

**В.Г.Григорьянц. Импульсные схемы РЛС. Стр. 332-380.**





НАЗАР  
АУДАРҒАНДАРЫҢЫЗҒА  
РАХМЕТ!

ҚАЗҰТУ



