

**Тема 1. Линии передачи электромагнитных волн.**

**Групповое занятие №2**

**«Проволочные и кабельные линии  
передачи радиоволн»**

**Время:** 2 аудиторных часа

**Учебные вопросы:**

- 1. Требования, предъявляемые к фидерам.**
- 2. Проволочные линии.**
- 3. Коаксиальные кабели.**

## **Цель занятия:**

- 1. Изучить назначение, состав и основные характеристики проволочных линий.**
- 2. Изучить назначение, состав и основные характеристики коаксиальных кабелей.**

## Основная литература:

[1]. **Белоцерковский, Г. А.** Основы радиотехники и антенны / Г. А. Белоцерковский. - М. : Советское радио, – 1969.

Ч. 1 : Основы радиотехники. – 432 с.

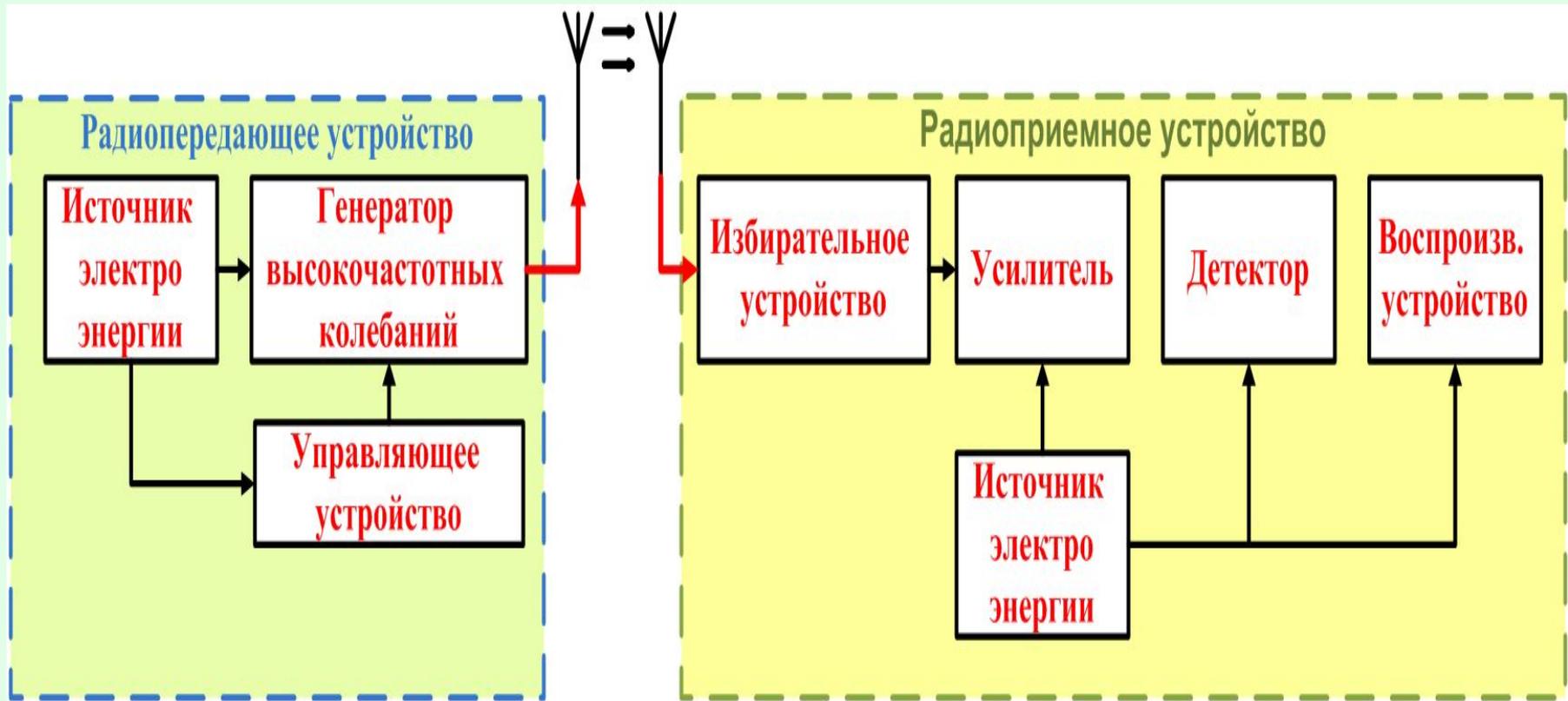
**Стр. 263 – 266.**

[2]. **Белоцерковский, Г. А.** Основы радиотехники и антенны / Г. А. Белоцерковский. - М. : Советское радио, – 1969.

Ч. 2 : Антенны. - 328 с.

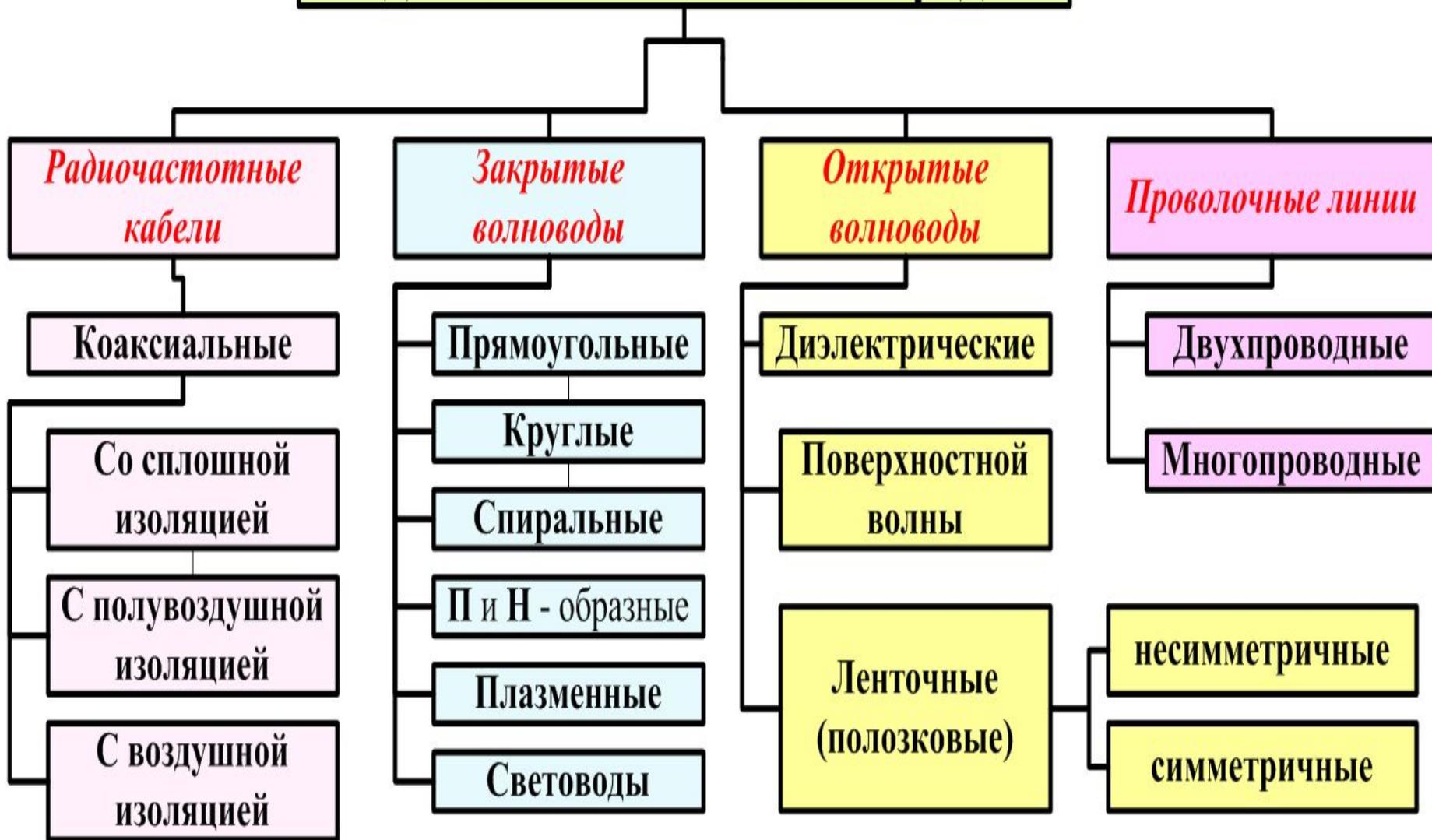
**Стр. 67 – 80.**

**Линия передачи** – это электрическая цепь с помощью которой энергия радиочастотного сигнала подводится от радиопередатчика к антенне или от антенны к радиоприемнику



Наряду с понятием «линия передачи» в радиотехнике широко используется слово английского происхождения – «фидер». Слово «фидер» происходит от английского глагола «to feed» (питать).

# Радиочастотные линии передач

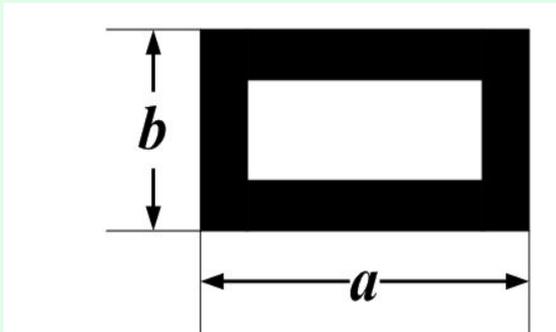


<b>УКВ</b>	Метровые волны (10-1 м)	$f=30-300 \text{ МГц}$	Двухпроводные линии
	Дециметровые волны (1м-10 см)	$f=300-3000 \text{ МГц}$	Коаксиальные кабели
	Сантиметровые волны (10-1 см)	$f=3-30 \text{ ГГц}$	Коаксиальные кабели Закрытые волноводы
	Миллиметровые волны (10-1 мм)	$f=30-300 \text{ ГГц}$	Закрытые и открытые волноводы
	Децимилли- метровые волны (1-0,1 мм)	$f=300-3000 \text{ ГГц}$	

Линии передачи различаются конструктивными особенностями их построения.

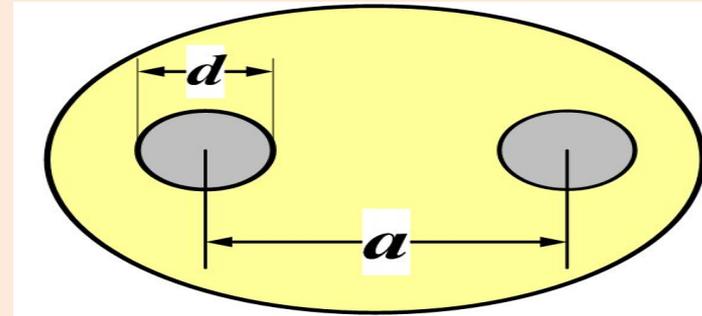
**Порядок связности** - это геометрическая характеристика поперечного сечения линии передачи, определяемая числом проводящих поверхностей.

**Односвязные**  
Волновод



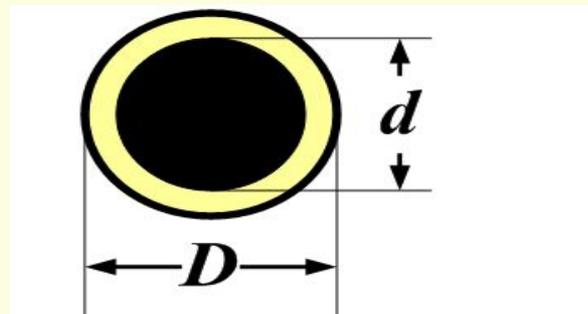
**Трехсвязные**

Экранированная двухпроводная линия

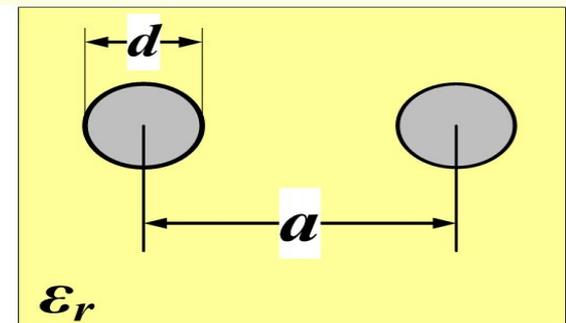


**Двухсвязные**

Коаксиальный кабель

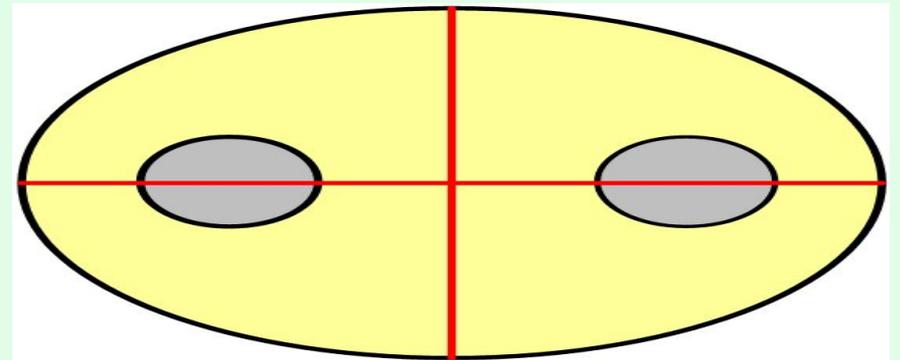
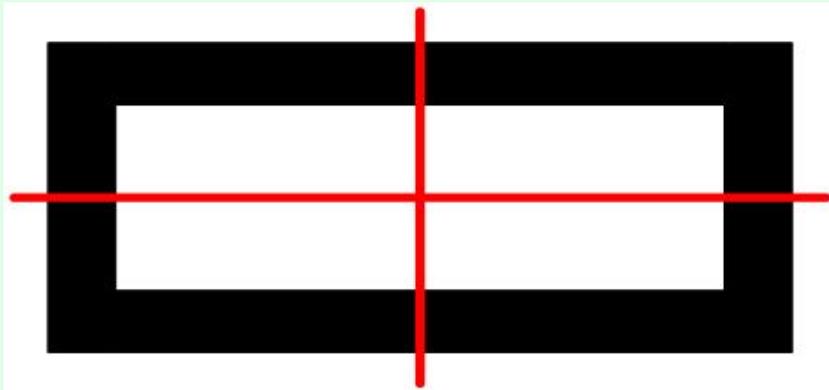


Двухпроводная линия

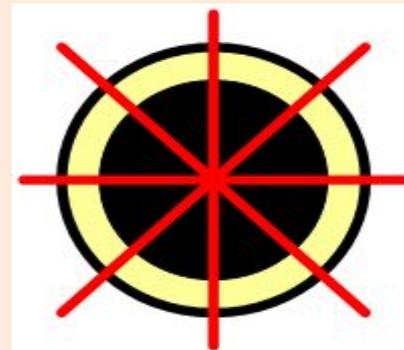


**Тип симметрии** - это геометрическая характеристика поперечного сечения, определяемая количеством плоскостей симметрии проходящих через прямую параллельную направлению распространения волн.

## Двухсимметричные



***n*-симметричные**



## **1. Требования, предъявляемые к фидерам.**

*1. Потери энергии в фидере должны быть минимальными (они складываются из потерь на нагревание проводов, потерь в диэлектрике и потерь на излучение электромагнитной энергии во внешнюю среду).*

*2. Фидер должен обеспечить передачу заданной мощности.*

*3. Фидер не должен излучать и принимать электромагнитные волны (антенный эффект).*

*4. Измерения в фидере должны быть простыми.*

*5. Фидер не должен нарушать режим работы генератора и изменять частоту его колебаний.*

*6. Во всем спектре частот передаваемых сигналов качественные показатели фидера должны удовлетворять техническим условиям (затухание, вносимое всеми звеньями фидера, не должно превышать допустимой величины).*

*7. Параметры фидера не должны зависеть от изменений температуры, влажности и давления внешней среды, механических вибрации и другие дестабилизирующих факторов.*

*8. Габариты и вес фидера должны быть приемлемыми.*

*9. Фидер должен быть механически прочным и простым в изготовлении.*

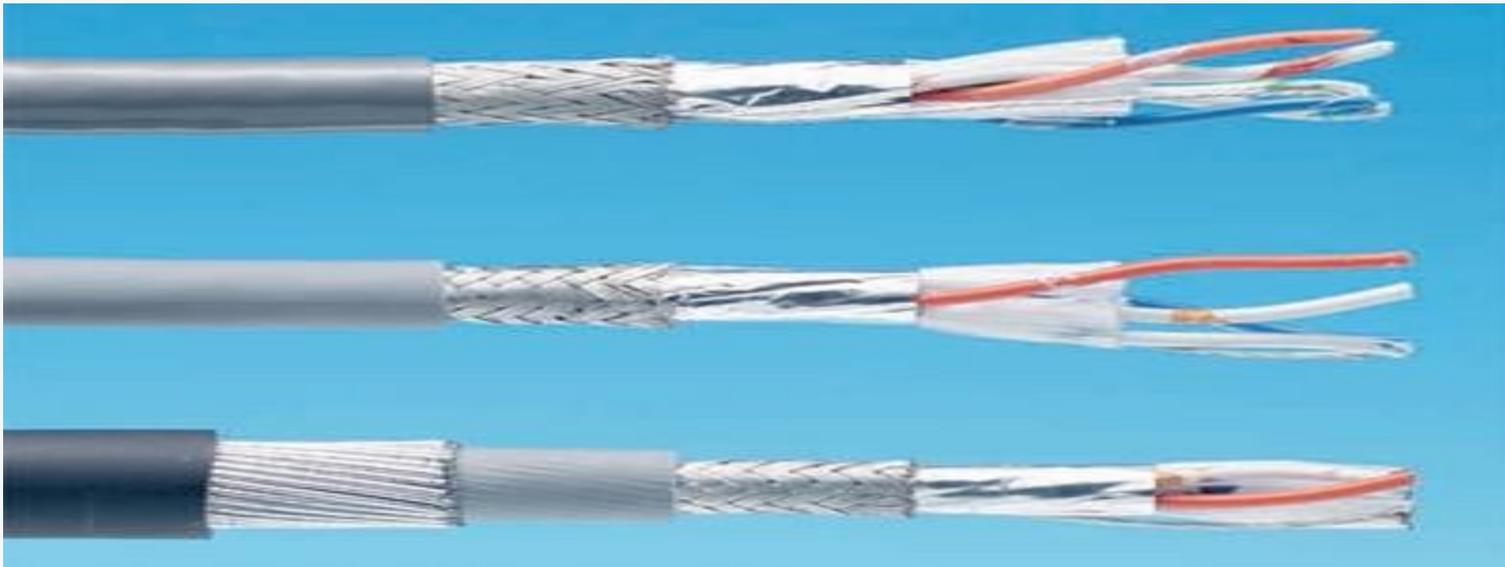
***Режим бегущих волн наиболее полно удовлетворяет перечисленным требованиям.***

# Проволочные линии

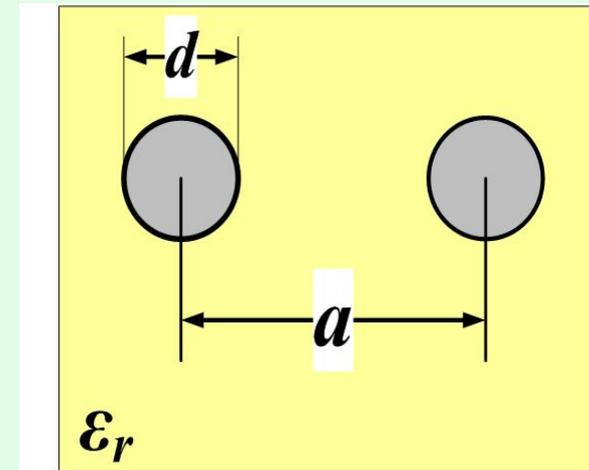
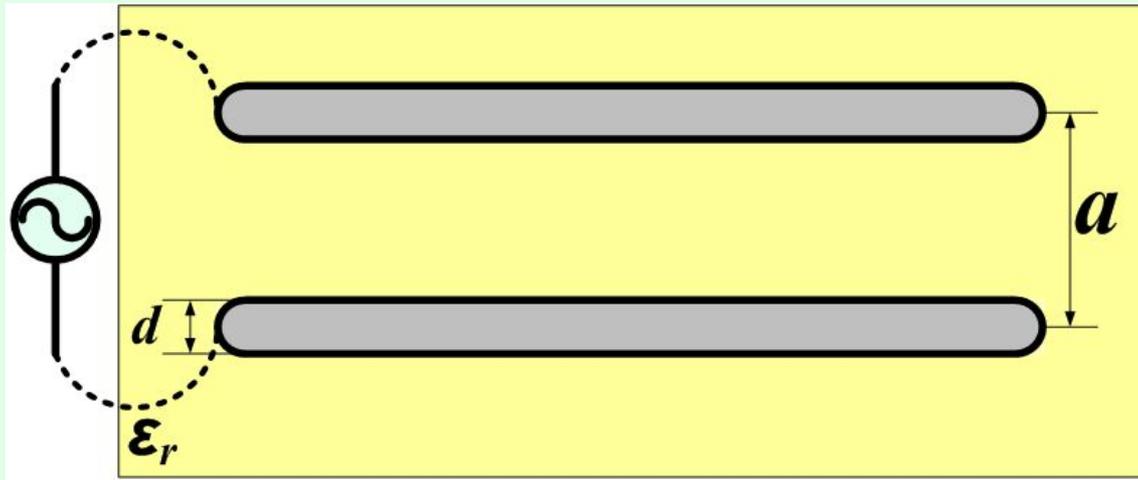
## Двухпроводные



## Многопроводные



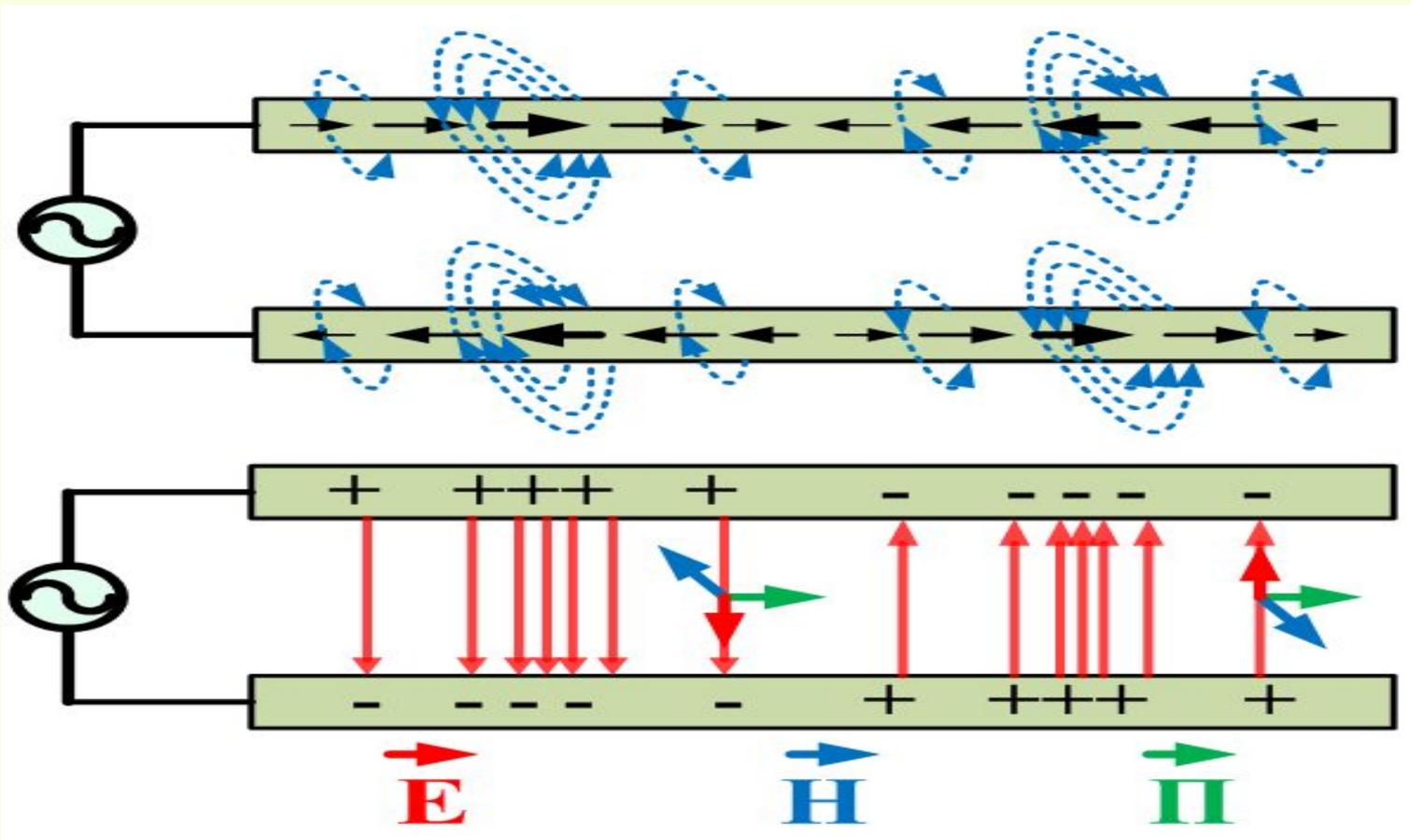
# Двухпроводная неэкранированная линия, размещенная в диэлектрике



$$Z_B = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} 276 \lg \frac{2a}{d}$$

$$\epsilon_{эф} = \epsilon_r$$

$\epsilon_r$  - диэлектрическая  
проницаемость  
материала-диэлектрика,  
 $a$  и  $d$  - геометрические  
размеры



Структура электромагнитного поля для симметричной линии

## Не экранированный

### Достоинства:

- Простота конструкции.
- Защищена от внешних воздействий.
- Можно передавать энергию больших мощностей.

### Недостатки:

- Наличие потерь на излучение (*антенный эффект*)
- Подверженность влиянию внешних ЭМ полей

## Экранированный

### Достоинства:

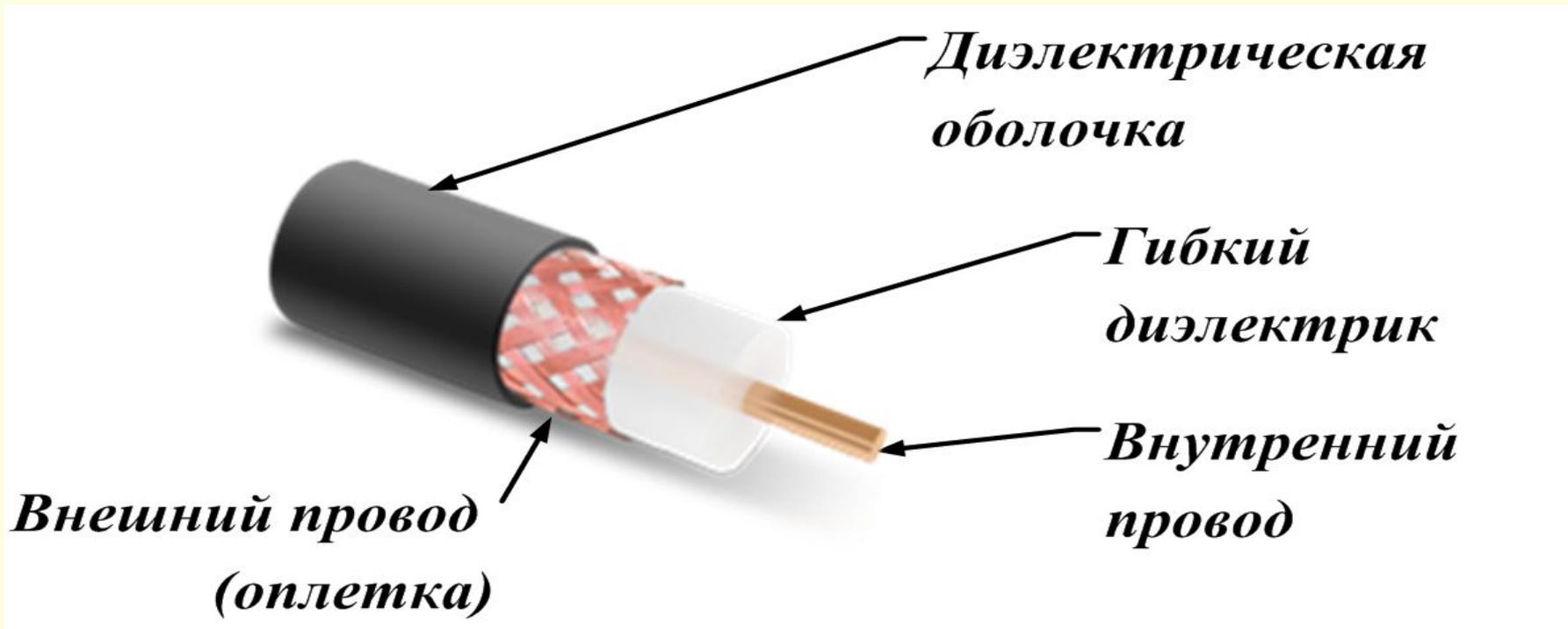
- Введение экрана устраняет антенный эффект.
- Устраняется влияние внешних ЭМ полей и атмосферных условий.

### Недостатки:

- Сложность конструкции
- Трудность обнаружения повреждений и их устранение

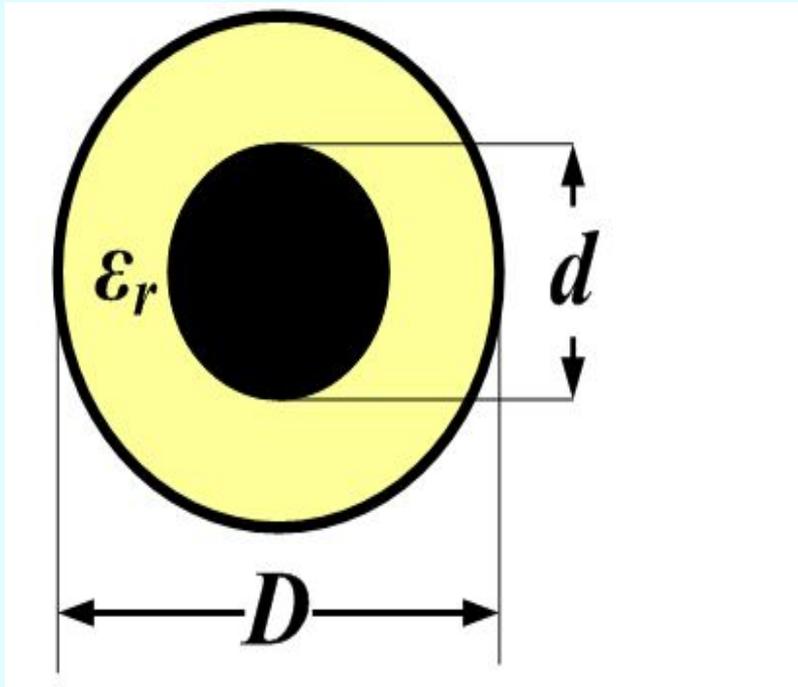
# Коаксиальный кабель

Коаксиальный кабель состоит из внутреннего провода, вокруг которого располагается внешний провод в виде жесткой или гибкой трубы. Между ними находится изолятор в форме сплошного наполнителя из эластичной пластмассы или в виде шайб из высокочастотной керамики.





# Коаксиальная линия



$\epsilon_r$  - диэлектрическая проницаемость материала-диэлектрика, заполняющего линию

$D$  и  $d$  - диаметры внешней и внутренней линий. При отсутствии

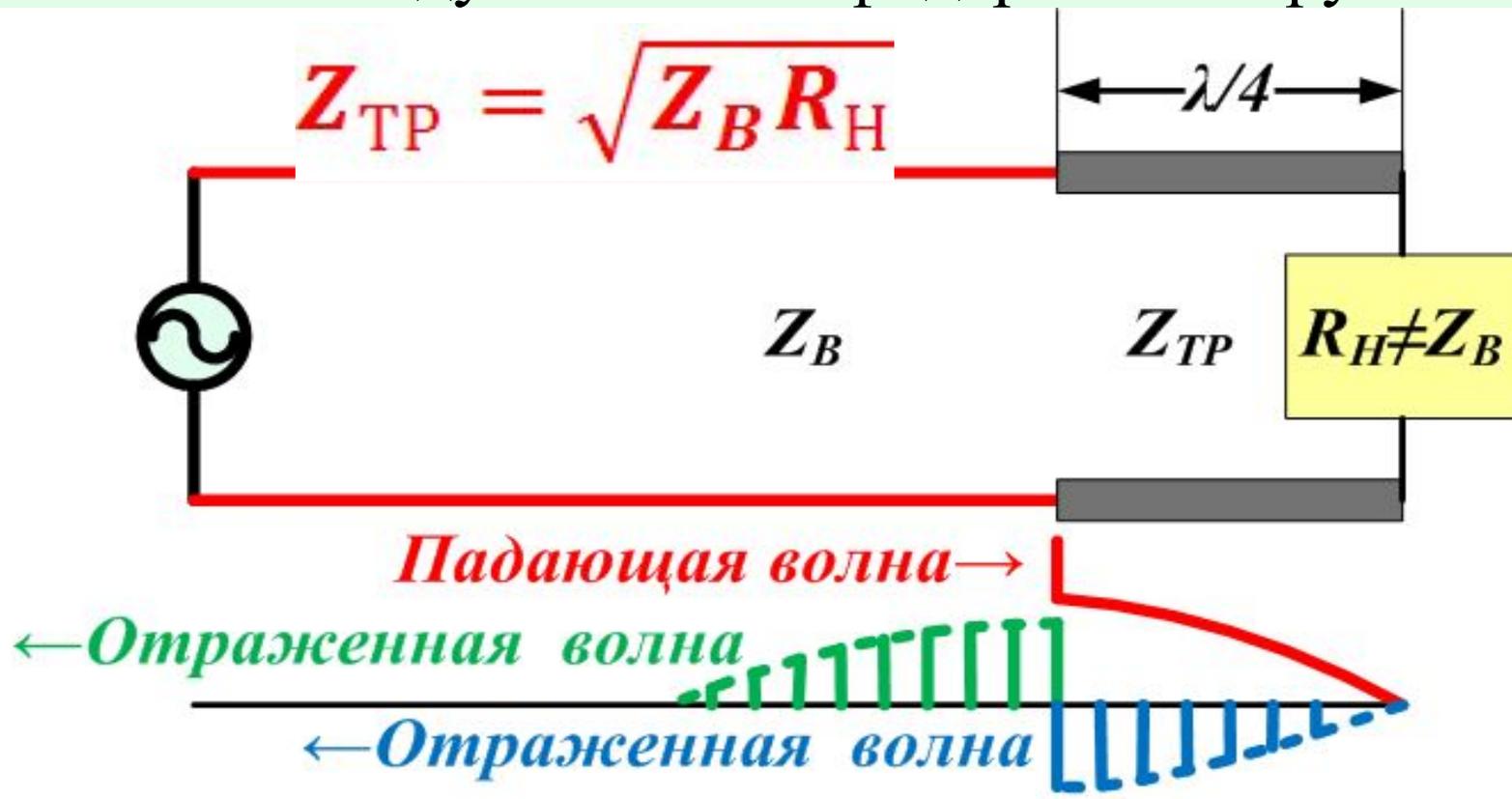
диэлектрика  $\epsilon_r = 1$

$$Z_B = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} 138 \cdot \lg \frac{D}{d}$$

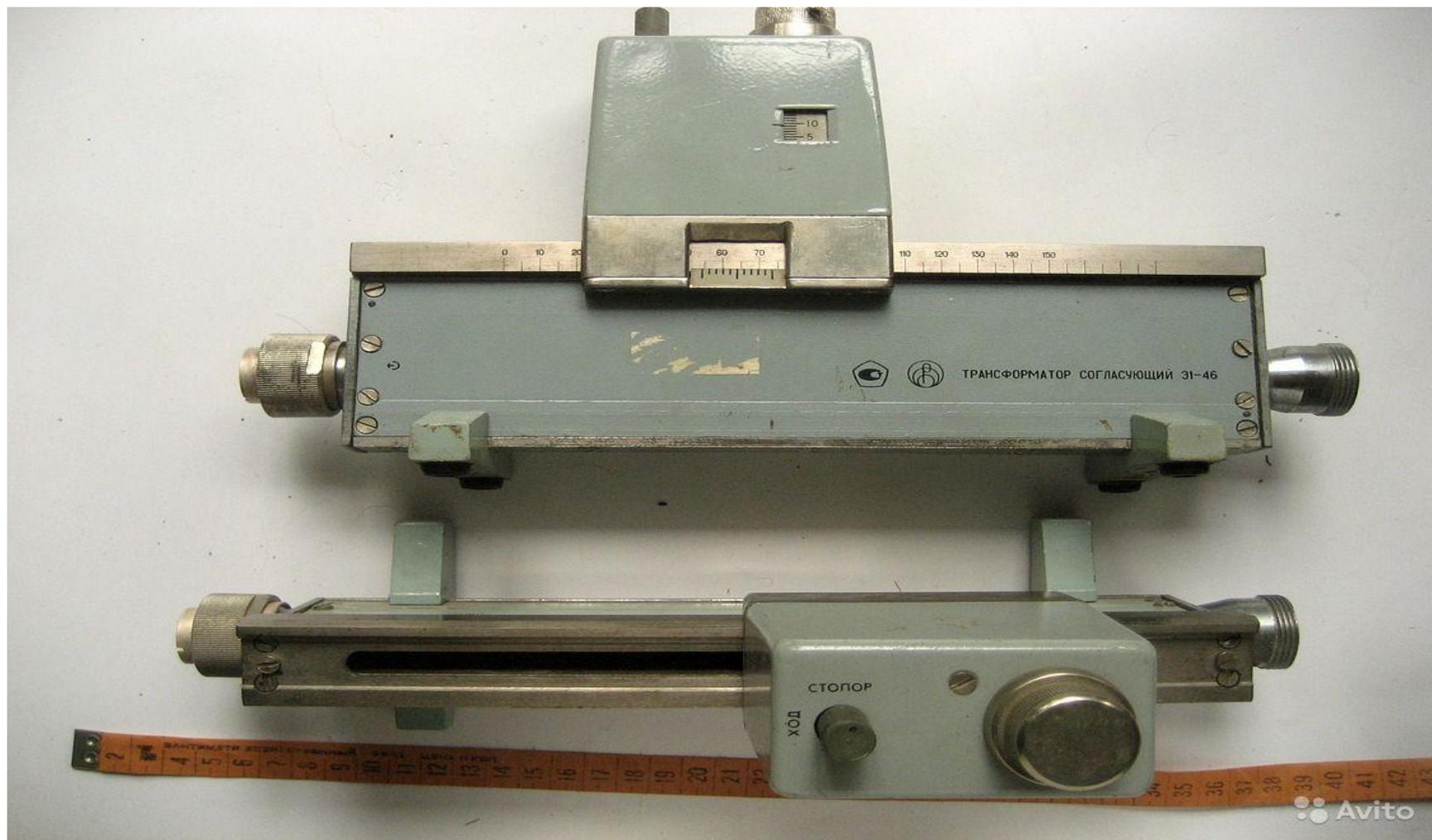
# Применение длинных линий

## Согласующие устройства

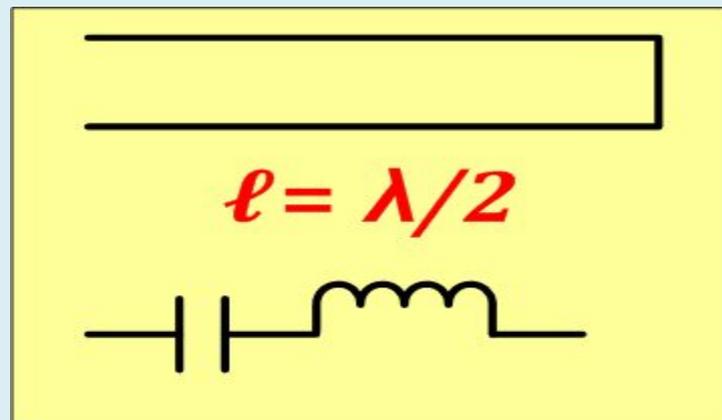
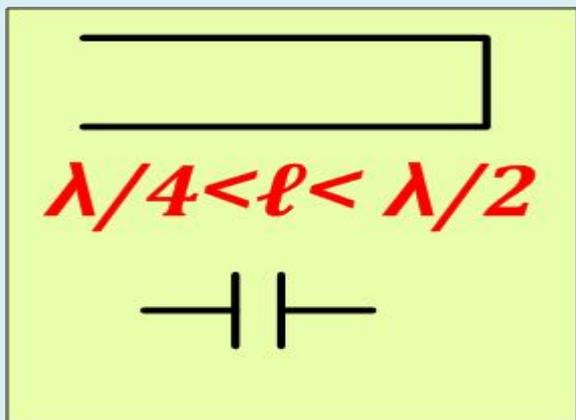
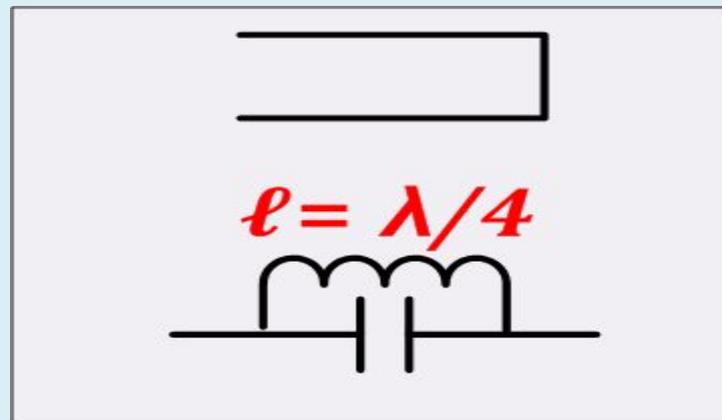
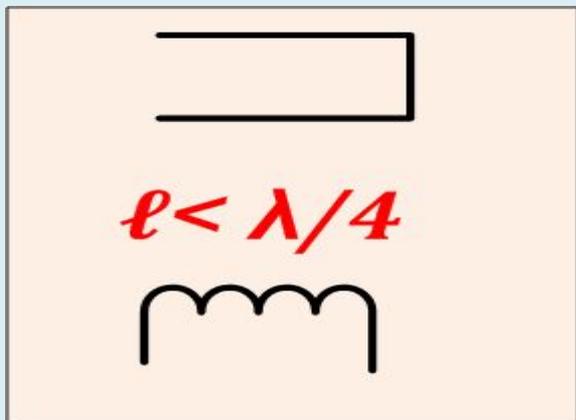
Для согласования активной нагрузки  $R_H \neq Z_B$  используется четвертьволновый трансформатор, представляющий собой отрезок линии длиной  $\lambda/4$  и включаемой между основным фидером и нагрузкой.

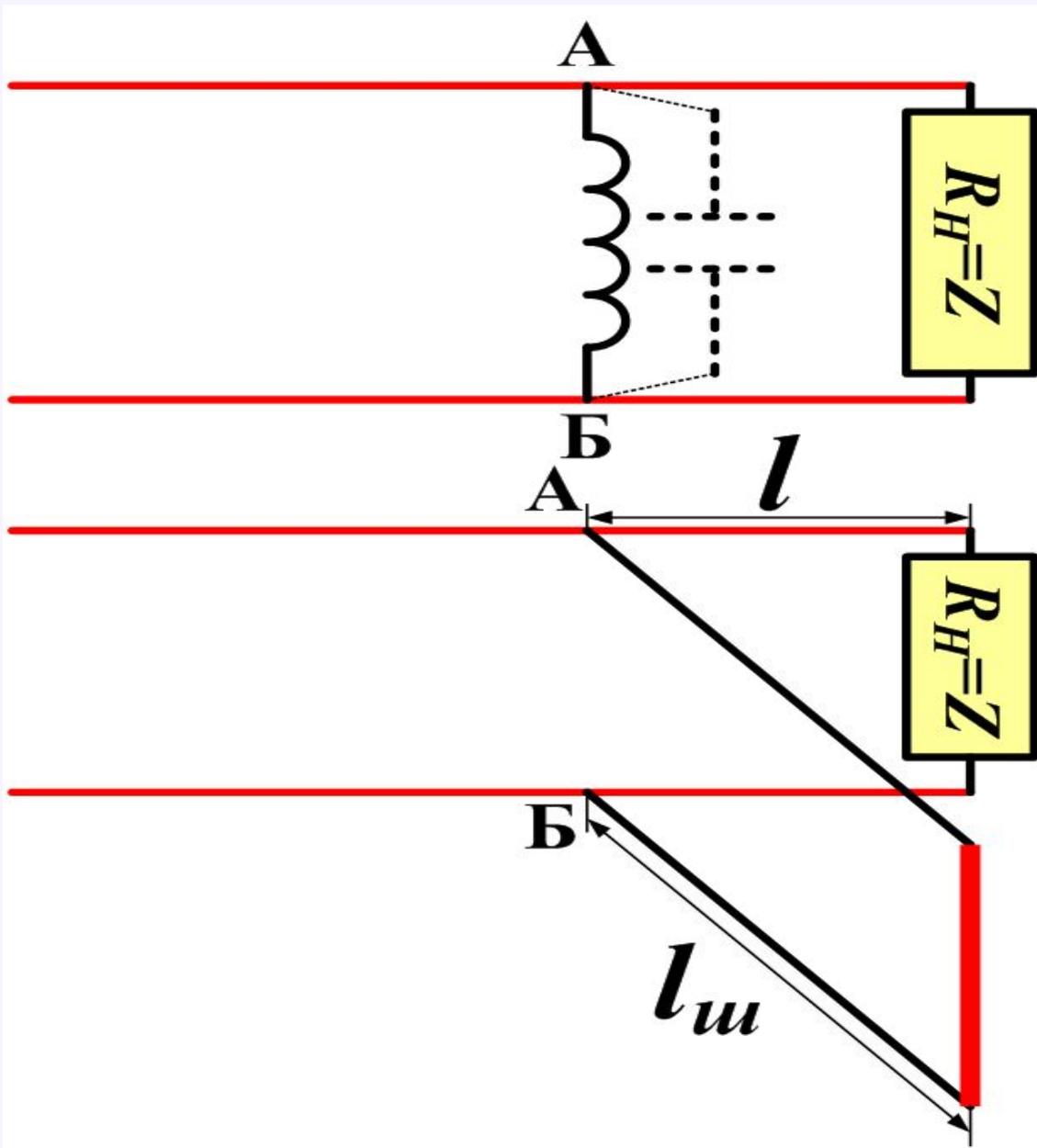


# Согласующий трансформатор



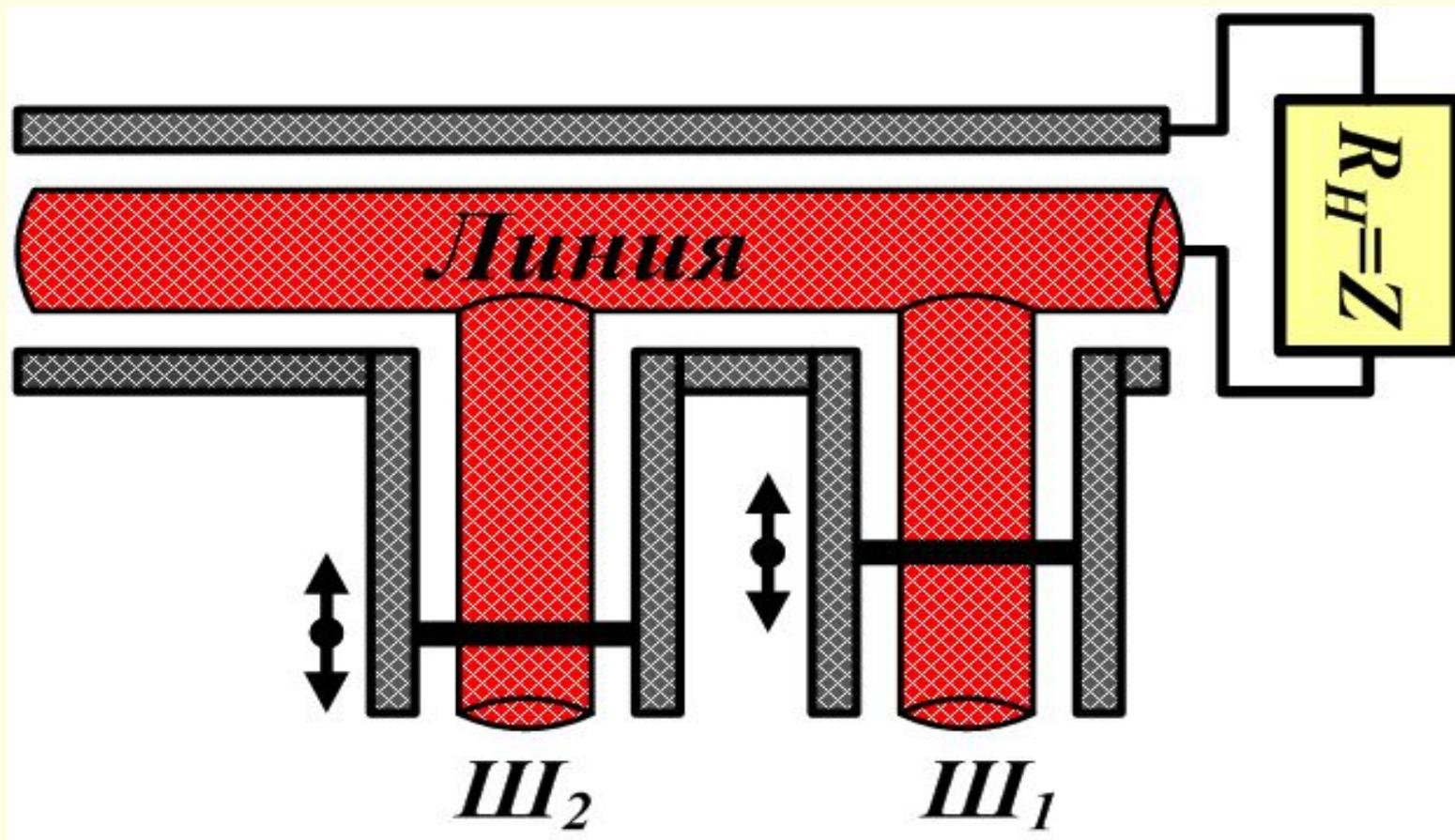
# Реактивные шлейфы





Согласование  
с помощью  
реактивного  
шлейфа

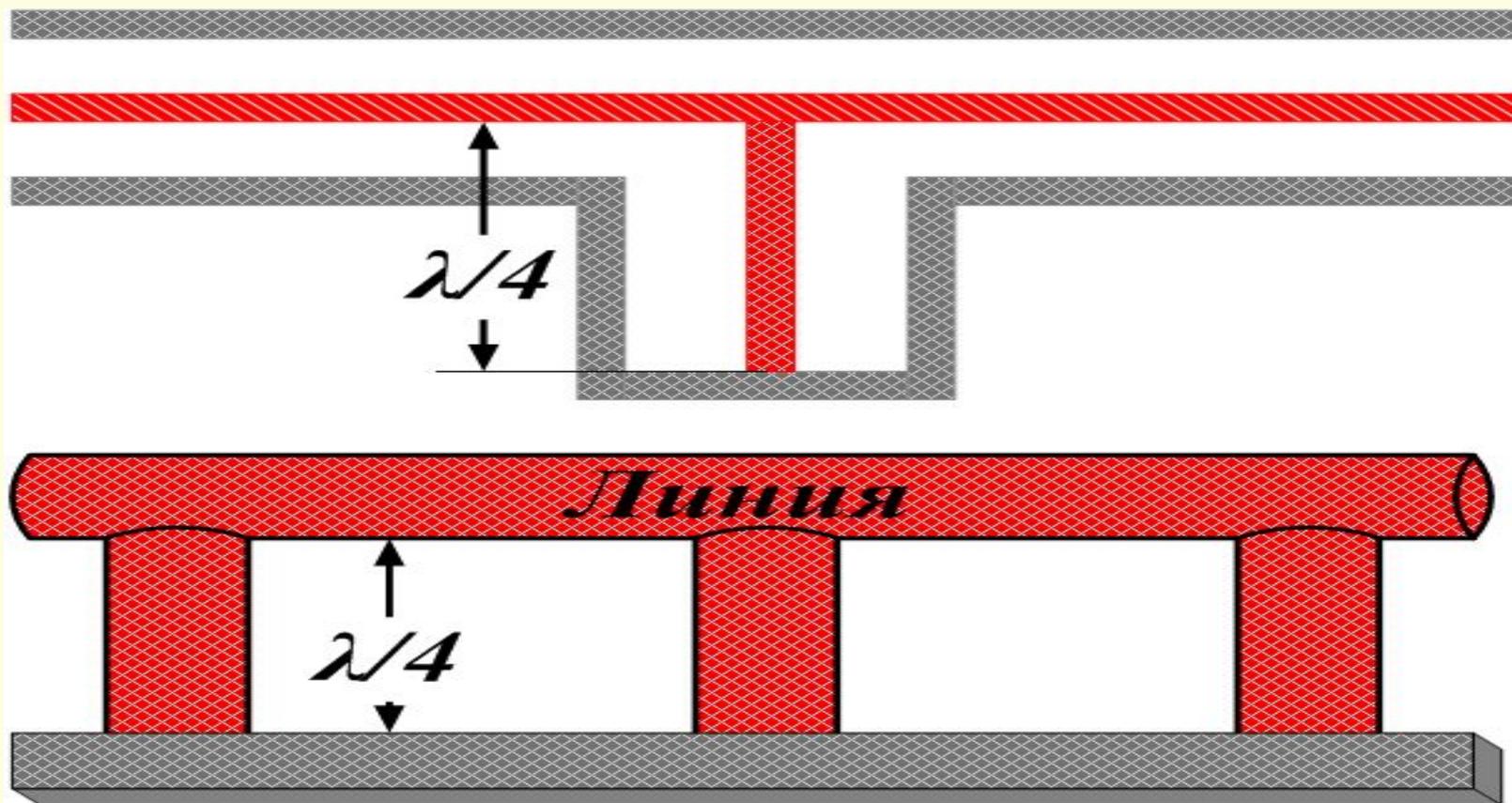
Согласование  
с помощью  
шлейфа  
Татарина



Двухшлейфовый согласователь для  
коаксиальной линии

# Металлический изолятор

Используется для поддержки внутреннего провода в коаксиальной линии



## **Задание на самоподготовку:**

- 1. Изучить материал по конспекту лекций.**
- 2. [1] С. 263 – 266, 324 – 330;  
[2] С. 67 – 69.**