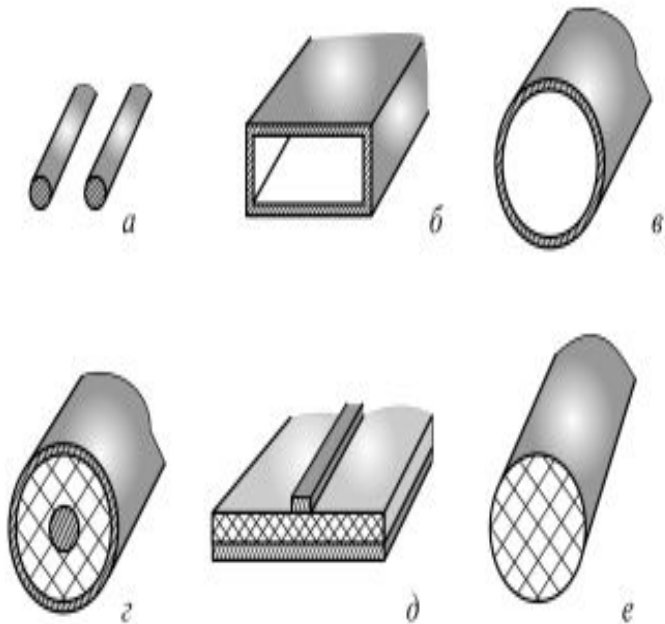


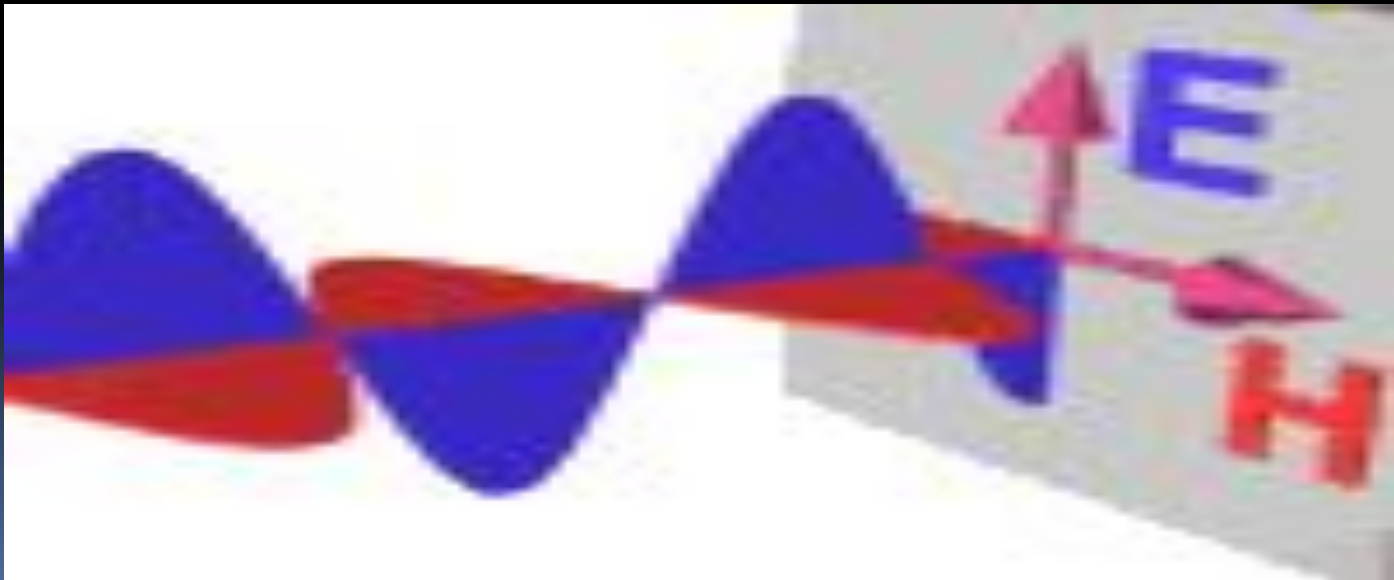


ВОЛНЫ В ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧ

Выполнили: Михеев Александр,
Огородников Степан
Руководитель: Серебрякова
Татьяна Леонидовна



Линия передачи (ЛП)-
устройство ,ограничивающая
область распространения
электромагнитных колебаний
и направляющее энергию поля
в заданном направлении



Классификация ЛП:

- Регулярная ЛП
- Открытая ЛП
- Однородная ЛП



Основные типы в линиях передачи

- Проводные
- Коаксиальные
- Полосковые
- Прямоугольные
- Круглые волноводы
- Диэлектрические

Характеристики ЛП:

Фазовая скорость Т-волны(дисперсионная хар-ка)

$$V_{\phi} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

Длина Волны при Т-волне:

$$\lambda_{л} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

Фазовая скорость для волноводной волны:

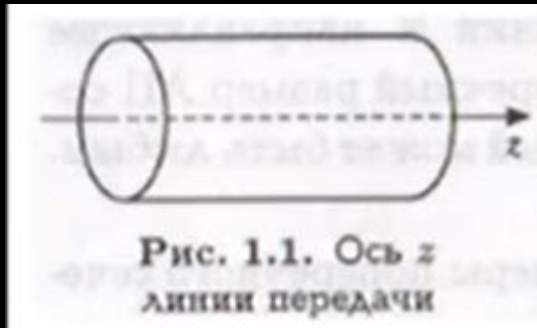
$$V_{\phi} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu(1-(\lambda_0/\lambda_{кр})^2)}}$$

Длина волны:

$$\lambda_{л} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon\mu(1-(\lambda_0/\lambda_{кр})^2)}}$$

Коэффициент распространения ВОЛНЫ

- Компоненты поля бегущей волны:



(a)

$$\dot{u}(z) = \dot{u}(0)e^{-\dot{\gamma}z}, \quad \dot{\gamma} = \alpha + j\beta, \quad \beta = 2\pi/\lambda_n$$

$$u(z) = |\dot{u}(z)| = u(z=0)e^{-\alpha z}, \quad P(z) = P(0)e^{-2\alpha z}$$

Коэффициент затухания

$$\alpha[\text{Нп/м}] = \ln \frac{u(z=0)}{u(z=1\text{ м})} = 0,5 \ln \frac{P(z=0)}{P(z=1\text{ м})}$$

$$\alpha[\text{дБ/м}] = 20 \lg \frac{u(z=0)}{u(z=1\text{ м})} = 10 \lg \frac{P(z=0)}{P(z=1\text{ м})}$$

Единица измерения $1 \text{ Нп/м} = 8,7 \text{ дБ/м}$

$$\alpha = \alpha_m + \alpha_d + \alpha_{\text{изл}},$$

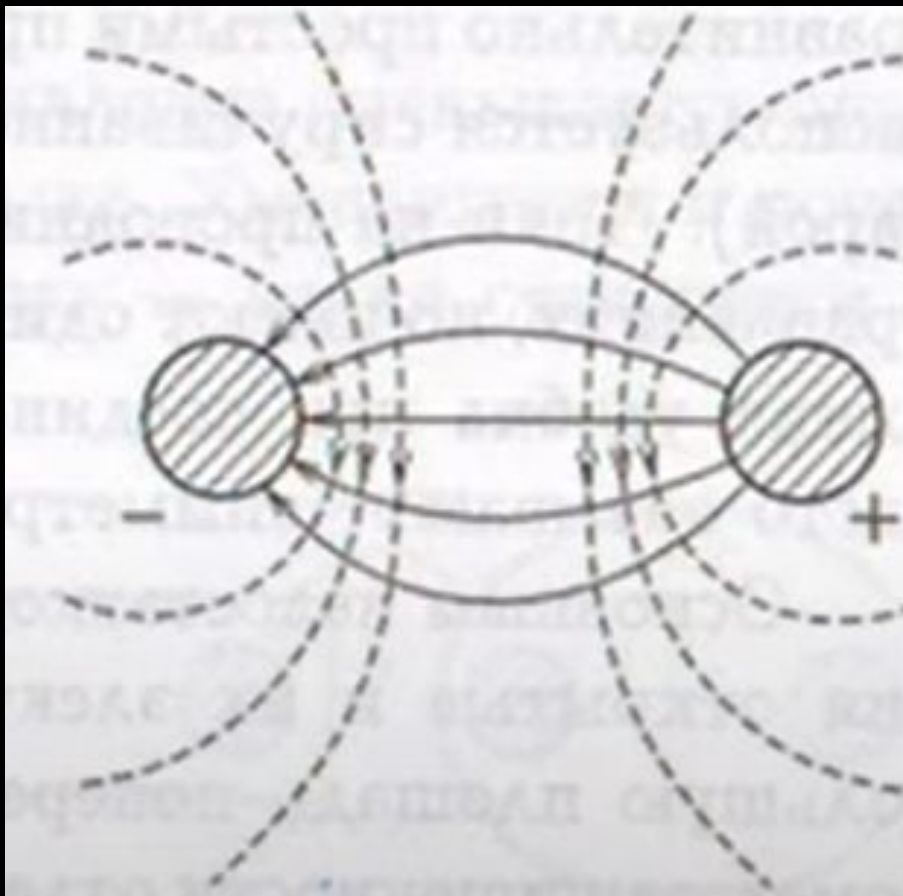


Рис. 1.3. Структура поля Т-волны в двухпроводной воздушной линии

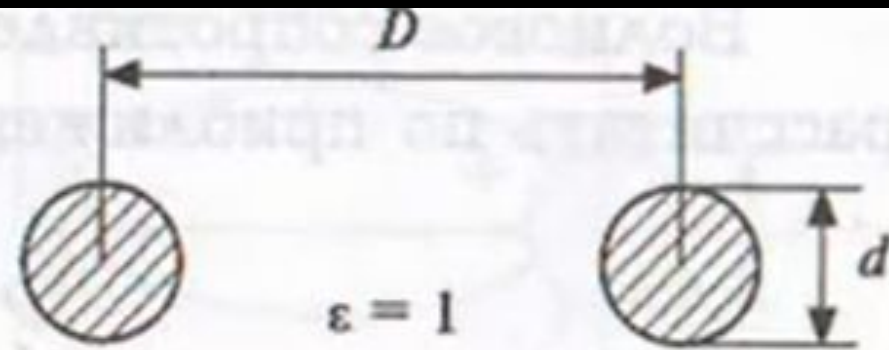


Рис. 1.2. Сечение двухпроводной линии с воздушным заполнением

$$\lambda_{\text{л}} = \lambda_0, \quad V_{\text{ф}} = c.$$

$$\rho = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_c}} \ln \frac{D - d/2}{d/2}$$

Проводные Линии

Четырехпроводная линия
с воздушным заполнением

синфазные
пары вверху-
внизу

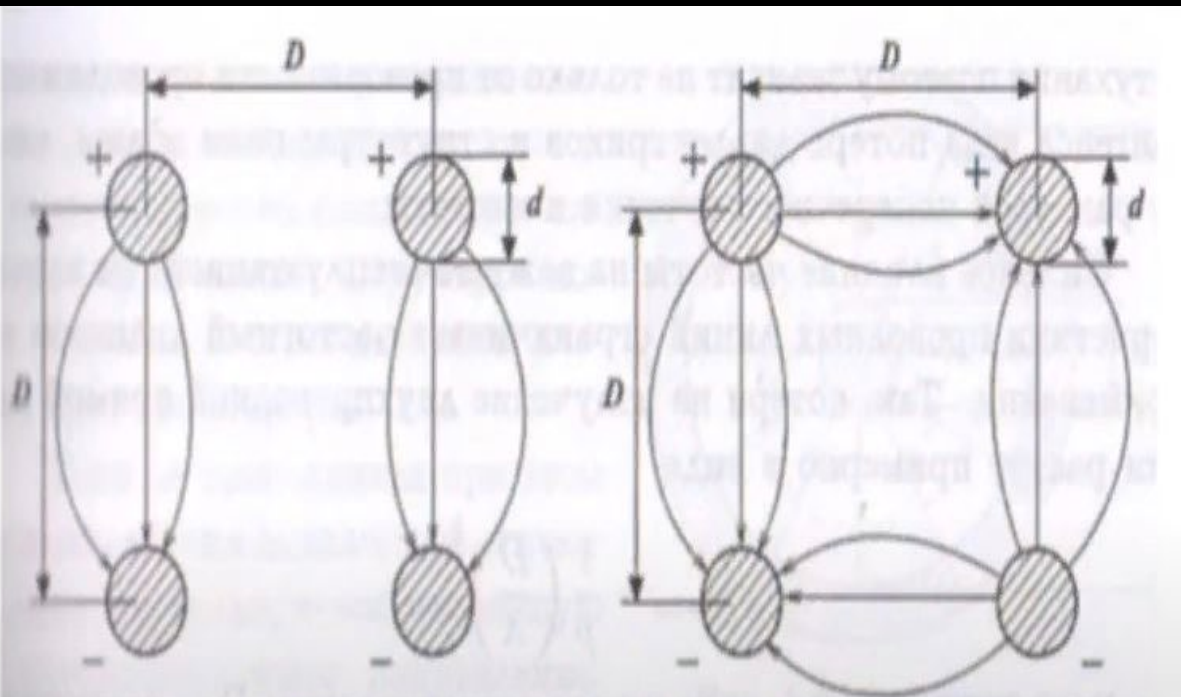


Рис. 1.4. Распределение электрического поля в четырехпроводной линии передачи

$$\rho = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_c}} \lg \left(\frac{2D}{d} \sqrt{2} \right).$$

Накрест

$$\rho = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_c}} \lg \left(\frac{2D}{\sqrt{2}d} \right).$$

Для снижения потерь на излучения
используют экранирование
двухпроводной ЛП

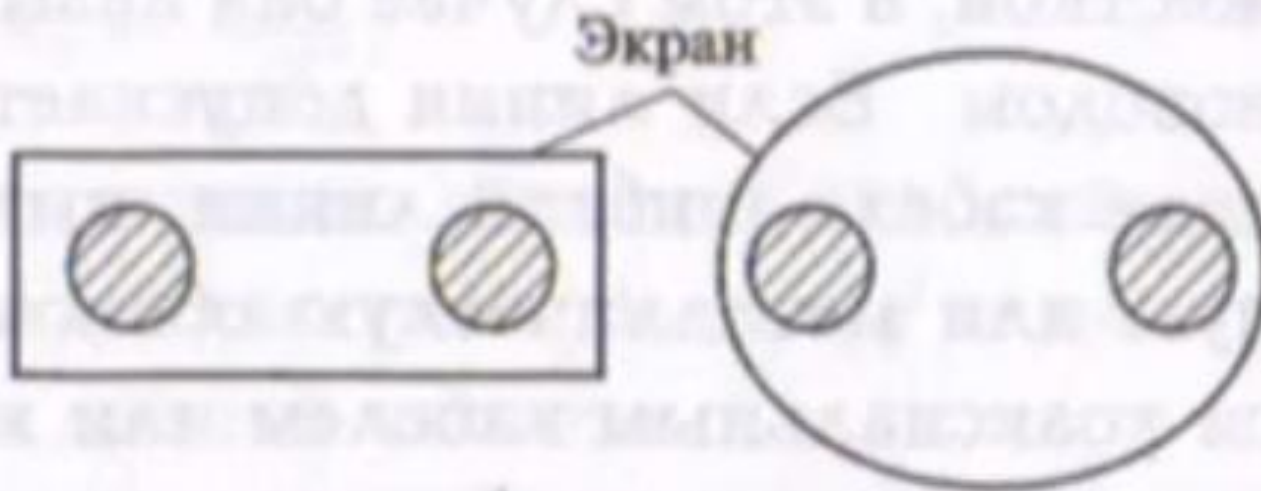


Рис. 1.5. Сечение экранированных
двухпроводных линий передачи

$$\alpha_{\text{изл}} \sim \frac{1}{\rho} \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2$$

-Потери на излучение

Коаксиальные линии

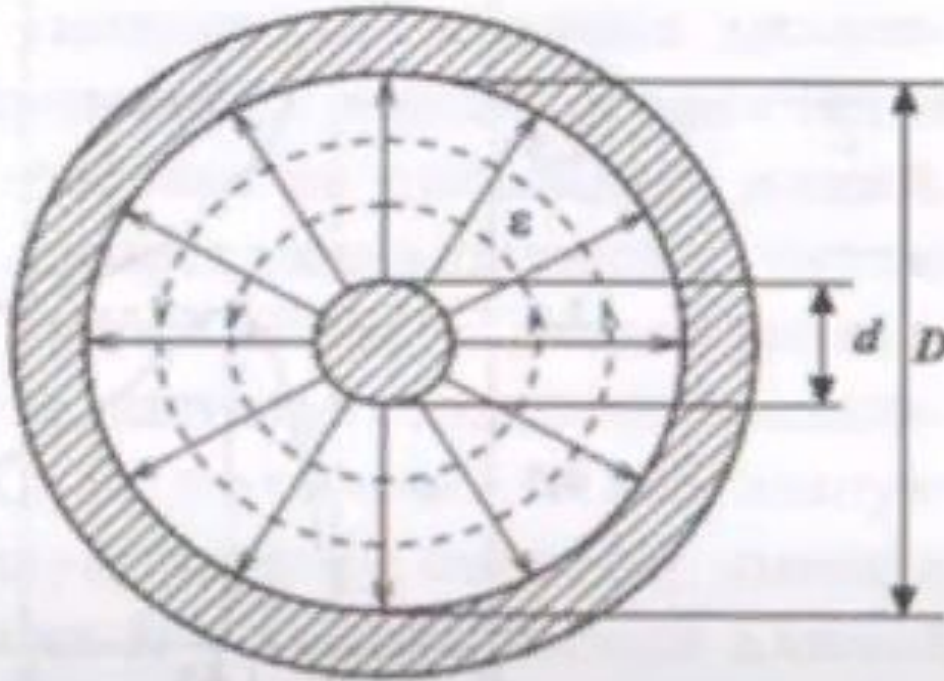


Рис. 1.6. Структура поля Т-волны в коаксиальной линии передачи

Примером такой ЛП является обычный телевизионный кабель, который используется для питания телевизора

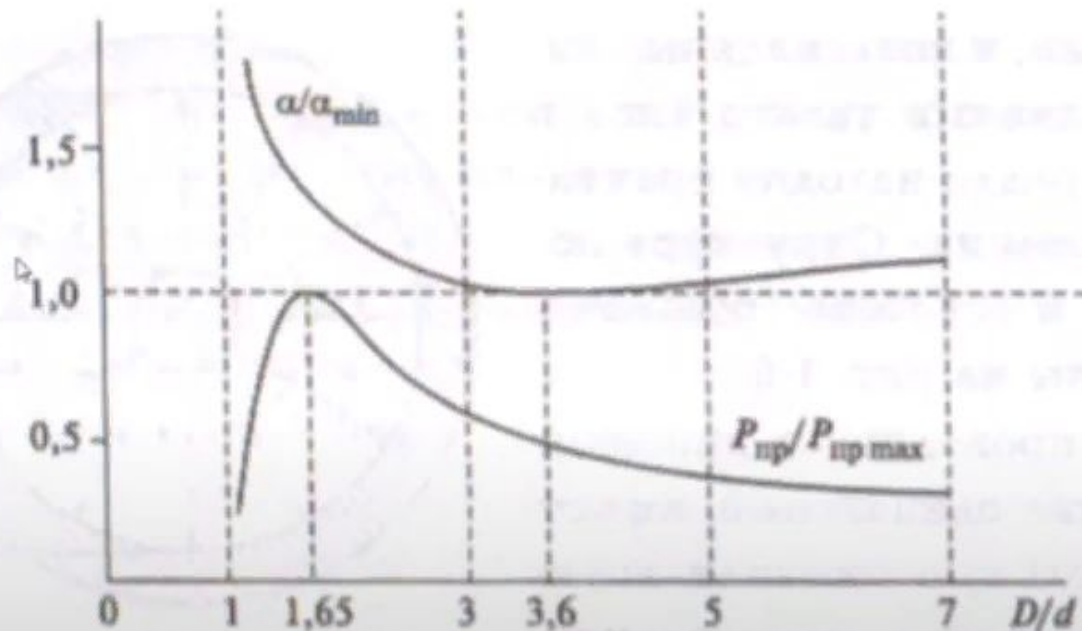


Рис. 1.7. Зависимость затухания и пропускаемой мощности коаксиальной линии от отношения размеров

Максимально пропускаемая мощность как видно на графике данной линии равна 1.65

Полосковые ЛП

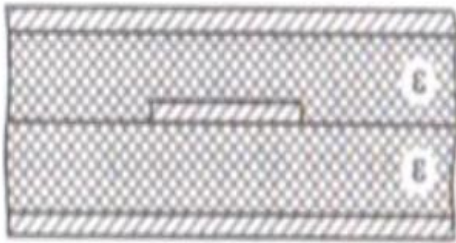


Рис. 1.8. Сечение открытой симметричной полосковой линии

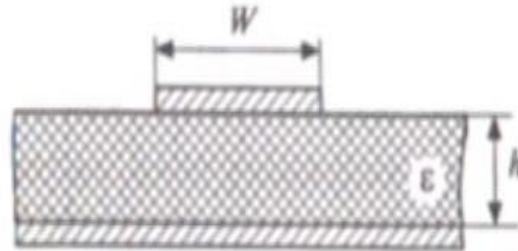


Рис. 1.9. Открытая несимметричная полосковая линия

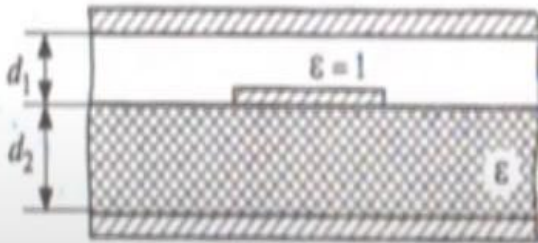


Рис. 1.10. Экранированная несимметричная полосковая линия с полоской, расположенной несимметрично относительно верхней и нижней плоскостей. Одним из диэлектриков является воздух



Рис. 1.11. Экранированная несимметричная полосковая линия с неоднородным диэлектрическим заполнением в виде двух слоев диэлектрика

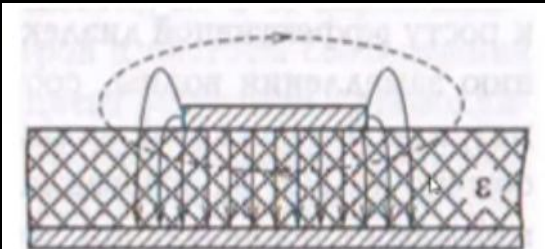


Рис. 1.12. Структура поля волны квази-Т в поперечном сечении несимметричной полосковой линии

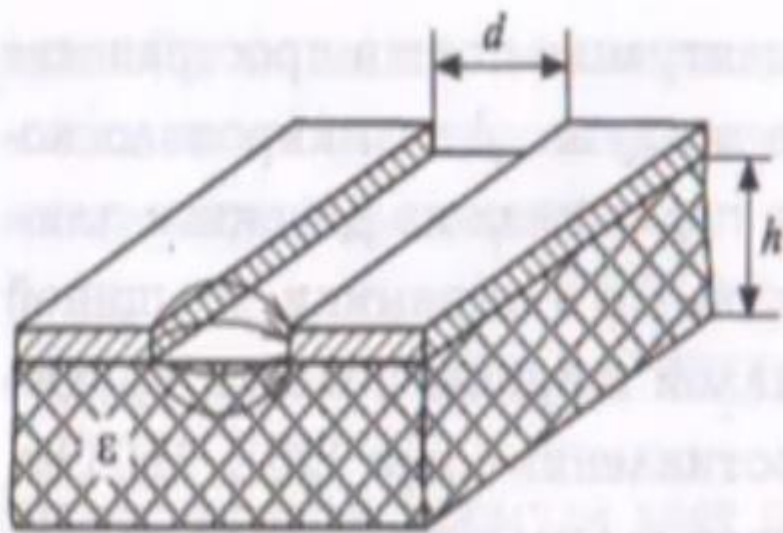


Рис. 1.13. Щелевая линия и структура электрического поля в ней

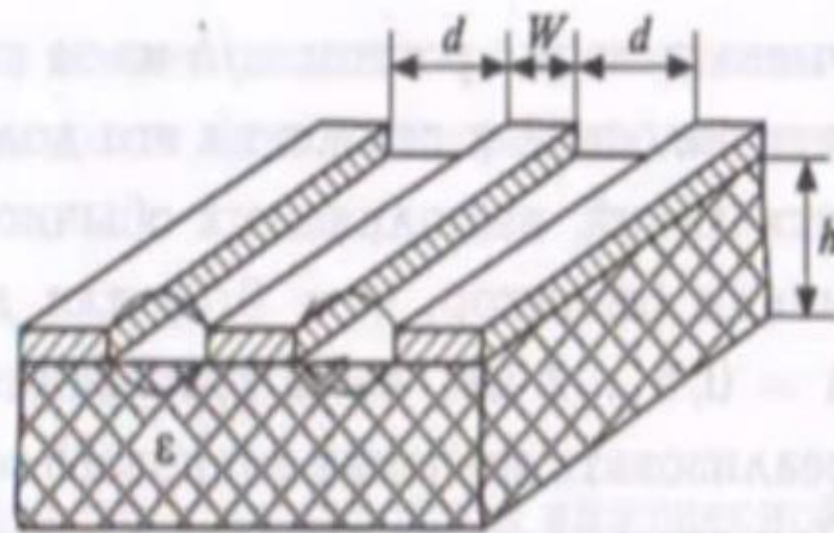


Рис. 1.14. Копланарная линия и структура электрического поля в ней

при $\varepsilon = 9,6$ и $h = 1$ мм $f_{кр}^{HE_1} \approx 40$ ГГц при $w/h = 1$ и только 5 ГГц, если $w/h = 9$.

Прямоугольные ЛП(волноводы)

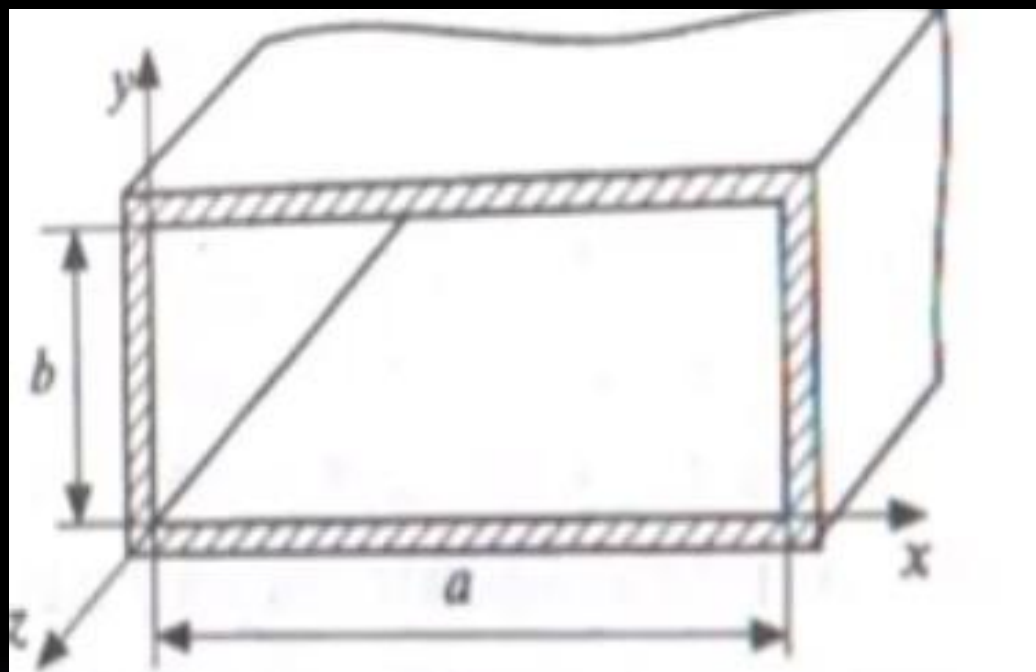
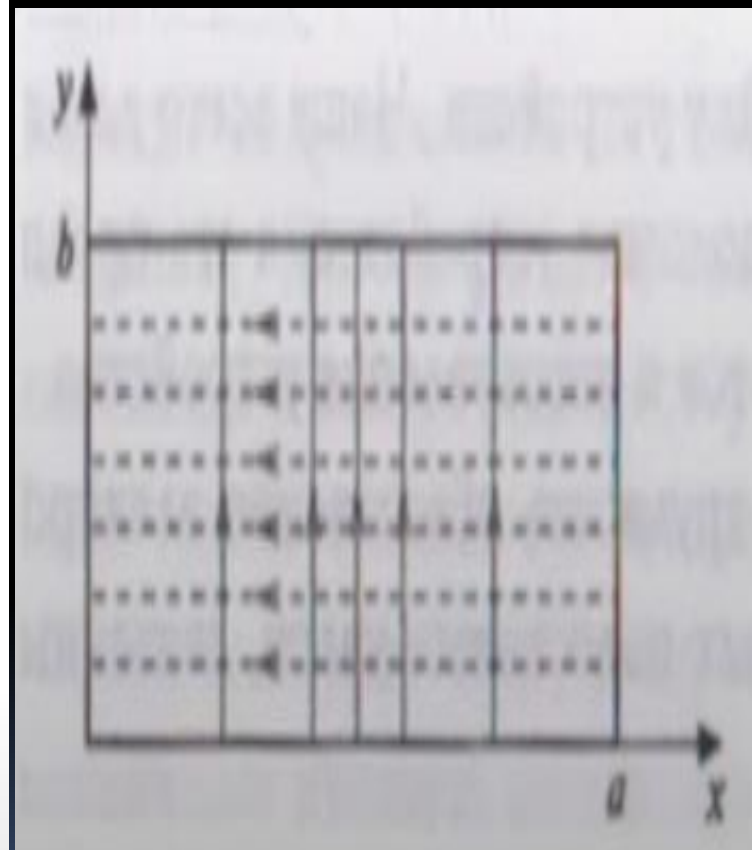
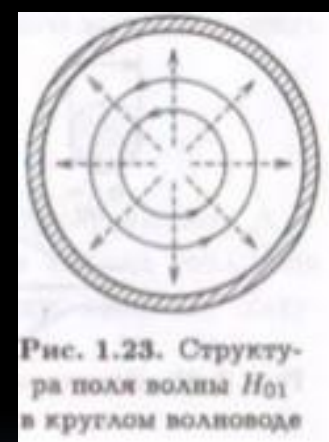
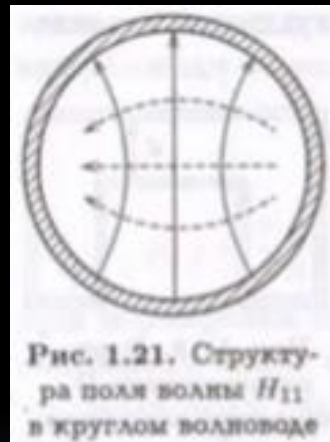
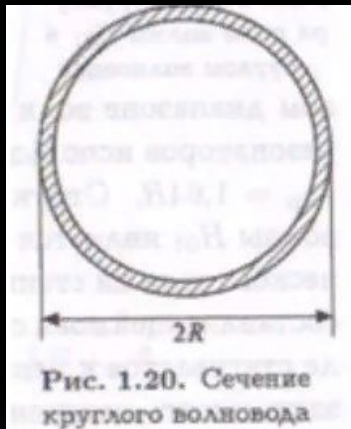


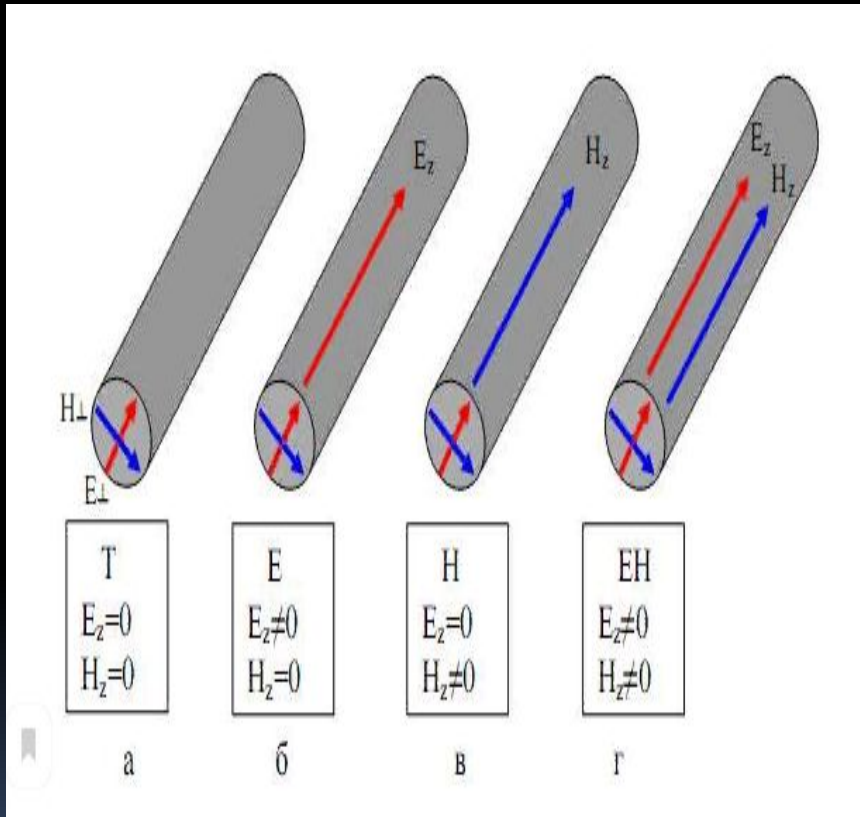
Рис. 1.15. Поперечное сечение
прямоугольного волновода



Круглые волноводы



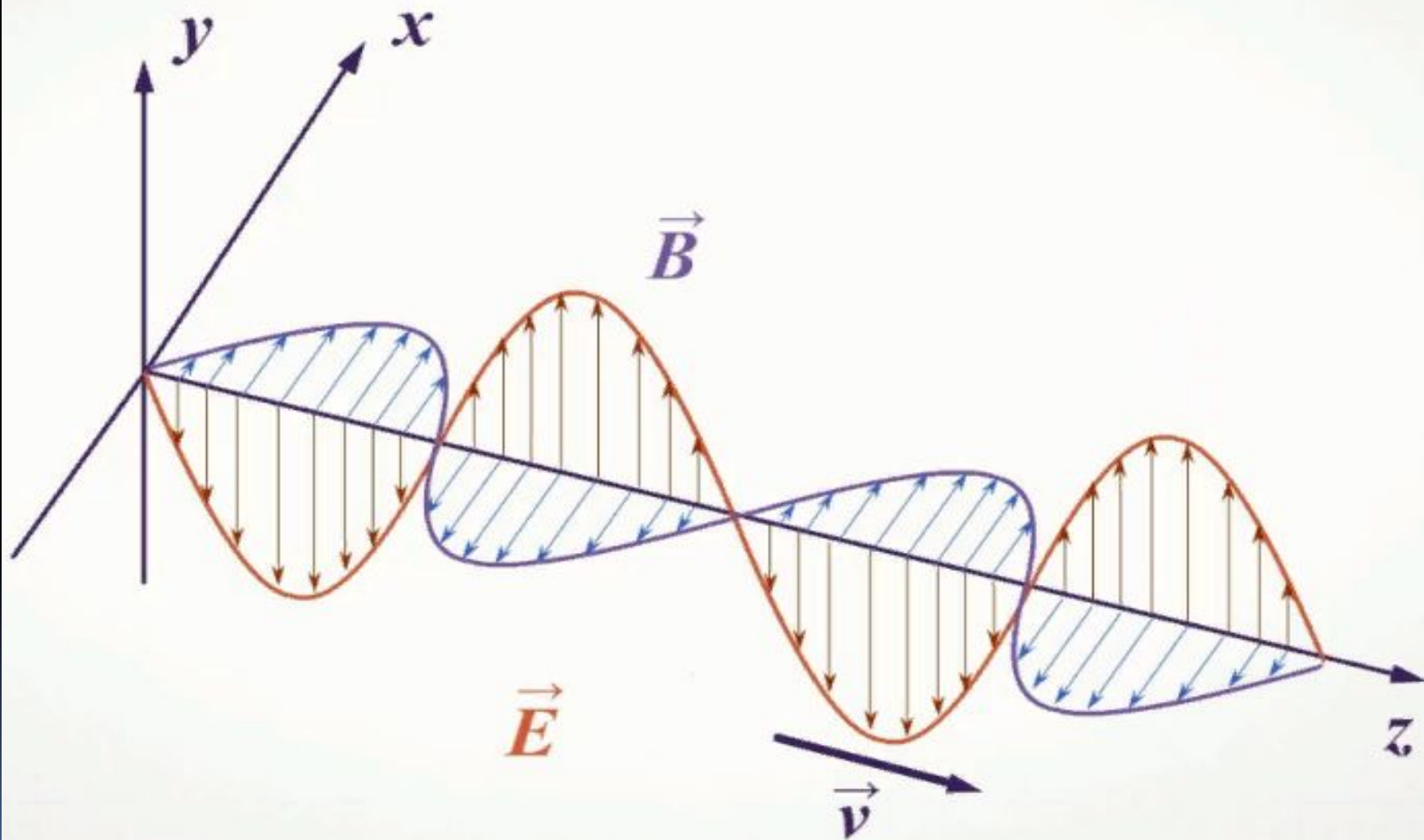
Классификация волн



В основу классификации волн в ЛП положены различия в структурах силовых линий векторов. Различают четыре типа волн в ЛП.

1. **Т-волны** – *поперечные волны*
2. **Е-волны** – *волны электрического типа*
3. **Н-волны** – *волны магнитного типа*).
4. **ЕН- или НЕ-волны** – *смешанные (гибридные) волны*, которые имеют все поперечные и продольные компоненты ЭМП (рис. 102, г).

Быстрые и медленные волны



По величине фазовой скорости собственные волны в НС подразделяют на медленные и быстрые где скорость света в среде, заполняющей направляющую систему. Медленные волны могут распространяться, например, в таких НС как диэлектрический волновод, световод, волноводы поверхностной волны. Быстрые волны могут распространяться, например, в таких НС как двухпроводная линия, прямоугольный, круглый, эллиптический волноводы. В НС, которые имеют как минимум два изолированных провода, могут также распространяться волны, фазовая скорость которых совпадает со скоростью света.

Режимы волн в ЛП

Для характеристики режима линии используется коэффициент стоячей волны

$$\text{КСВ} = \frac{U_{m \max}}{U_{m \min}} = \frac{1 + |\Gamma_{\text{н}}|}{1 - |\Gamma_{\text{н}}|}.$$

Обратный ему коэффициент бегущей волны

$$\text{КБВ} = \frac{1}{\text{КСВ}} = \frac{1 - |\Gamma_{\text{н}}|}{1 + |\Gamma_{\text{н}}|}$$

По известному значению КСВ или КБВ можно определить модуль коэффициента отражения

$$|\Gamma_{\text{н}}| = \frac{\text{КСВ} - 1}{\text{КСВ} + 1} = \frac{1 - \text{КБВ}}{1 + \text{КБВ}}.$$

Режим бегущей волны,
характеризуется
параметрами

$$|\Gamma_H| = 0, \text{КСВ} = 1, \text{КБВ} = 1.$$

Режим стоячей волны,
характеризуется
параметрами

$$|\Gamma_H| = 1, \text{КСВ} = \infty, \text{КБВ} = 0$$

Режим смешанных волн

$$0 < |\Gamma_H| < 1, 1 < \text{КСВ} < \infty, 1 > \text{КБВ} > 0$$

