

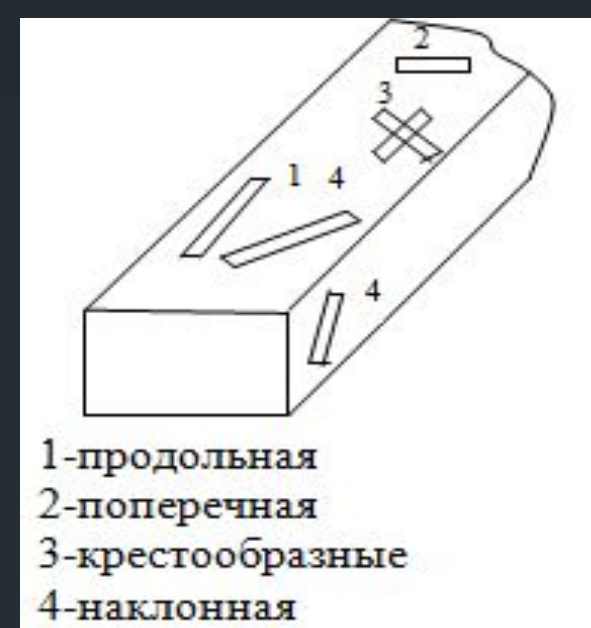


# Щелевые антенны

Лекция 11

Узкие щели, прорезанные в стенке волновода, резонатора коаксиального кабеля, полосковой линий.

Ширина щелей составляет (0,03...0,05) длина около полуволны



### Элементарная щель. Принцип двойственности Пистолькорса

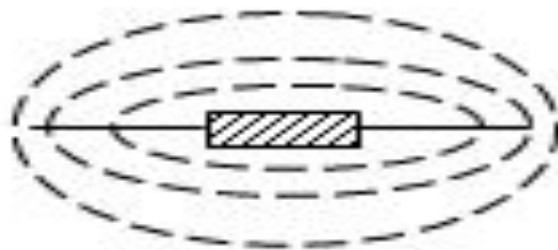
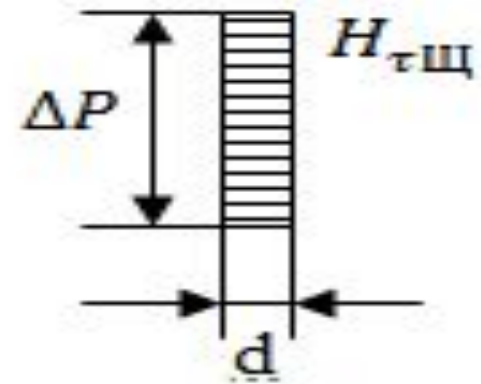
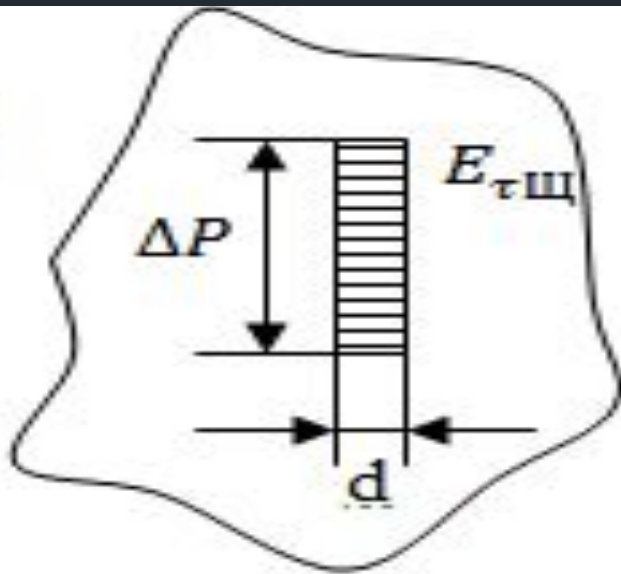
Зная поле элементарного электрического излучателя, найти поле элементарного магнитного излучателя (щели в экране) при аналогичных граничных условиях.

- на металлической пластине:

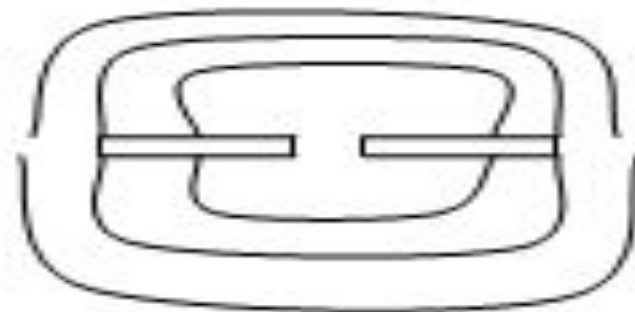
$$H_{\tau B} = \eta_s = \frac{J}{2d} = const \quad (\vec{\eta}_s = \left[ \vec{n} \vec{H}_{\tau B} \right])$$

-на остальной части бесконечной плоскости

$$H_{\tau S} = 0 \quad (1)$$



$$H_{\tau\Omega} = \text{const}$$



$$E_{\tau\Omega} = \text{const}$$

## Для элементарной щели

На щели  $E_{\tau\omega} = \frac{U}{d} = \text{const}$  (2)

На экране  $E_{\tau\omega} = 0$

## Для вибратора

$$E_{\theta B} = \frac{60\pi J\Delta l}{\lambda r} \sin \theta \quad H_{\varphi B} = \frac{E_{\theta B}}{R_0 \pi} = \frac{J\Delta l}{2\lambda r} \sin \theta \quad H_{\varphi\theta} = \frac{H r d\Delta l}{\lambda r} \sin \theta$$

(3)

## Для щели

$$E_{\varphi\omega} = \frac{E_{\tau} d\Delta l}{\lambda^2} \sin \theta = \frac{U\Delta l}{\lambda^2 \sin \theta} \quad H_{\theta\omega} = \frac{E_{\varphi\omega}}{120\pi} = \frac{U\Delta l}{120\pi} \sin \theta$$

(4)

## Полуволновая щель

закон распределения напряжения в щели

$$\dot{U} = \dot{U}_n \sin k(l - |z|) \quad (5)$$

поле находим двумя способами:

1. Симметричная щель рассматривается как система одинаково ориентированных элементарных щелевых излучателей и используется теорема умножения.

2. Принцип двойственности

$$\text{при } 2l = \lambda/2$$

$$E_{\theta B} = \frac{60J_{\Pi}}{r} \frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \rightarrow H_{\varphi B} = \frac{J_{\Pi}}{2\pi^2} \frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \rightarrow$$

$$E_{\theta \Pi} = \frac{U_{\Pi}}{\pi^2} \frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \rightarrow H_{\varphi \Pi} = \frac{U_{\Pi}}{120\pi^2 r} \frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta}$$

Итак, ДН полуволновой щели и полуволнового вибратора одинакова

Сравним  $H_{\varphi B}$  и  $H_{\varphi \Pi}$

Если  $U_{\Pi} = 60\pi J_{\Pi}$ , то  $H_{\varphi B} = H_{\varphi \Pi}$

Одинаковы амплитуда полей излучения щели и вибратора во всех точках дальней зоны и излучаемые мощности.

$$P_{\Sigma B} = \frac{J_{\Pi}^2 R_{\Sigma B}}{2} = P_{\Sigma \text{Щ}} = \frac{U_{\Pi}^2 G_{\Sigma \text{Щ}}}{2}$$

$G_{\Sigma \text{Щ}}$  - проводимость излучения щели

щель двухсторонняя,  $G_{\Sigma \text{Щ}} = \frac{R_{\Sigma B}}{(60\pi)^2} = 0,002$

излучающая в обе стороны от металлической поверхности.

односторонняя щель  $g_{\Sigma \text{Щ}} = \frac{1}{2} G_{\Sigma \text{Щ}} = 0,001$

$R_{\Sigma \text{Щ}}$  500 и 1000 Ом.

Из принципа двойственности

$$Y_{\text{ВХЩ}} = \frac{Z_{\text{ВХВ}}}{(60\pi)^2} = \frac{73,1 + j(42,5 - Z_{\text{ВЭ}} c \lg kl)}{(60\pi)^2}$$

$Z_{\text{ВЭ}}$  -эквивалентное волновое сопротивление пластинчатого вибратора

$$Z_{\text{ВЭ}} = 120 \left( 1n \frac{4\lambda}{\pi d} - 0,577 \right)$$

## Излучение щелей, прорезанных в металлических телах конечных размеров

-ДН в плоскости  $H$  мало отличается от ДН в бесконечном экране.

-ДН в плоскости вектора  $E$  искажается при больших размерах экрана. ДН приобретает вид восьмерки с нулями в направлении экрана, т.е. вместо скачка вектора  $E$



-при переходе через плоскость экрана в случае бесконечного экрана (ДН имеет при этом вид окружности)

-при переходе через экран конечных размеров происходит переход в свободном пространстве, скачка вектора  $E$  при этом быть не может.

-**Реактивное сопротивление** при конечных размерах экрана меняется незначительно,  
**активное сопротивление** — сильнее.



## Волноводно – щелевые антенны

Одиночная щель имеет слабо выраженные направленные свойства, для получения узких ДН применяют многощелевые антенны.

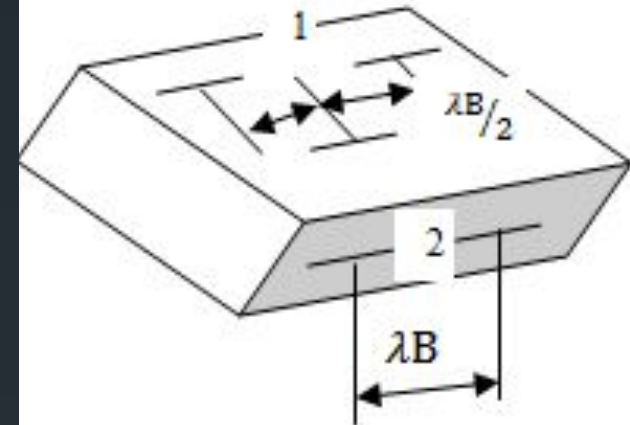
ВЩА система полуволновых щелей, прорезанных в стенке волновода, чаще с волной  $H_{10}$

**Резонансные ВЩА и Нерезонансные ВЩА**  
(диапазонны, КСВ~1)

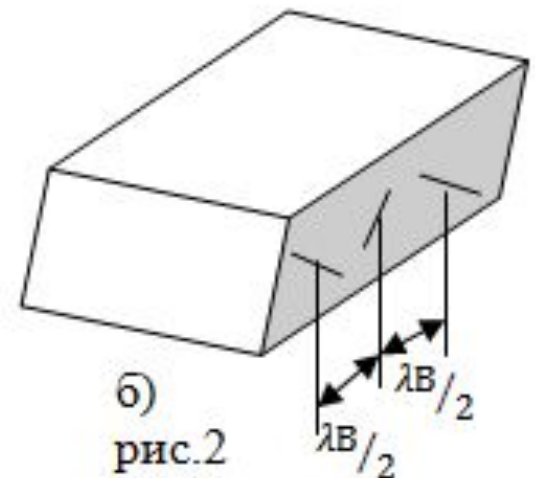
удобно расположение 2 а) 1,  
расстояние между щелями  
обеспечивает отсутствие  
дифракционных максимумов.

$$\frac{\lambda_B}{2} \approx 0,7\lambda$$

1-Переменнофазное  
расположение щелей



2-прямофазное  
расположение щелей



# Резонансные антенны

Расстояние между щелями и их расположение обеспечивают синфазность возбуждения щелей.

Главный max ДН таких антенн  $\perp$  оси волновода

Работа в режиме стоячей волны, в конце антенны (волновода) устанавливается короткозамыкающий поршень расстояние от поршня до последней щели такое, что щель находится в пучности той составляющей тока, которой она возбуждается.

Для продольного расположения щели - расстояние кратно нечетному числу  $\lambda_B/4$   $(2m + 1)\lambda_B/4, m = 1, 2, \dots$

Поперечной щели - расстояние кратно целому числу полуволн.

«-» узкополосность.

## Нерезонансные антенны

$$d \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \lambda_B / 2$$

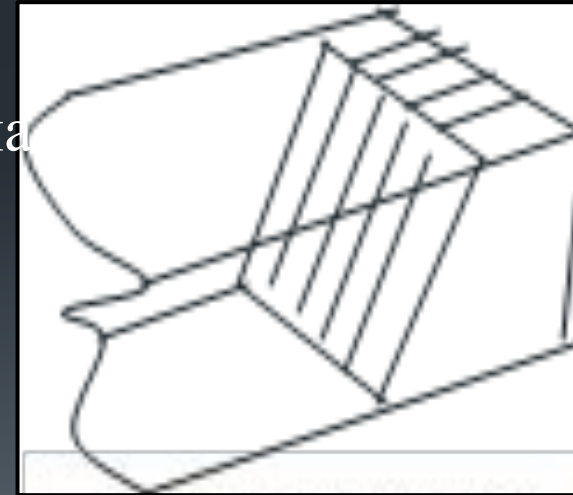
расстояние между соседними щелями

Возбуждение щелей бегущей волной, в антенне линейное фазовое распределение.

Мах главного лепестка ДН отклонен на угол от  $\perp$  к оси волновода в сторону распространения волны, при  $d > \lambda_B / 2$

при  $d < \lambda_B / 2$  в противоположную сторону.

**Поглощающая нагрузка** устанавливается, чтобы отраженная от конца антенны волна не приводила к появлению паразитного лепестка, симметричный (зеркально) основному, в конце волновода. (Теряется 5 – 20% Р<sub>вх</sub>).



Для расширения полосы используется  
гантельные щели.

Для круговой поляризации – крестообразные  
щели.

ДН:  $f(\theta) = f_0(\theta) f_N(\theta)$

$$f(\theta) \sim f_N(\theta) = \left| \frac{\sin \frac{N}{2} (kd \sin \theta - \xi)}{\sin \frac{1}{2} (kd \sin \theta - \xi)} \right|$$

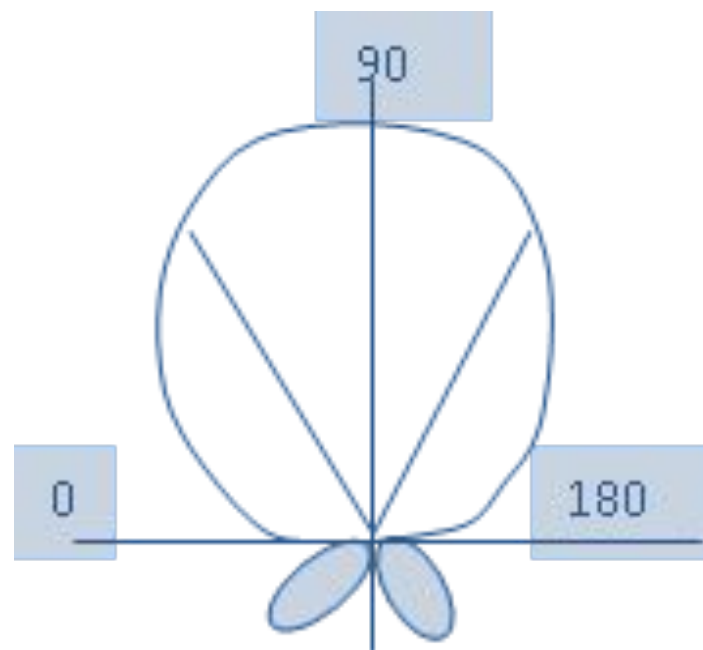
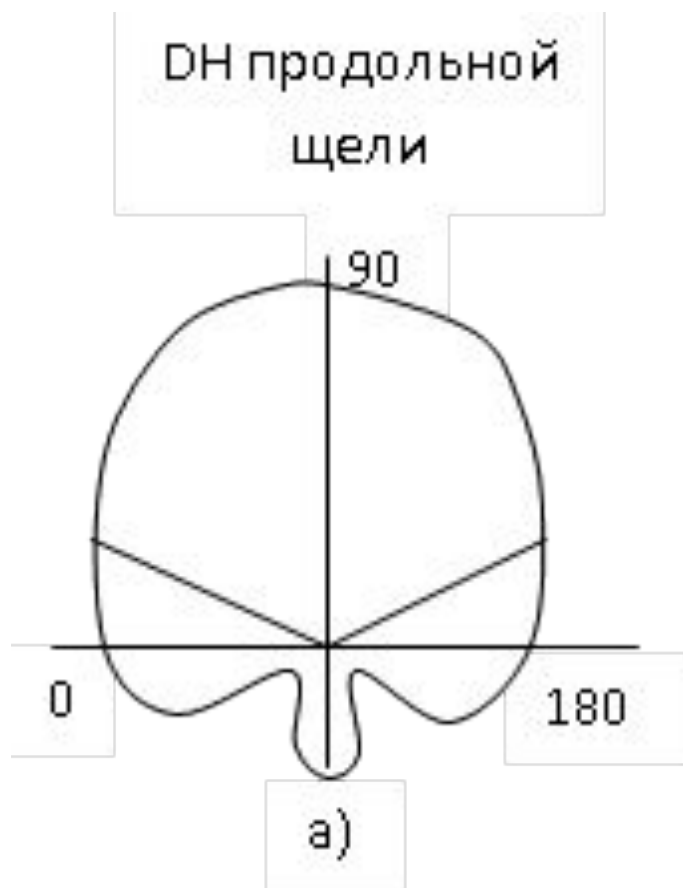
фазовый набег при равномерном АР

$$\xi = \frac{2\pi}{\lambda_B} d + \nu\pi \quad \nu=0.1$$



-Для переменофазных продольных щелей, наклонных щелей на узкой стенке, при возбуждении щелей реактивными штырями, размещенными с разных сторон щелей  $\nu=1$

-Для поперечных щелей на широкой стенке волновода, продольных на узкой  $\nu=0$

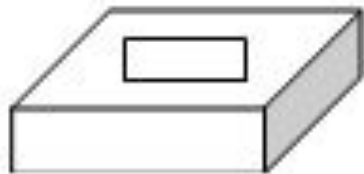


# Эквивалентные параметры щелей в волноводе

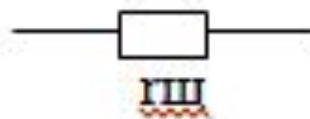
Щель, прорезанная в стенке волновода излучает не только во внешнее пространство но и внутрь волновода, возбуждается 2 волны:

1. от генератора, складывается с падающей и образует проходящую волну,
2. в сторону генератора, отраженная от щели.

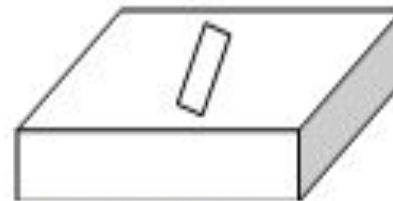
Таким образом мощность падающей со стороны генератора волны равна сумме мощностей прошедшей за щель волны, отраженной волны и мощности излучения.



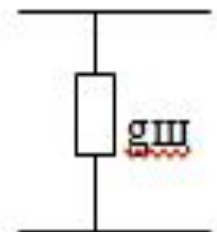
Продольная  
щель



Эквивалентна  
я схема



Поперечная  
щель



Эквивалентна  
я схема

## Продольная щель в широкой стенке волновода

$$g_{\text{щ}} = 2,09 \frac{\lambda_B}{\lambda} \frac{a}{b} \cos^2\left(\frac{\pi \lambda}{2 \lambda_B}\right) \sin^2\left(\frac{\pi x}{a}\right)$$

## Поперечная щель в широкой стенке волновода

$$r_{\text{щ}} = 0,523 \left(\frac{\lambda_B}{\lambda}\right)^3 \frac{\lambda^2}{ab} \cos^2\left(\frac{\pi \lambda}{4 a}\right) \cos^2\left(\frac{\pi x}{a}\right)$$

## Наклонная щель в узкой стенке волновода

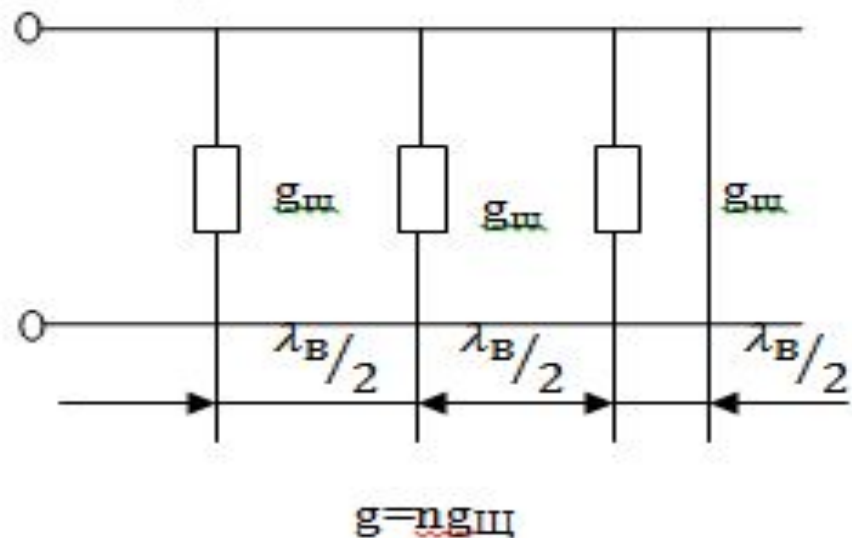
$$g_{\alpha} = \frac{30}{73\pi} \frac{\lambda^4}{a^3 a} \frac{\lambda_B}{\lambda} \frac{\sin \alpha \cos\left(\frac{\pi \lambda}{2 \lambda_B} \sin \alpha\right)}{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_B} \sin \alpha\right)^2}$$

$\alpha$  - угол наклона щели,

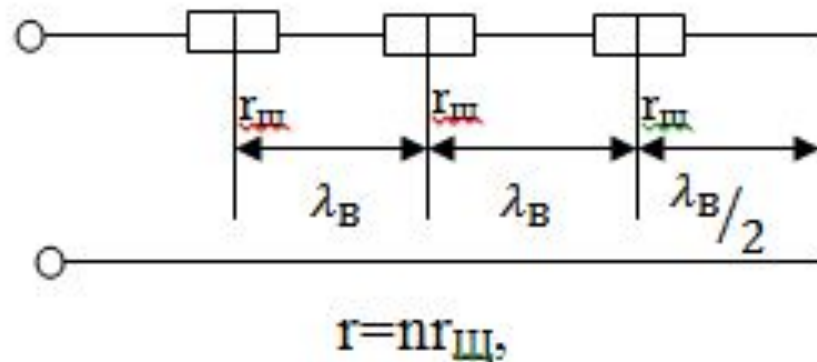
$x$  - смещение щели относительно средней линии широкой стенки

волновода ;  $a$  ,  $b$  – поперечные размеры волновода.

Эквивалентная схема системы  
продольных щелей в широкой стенке  
волновода.



Эквивалентная схема  
многощелевых антенн.  
Для поперечных щелей в  
широкой стенке волновода



Для согласования с возбуждающим волноводом необходимо  
выполнение условия:  $n g_{щ} = 1$  и  $n r_{щ} = 1$

Достоинства:

- невыступающая конструкция (прим в ЛА),
- возможно электрическое сканирование

Недостатки:

- малая диапазонность,
- малая величина пропускаемой мощности.