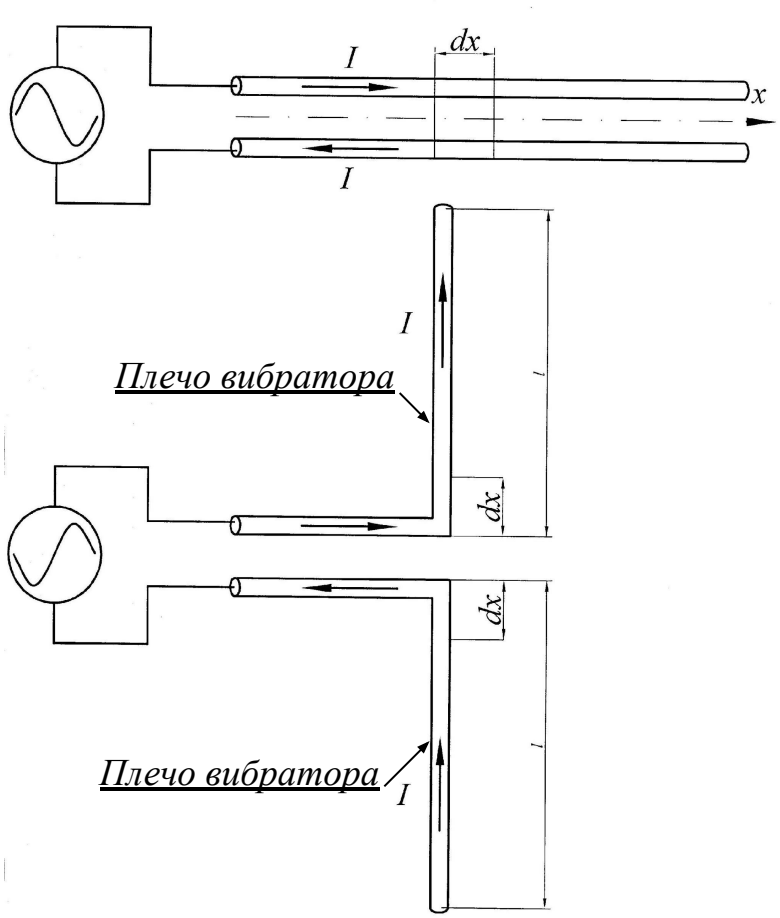
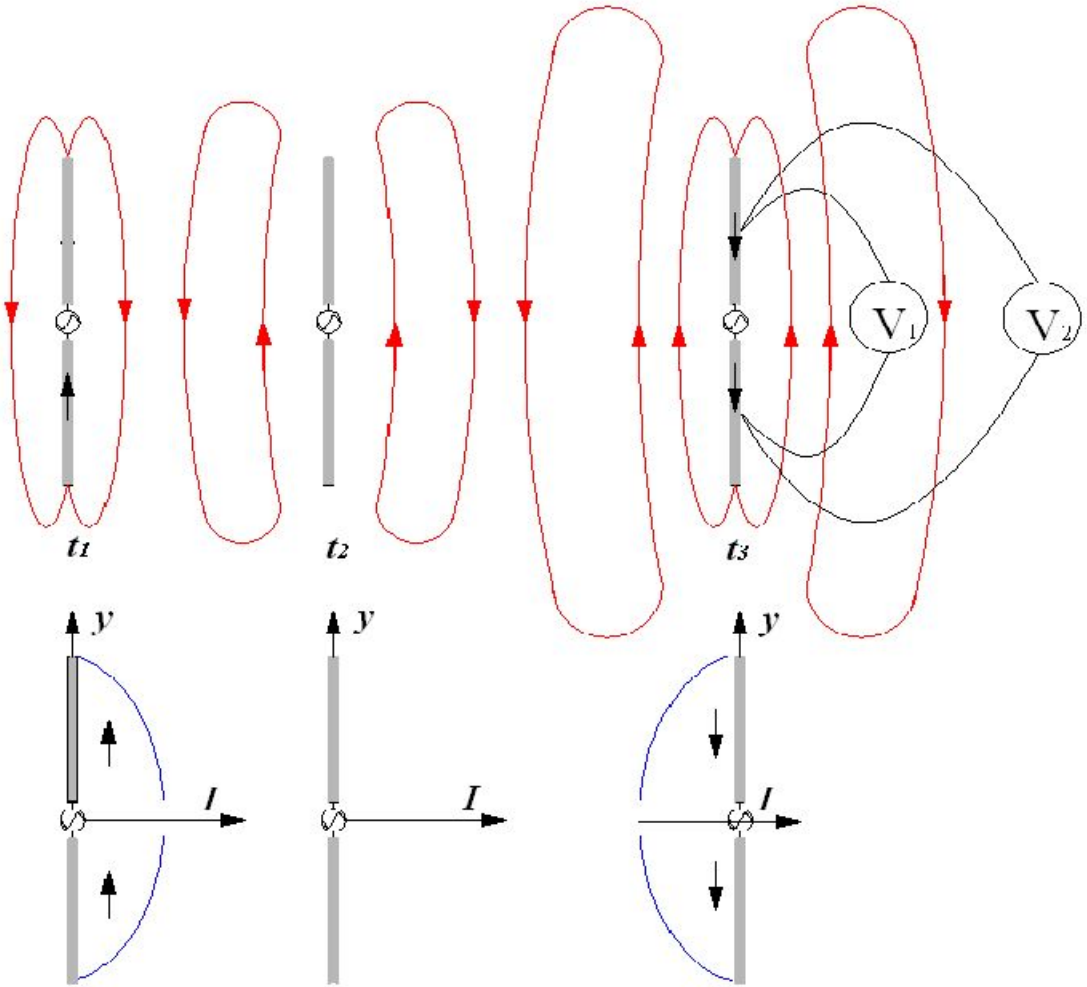
Физическая модель симметричного вибратора.



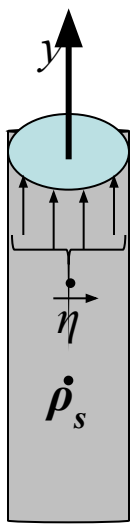
- Вдоль длинной линии удельная индуктивность и емкость остаются неизменными. Вдоль плеч вибратора эти величины меняются.
- В длинной линии потери отсутствуют. Плечи вибратора излучают ЭМВ –им соответствует линия с потерями.
- Распределение тока в разомкнутой на конце длинной линии описывается функцией SIN(kx+φ). Распределение тока вдоль плеч вибратора отлично от синусоидального.
- Отличны значения волнового сопротивления

Формирование поля симметричным вибратором.



- Ток на концах плеч вибраторов равен 0.
- Моменты t_1 и t_3 соответствуют противоположному направлению тока.
- Поскольку поле вибратора **не потенциальное,** показания вольтметра зависят от его положения. Напряжение между симметричными точками на вибраторах не может быть однозначно определено.

Распределение тока по плечам вибратора. Волновое сопротивление



В длинной линии: $\dot{I}(y)=\dot{I}_m \sin(k(l-y))$; $k=2\pi/\lambda$-волновое число

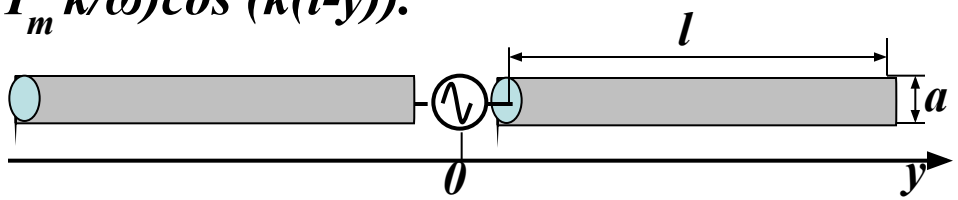
$U(y)= -i\dot{I}_m W \cos(k(l-y))$; W-волновое сопротивление

На плечах вибратора: $div(\dot{\vec{J}})= -i\omega\dot{\rho} \rightarrow div(\dot{\vec{\eta}})= -i\omega\dot{\rho}_s \rightarrow \partial\dot{I}/\partial y= - i\omega\dot{Q}$

$\dot{I}$ –комплексная амплитуда тока, пересекающего периметр плеча;

$\dot{Q}$-комплексная амплитуда линейной плотности заряда.

$\dot{Q}(y)= -i (I_m k/\omega)\cos (k(l-y))$.



$\dot{I}(y)=\dot{I}_m \sin(k(l-y))$; для $y>0$

$\dot{I}(y)=\dot{I}_m \sin(k(l+y))$; для $y<0$

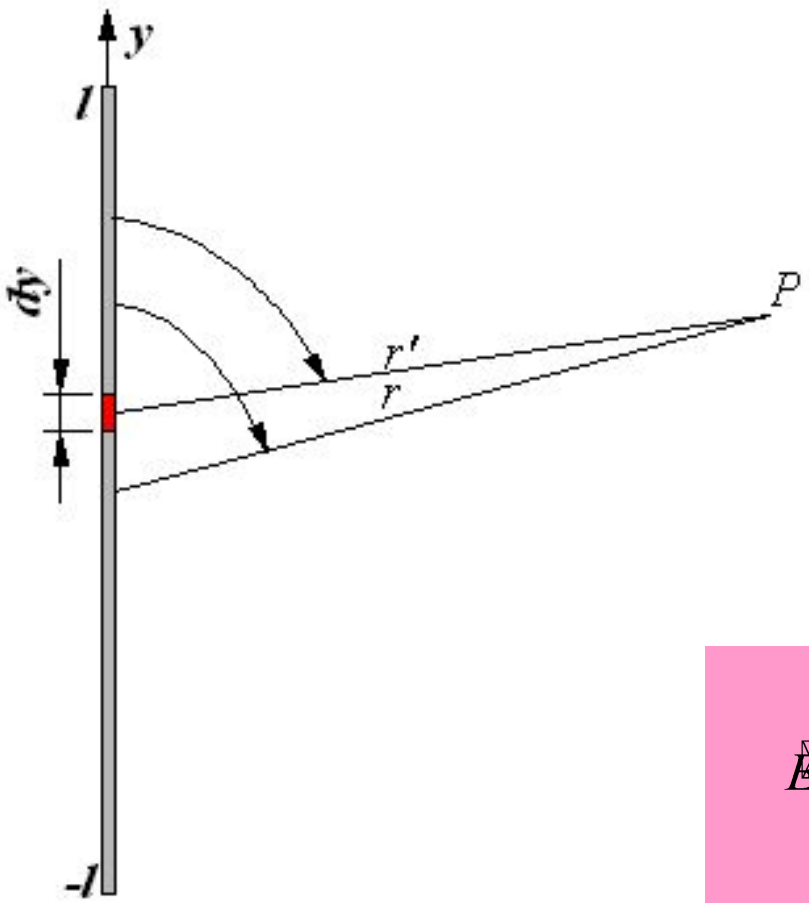
$\dot{U}(y)= -i\dot{I}_m W/2 \cos(k(l-y))$; для $y>0$

$\dot{U}(y)= i\dot{I}_m W/2 \cos(k(l+y))$; для $y<0$

Волновое сопротивление симметричного вибратора

$W=120(\ln(l/a)-1)$ Ом

Определение поля симметричного вибратора в дальней зоне.



$$d\dot{E}_\theta = i30k\dot{I}(y)\frac{\sin(\theta')}{r'}d\acute{o} \Rightarrow$$

$$\dot{E}_\theta = i30k\int_{-l}^{l}\dot{I}(y)\frac{e^{-ikr'}}{r'}\sin(\theta')dx$$

$$r' = \sqrt{(r^2 + y^2 - 2yr\cos(\theta))} \approx r - y\cos(\theta).$$

$$\dot{E}_\theta = i60k\sin(\theta)\frac{e^{-ikr}}{r}\int_{0}^{l}\dot{I}(x)\cos(kl\cos(\theta))dy.$$

После преобразований с учетом, что

$$\dot{I}(y) = \dot{I}_m\sin(k(l-y))$$

получим

$$\dot{E}_\theta = i60\dot{I}_m\frac{e^{-ikr}}{r}\frac{\cos(kl\cos(\theta)) - \cos(kl)}{\sin(\theta)}$$

Диаграмма направленности симметричного вибратора.

$$\dot{E}_{\theta} = \dot{E}_{\theta\max} e^{-ikr} f(\theta,\varphi);$$

$$\dot{E}_{\theta\max} = i\frac{60k\dot{I}_{\max}}{r}$$

$$f(\theta,\varphi) = \frac{\cos(kl\cos(\theta)) - \cos(kl)}{\sin(\theta)} \Rightarrow f_{\max}(\theta = \frac{\pi}{2};\varphi) = 1 - \cos(kl).$$

$$F(\theta,\varphi) = \frac{\cos(kl\cos(\theta)) - \cos(kl)}{\sin(\theta)(1-\cos(kl))}$$

Диаграмма направленности в плоскости Н

$F_H(\varphi) = F(\Theta = \pi/2;\varphi) = 1;$

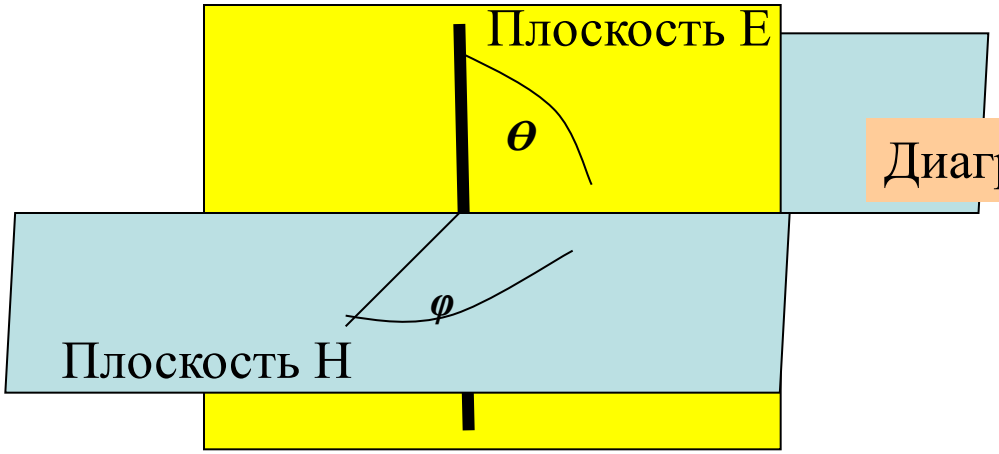
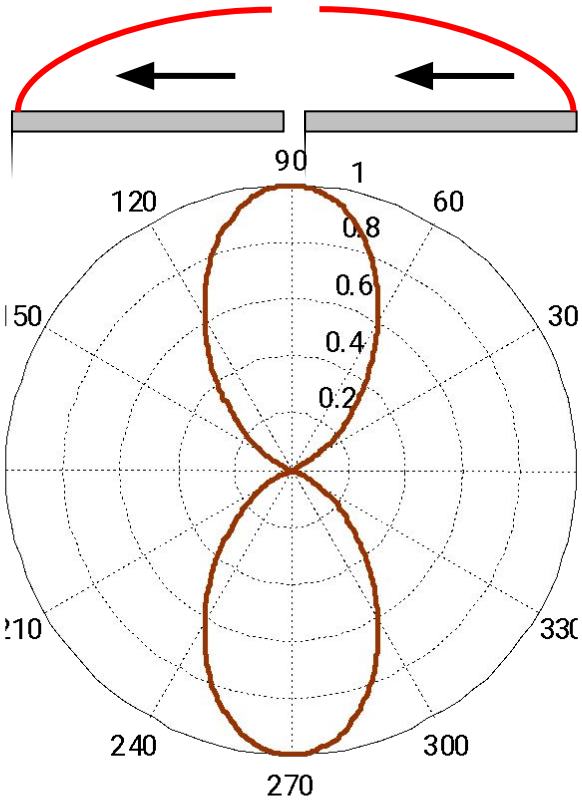


Диаграмма направленности в плоскости Е

$F_E(\Theta) = F(\Theta;\varphi\text{-любое});$

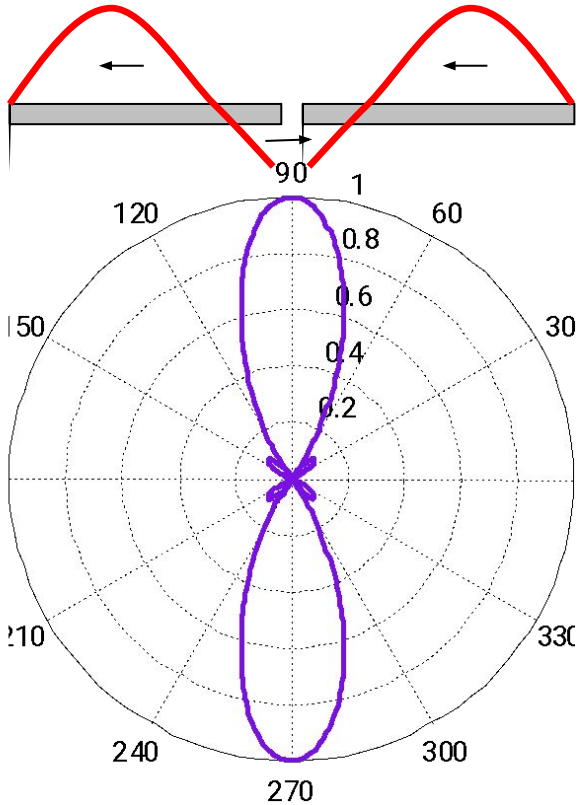
Диаграммы направленности симметричного вибратора в плоскости Е.

l/λ=0.25



D=1.64

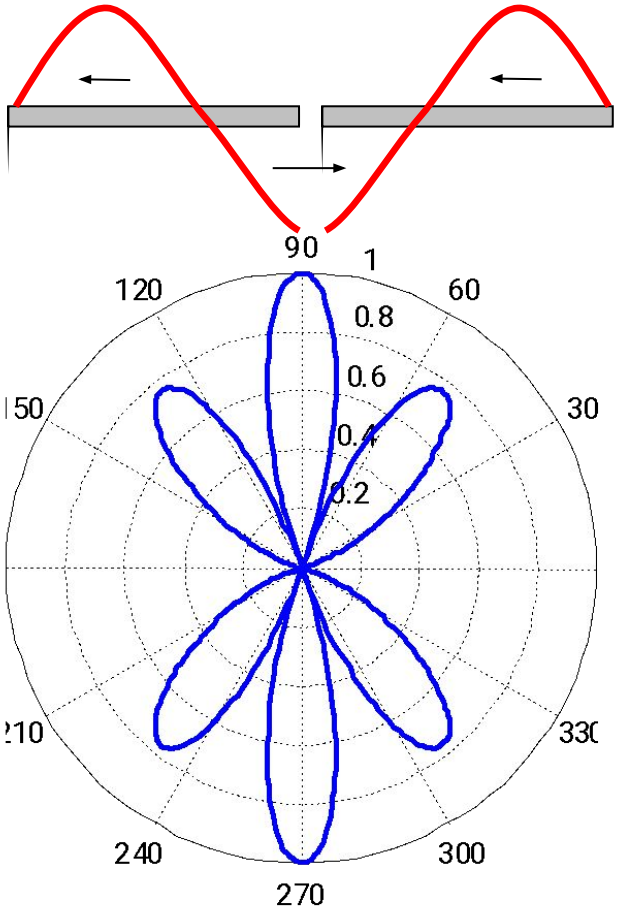
l/λ=0.625



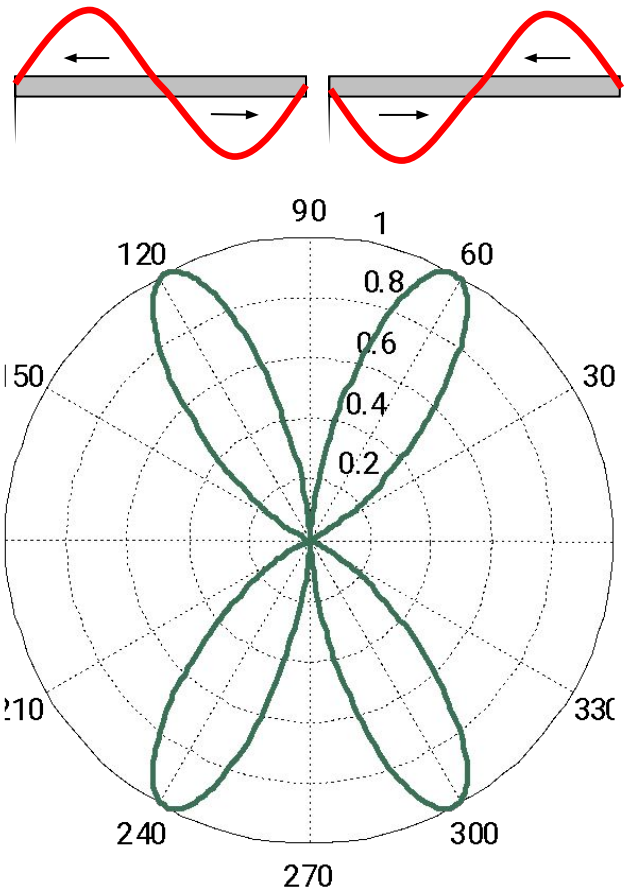
D=3.2

Диаграммы направленности симметричного вибратора в плоскости Е.

$l/\lambda=0.75$



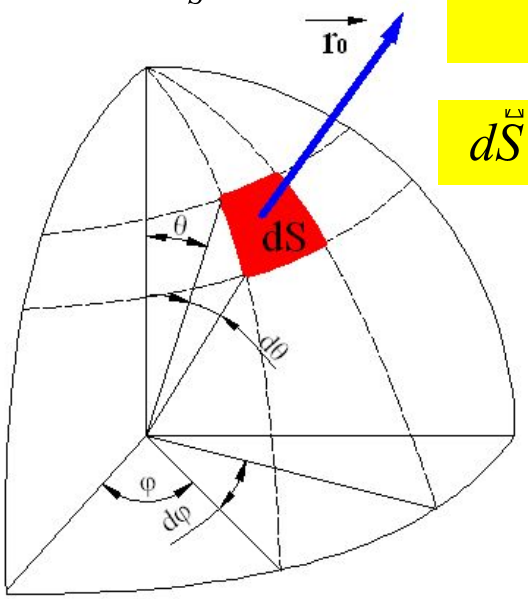
$l/\lambda=1$



Сопротивление излучения симметричного вибратора.

$$P_\Sigma = \frac{1}{2}\oint_S \vec{\Pi}_{cp}\, d\vec{S};$$

$$\vec{\Pi}_{cp} = \mathrm{Re}\{\vec{\Pi}\} = \begin{bmatrix} \vec{r}_0 & \vec{\theta}_0 & \vec{\varphi}_0 \\ 0 & \overset{*}{E}_\theta & 0 \\ 0 & 0 & \vec{H}_\varphi \end{bmatrix} = \vec{r}_0\, \overset{*}{E}_\theta\, \vec{H}_\varphi = \vec{r}_0 \frac{[\vec{E}_\theta]^2}{240\pi};$$



$$d\vec{S} = \vec{r}_0 r^2 \sin(\theta) d\theta d\varphi$$

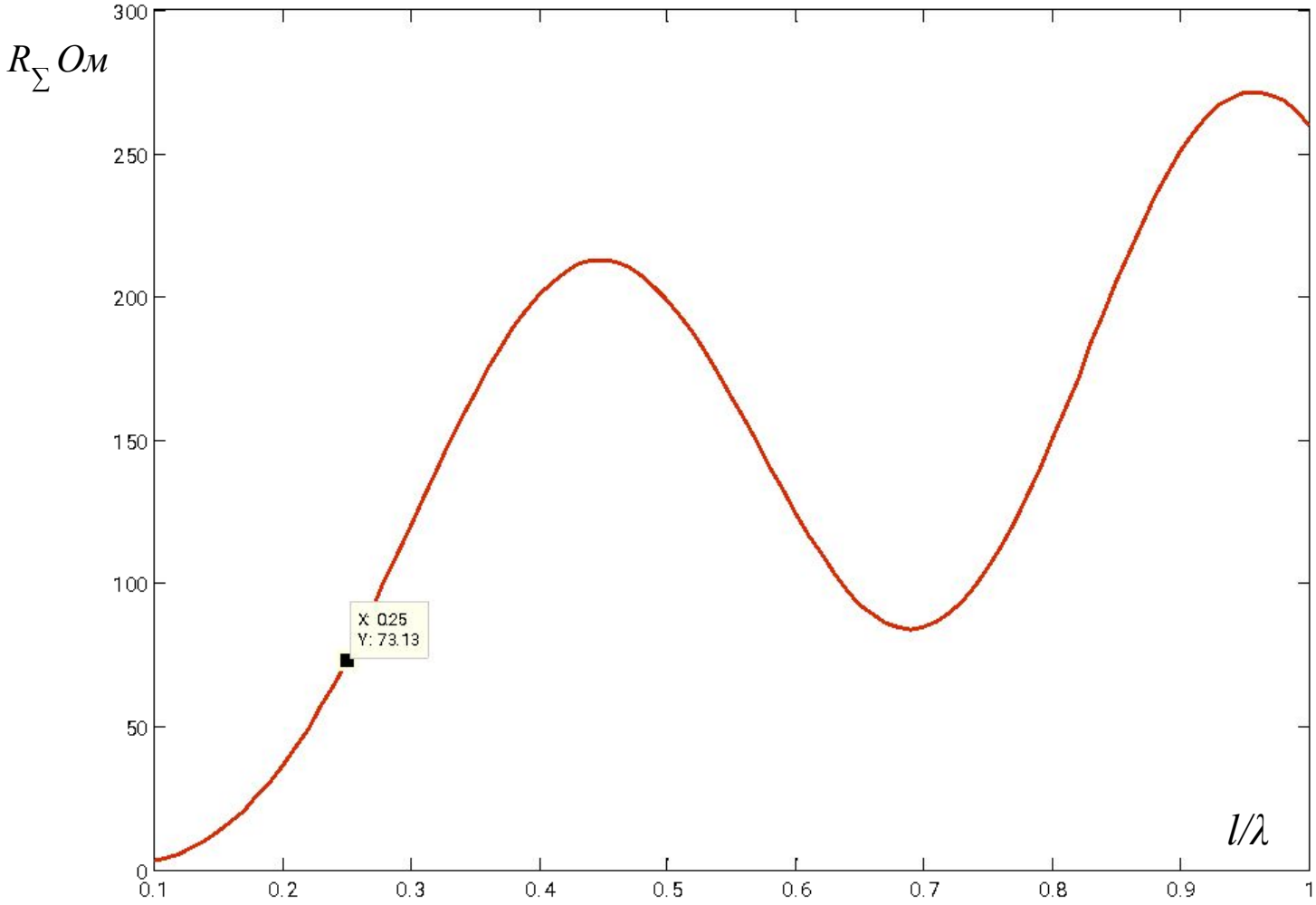
$$P_\Sigma = \frac{3600\vec{I}^2_{\max}}{240\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi}\frac{(\cos(kl\cos(\theta)-\cos(kl))^2}{\sin^2(\theta)}d\theta d\varphi =$$

$$= 30\vec{I}^2_{\max}\int_0^{\pi}\frac{(\cos(kl\cos(\theta)-\cos(kl))^2}{\sin^2(\theta)}d\theta$$

$$P_\Sigma = \frac{1}{2}\vec{I}^2_{\max} R_\Sigma$$

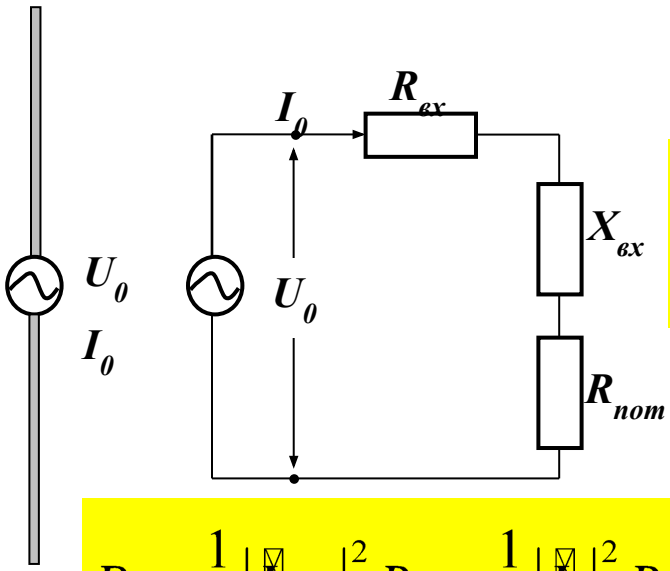
$$R_\Sigma = 60\int_0^{\pi}\frac{(\cos(kl\cos(\theta)-\cos(kl))^2}{\sin^2(\theta)}d\theta$$

Зависимость сопротивления излучения от соотношения длины волны λ и длины плеча вибратора *l*.



Определение входного сопротивления антенны

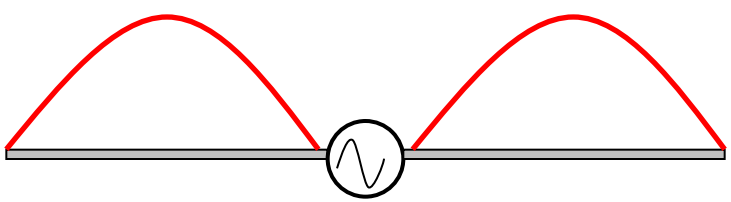
$$Z_{вх} = \frac{\dot{U}_0}{\dot{I}_0} = R_{вх} + iX_{вх}$$



$$\left.\begin{aligned} \dot{I}_0 &= \dot{I}(y=0) = \dot{I}_{max}\sin(kl); \\ \dot{U}_0 &= \dot{U}(y=0) = -iW\dot{I}_{max}\cos(kl); \end{aligned}\right\} Z_{вх} = -iWctg(kl);$$

$$P_\Sigma = \frac{1}{2}\left|\dot{I}_{max}\right|^2 R_\Sigma = \frac{1}{2}\left|\dot{I}_0\right|^2 R_{вх} \Rightarrow R_{вх} = \frac{R_\Sigma}{(\sin(kl))^2};$$

$$Z_{вх} = \frac{R_\Sigma}{(\sin(kl))^2} - iWctg(kl);$$



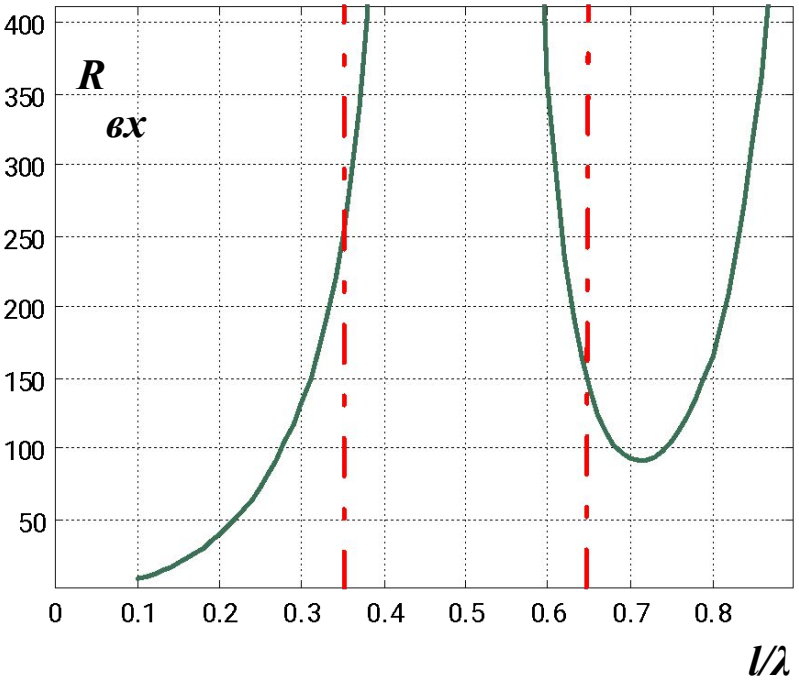
Ток на зажимах антенны равен нулю при

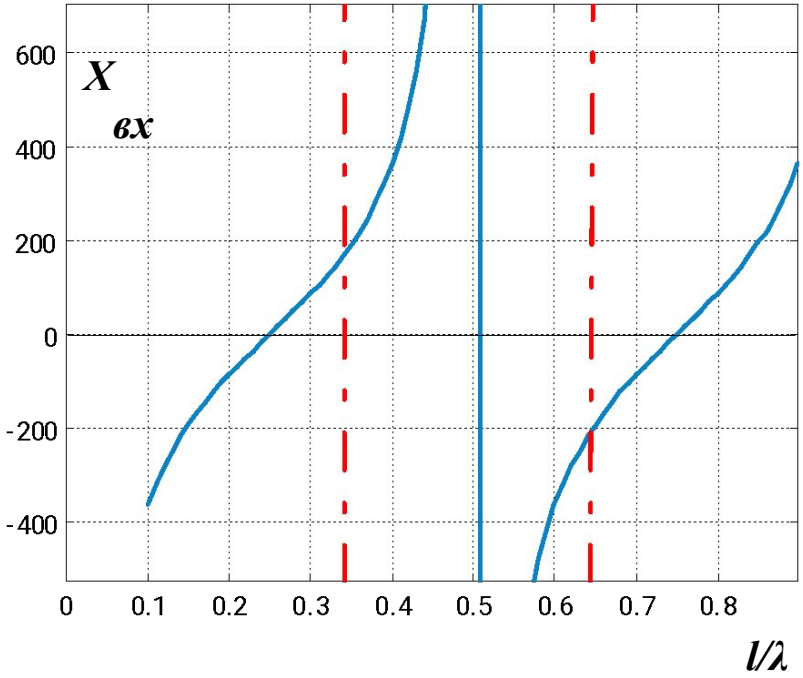
l/λ=0.5; 1;…Входное сопротивление не может определяться таким способом.

Результаты расчета входного сопротивления по приближенной формуле.

Приближенный расчет входного сопротивления антенны

не допустим в окрестности точек *l/λ=0.5; l/λ=1*…

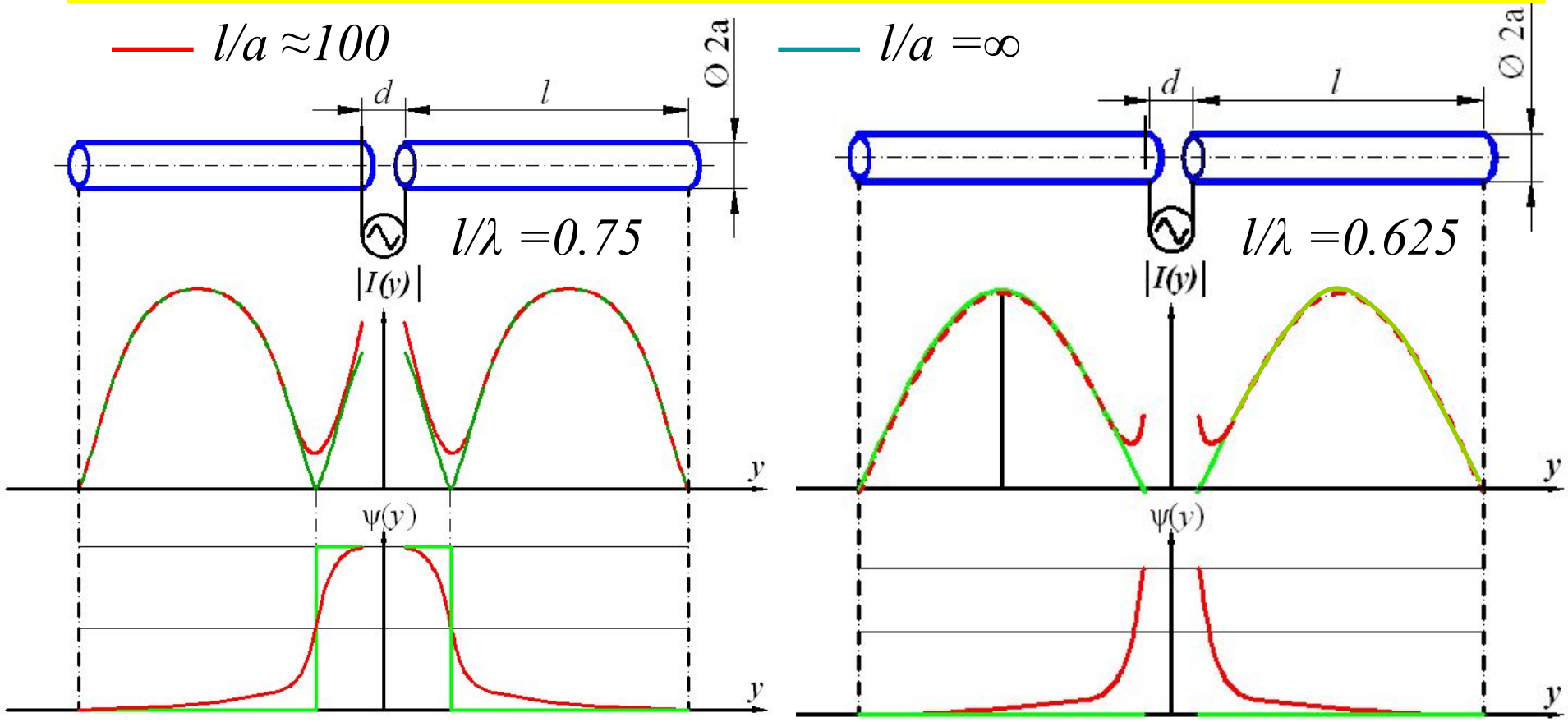




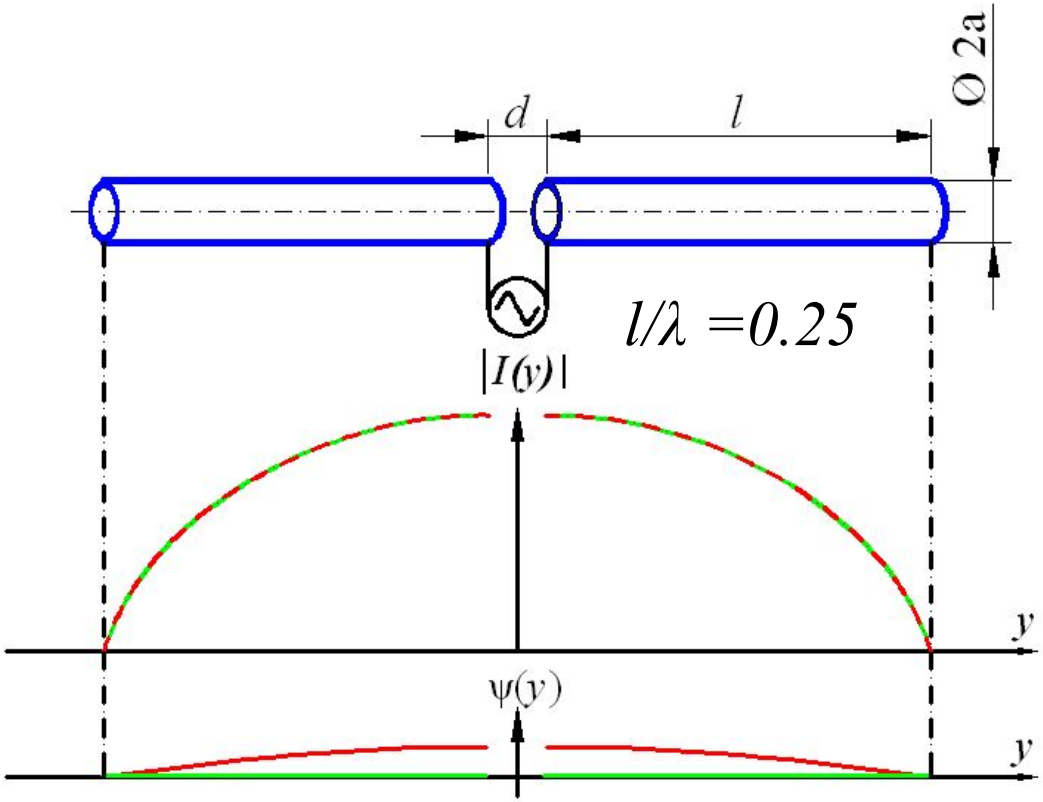
Распределение тока вдоль плеч вибратора. Метод интегрального уравнения.

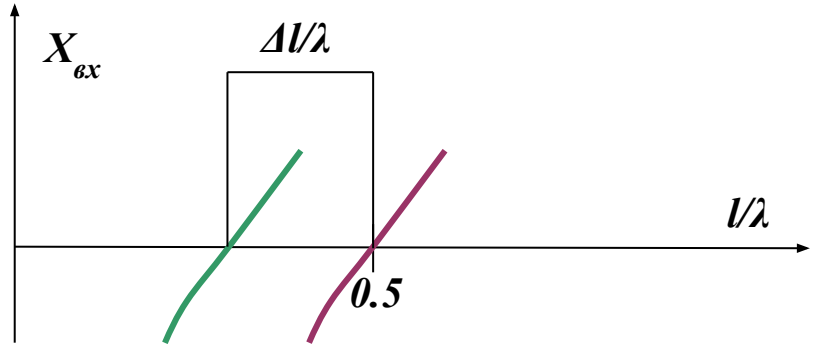
Метод дает удовлетворительный результат для тонких вибраторов – ***l >>a.***

Вдоль плеч вибраторов фаза тока изменяется – $I(y)= I(y)e^{i\psi(y)}$



Четвертьволновый симметричный вибратор. Укорочение для настройки в резонанс.





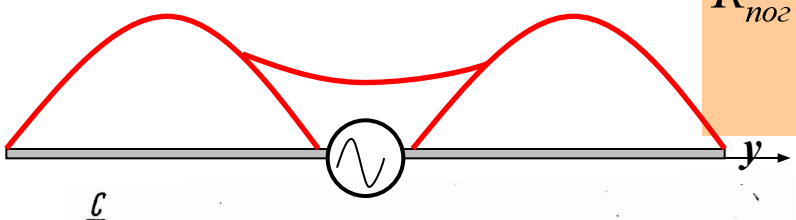
$$Z_{\hat{a}\tilde{o}} = (73.1 + i42.5)\hat{I}\grave{i}$$

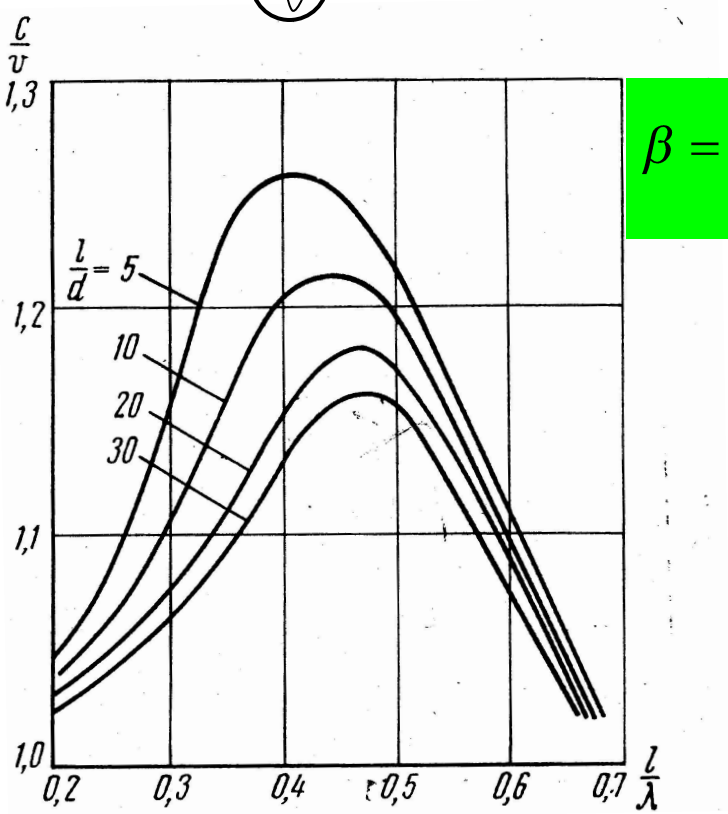
$$\frac{\Delta l}{l} = -\frac{0.225}{\ln\left(\frac{l}{a}\right)}$$

Расчет входного сопротивления с учетом потерь в эквивалентной длинной линии

$$\dot{I}(y) = \dot{I}_{\max} sh(\gamma(l - |y|); \qquad \gamma = (\alpha + i\beta)(1/m);$$

$$R_{пог} = \frac{R_\Sigma}{l\left(1 - \frac{\sin(2kl)}{2kl}\right)} \Rightarrow \alpha = \frac{R_{пог}}{W} = \frac{R_\Sigma}{Wl\left(1 - \frac{\sin(2kl)}{2kl}\right)}$$



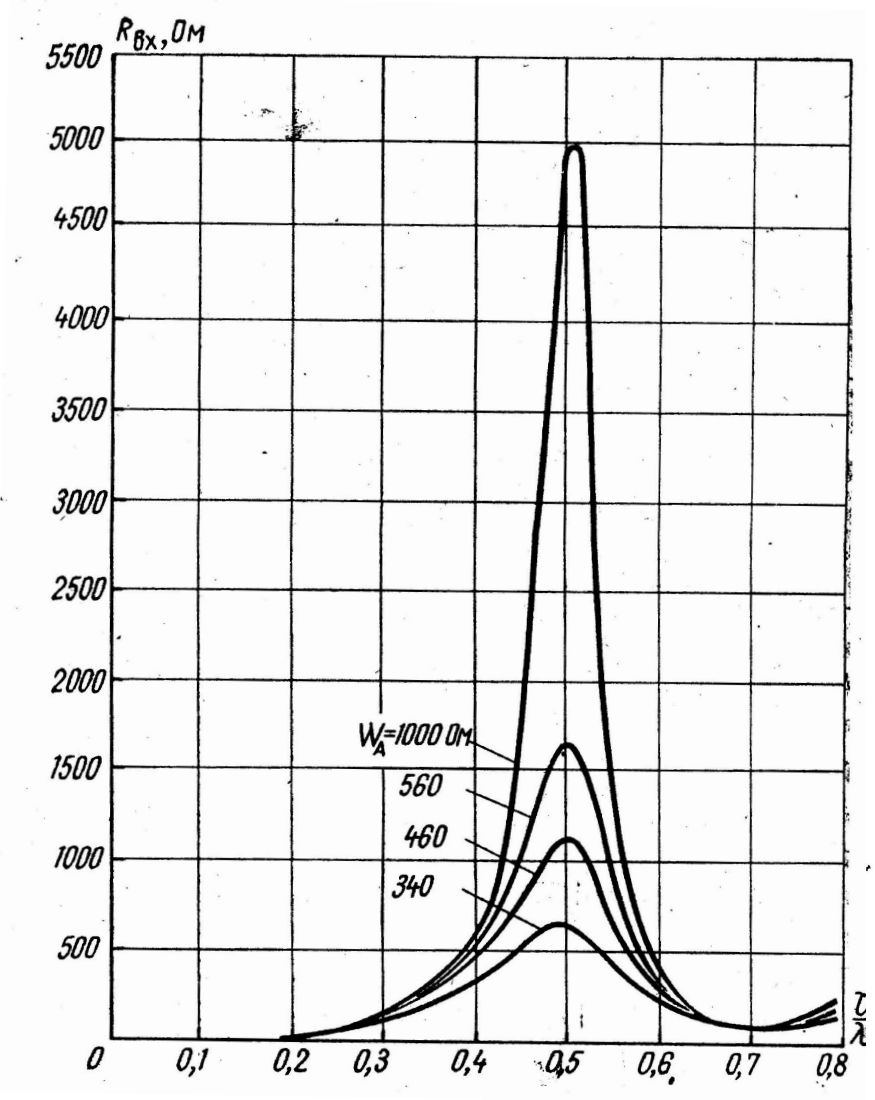


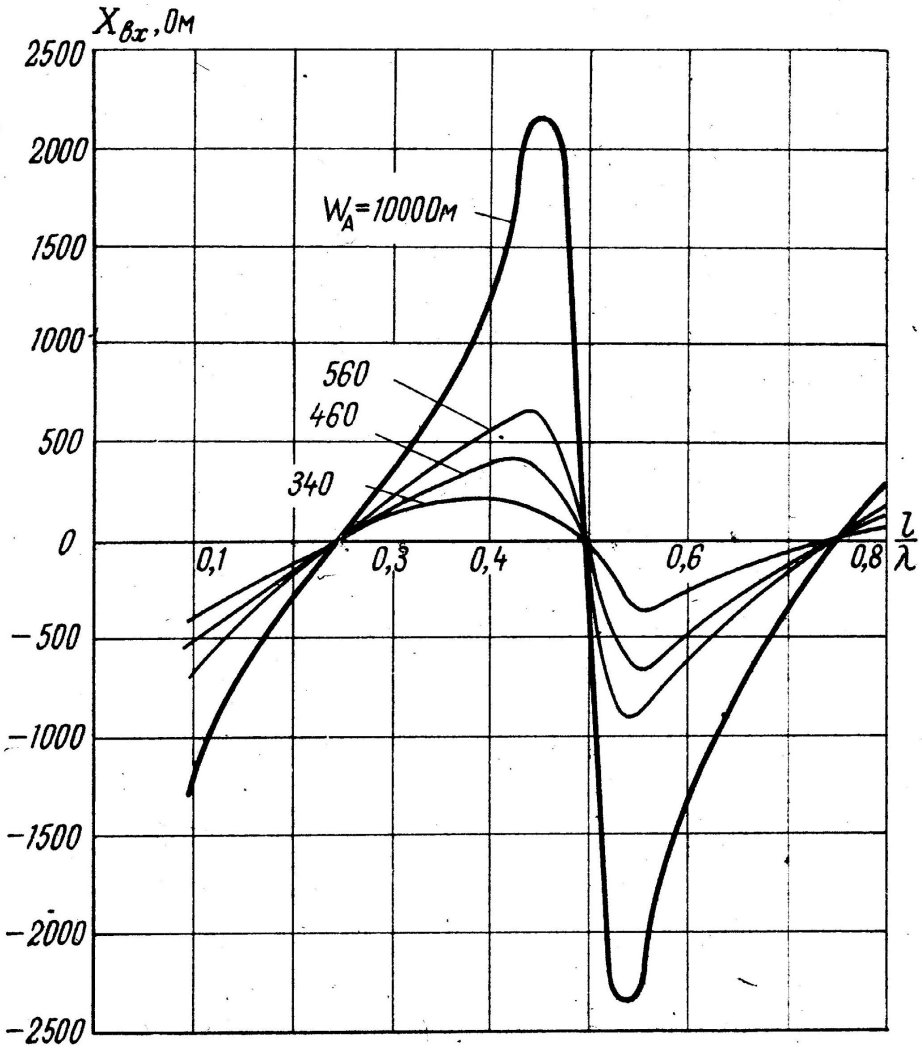
$$\beta = \frac{\omega}{v} > k = \frac{\omega}{c} \Rightarrow \beta = bk; b = \frac{c}{v}$$

$$R_{вх} = W \frac{sh(2\alpha l) - \frac{\alpha}{\beta}\sin(2\beta l)}{ch(2\alpha l) - \cos(2\beta l)};$$

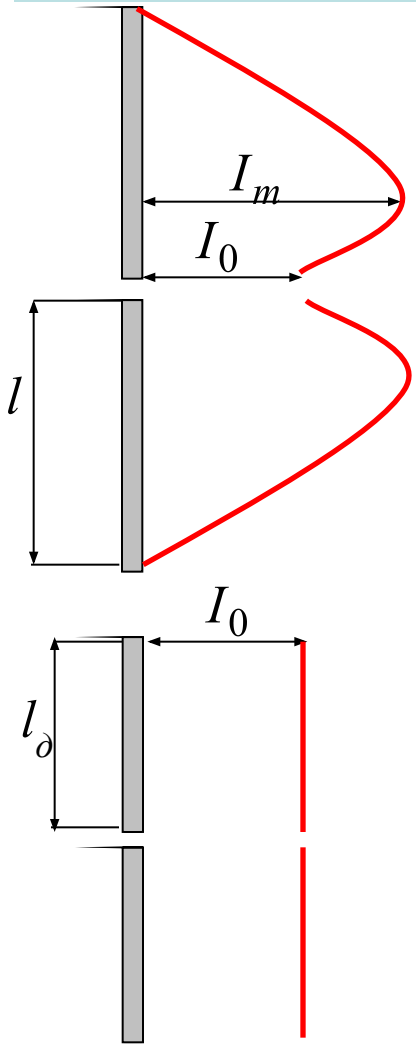
$$X_{вх} = -iW \frac{\frac{\alpha}{\beta} sh(2\alpha l) + \sin(2\beta l)}{ch(2\alpha l) - \cos(2\beta l)};$$

Результаты расчета входного сопротивления с учетом потерь в эквивалентной длинной линии. Дисперсия не учтена – b=1.





Действующая длина симметричного вибратора.



$$\dot{E}_\theta = i60\dot{I}_m \frac{e^{-ikr}}{r} \frac{\cos(kl\cos(\theta)) - \cos(kl)}{\sin(\theta)};$$

$$\dot{E}_\theta = i30k\dot{I}_0 \frac{e^{-ikr}}{r} \sin(\theta) l_\partial;$$

$$\dot{I}_m = \frac{\dot{I}_0}{\sin(kl)} \Rightarrow 2\frac{(1-\cos(kl))}{\sin(kl)} = kl_\partial$$

$$l_\partial = \frac{2}{k} tg\left(\frac{kl}{2}\right)$$