



Кафедра радиосвязи

Лекция 6. ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛИ НА РАБОТУ АНТЕНН ПОВЕРХНОСТНЫМИ ВОЛНАМИ

Учебные вопросы:

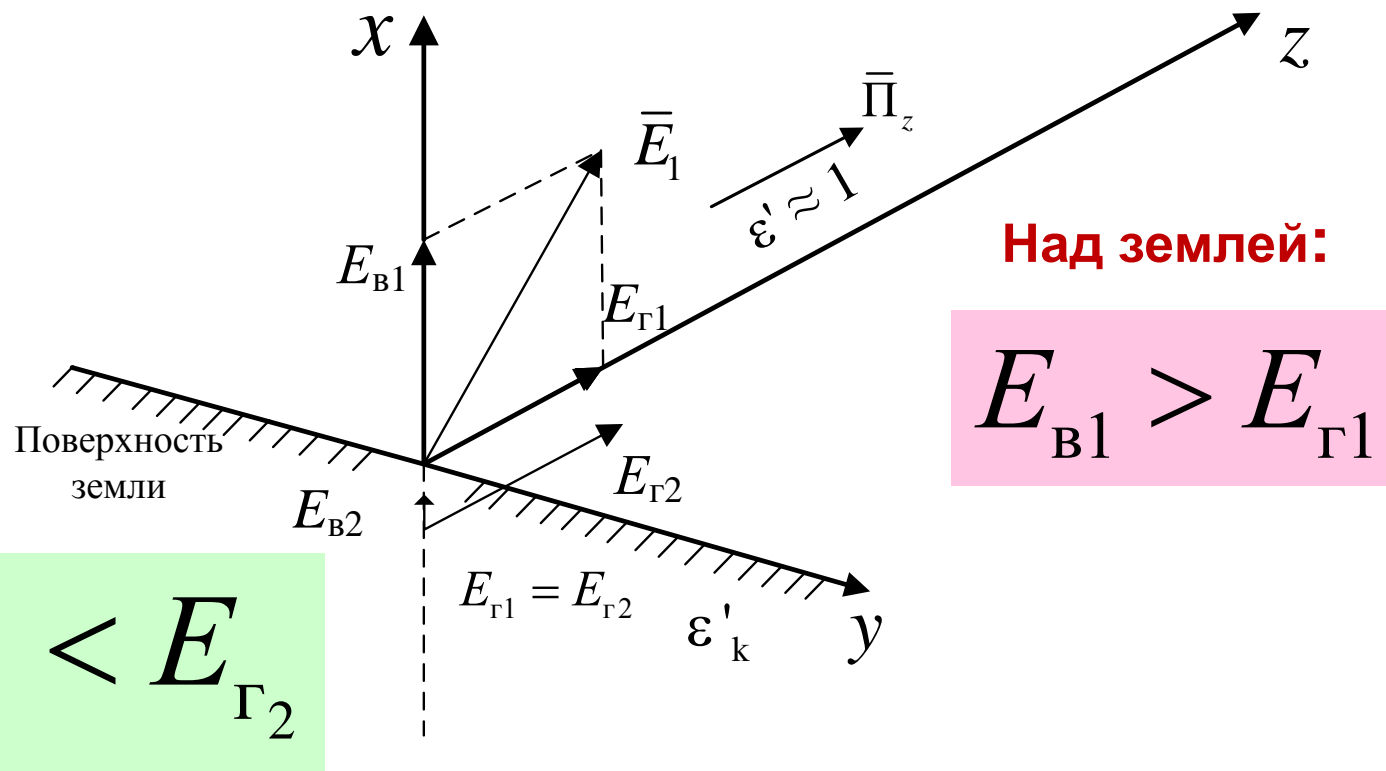
1. Структура поля электромагнитной волны над полупроводящей поверхностью.
2. Низкорасположенные вибраторные антенны и их направленные свойства.
3. Направленные антенны с бегущей волной.



1. Структура поля электромагнитной волны над полупроводящей поверхностью

При распространении вдоль земли вертикально поляризованной волны ($E_{вп}$) часть ее энергии проникает в глубь земли.

Поэтому помимо продольного распространения радиоволн над земной поверхностью, появляется преломленная волна, уходящая вглубь практически по нормали.





Особенности РРВ над поверхностью земли

№3

При распространении вертикально поляризованной волны вдоль земли из-за разности фазовой скорости в воздухе и на границе раздела наблюдается искривление фронта волны, что приводит к наклону вектора электрического поля в сторону направления распространения.

Поэтому помимо продольной составляющей вектора Пойнтинга, характеризующей распространение энергии вдоль земной поверхности, появляется составляющая, направленная в землю, где она превращается в тепловую энергию.

Отсюда следует, что вблизи поверхности земли кроме вертикальной составляющей напряженности электрического поля имеется горизонтальная продольная составляющая .

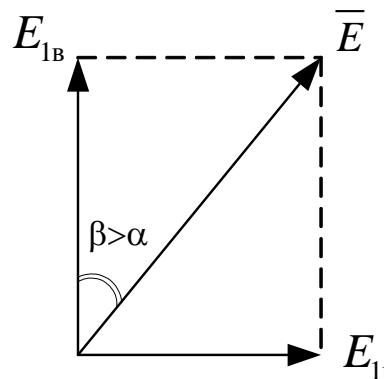
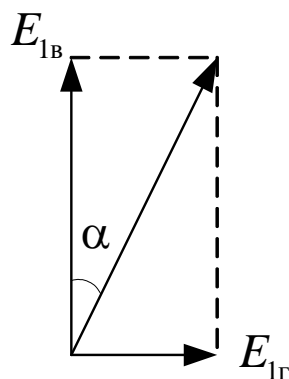


Поляризация ЭМ волны

Если излучатель создает вертикально поляризованное поле, то поле вблизи поверхности земли имеет горизонтальные продольные $E_{Г1}$ и $E_{Г2}$.

Это позволяет применять в качестве антенн горизонтальные излучатели как при развертывании над поверхностью земли, так и в качестве подземных антенн.

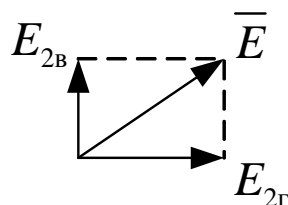
Над землей



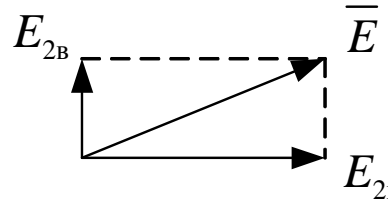
Почва влажная

Почва сухая

В земле



ϵ_k велико —
влажная
почва (ДВ)



ϵ_k мало — сухая
почва (УКВ)



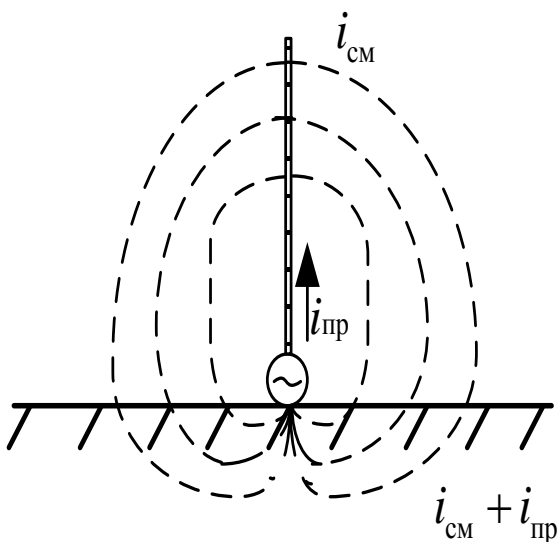
2. Низкорасположенные вибраторные антенны и их направленные свойства

№5

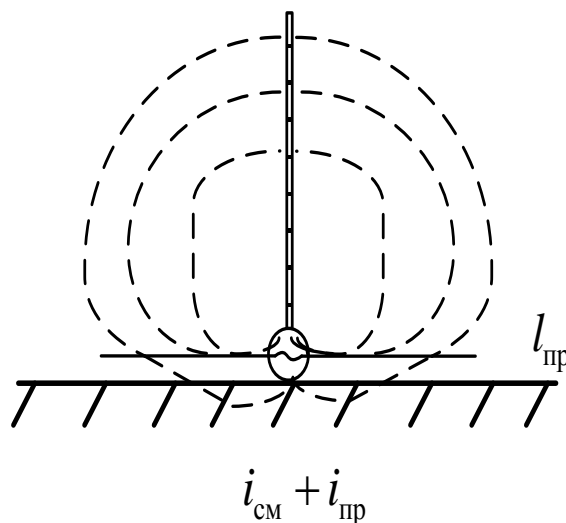
В несимметричных антеннах, расположенных над поверхностью земли, **второй полюс передатчика** или приемника должен **заземляться** через корпус радиостанции, противовес или заземление, которые фактически выполняют роль второго плеча антенны.

Корпус объекта, провода противовеса или элементы заземления перехватывают силовые линии поля излучения (токи смещения) в ближней зоне и замыкают их на **второй полюс передатчика**

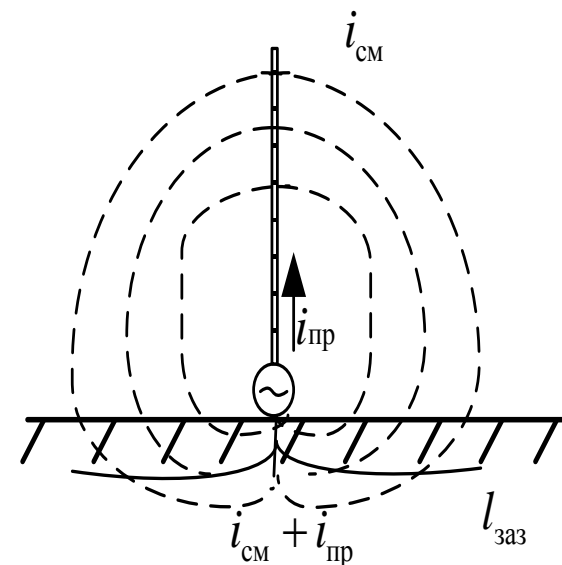
а)



б)



в)





Влияние электрических параметров земной поверхности на работу несимметричных антенн

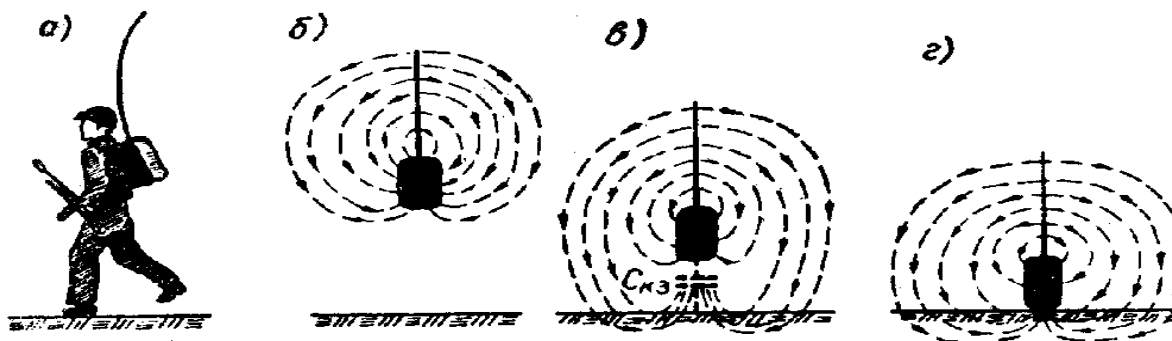


Рис.1. Влияние земли на излучение.

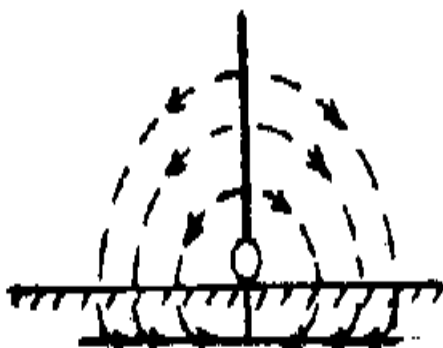


Рис. 2. Штырь над землей

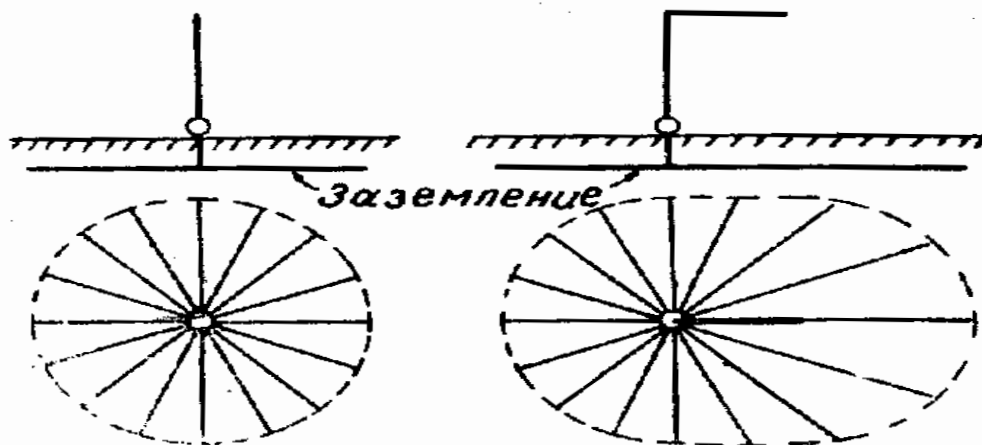
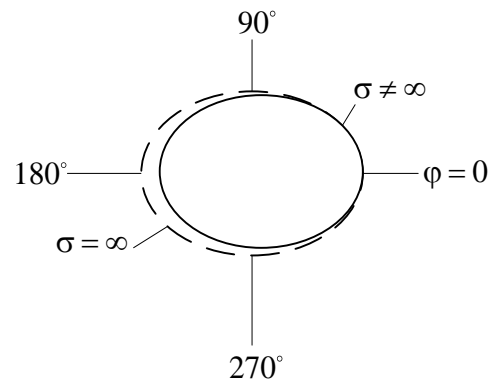
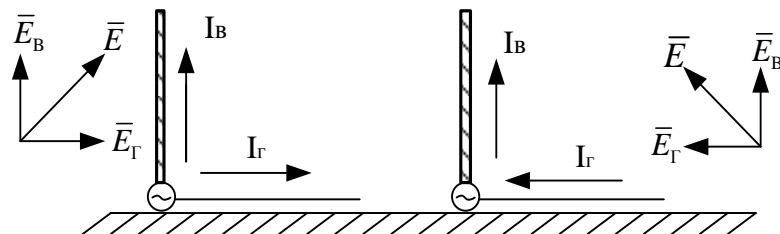


Рис. 3. Несимметричные антенны над землей

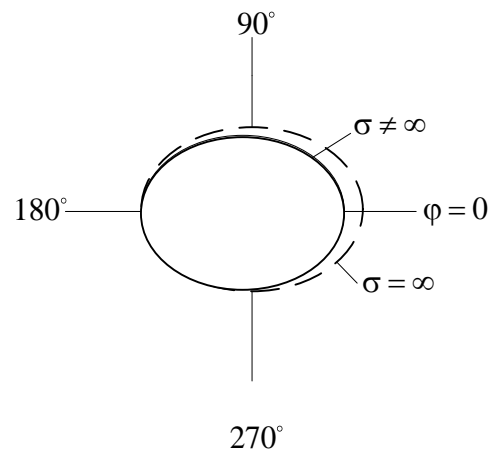
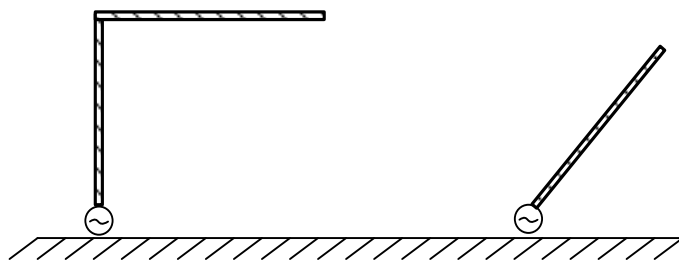


Влияние земной поверхности на направленные свойства несимметричных антенн

а)



б)



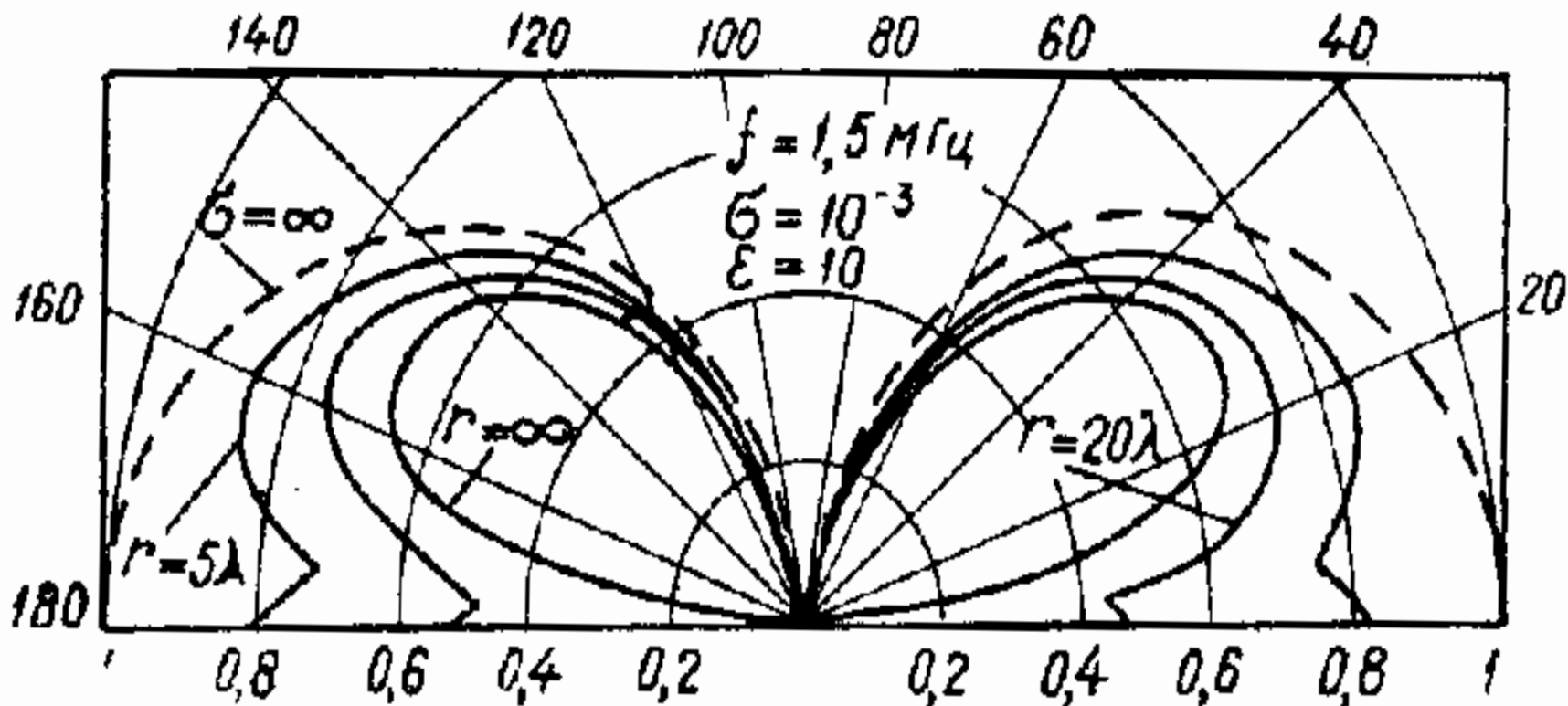
ДН в горизонтальной плоскости имеют направленность



Диаграмма направленности несимметричного вибратора с учетом влияния земли

№8

ДН в вертикальной плоскости имеют максимум под углами θ_m .

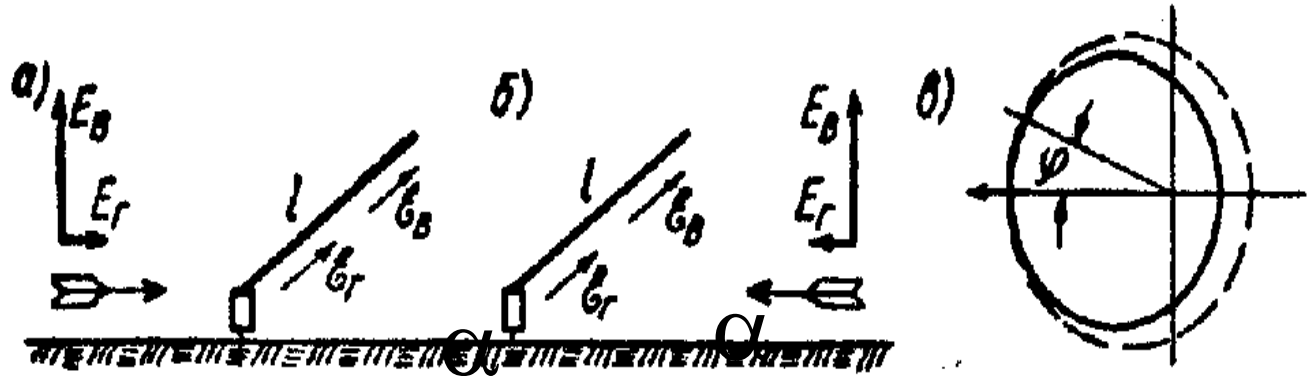


$$\epsilon'_k = \frac{\epsilon_k}{\epsilon_0} = \epsilon' - i60\lambda_0\sigma$$



Антенна «наклонный луч»

№9



Направленность НЛ в противоположную сторону наклона провода

ЭДС, наводимая в антенне НЛ:

$$\xi_A \cong E_B l_d \left(\sin \alpha + \cos \alpha \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\epsilon_k}} \right), \quad l_d \cong 0,5l.$$



Особенности развертывания низкорасположенных вибраторов

№10

Степень направленности антенн незначительная и зависит от размеров горизонтальных или наклонных проводов, а также от параметров земной поверхности σ

Иногда это свойство можно использовать для улучшения качества связи.

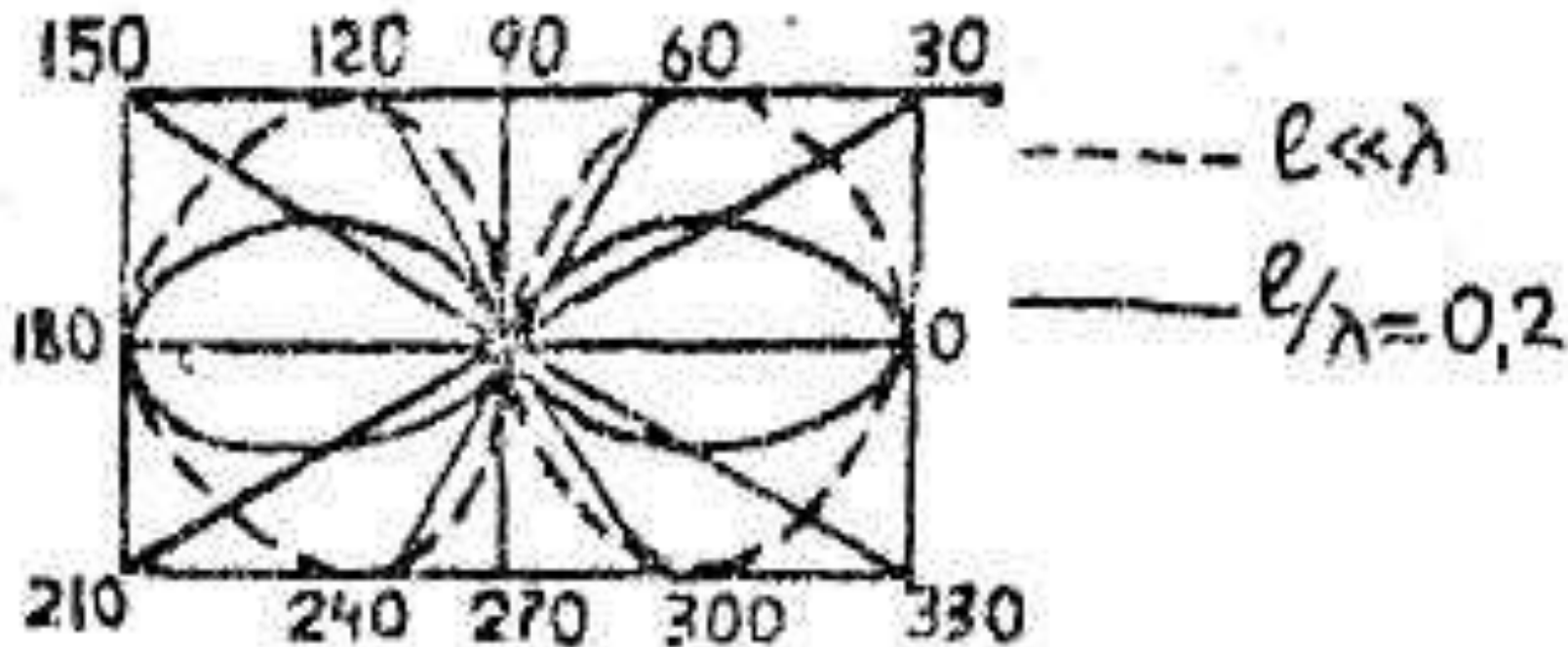
Для этого необходимо развертывать противовес на корреспондента, а наклонные и горизонтальные провода антенны - в обратную сторону (от корреспондента).

Если горизонтальный симметричный вибратор располагать на малых высотах (0,5 – 2 м), то такой вибратор реагирует только на горизонтальную составляющую вертикальной поляризации поля земной волны.



ДН низкорасположенного симметричного вибратора

№11



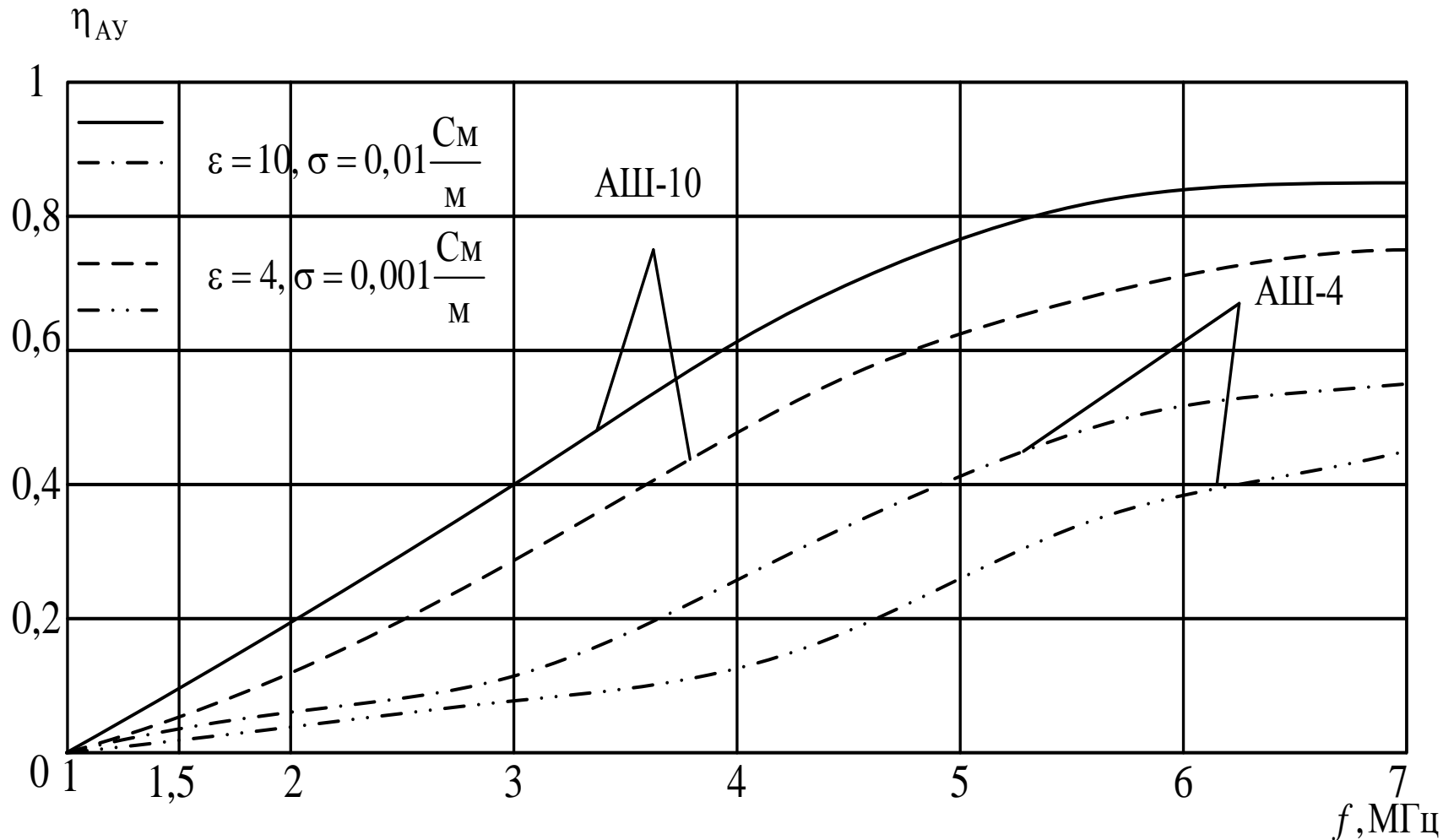
Максимальное излучение вдоль проводов вибратора



КПД несимметричного вибратора

№12

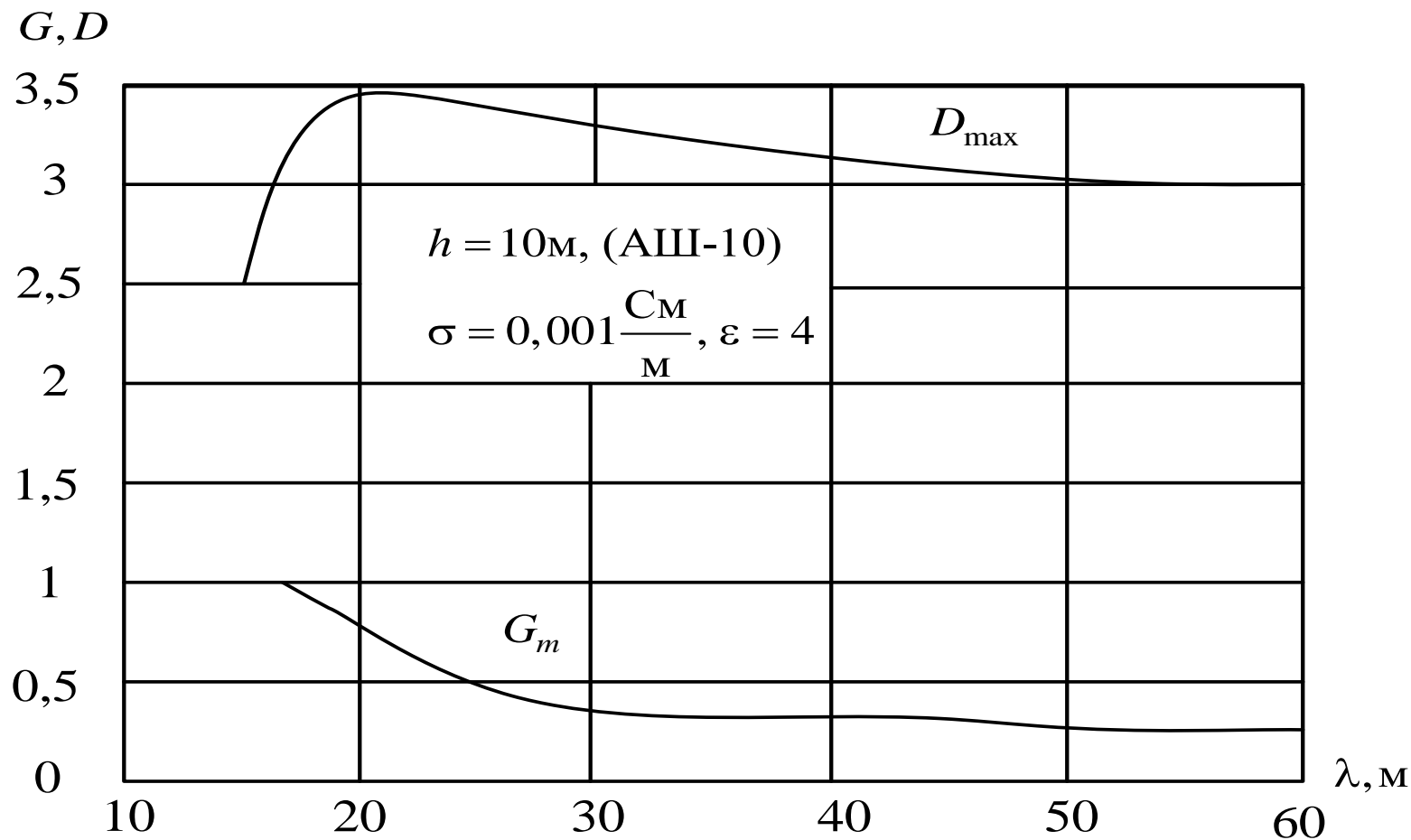
В режиме удлинения КПД АШ-4 менее 0,2





КНД и КУ несимметричного вибратора

№13





3. Направленные антенны с бегущей волной

№14

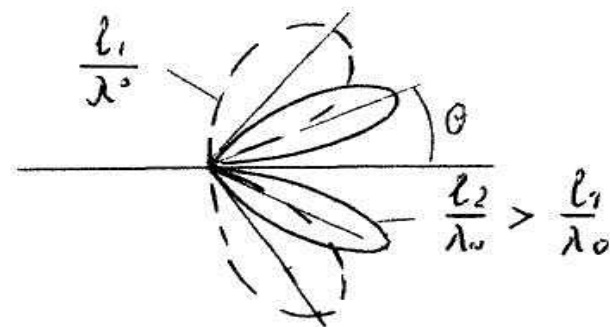
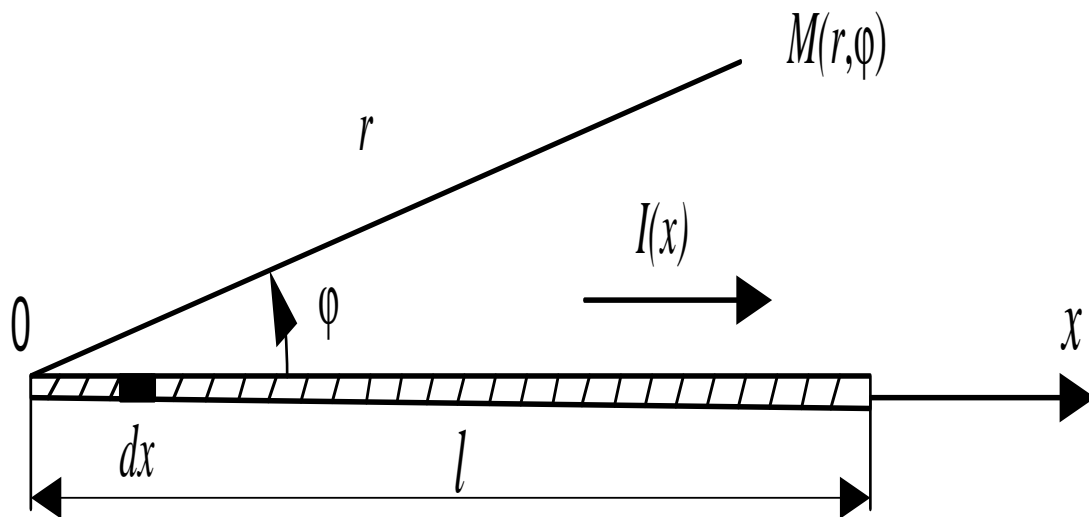
Наряду с **вибраторными антеннами** существуют проволочные антенны, по которым ток распределен по **закону бегущей волны**. Такие антенны относятся к классу антенн бегущей волны (**АБВ**). Они являются диапазонными и обладают односторонней направленностью с высоким **КНД**.

Режим бегущей волны создается за счет подключения в конце провода активного сопротивления, равного волновому сопротивлению провода. При распространении по проводу бегущая волна затухает по экспоненциальному закону. Это затухание, вызванное излучением **ЭМП** и потерями в земле и в нагрузке, необходимо учитывать при расчете **КПД** или коэффициента усиления антенны. При расчете характеристик излучения, в частности **КНД**, затуханием пренебрегают и считают распределение тока равномерным.

$$I(x) = I_A e^{-\gamma x} = I_A e^{-\alpha x} e^{-ik\xi x}$$

$$k = 2\pi / \lambda$$

$$\xi = \lambda / \lambda_A$$



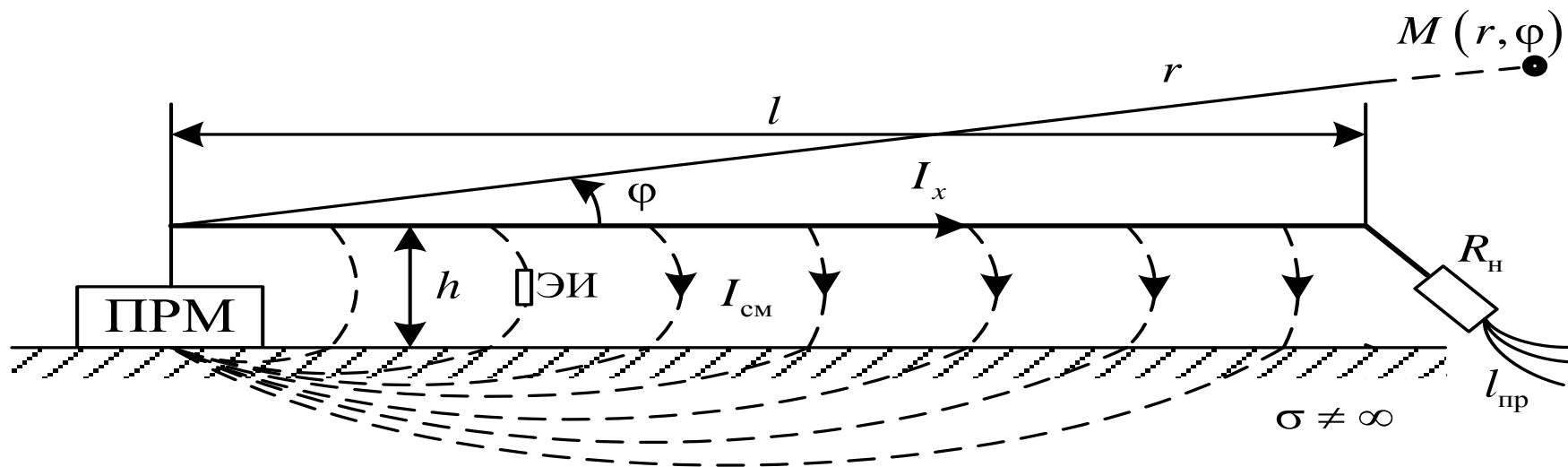
$$F(\varphi) = F_1(\varphi)F_c(\varphi) = \sin \varphi \frac{\sin[0,5kl(1 - \cos \varphi)]}{0,5kl(1 - \cos \varphi)}.$$

$$\cos \varphi_{\text{ГЛ}} = 1 - \frac{\lambda}{2l}, \quad F_1(\varphi) = \sin \varphi.$$

ДН провода с бегущей волной тока в свободном пространстве имеет вид конуса с нулевым излучением вдоль провода.



Однопроводная антенна бегущей волны



$$f(\varphi) = f_1(\varphi) f_c(\varphi) = \cos \varphi \frac{\sin[0,5kl(\xi - \cos \varphi)]}{0,5kl(\xi - \cos \varphi)},$$

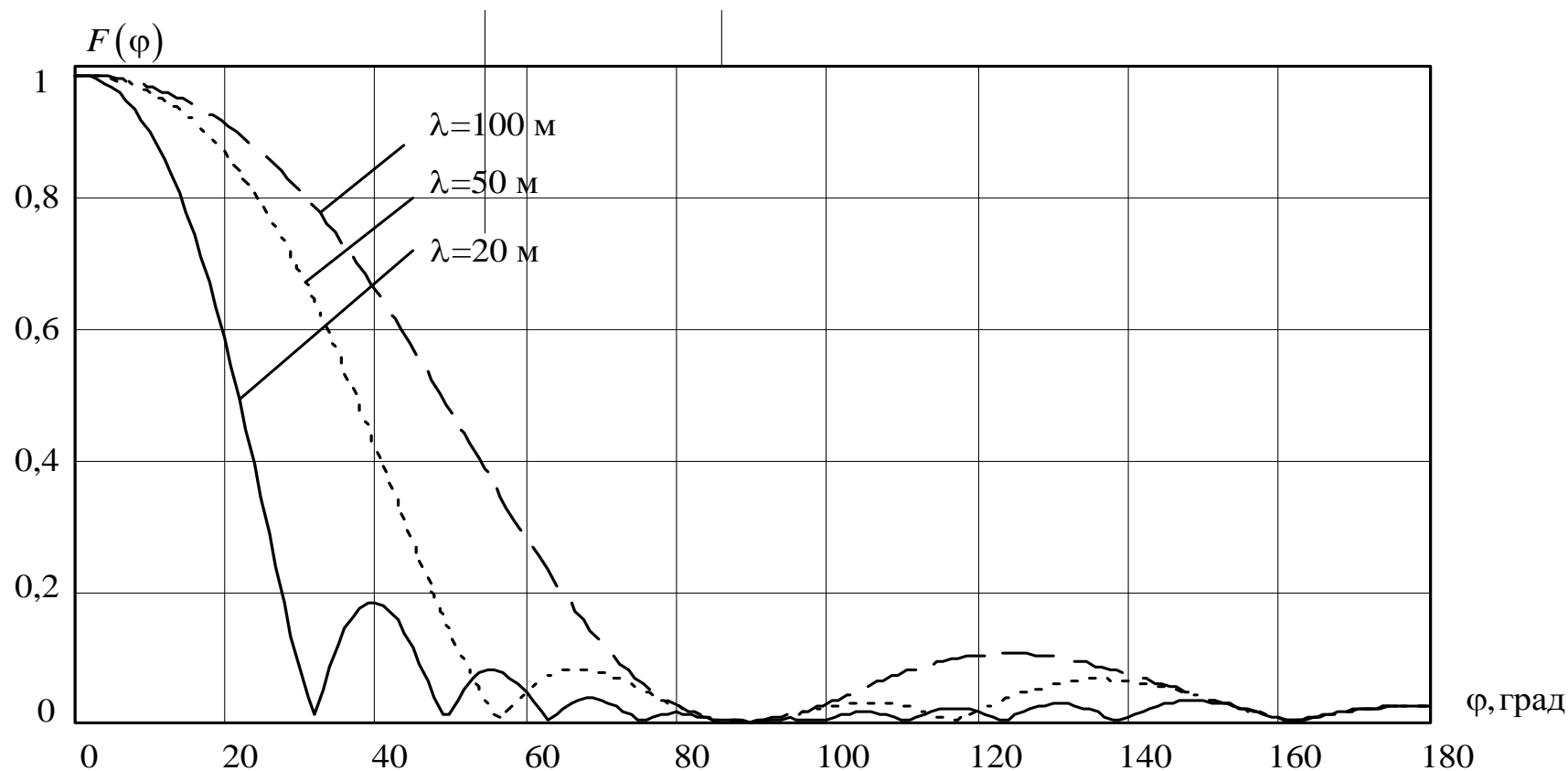
$$f_1(\varphi) = F_1(\varphi) = \cos \varphi. \quad l_{\text{опт}} = \frac{\lambda}{2(\xi - 1)}, \quad \xi \approx 0,1 \dots 0,2$$

Возле земли антенна **АБВ** излучает вдоль провода (антенна вытекающей волны).



Диаграмма направленности ОБ

№17

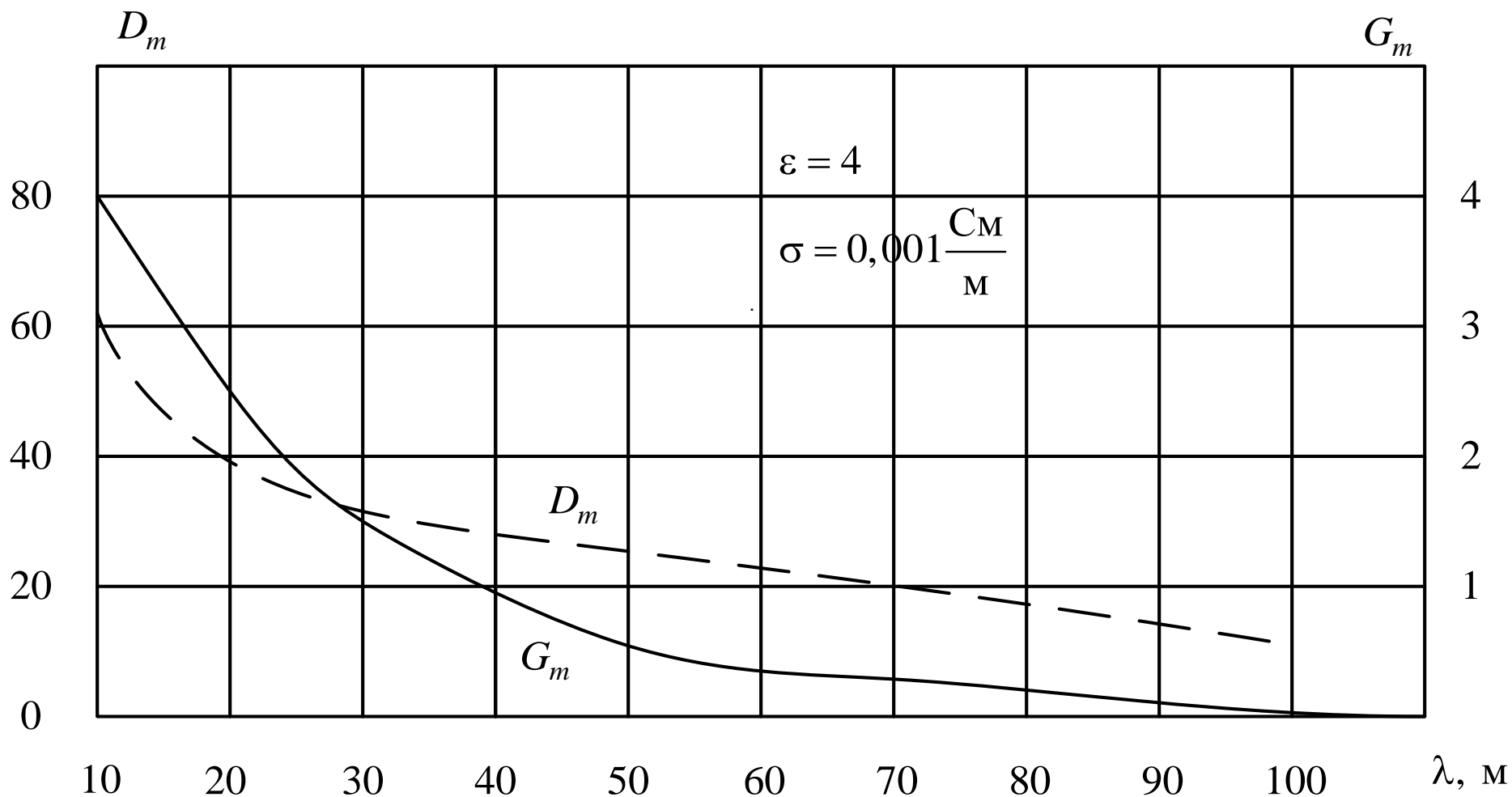


$$f(\varphi) = \cos \varphi \frac{\sin [0,5kl(\xi - \cos \varphi)]}{(\xi - \cos \varphi)}.$$



КНД и КУ антенны ОБ

№18



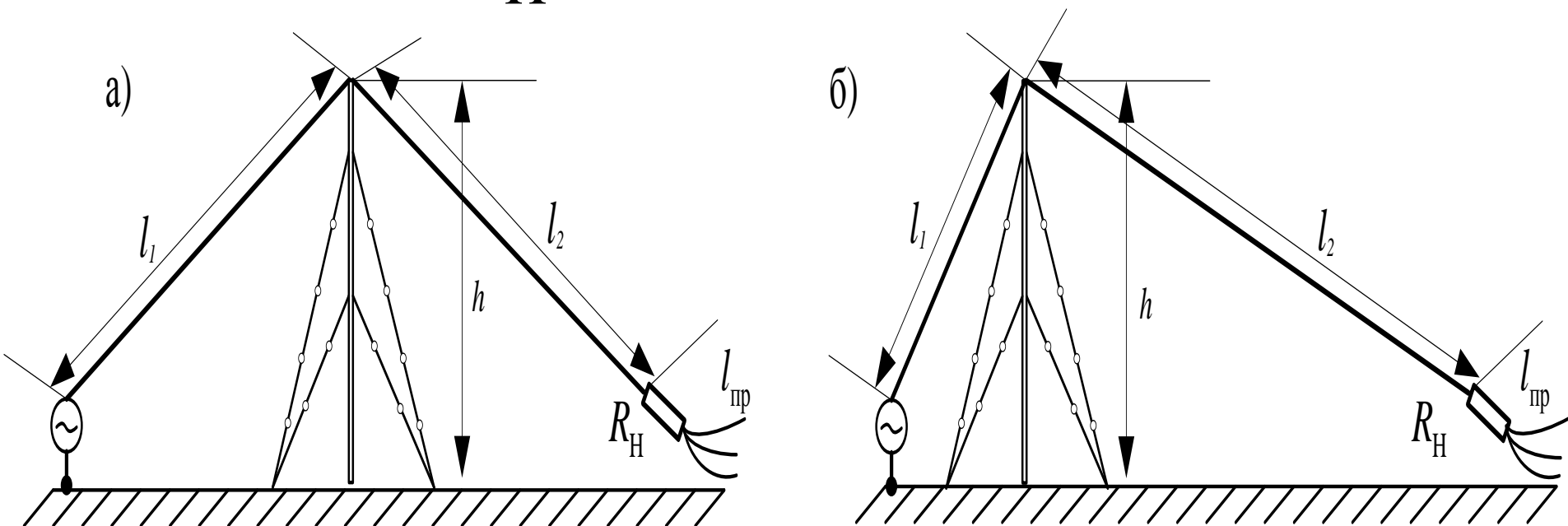
КНД антенны ОБ относительно большой, но КУ малый из-за потерь



Полуромбическая (а) и ламдаобразная (б) антенны

№19

$$R_H = \rho \approx 400 \text{ Ом}$$



Антенны имеют более высокий КУ, но КНД хуже чем в ОБ.



ВЫВОДЫ

№20

Рассмотренные несимметричные варианты антенн в основном применяются для связи земными волнами на дальности до 100км. в КВ диапазоне.

Повышение эффективности лямбдаобразной и ВПР антенн по отношению к антенне ОБ обусловлено следующими причинами:

- благодаря удалению проводов от поверхности земли, уменьшаются потери в этих антеннах;

- из-за наклона проводов антенн к земле они принимают либо излучают не только составляющую E_{Γ} но и более интенсивную $E_{\text{В}} > E_{\Gamma}$