



Кафедра радиосвязи

**ДИСЦИПЛИНА: РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН И
АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА (Д-1105-1)**

Тема 3. Антенно-фидерные устройства

декаметрового диапазона

Лекция 3/1 (№15). ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛИ НА РАБОТУ АНТЕНН ДЛЯ РАДИОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ВОЛНАМИ

Учебные вопросы:

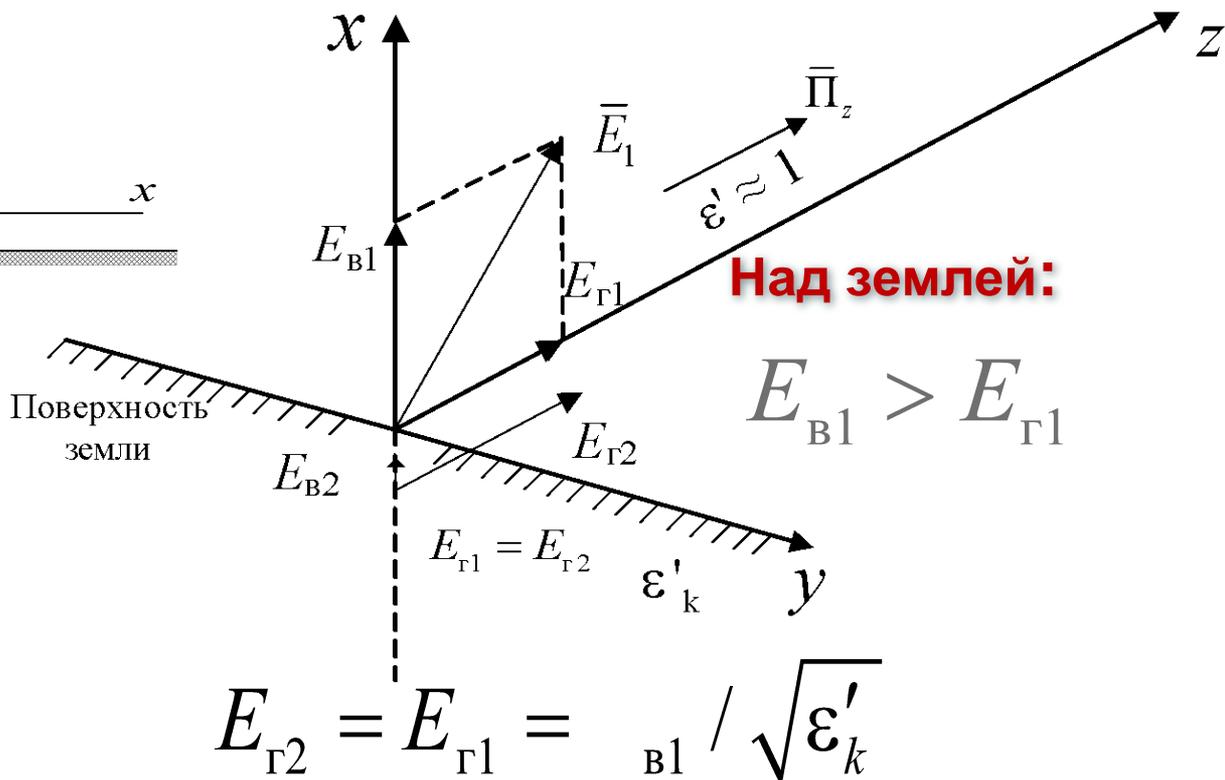
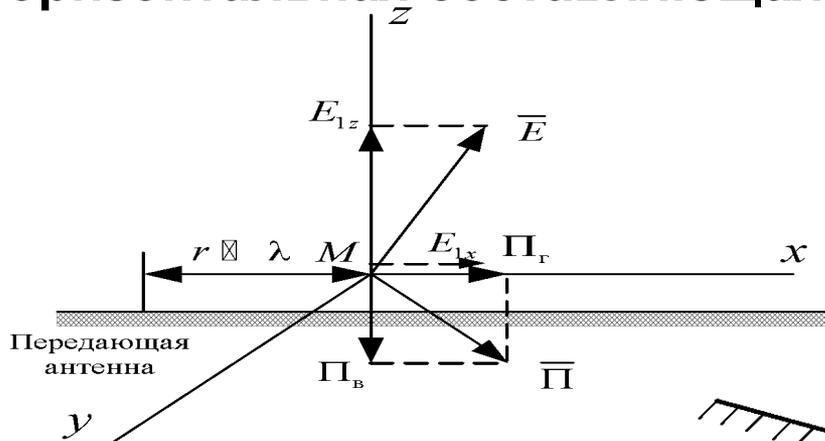
- 1. Структура поля электромагнитной волны над полупроводящей поверхностью.**
- 2. Особенности распространения поверхностных волн и требования к антеннам.**
- 3. Вертикальные и наклонные несимметричные вибраторы и их электрические характеристики.**



1. Структура поля электромагнитной волны над полупроводящей поверхностью

Поверхностная волна (земная волна) формируется, когда высота установки антенн меньше длины волны.

Вблизи поверхности земли кроме вертикальной составляющей напряженности электрического поля E_{B1} имеется продольная горизонтальная составляющая $E_{Г1}$.



Над землей:

$$E_{B1} > E_{Г1}$$

Под землей:

$$E_{B2} < E_{Г2}$$

$$E_{Г2} = E_{Г1} = E_{B1} / \sqrt{\epsilon'_k}$$



Составляющие поля поверхностной или земной волны

№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.

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

Волны вертикальной поляризации меньше затухают в почве и распространяются на большие расстояния. Поэтому при связи ЗВ применяется вертикальная поляризация.

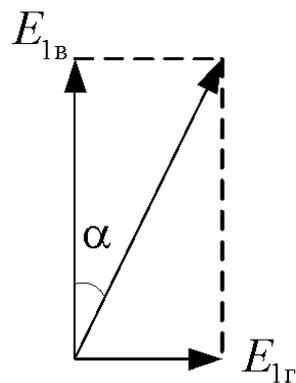


Поляризация ЭМ волны

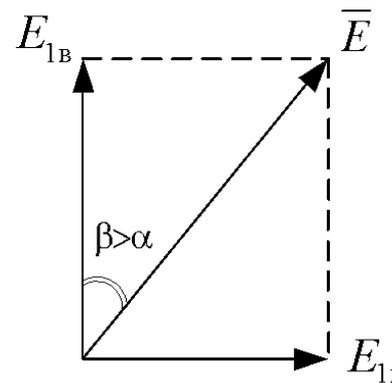
Если излучатель создает вертикально поляризованное поле, то поле вблизи поверхности земли имеет горизонтальные продольные $E_{Г1}$ и $E_{Г2}$.

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

Над землей

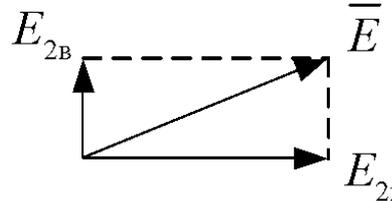
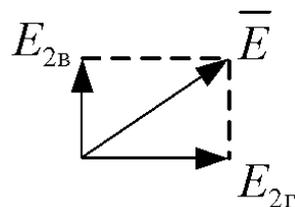


Почва влажная



Почва сухая

В земле





2. Особенности распространения поверхностных волн и требования к антеннам

При установке антенн на малой высоте относительно длины волны основное электромагнитное поле антенны формируется в виде поверхностной волны, которую еще называют земной (Земля).

Поверхность Земли выполняет роль естественной направляющей системы.

Условия формирования поверхностной (земной) волны

1. $h_{1,2} < \lambda$ или $h_1 \approx h_2 \approx 0$.
2. Вертикальная поляризация поля излучения.



Протяженности трасс при радиосвязи земной волны

№6

Структура поля поверхностной (земной) волны зависит от электрических параметров верхних слоев поверхности Земли.

Напряженность поля и, соответственно дальность радиосвязи зависят от электрических параметров земной поверхности, частоты сигнала, уровня радиопомех в точках приема и слабо зависят от технических параметров средств радиосвязи.

Для радиосвязи **земными волнами** могут использоваться **метровые, короткие (декаметровые) и более длинные волны.**

С увеличением длины волны (понижение частоты) реальные протяженности радиолиний возрастают.



Требования, предъявляемые к антеннам

№7

Для радиосвязи земными волнами применяют антенны только вертикальной поляризации .

Требования к форме ДН антенн в горизонтальной плоскости зависят от условий использования радиостанции.

Антенны с вертикальной поляризацией поля должны иметь максимум излучения (и приема), направленные **вдоль поверхности земли.**

Излучения под большими углами к горизонту нежелательно, так как приводят к **нерациональной** затрате мощности излучения.

В диапазонах средних и коротких волн ДН в вертикальной плоскости должны иметь максимум под небольшими углами к горизонту

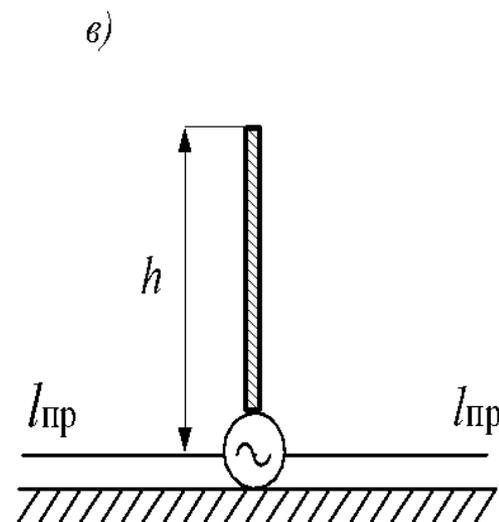
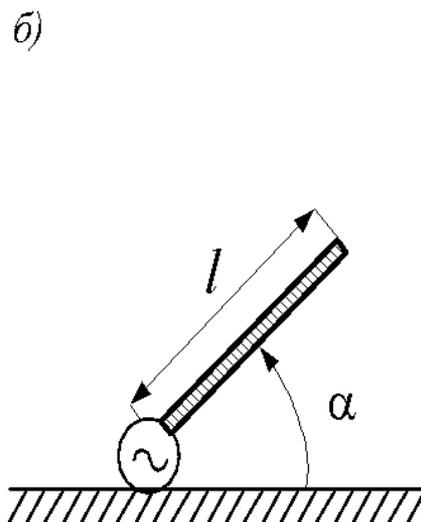
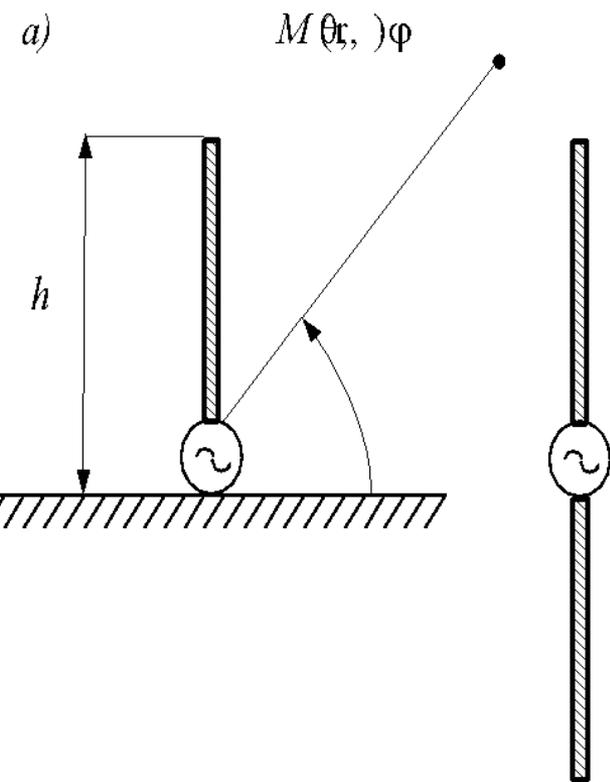
$\theta_m \rightarrow 0$ и минимум в зенит , $\theta_m = 90^\circ$



3. Вертикальные и наклонные несимметричные вибраторы и их электрические характеристики

Несимметричный и наклонный вибраторы с учетом зеркального изображения аналогичны симметричным, расположенными в свободном пространстве.

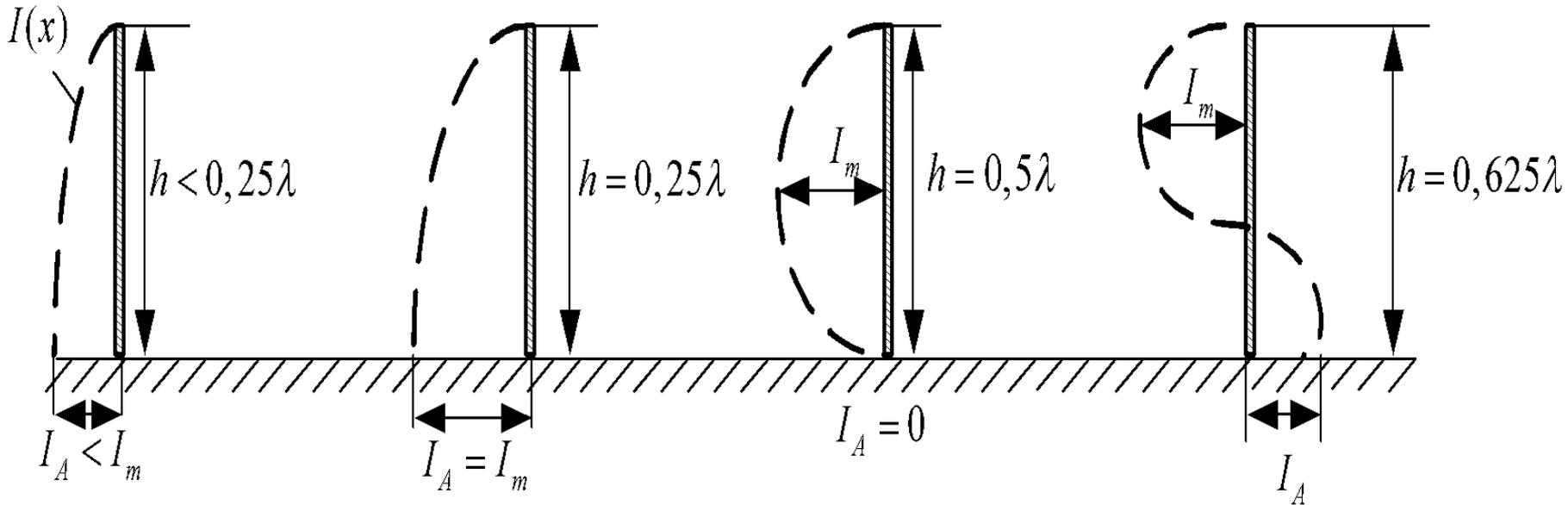
Функции **второго плеча** несимметричного вибратора выполняет его зеркальное изображение.





Распределение тока вдоль вибратора

№9



$$I(x) = I_m \sin k(h - x)$$

Режимы работы несимметричного вибратора аналогичны как и симметричного вибратора: режим удлинения, собственная длина волны, режим укорочения.

Собственная длина волны: $\lambda_0 = 4h.$

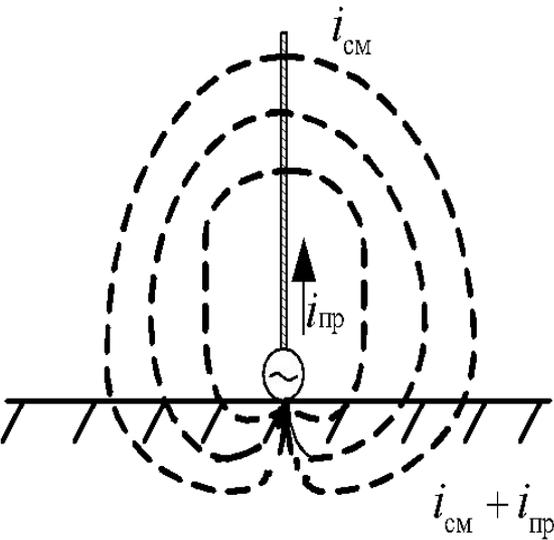


Низкорасположенные вибраторные антенны

№10

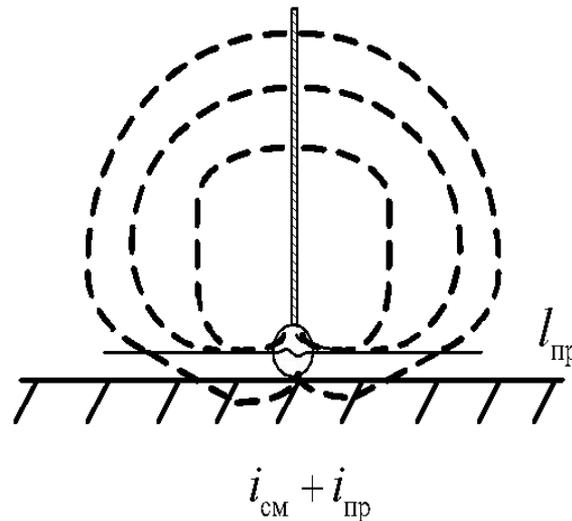
В несимметричных антеннах, расположенных над поверхностью земли, **второй полюс передатчика** или приемника должен **заземляться** через корпус радиостанции, противовес или заземление, которые фактически выполняют роль второго плеча антенны.

а)



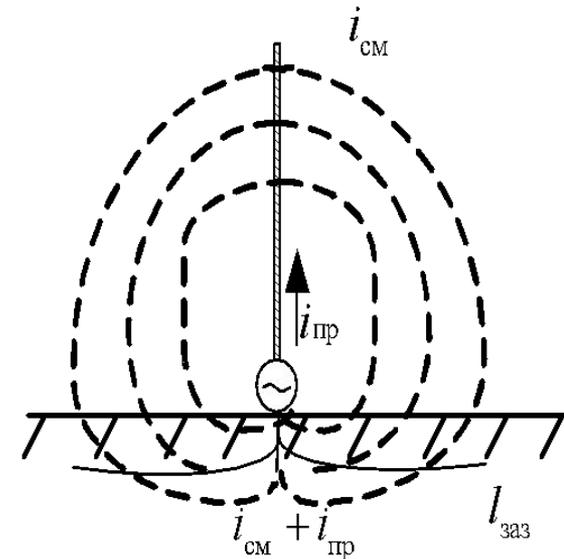
Без заземления

б)



Противовес

в)



Заземление



Влияние электрических параметров земной поверхности на работу несимметричных антенн

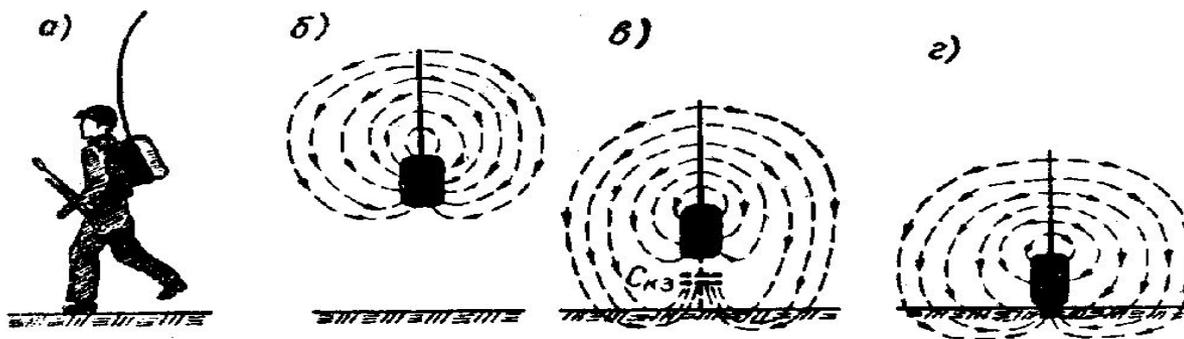


Рис.1. Влияние земли на излучение.

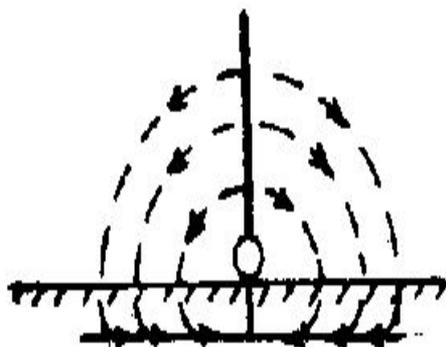


Рис. 2. Штырь над землей

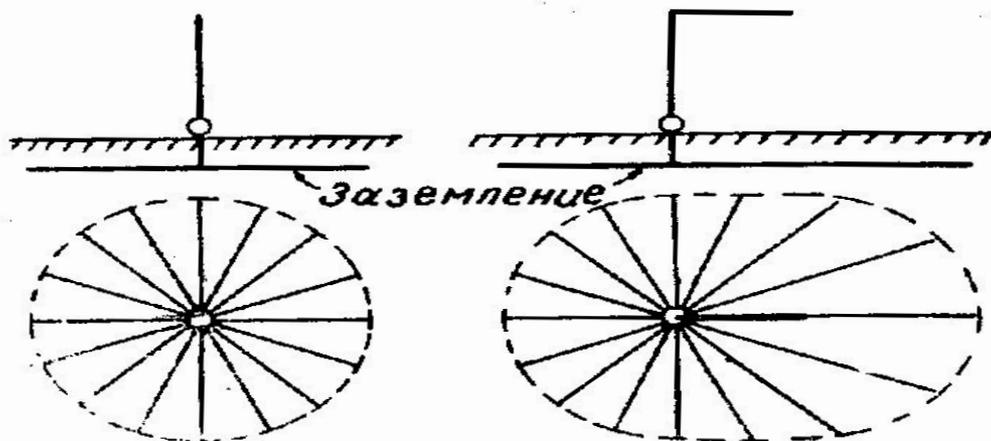


Рис. 3. Несимметричные антенны над землей



Диаграммы направленности антенны штырь (АШ)

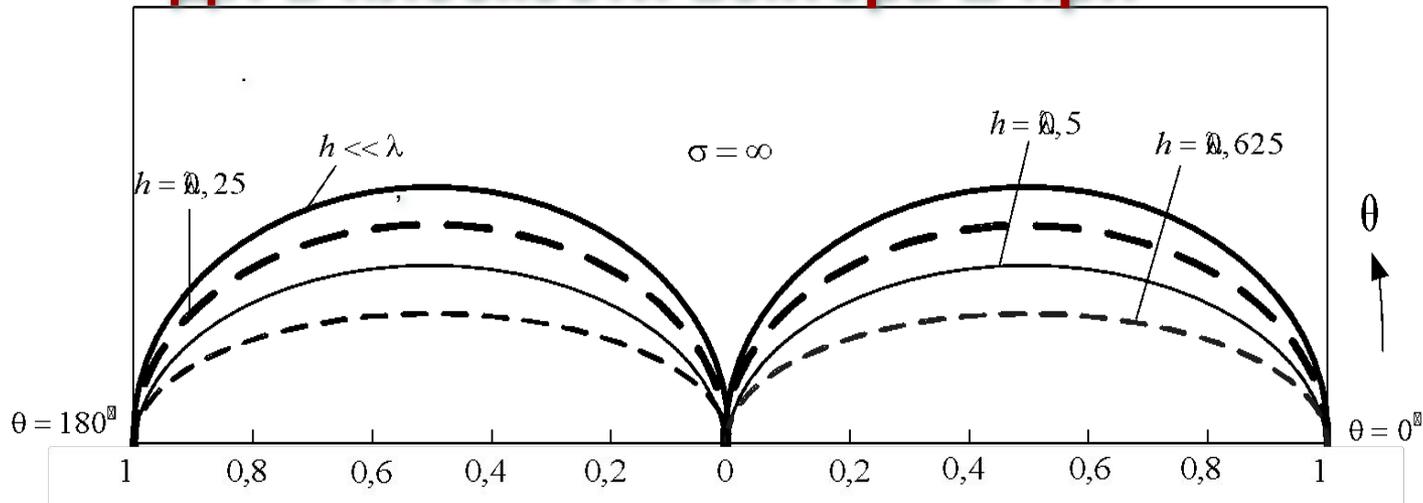
$$E(\theta) = i60I_m \frac{e^{-ikr}}{r} \left[\frac{\cos(kl \cos \theta) - \cos(kl)}{\sin \theta} \right]$$

СВ в свободном пространстве, угол θ от оси вибратора.

$$E_\theta = i60I_m \frac{e^{-ikr}}{r} \frac{\cos(kh \sin \theta) - \cos(kh)}{\cos \theta}$$

НВ над поверхностью земли, угол θ от поверхности земли.

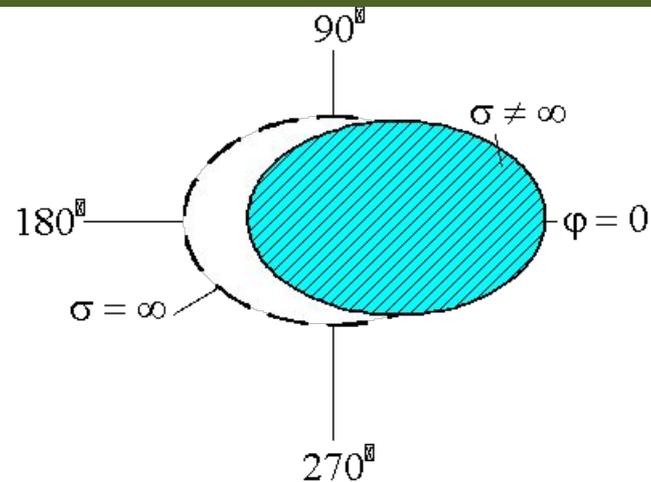
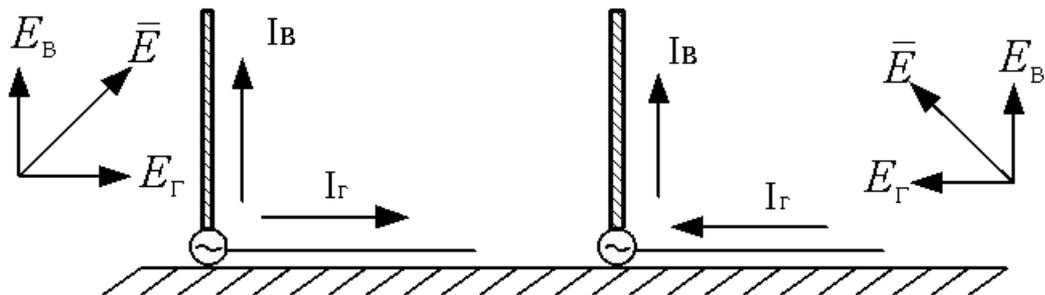
ДН в плоскости вектора E при $\sigma = \infty$



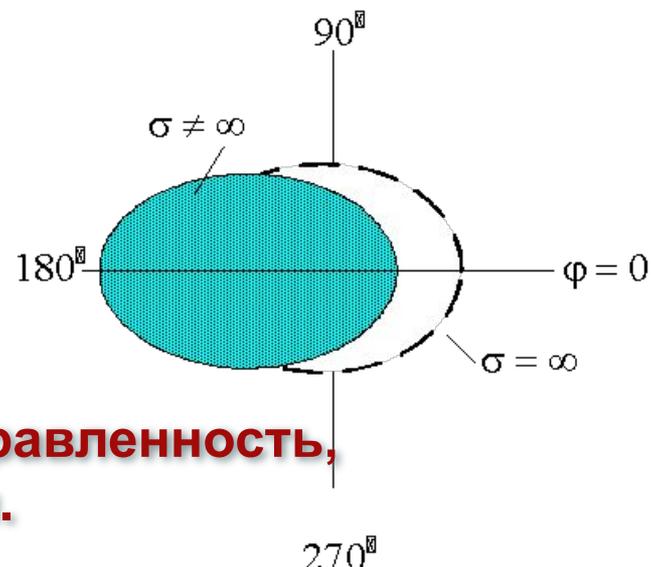
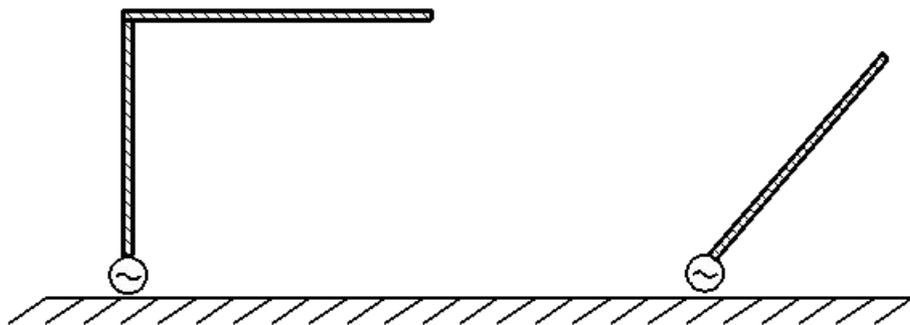
$$f_E(\theta) = \frac{\cos(kh \sin \theta) - \cos(kh)}{\cos \theta}, \quad f_H(\varphi) = 1.$$



ДН несимметричных вибраторов в горизонтальной плоскости



б)



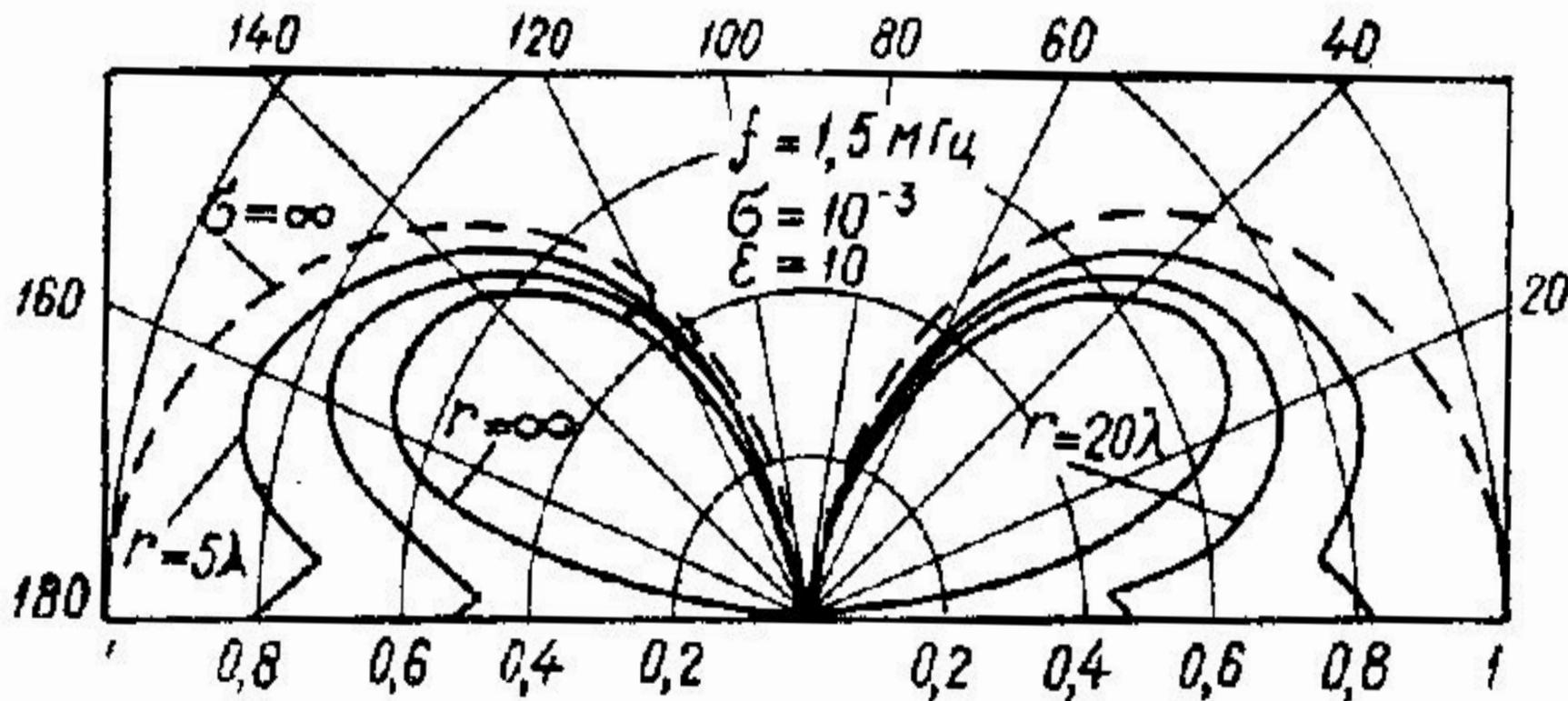
ДН в горизонтальной плоскости имеют направленность, которая зависит от проводимости земли.



Диаграмма направленности (ДН) несимметричного вибратора в вертикальной плоскости

№14

ДН в вертикальной плоскости имеют максимум под углами θ_m ,
излучение вдоль земли уменьшается. $\sigma \neq \infty$



$$\varepsilon'_k = \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_0} = \varepsilon' - i60\lambda_0\sigma$$



Коэффициент направленного действия и коэффициент усиления

№15

КНД вертикального несимметрично вибратора высотой h в два раза больше, чем **КНД** эквивалентного симметричного вибратора длиной $2h$.

В несимметричном заземленном вибраторе мощность излучения распределена только в верхнем полупространстве, поэтому плотность потока мощности у него будет в 2 раза больше, чем у симметричного вибратора в свободном пространстве.

В режиме удлинения $D = 3$. Четвертьволновый вибратор имеет $D = 3,28$. Максимальный КНД будет при $0,625 l/\lambda$ и равен **6,2** раза относительно изотропного излучателя.

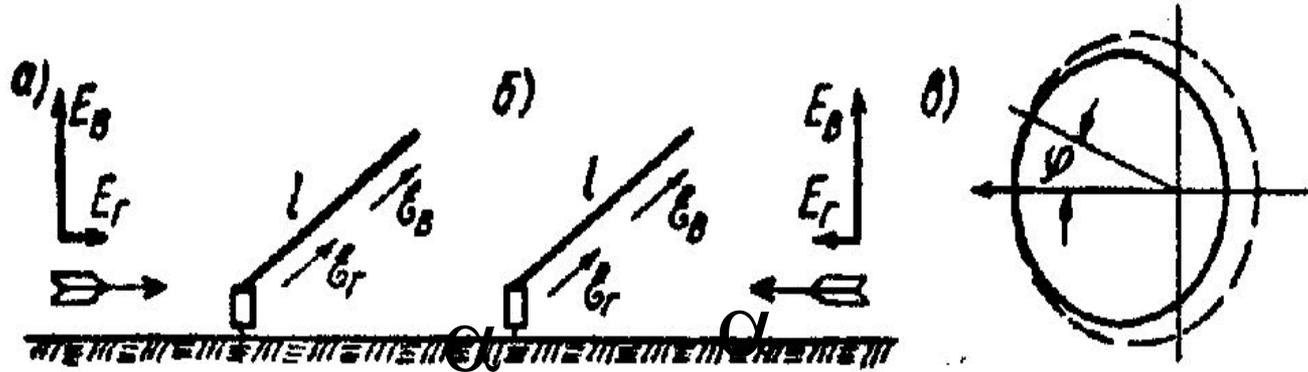
Коэффициент усиления несимметричного заземленного вибратора очень сильно зависит от потерь в земле, изоляторах, элементах настройки вибратора и окружающей среды.

$$G = D\eta_A \leq 1.$$



Антенна «наклонный луч»

№16



Направленность НЛ в противоположную сторону наклона провода

ЭДС, наводимая в антенне НЛ:

$$\xi_{\Delta} \cong E_B \ell \left(\sin \alpha + \cos \alpha \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\epsilon_k}} \right), \quad \ell_{\Delta} \cong 0,5\ell.$$



Особенности развертывания низкорасположенных вибраторов

№17

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

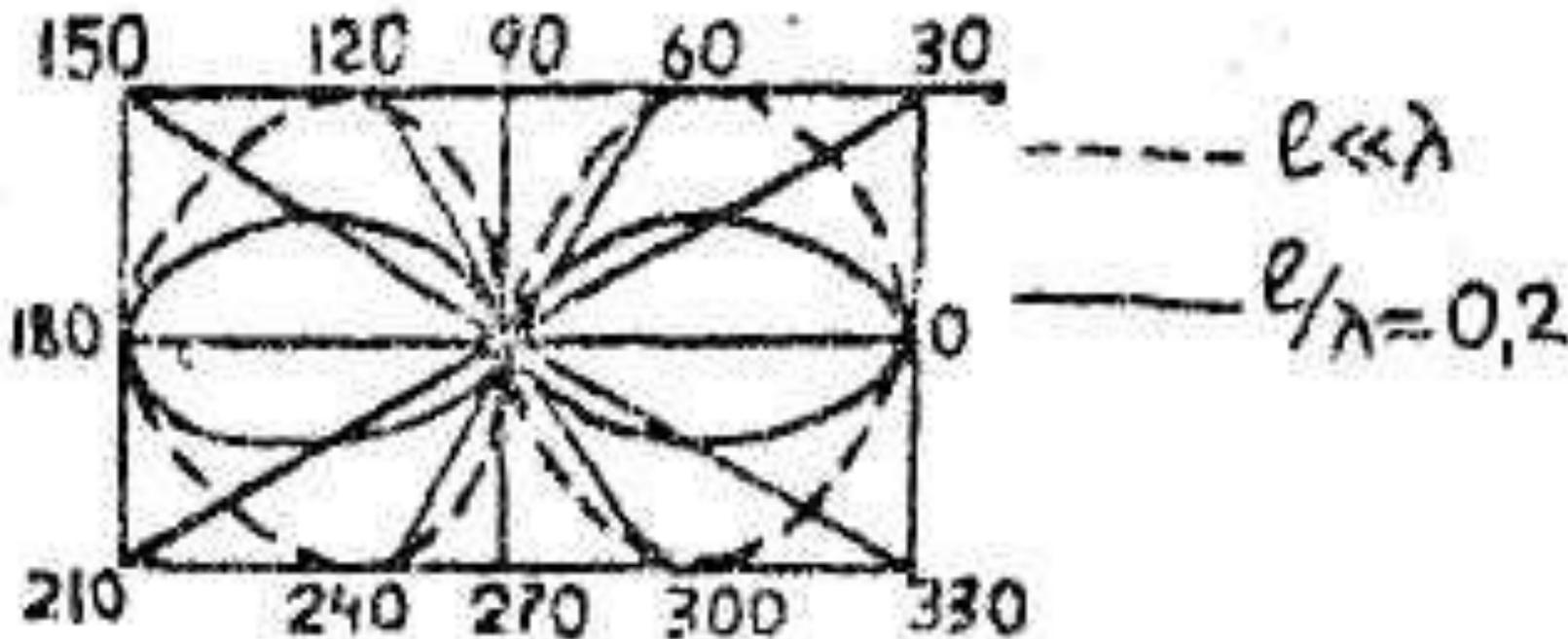
Для улучшения качества связи необходимо развертывать противовес на корреспондента, а наклонные и горизонтальные провода антенны - в обратную сторону (от корреспондента).



ДН низкорасположенного симметричного вибратора (ПА)

№18

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.



Максимальное излучение вдоль проводов вибратора



ВЫВОДЫ

№19

На практике наряду с **симметричными** применяются также **несимметричные антенны** и, в частности **вибраторы**.

Несимметричным называется вибратор, у которого одно плечо по размерам или форме отличается от другого.

Несимметричные вибраторы могут быть вертикальными или наклонными относительно поверхности земли или корпуса радиостанции.

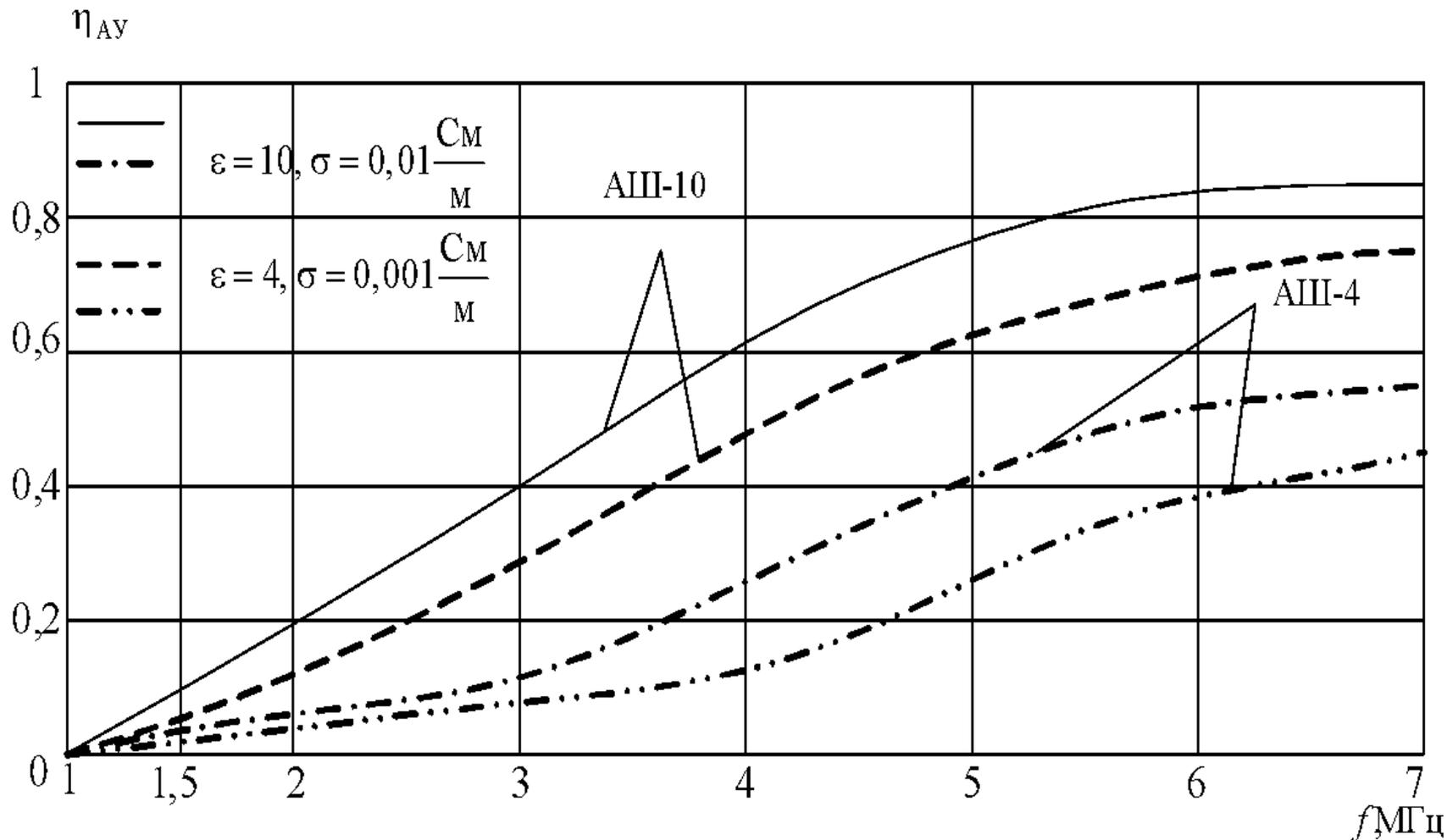
Несимметричные вибраторы наиболее широко применяются в диапазоне коротких и более длинных волн. В диапазоне коротких и метровых волн несимметричные вибраторы являются основными антеннами в подвижной радиосвязи.



КПД несимметричного вибратора

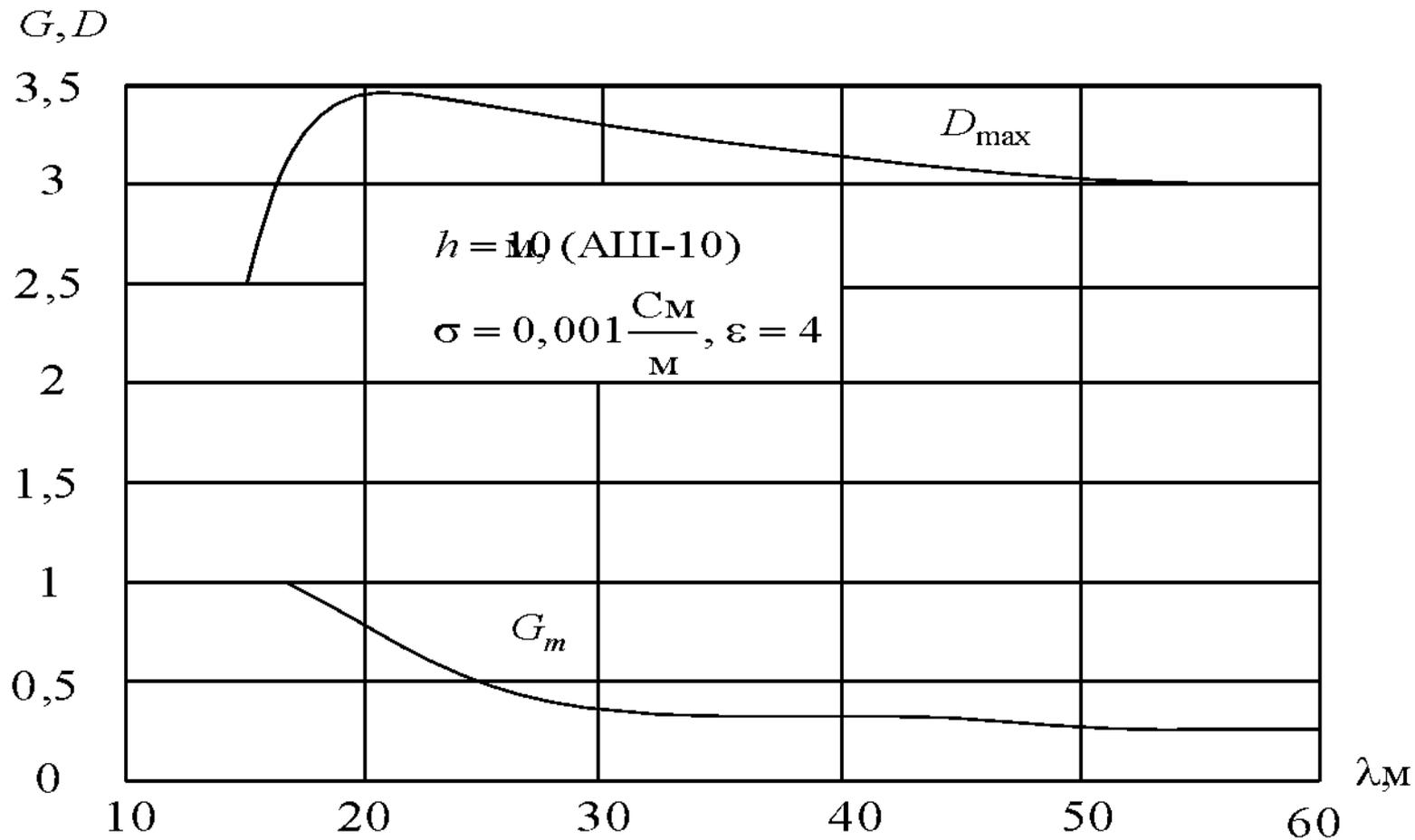
№12

В режиме удлинения КПД АШ-4 менее 0,2





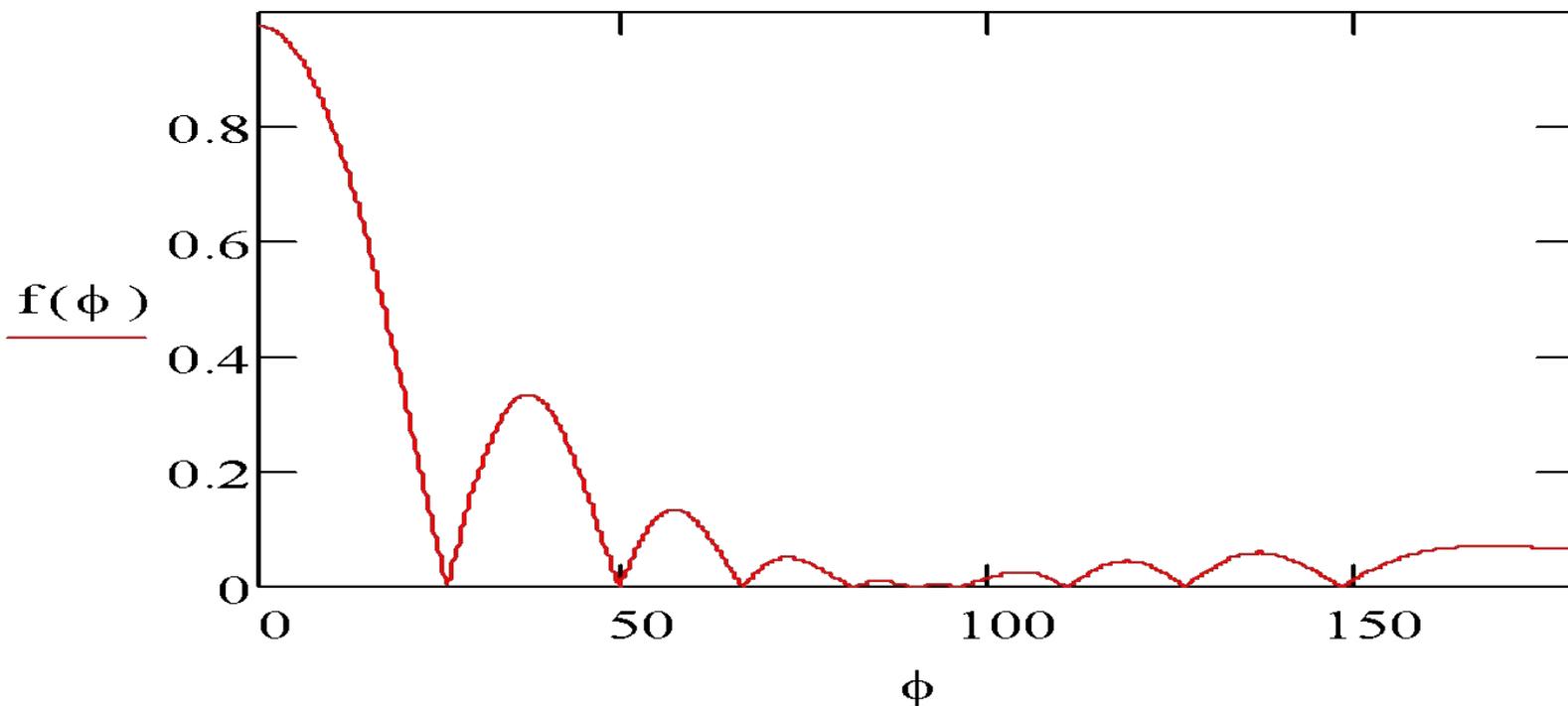
КНД и КУ несимметричного вибратора





ДН антенны ОБ

№20



$$f(\phi) := \left| \cos(\phi) \cdot \frac{\sin[\pi \cdot x \cdot (\xi - \cos(\phi))]}{\xi - \cos(\phi)} \right|$$