

ТЕМА № 1. Основы распространения радиоволн и антенно-фидерные устройства.

ЗАНЯТИЕ № 2. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов частот.

1. Строение ионосферы, преломление и отражение радиоволн в ионосфере
 2. Особенности распространения радиоволн ДВ,СВ, КВ диапазонов.
Особенности распространения радиоволн УКВ диапазона в пределах прямой видимости и за ее пределами
-

Литература

1. Черенкова Е.Л., Чернышов О.Б. Распространение радиоволн.
М.: Радио и связь, 1984
 2. Особенности распространения радиоволн различного диапазона
Воронеж: ВПИ, 1990
-

1. Структура ионосферы, преломление и отражение волн в ионосфере.

Атмосфера - газообразная оболочка, окружающая Землю и вращающаяся вместе с ней как единое целое. На распространение радиоволн влияет в основном часть атмосферы, простирающаяся на 1000 км.

Тропосфера – самая нижняя область атмосферы – простирается в средних широтах до высот 10-12 км, в экваториальных – до 16-18 км и в полярных – до 7-10 км.

Стратосфера - область атмосферы - располагается над тропосферой до высот 50-60 км. Она отличается от тропосферы законом распределения температуры.

Ионосфера - область атмосферы - располагается над стратосферой до верхней границы атмосферы. Отличается от нижних областей наличием значительного количества свободных зарядов – электронов и ионов.

Плотность нейтральных частиц в атмосфере меняется за счет регулярных и нерегулярных изменений температуры в пространстве и во времени, а также за счет перемещения воздушных масс.

1. Структура ионосферы, преломление и отражение волн в ионосфере.

Основными параметрами ионосферной плазмы являются:

- электронная концентрация (плотность) N_e (1/м³)
- эффективная частота соударений $\nu_{эфф}$ (1/с) электронов с тяжелыми частицами (положительными ионами и нейтральными молекулами и атомами).

Основным источником ионизации газов в атмосфере является солнечная радиация в виде фотонов, энергия которых равна

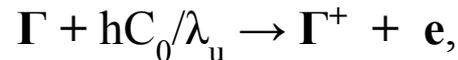
$$hC_0/\lambda_u,$$

где h – постоянная Планка,

C_0 – скорость света в свободном пространстве;

$\lambda_u < 0,134$ мкн – длина волны ионизирующего излучения.

В простейшем случае процесс фотоионизации протекает по схеме



где: Γ – нейтральная частица;

Γ^+ – положительный ион;

e - электрон.

1. Структура ионосферы, преломление и отражение волн в ионосфере.

Параллельно с процессом ионизации в атмосфере идет целый ряд обратных процессов, наиболее важным из которых является процесс рекомбинации.

Рекомбинация происходит за счет хаотического теплового движения, когда частицы с разноименными зарядами оказываются настолько близко друг к другу, что соединяются, превращаясь в нейтральные молекулы и атомы:



В идеализированном случае распределение $N_e(h)$ имеет один максимум $N_{e, \max}$ на конечной высоте в атмосфере (рис. 1) (простой слой или слой Крючкова-Чепмена).

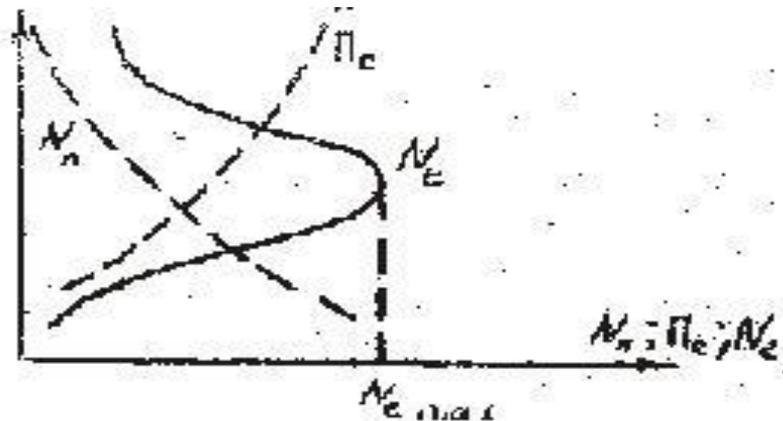
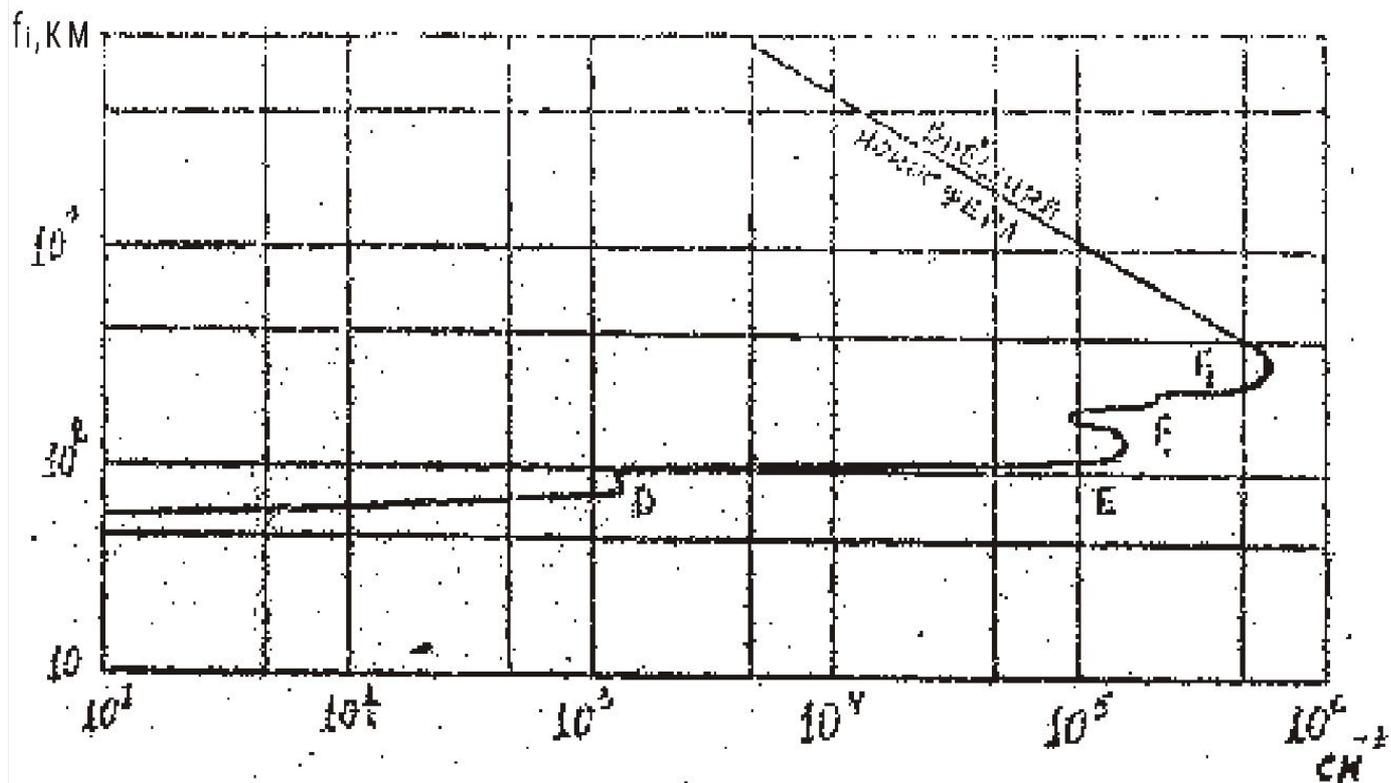


Рис. 1

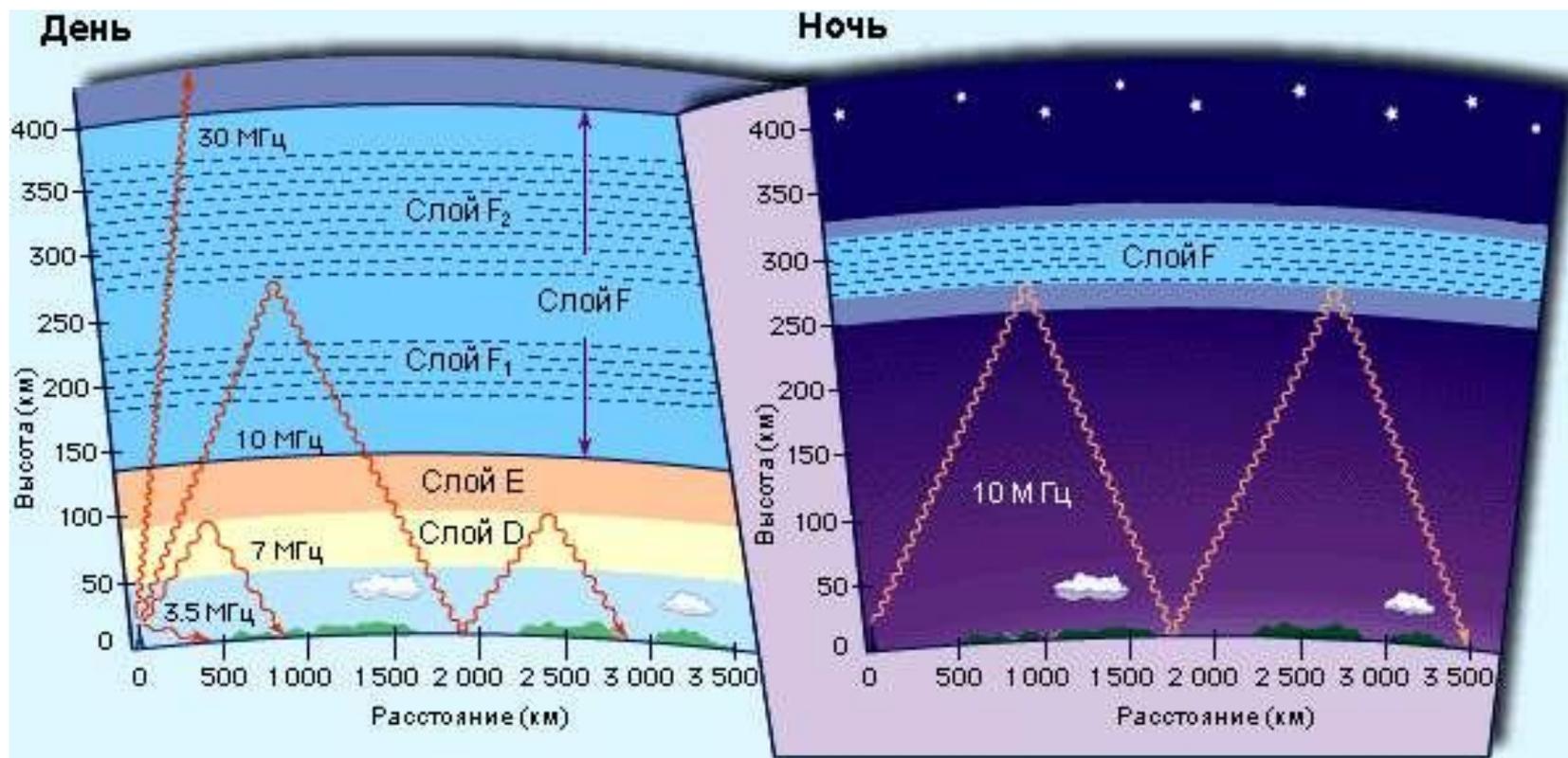
1. Структура ионосферы, преломление и отражение волн в ионосфере.

Ионосфера ниже $N_{e \max}$ называется внутренней, выше - внешней.

В реальной атмосфере распределение $N_e(h)$ имеет сложный характер (рис.2).



Зависимость состояния слоев ионосферы от времени суток.



1. Структура ионосферы, преломление и отражение волн в ионосфере.

Максимальная рабочая частота волны, которая отразится от ионосферы при заданных величинах электронной плотности N_e и угла падения волны на слой ионосферы, может быть определена из выражения:

$$f_{\theta}(\text{кГц}) = \frac{9\sqrt{N_e (\text{эл/см}^3)}}{\cos \theta} .$$

Для нормального падения радиоволны на ионосферу ($\theta = 0^\circ$):

$$f_0 = 9\sqrt{N_e (\text{эл/см}^3)} \quad (\text{кГц}).$$

Максимальная частота, при которой волна f отражается в случае вертикального падения на ионосферу, называется критической частотой $f_{\text{кр}}$.

Если рабочая частота больше критической, то отражения не происходит, и волна уходит в космическое пространство.

1. *Строение ионосферы, преломление и отражение волн в ионосфере.*

В случае одной и той же электронной плотности ионосферы при наклонном падении может отразиться волна, частота которой в $\text{SEC } \theta$ раз превышает частоту волны, отражающейся при вертикальном падении на слой.

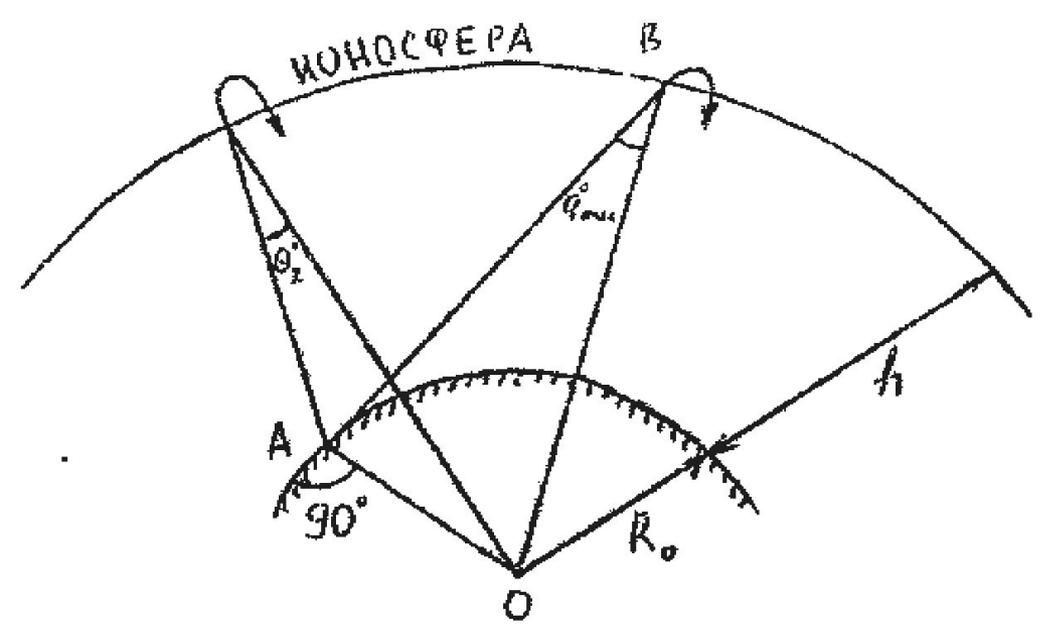
Это соотношение называется законом секанса.

$$f_{\theta} = f_0 / \cos \theta = f_0 \sec \theta .$$



1. Структура ионосферы, преломление и отражение волн в ионосфере.

Чем меньше угол φ падения волны на ионосферу, тем большая электронная плотность требуется для отражения и тем на большей высоте происходит отражение (рис.3).



$$\sin \theta_{\text{пад}_{\text{макс}}} = \frac{R_0}{(R_0 + h_0)},$$

2. Особенности РРВ ДВ, СДВ, СВ и КВ диапазонов. Особенности РРВ УКВ диапазон в пределах прямой видимости и за ее пределами.

В процессе распространения радиоволны испытывают значительное ослабление при отражении от ионосферы и от поверхности Земли. Согласно теории сферического волновода, зависимость поля от расстояния имеет вид, показанный на рис. 4.

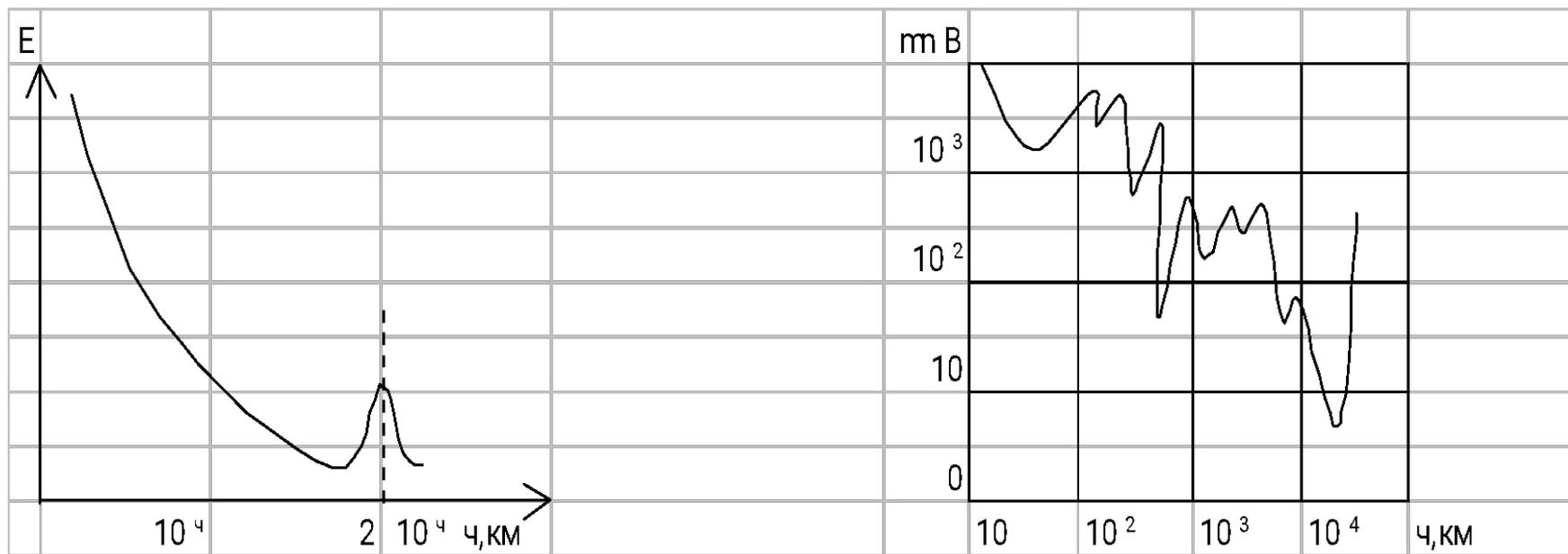


Рис 4.

Рис. 5

2. Особенности РРВ ДВ, СДВ, СВ и КВ диапазонов. Особенности РРВ УКВ диапазон в пределах прямой видимости и за ее пределами.

Особенности распространения ДВ и СДВ:

- относительно малое затухание поля в тракте распространения;
- устойчивость по отношению к ионосферным возмущениям;
- малая частотная емкость позволяет применять только телеграфные системы с малыми скоростями телеграфирования.

Большое применение эти частоты находят в системах дальней навигации и передачи сигналов точного времени, что объясняется большой стабильностью амплитудных и фазовых характеристик поля.

СДВ и ДВ отражается от нижней границы ионосферы, не проникая сколько-нибудь глубоко в толщу, т.о. можно сказать, что СДВ и ДВ распространяются в сферическом волноводе, нижней стенкой которого является поверхность земли, а верхней – днем слой D, ночью слой E.

2. Особенности РРВ ДВ, СДВ, СВ и КВ диапазонов. Особенности РРВ УКВ диапазон в пределах прямой видимости и за ее пределами.

Средние волны занимают полосу частот от 3 МГц до 300 кГц (100 – 1000 м). Однако СВ не могут отражаться от нижних границ ионизированной области, что характерно для СДВ и ДВ, а заметно проникают в толщу ионосферы, преломляясь и описывая криволинейную траекторию.

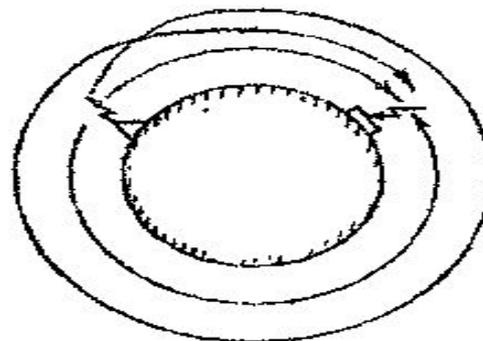
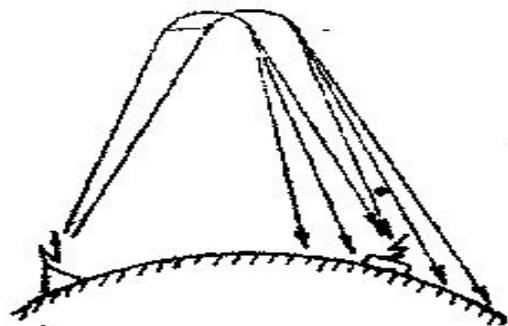
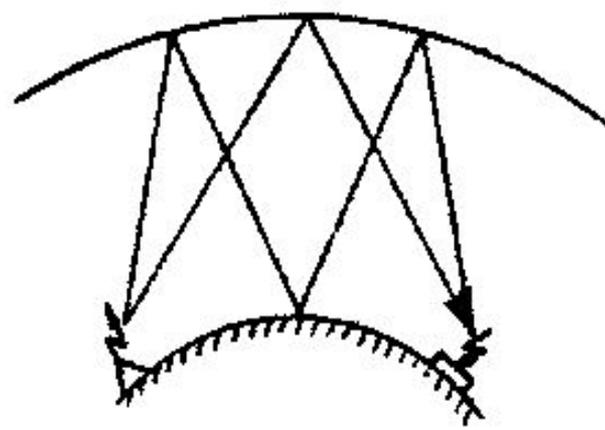
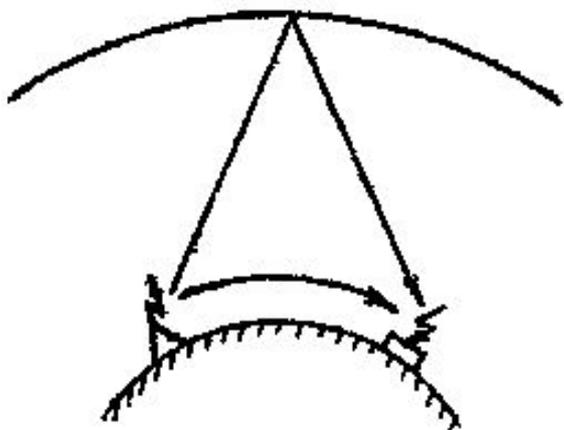


Особенности распространения СВ.

- А. Поглощение в ионосфере. Суточные колебания напряженности поля.
- Б. Случайные колебания напряженности поля (замирания).
- В. Сезонные колебания напряженности поля.

Особенности распространения коротких волн.

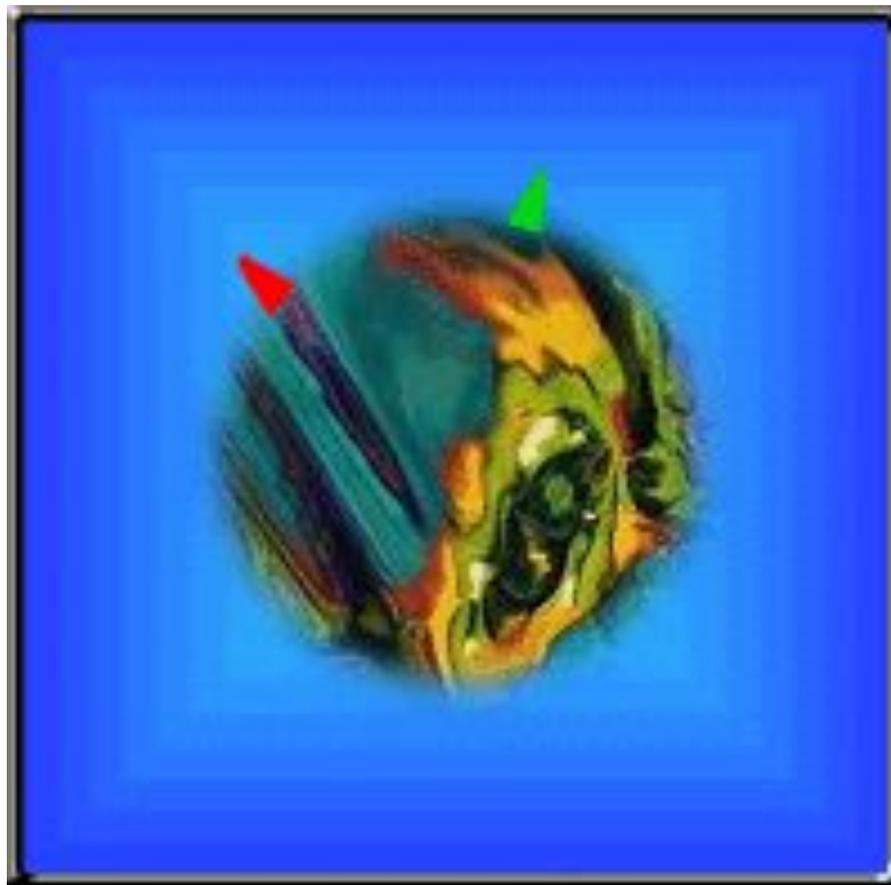
- А. Многократные отражения коротких волн.
- Б. Зона молчания (мертвая зона).
- В. Замирания на коротких волнах.
- Г. Наличие радиоэхо



Методы борьбы с замираниями:

- повышение мощности передатчика и применение более эффективных антенн;
 - использование автоматических регулировок усиления в приемной аппаратуре;
 - прием на разнесенные антенны (сигналы после выделения в своих приемниках складываются);
 - для борьбы с селективными замираниями применяется дублирование радиопередач на частотах, отличающихся друг от друга на 600 и более герц.
-

Особенности распространения коротких волн.



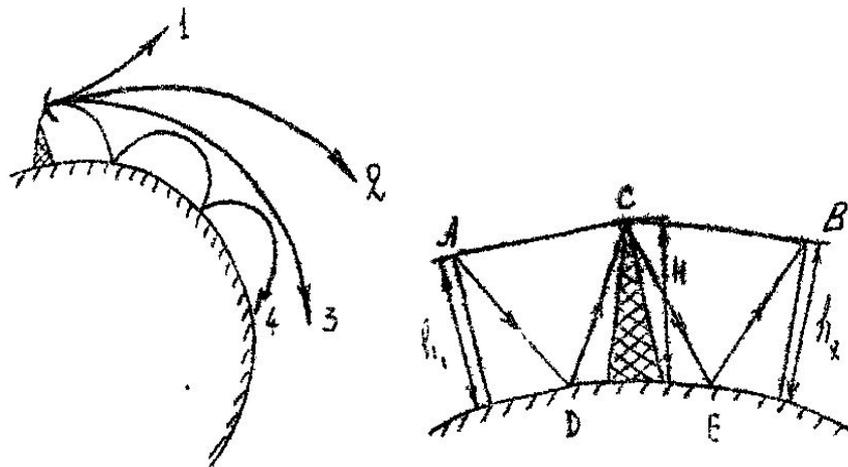
Особенности распространения УКВ в пределах прямой видимости

УКВ в свободном пространстве распространяются прямолинейно на значительные расстояния, при условии организации связи в пределах прямой видимости при высоко поднятых антеннах или между самолетами.

В любом случае для уверенного приема необходимо, чтобы приемная антенна попадала в зону прямой видимости ("освещенную зону").

Существенное влияние на распространение УКВ оказывает рефракция – явление отклонения УКВ от прямолинейного распространения из-за неоднородного состава атмосферы.

Рефракция может быть отрицательной, положительной, критической и сверхрефракцией.



Задание на самоподготовку.

1. Повторить материал учебного занятия по конспекту и указанной литературе.
 2. Тема следующего занятия 1/3 «Общие сведения об антенно-фидерных устройствах»
-