

Лекция 6. Дальность действия и рабочие зоны в радионавигации

Дальность действия РНС определяется:

- мощностью передатчика и чувствительностью приемника (энергетикой радиолинии);
- особенностями распространения радиоволн (ограничения прямой видимости, рефракция, поверхностная волна);
- геометрическим фактором, при котором сохраняется заданная точность навигационных определений.

Затухание радиосигнала при распространении в пространстве

$$P_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}} \lambda^2}{(4\pi R)^2}$$

- Дальность действия в условиях прямой видимости определяется основной формулой радиосвязи:

$$R_{\text{max}} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}}(\alpha, \beta) G_{\text{пр}}(\alpha_1, \beta_1) \eta_1 \eta_2 F_{\text{пот}}}{P_{\text{пр, min}}}}$$

$P_{\text{пер}}$ - мощность передатчика

$P_{\text{пр, min}}$ - чувствительность приемника

$G_{\text{пер}}(\alpha, \beta)$ - к-т усиления передающей антенны в направлении пр-ка

$G_{\text{пр}}(\alpha_1, \beta_1)$ - к-т усиления приемной антенны в направлении перед-ка

η_1, η_2 - КПД антенно-фидерных трактов приемника и передатчика

$F_{\text{пот}}$ - коэффициент потерь (атмосферные, поляризационные и пр.)

λ - длина волны

Атмосферные потери

- Наличие в составе атмосферы различных неоднородностей (молекулы газов, гидрометеоры, пыль, аэрозоли и т.п.) приводит к затуханию радиоволн

$F_{\text{пот}} = e^{-2\gamma R}$ - коэффициент потерь,

где $\gamma = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon/2} \sqrt{\sqrt{1 + (60\lambda\sigma/\epsilon)^2} - 1} \approx \frac{60\pi\sigma}{\sqrt{\epsilon}}$, σ - удельная проводимость

$\epsilon = 1 + \left(\frac{1,552p}{T} + \frac{7,45 \cdot 10^3 e}{T^2} \right) 10^{-6}$ - относительная диэлектрическая проницаемость

T - абсолютная температура, К

p - давление сухого воздуха, Па

e - давление водяного пара, Па

Высота, км	0	6	30
Проводимость $\sigma, (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$	$2,2 \times 10^{-18}$	13×10^{-18}	300×10^{-18}

Дальность прямой видимости с учетом тропосферной рефракции

$$R_{\text{ПВ}} = \sqrt{2R_{3.\text{эф}}} \left(\sqrt{H} + \sqrt{h_a} \right)$$



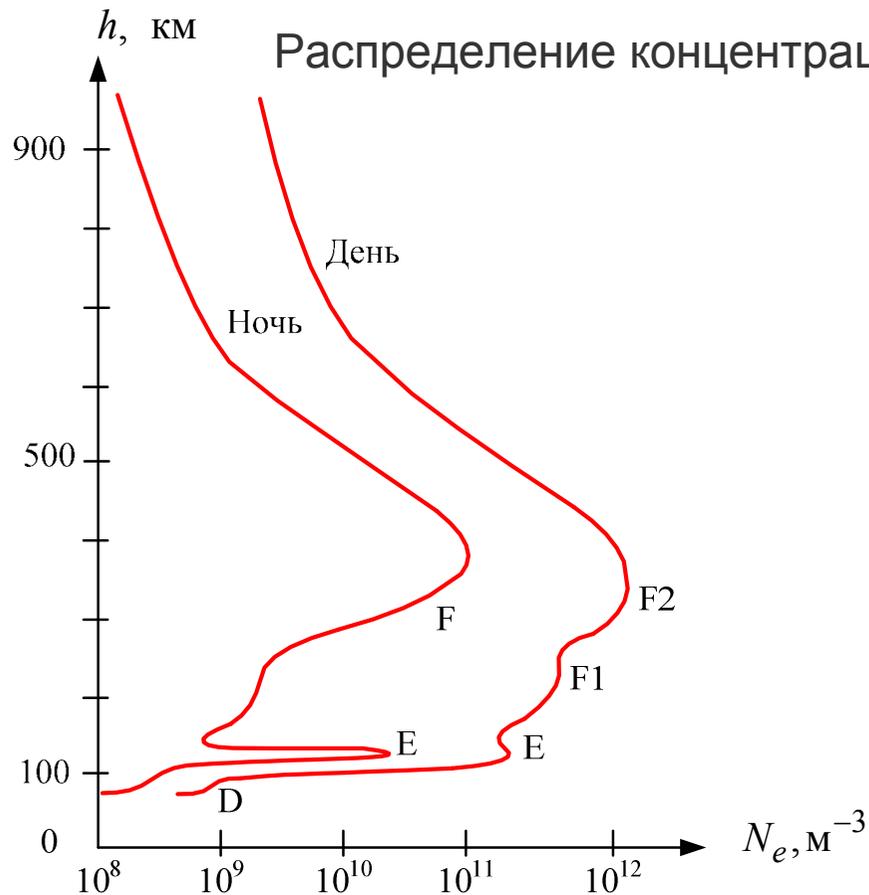
- Эффективный радиус Земли для учета тропосферной рефракции:

$$\frac{1}{R_{3.\text{эф}}} = \frac{1}{R_3} + \frac{dn}{dH}$$

Для стандартной атмосферы $R_{3.\text{эф}} = 8500 \text{ км}$, $dn/dH = -4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$

Влияние ионосферы

Ионосфера — область атмосферы, содержащая значительное число свободных электронов (более тысячи в 1 см^3), что обуславливает ее диспергирующие свойства



$$\varepsilon = 1 - \frac{3190N_e}{\omega^2 + \nu_{\text{эфф}}^2}$$

N_e — концентрация электронов, $\text{эл}/\text{м}^3$

$\nu_{\text{эфф}}$ — эффективная частота столкновений электронов с ионами и нейтральными молекулами

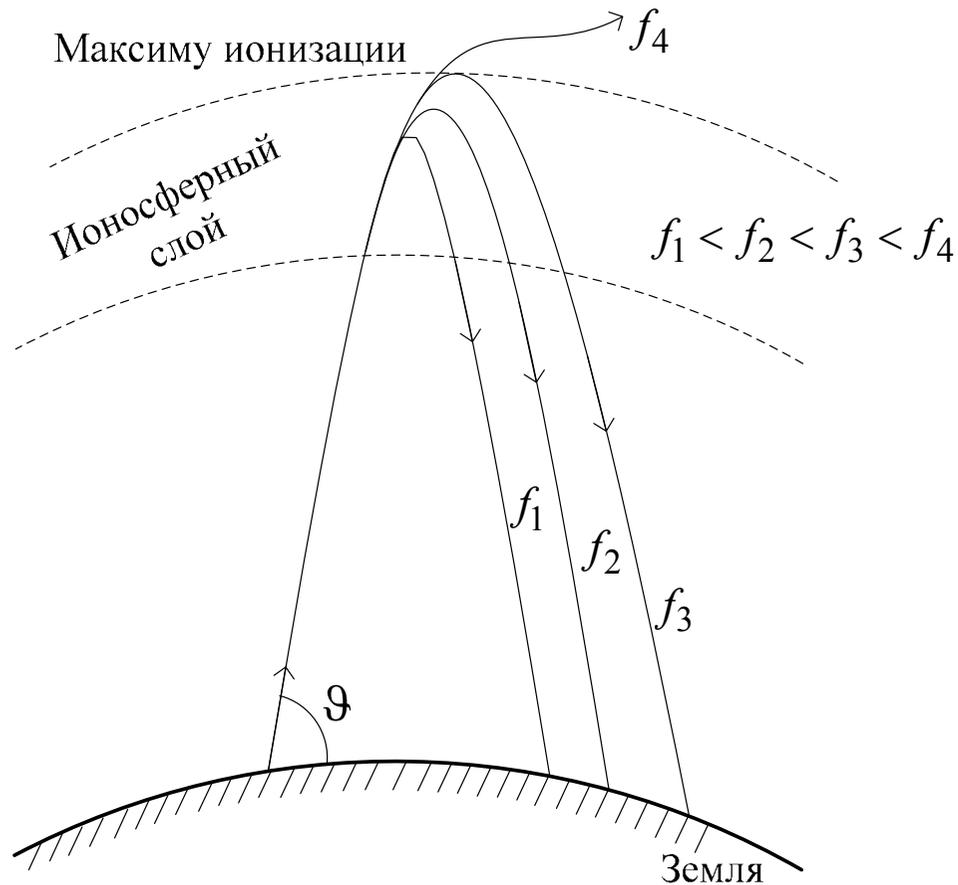
$$\nu_{\text{эфф}} \ll \omega \Rightarrow \varepsilon \approx 1 - \frac{80,6N_e}{f^2}$$

Влияние ионосферы

Показатель преломления ионосферы:

$$n = \sqrt{\varepsilon} \approx \sqrt{1 - 80,6 N_e / f^2} \Rightarrow$$

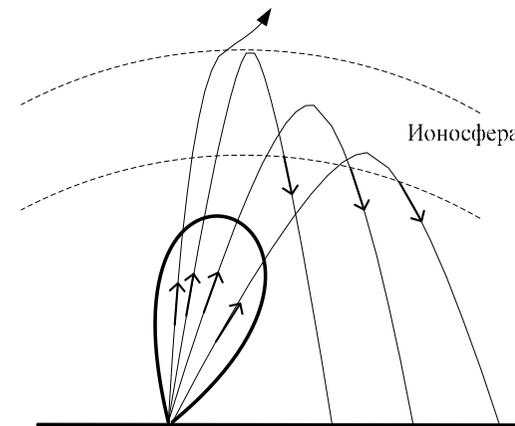
$$\Rightarrow \text{при } f = \sqrt{80,6 N_e} \quad n = 0 !!!$$



Критическая частота, при которой происходит отражение радиоволн от ионосферы:

$$f_{\text{кр}} = \sqrt{80,6 N_e}$$

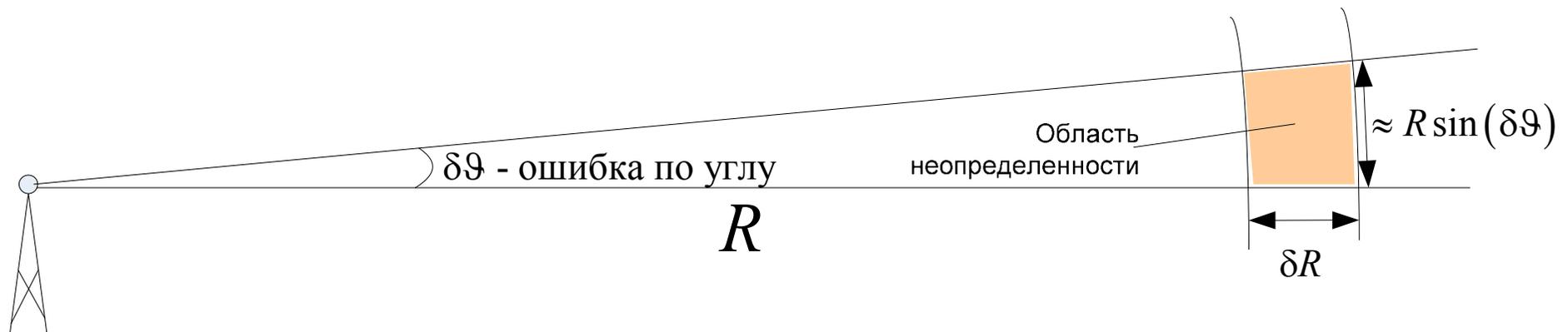
Зона молчания:



Рабочая зона РНС

Рабочей зоной (зоной обслуживания) в радионавигации называется область пространства, где погрешность определения местоположения не превышает допустимого значения.

Пример: дальномерно/угломерная система (VOR/DME)



Рабочая зона – окружность радиуса $R_{кр}$ который задан по критерию:

$$R_{кр} \sin(\delta\vartheta) \leq \delta x_{\max}$$

← Максимально допустимая ошибка определения координат