## Лекция 3

**Распространение электромагнитных волн в ионосфере**

 Спутниковая связь реализуется через отражение сигнала от ионосферы – верхнего слоя атмосферы. Солнечная радиация и поток космических лучей разлагают молекулы атмосферы на электроны и ионы, смесь которых образует плазму. Рассмотрим физические процессы прохождения и отражения электромагнитной волны через плазму.

 Вектор индукции электрического поля $\vec{D}=$ɛ$\vec{Е}$ определяется также как

$\vec{D}=4π\vec{р}+\vec{Е}, \vec{р}=-Nе\vec{х}$*,* (1)

где $\vec{р}$ - вектор поляризации, *N*-число электронов в единице объема, $\vec{х}$ - расстояние отклонения электрона от иона:



X

Знак минус в (1) соответствует отрицательности заряда электрона. Из равенства двух определений *D*  имеем в скалярном виде

*ɛЕ = -4πNex+Е, ɛ = 1 -*$ \frac{4πNex}{Е} $ (2)

Напряженность электрического поля Е найдем из второго закона Ньютона:

$\ddot{х}= \frac{е}{m}Е, Е\left(ω\right)= \frac{m}{e}ω^{2}x$*,* (3)

*ω* – частота волны.

Подставляя (3) в (2): найдем диэлектрическую проницаемость

*ɛ(ω) = 1-* $\frac{4πNe^{2}}{ m} \frac{1}{ω^{2}}=1-\frac{ω\_{0}^{2}}{ω^{2}}$*,* (4)

$ω\_{0}=\sqrt{\frac{4πNe^{2}}{m}}- плазменная частота$ (5)

Формула (5) определяет частоту колебания электрона вокруг иона.

 Найдем показатель преломления n электромагнитной волны через плазму:

 *n =* $\frac{c}{υ}$*,* $υ=\frac{1}{\sqrt{ε\left(ω\right)}} $*,* (6)

где *с* – скорость света*, υ* – скорость волны в среде.

Подставляя (4) в (6):

*n=c*$\sqrt{ε(ω)}=c\sqrt{1-\frac{ω\_{0}^{2}}{ω^{2}}}$ *,* (7)

Если *ω>*$ω\_{0}, то n$ – действительная величина, волна проходит через ионосферу. Если *ω<*$ω\_{0},$ то под корнем в (7) имеем отрицательную величину, т.е. *n* $\~ \sqrt{-1}$ - мнимая величина. Волна с частотой меньше, чем $ω\_{0}$ отражается.

 Наблюдательные факты и техника радиосвязи.

По высоте от Земли *ƶ* концентрация электронов N соответствует графику:

 

*D, Е, F –* названия слоев ионосферы. Удаленный *F* слой содержит максимальную концентрацию электронов, что соответствует максимуму плазменной частоты $ω\_{0}.$ От *F –* слоя сигнал может отразиться ночью, т.к. лучи Солнца попадают на расстояние *ƶ* $\geq $*103*км. Днем сигнал может отразиться от *D* *–* слоя. Схема приема:

