

ТЕМА № 2

Сети подвижной связи.

Занятие № 2

Системы радиосвязи

Учебные вопросы:

.Особенности распространения радиоволн КВ и УКВ диапазонов.

.Основы построения систем радиосвязи.

Литература :

1. Крухмалев В. И. и др. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Учебник. Горячая линия-Телеком, М.: 2008. 2000у.
2. Моторкин В.А. и др. Практические основы радиосвязи. Учебное пособие. Химки, ФГОУ ВПО АГЗ МЧС России, 2011. 2476к.
3. Папков С.В. и др. Термины и определения связи в МЧС России. – Новогорск: АГЗ. 2011. 2871к.
4. Моторкин В.А. и др. Курс лекций по дисциплине (специальность – защита в ЧС) «Системы связи и оповещения» (учебное пособие) – Химки: АГЗ МЧС России - 2011. 2673к.

Носов М.В. Системы радиосвязи. Часть 3. Новогорск – 97.. Инв. 1253к.

Головин О.В. и др. Радиосвязь – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. Инв. №1230у.

Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами – М.: Радио и связь, 2002. Инв. №1229у.

1-й учебный вопрос:

Особенности распространения радиоволн КВ и УКВ диапазонов.

Радиосвязь – это способ передачи информации на расстояние с помощью электрических сигналов, которые излучаются в окружающее пространство в виде электромагнитных волн (радиоволн).

Главная особенность **радиосвязи** в том, что передача информации на расстояние происходит с помощью электрических сигналов, распространяющихся в свободном пространстве. Для передачи сигналов используются электромагнитные колебания - **радиоволны**.

Радиоволнами условно называют электромагнитные колебания в диапазоне частот от 0,001 до 10^{12} Гц. В переводе на длины волн это соответствует диапазону от 3×10^{11} м до 3×10^{-4} м (0,3 мм).

Нижний диапазон радиоволн ограничивается колебаниями звуковых частот, а верхний - оптическими частотами, соответствующих инфракрасному излучению.

Радиоволны подчиняются общим для электромагнитных волн законам, важнейшими из которых являются:

- закон прямолинейного распространения;
- закон отражения и преломления; - явление дифракции;
- явление рефракции; - явление полного внутреннего отражения;
- явление интерференции.

Для перевода частоты в длину волны и длины волны в частоту применяются следующие соотношения:

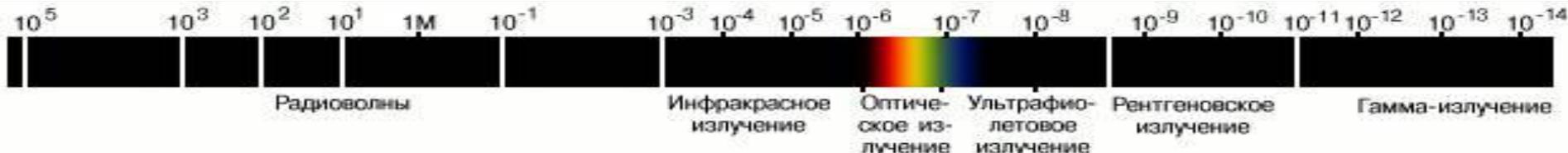
$$\lambda [\text{м}] = \frac{c}{f} = \frac{300}{f [\text{МГц}]} ; \quad f [\text{МГц}] = \frac{300}{\lambda [\text{м}]}$$

За единицу отсчета принят 1 Гц: 1 мГц (миллигерц) = 10^{-3} Гц;
1 кГц (килогерц) = 10^3 Гц; 1 МГц (мегагерц) = 10^6 Гц;
1 ГГц (гигагерц) = 10^9 Гц; 1 ТГц (терагерц) = 10^{12} Гц.

При чтении и написании обращать внимание на различие между обозначениями миллигерца (мГц) и мегагерца (МГц).

В зависимости от длины волны (частоты) электромагнитные волны условно относят к нескольким диапазонам, образующим шкалу электромагнитных волн (таблица 1).

Диапазон. Название уч. спектра	Длина волны (м)	Частота (Гц)
ЭМВ промышленной частоты	$\infty-10^5$	$(0-3)\cdot 10^3$
Радиодиапазон: Сверхдлинные (СДВ) Длинные (ДВ) Средние (СВ) Короткие (КВ) Метровые (МВ) Дециметровые (ДМВ) Сантиметровые (СМВ) Миллиметровые (ММВ) Децимиллиметровые (ДММВ)	10^5-10^4 10^4-10^3 10^3-10^2 10^2-10^1 10^1-10^0 10^0-10^{-1} $10^{-1}-10^{-2}$ $10^{-2}-10^{-3}$ $10^{-3}-10^{-4}$	$(3-30)\cdot 10^3$ $(3-30)\cdot 10^4$ $(3-30)\cdot 10^5$ $(3-30)\cdot 10^6$ $(3-30)\cdot 10^7$ $(3-30)\cdot 10^8$ $(3-30)\cdot 10^9$ $(3-30)\cdot 10^{10}$ $(3-30)\cdot 10^{11}$
Оптический диапазон: Инфракрасные лучи Видимый свет Ультрафиолетовые лучи	$3,5\cdot 10^{-4}-7,5\cdot 10^{-7}$ $7,5\cdot 10^{-7}-4\cdot 10^{-7}$ $4\cdot 10^{-7}-5\cdot 10^{-9}$	$8,6\cdot 10^{12}-4\cdot 10^{14}$ $4\cdot 10^{14}-7,5\cdot 10^{14}$ $7,5\cdot 10^{14}-6\cdot 10^{16}$
Рентгеновские лучи	$10^{-8}-10^{-12}$	$3\cdot 10^{16}-3\cdot 10^{20}$
γ-лучи	$10^{-12}-10^{-22}$	$3\cdot 10^{18}-3\cdot 10^{30}$



Геофизические факторы, влияющие на распространение радиоволн.

Передача радиосигналов между пунктами, расположенными на земной поверхности, осуществляется с применением разных видов распространения радиоволн, из которых наиболее характерны следующие:

- вдоль земной поверхности;
- с излучением в верхние слои атмосферы и из них обратно к поверхности Земли;
- с приемом с Земли и обратной передачей на Землю посредством космических ретрансляторов.

Распространение радиоволн вдоль земной поверхности существенно зависит от её рельефа и физических свойств. Атмосфера также оказывает влияние на передачу и прием сигналов земными радиостанциями, зависящее от целого ряда природных явлений. Эти зависимости проявляются, в разной форме и степени при разных длинах волн.

В зависимости от особенностей распространения в околоземном пространстве различают:

- прямые волны;
- земные (поверхностные) волны;
- тропосферные волны;
- ионосферные волны.

Вид радиоволн	Тип радиоволн	Диапазон радиоволн (длина волны)	№ диапазона	Диапазон частот	Вид радиочастот
Мириаметровые	Сверхдлинные (СДВ)	10...100 км	4	3...30 кГц	Очень низкие (ОНЧ)
Километровые	Длинные (ДВ)	1...10 км	5	30...300 кГц	Низкие (НЧ)
Гектометровые	Средние (СВ)	100...1000 м	6	300...3000 кГц	Средние (СЧ)
Декаметровые	Короткие (КВ)	10...100 м	7	3...30 МГц	Высокие (ВЧ)
Метровые	Ультракороткие (УКВ)	1...10 м	8	30...300 МГц	Очень высокие (ОВЧ)
Дециметровые		10...100 см	9	300...3000 МГц	Ультравысокие (УВЧ)
Сантиметровые		1...10 см	10	3...30 ГГц	Сверх высокие (СВЧ)
Миллиметровые		1...10 мм	11	30...300 ГГц	Крайне высокие (КВЧ)
Децимиллиметровые		0,1...1 мм	12	300...3000 ГГц	Гипервысокие (ГВЧ)

Поскольку радиоволны имеют ту же физическую природу, как и свет, распространение их подчинено общим для этих излучений закономерностям:

- в однородной среде волны распространяются прямолинейно;
- в средах с неоднородными свойствами происходит рефракция, т. е. отклонение траектории от прямой;
- на границах однородных сред с разными свойствами наблюдаются преломление и отражение волн;
- если на пути распространения встречаются препятствия, непроницаемые для волн, то наблюдается дифракция: огибание препятствий;
- в средах с пониженной прозрачностью, например из-за содержания в них частиц пыли или воды, происходит частичное поглощение волн.

От электропроводности почвы зависят потери в ней энергии волн. Если бы верхний слой её был идеально проводящим или был идеальным диэлектриком, то прохождение волн не было бы связано с потерями. В реальных условиях электромагнитные поля индуцируют в почве токи, и при их протекании выделяется тепло. Следовательно, электромагнитная энергия волн, падающих на землю или распространяющихся вдоль неё, частично поглощается.

Атмосфера состоит из трех основных областей, которые неодинаково пропускают электромагнитные волны. Эти области - *тропосфера*, *стратосфера* и *ионосфера*.

Тропосфера - приземный слой атмосферы, лежащий над экватором на высоте 16-18 км, в умеренных широтах на 10-12 км и в полярных областях – на 7-10 км. С высотой температура и давление воздуха, а также содержание водяных паров в тропосфере изменяются, но газовый состав ее практически постоянен: азот и кислород.

Стратосфера простирается до высот 50-60 км. Стратосфера отличается от тропосферы существенно меньшей плотностью воздуха и законом распределения температуры по высоте: до высоты 30-35 км температура постоянна, а далее до высоты 60 км резко повышается до $+80^{\circ}$, далее же опять падает. На распространение радиоволн стратосфера оказывает то же влияние, что и тропосфера, но оно проявляется в меньшей степени из-за малой плотности воздуха.

Признаком перехода к стратосфере является прекращение понижения температуры, которая в верхней части тропосферы падает до $-(50... 60)^{\circ}$ С. Повышение температуры объясняется поглощением энергии ультрафиолетового излучения Солнца содержащимся в воздухе озоном.

Ионосферой называется область атмосферы на высоте 60-15000 км над земной поверхностью и представляет собой обширный слой разреженного газа. Падающее на ионосферу излучение Солнца вызывает ионизацию газа, т. е. отрыв электронов от атомов. Поскольку плотность газа на больших высотах мала, вероятность встречи свободного электрона с ионизированным атомом, которая приводит к их объединению (рекомбинации) невелика. По этой причине значительная часть газа остается ионизированной, т. е. представляет собой плазму. Ионизированный газ обладает электропроводностью. Концентрация свободных электронов определяется интенсивностью ионизирующего излучения Солнца и зависит от высоты, времени суток и сезона года.

По этой причине существенное влияние на распространение волн оказывает только часть ионосферы до высот около 400 км. Благодаря электропроводности ионосфера может служить космическим зеркалом, отражающим падающие на нее радиоволны. Хотя свойства ионосферы и подвержены суточным, сезонным и иным изменениям, относительная регулярность этих изменений делает возможным использование этого слоя в постоянно действующих системах радиосвязи. В атмосфере наблюдаются и иные неоднородности и, хотя они менее регулярны, они также учитываются в построении ряда систем радиосвязи.

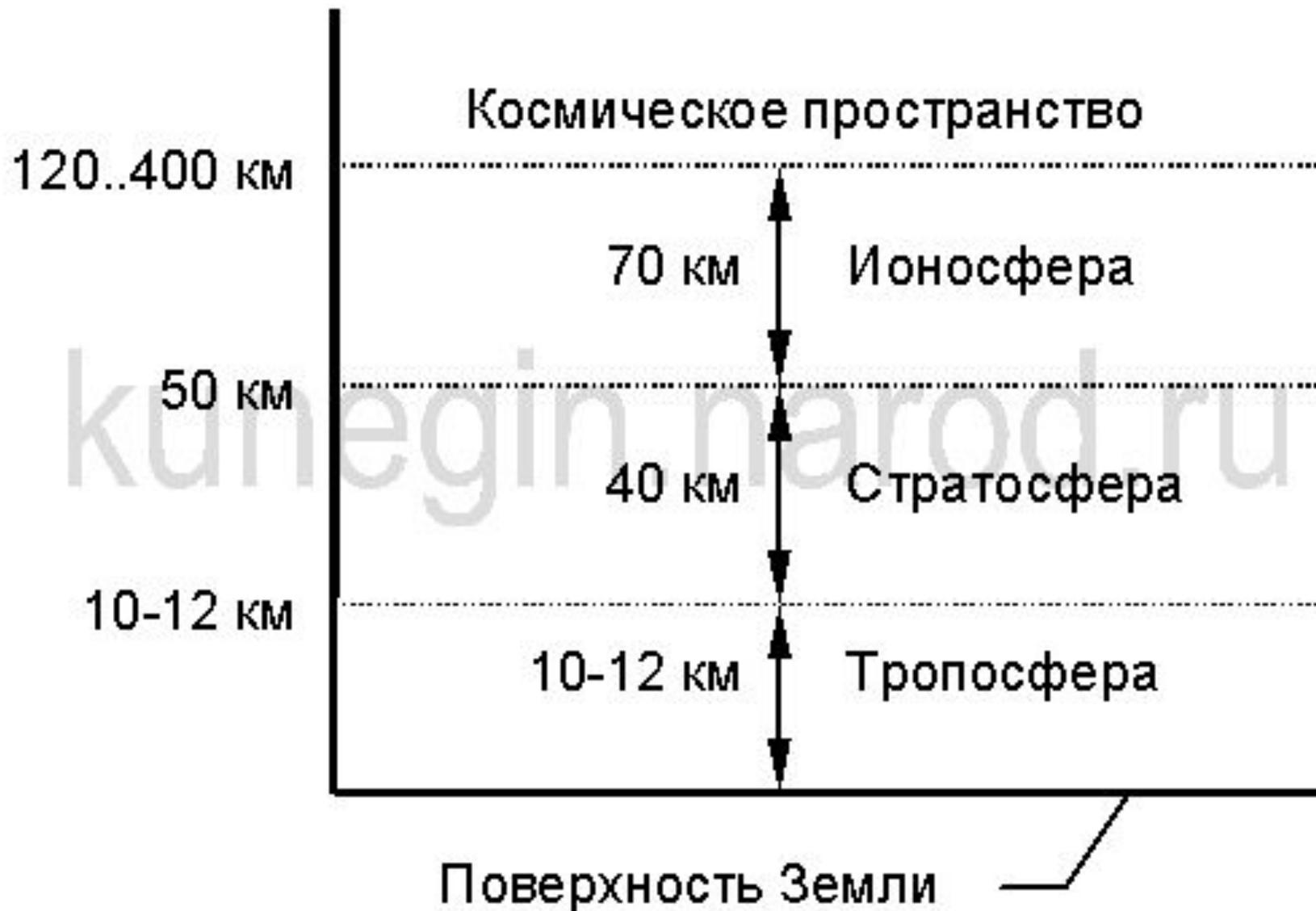


Рис. 2. Строение атмосферы Земли.

Особенности систем коротковолновой связи

Распространение декаметровых (коротких) радиоволн (100-10 м, или 3-30 МГц) в околоземном пространстве характерно тем, что при определенном выборе рабочих частот и углов возвышения главного лепестка передающей антенны излученные короткие волны могут достигнуть весьма удаленных пунктов, отражаясь с малой потерей энергии от ионизированного слоя с высокой электронной плотностью (слой F2) и поверхности Земли. Основную роль при дальнем распространении коротких волн (ДКВ) играет ионосферный слой F2 как слой отражающий. Ионосферные слои D и E являются поглощающими.

Особенностью распространения ДКВ является прежде всего то, что интенсивность отражения и поглощения в ионосфере существенно зависит от времени суток и года, а также от рабочей частоты и протяженности трассы. Для осуществления радиосвязи в этом диапазоне волн должны одновременно выполняться следующие условия: используемая частота должна быть меньше максимально применимой частоты (МПЧ) для заданной трассы и состояния отражающего слоя; используемая частота должна быть такой, чтобы поглощение радиоволн в областях D и E не было чрезмерно большим.

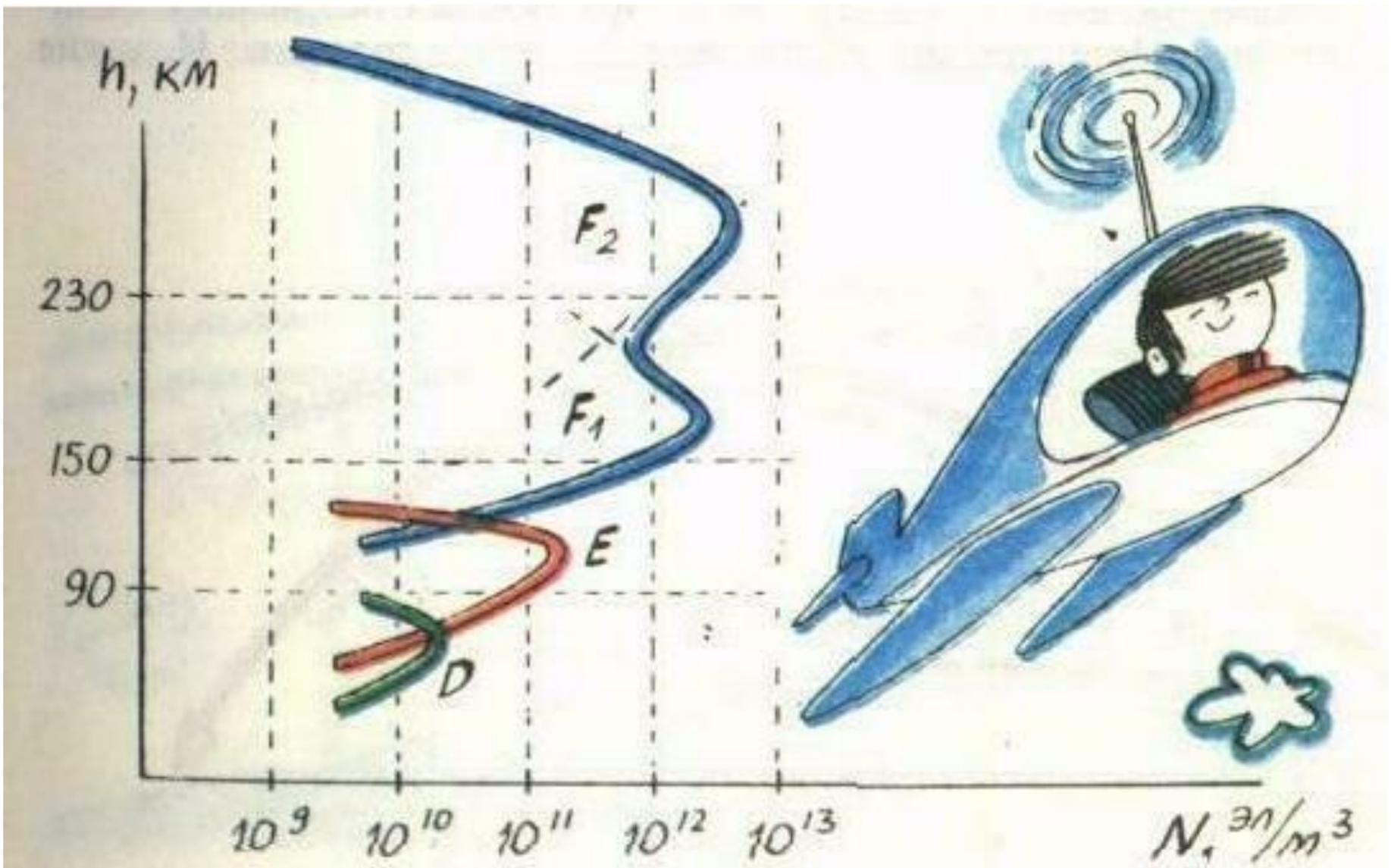


Рис. 7. Концентрация электронов в ионосфере.

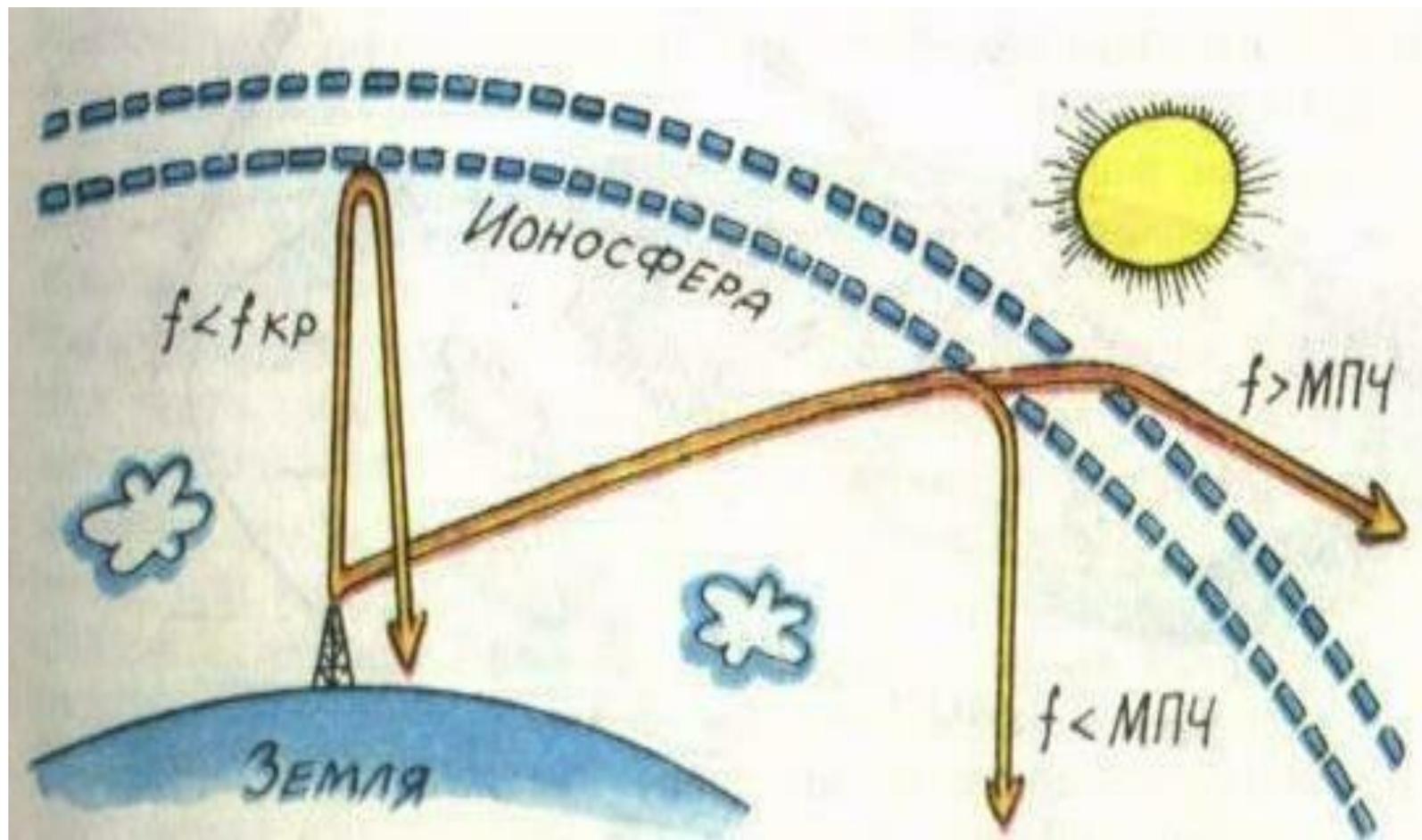
Первое условие ограничивает диапазон используемых частот сверху для данной линии и определенного времени суток и года. Оно является критическим, так как при невыполнении его радиоволны вообще не будут отражаться от слоя F2.

Второе условие ограничивает диапазон используемых частот снизу, так как с уменьшением частоты поглощение в ионосфере возрастает. Это условие не является критическим, поскольку потери при распространении могут быть компенсированы увеличением мощности передатчика.

Поэтому очень важным при связи в ДКВ диапазоне является выбор оптимальных частот с учетом резкой зависимости состояния ионосферы от времени суток и года, а также фазы 11-летнего периода солнечной активности. Эта задача дополнительно усложняется тем, что на протяженных трассах (более 4000 км) имеет место неоднократное отражение от участков ионосферы, расположенных в различных земных широтах с различными условиями освещенности. Особенно это относится к протяженным трассам, проходящим вдоль земных параллелей.



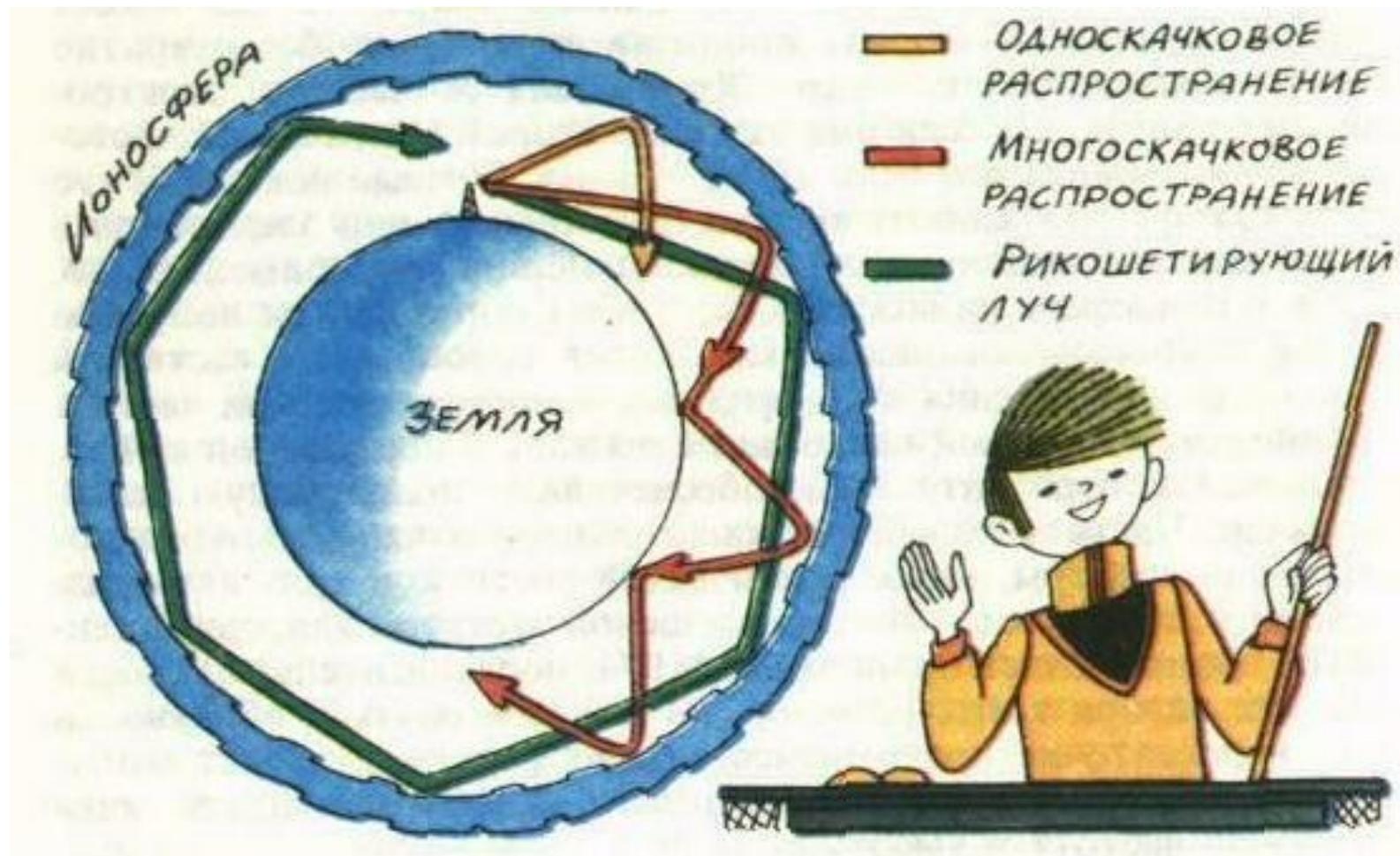
Пути распространения радиоволн



Путь радиоволн в ионосфере



Зона молчания



Короткие волны могут распространяться на любые расстояния

Особенности систем ультракоротковолновой связи

К диапазону ультракоротких волн (УКВ) относят радиоволны длиной от **10 м** до **1 мм** ($f = 30 \text{ МГц} - 30000 \text{ МГц}$). В нижнем пределе частот диапазон УКВ примыкает к КВ. Эта граница определена тем, что на УКВ, как правило, не может быть удовлетворено условие отражения радиоволн от ионосферы.

В верхнем пределе частот УКВ граничат с длинными инфракрасными волнами. Диапазон УКВ делится на поддиапазоны метровых, дециметровых, сантиметровых, миллиметровых волн, каждый имеет свои особенности распространения, но основные положения свойственны всему диапазону. Условия распространения зависят от протяженности линии связи и специфики трассы.

При расстояниях, много меньших предела прямой видимости, можно не учитывать влияния сферичности Земли и рефракции радиоволн в тропосфере. Характерными особенностями распространения УКВ при этом являются большая устойчивость и неизменность уровня сигнала во времени при стационарных передатчике и приемнике.

$$R = 3,57 * 10^3 \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right) \text{ где } R \text{ - радиус Земли;}$$

или

$$D = \sqrt{2R_3} \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right) = 4,12 \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right)$$

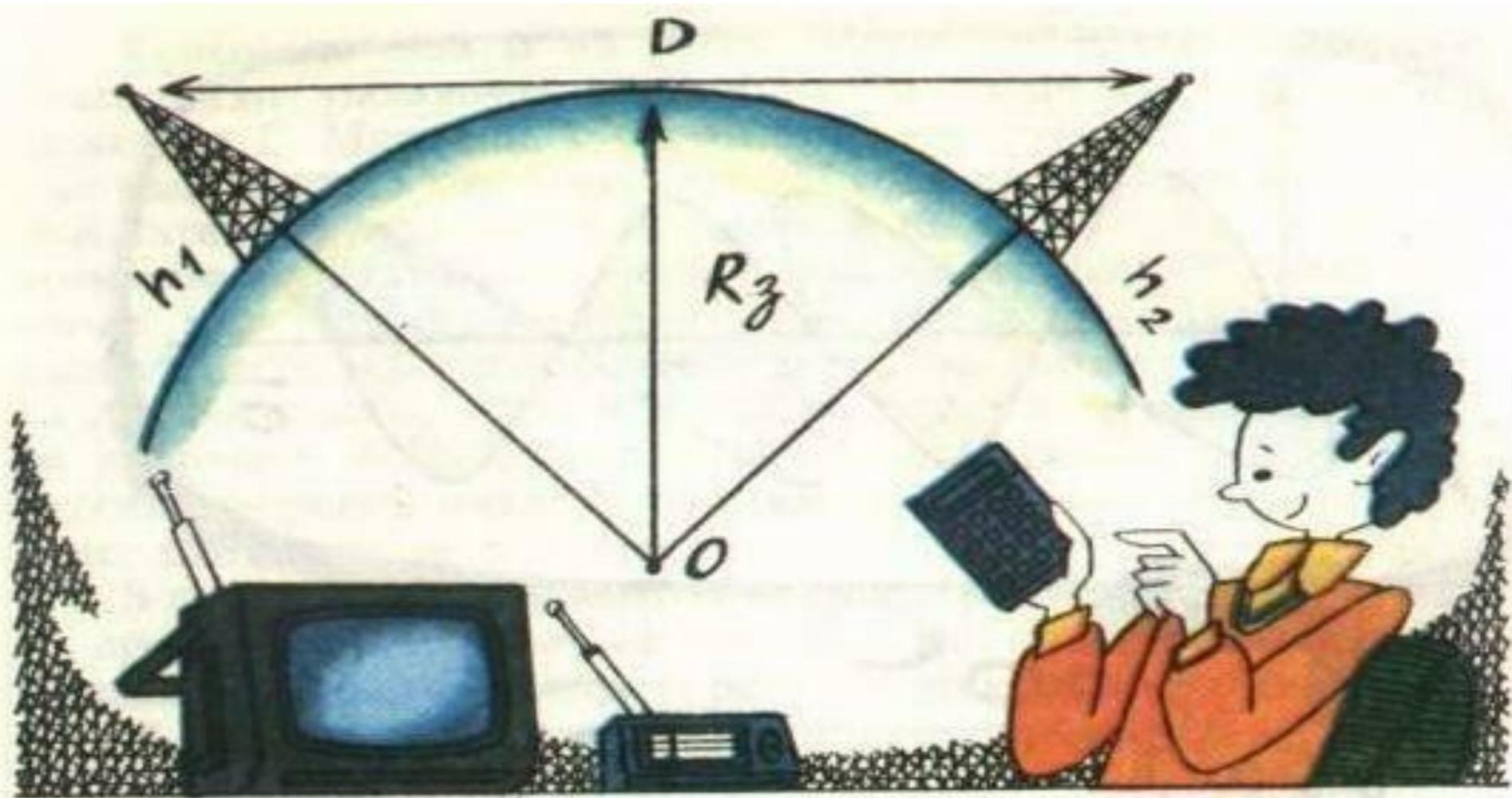


Рис. 7. Определение расстояния или дальности прямой видимости.

Характерной особенностью рассматриваемых линий связи является их узкополосность. Максимальная ширина полосы частот, которая может быть передана без искажений, определяется временем запаздывания луча АСВ относительно луча АС₁В, т.е. шириной диаграмм направленности антенн. Практически с допустимыми искажениями можно передать полосу частот в 1-2 МГц. При тропосферном рассеянии всегда наблюдаются быстрые и медленные замирания сигнала. Для борьбы с замираниями прием производится на разнесенные (2 или 4) антенны, которые разносятся по линии, перпендикулярной трассе распространения радиоволн, а расстояние разноса составляет 70-100λ. Сигналы, принятые на эти антенны, складываются после детектирования в приемном устройстве. Используется также разнесение по частоте, когда одна и та же информация одновременно передается на частоте f_1 и частоте $f_2 = f_1 + \Delta f$, причем $\Delta f/f_1 = (2-5) \times 10^{-3}$. Замирания на этих 2 частотах не коррелированы. Ведут прием либо наиболее сильного сигнала, либо сигналы складываются после детектирования.

Рассеяние и отражение метровых волн в ионосфере

Ионизированные слои неоднородны. Наличие местных объемных неоднородностей ионосферы приводит к рассеянию УКВ, которое происходит аналогично рассеянию в тропосфере. Рассеяние радиоволн происходит на высоте 70-90 км, что ограничивает максимальную протяженность линии радиосвязи расстоянием в 2000-2300 км. Основная часть энергии волны, падающей на ионосферу, рассеивается в направлении первоначального движения волны.

Чем больше угол, составляемый направлением на приемную антенну с направлением первоначального движения волны, тем меньше уровень мощности рассеянного сигнала. Поэтому прием возможен только на расстояниях более 800-1000 км. Напряженность поля рассеянного сигнала убывает с повышением рабочей частоты, и применимыми для связи оказываются волны частотой **30-60 МГц**. Сигналы при этом виде радиосвязи на метровых волнах подвержены быстрым и глубоким замираниям. Скорость замираний достигает 100-150 в минуту (период замираний составляет доли секунды). Масштаб временной корреляции τ_0 не превышает 1с. Масштаб пространственной корреляции сигнала лежит в пределах $(4-10)\lambda$.

Уровень принимаемого сигнала при тропосферной радиосвязи пропорционален объему переизлучения, т.е. с увеличением рассеивающего объема мощность принимаемого сигнала возрастает. Это объясняется тем, что с увеличением объема увеличивается число неоднородностей, участвующих в переизлучении. Ввиду малого значения эффективной площади рассеивания при дальнем тропосферном распространении радиоволн для уверенного приема приходится применять передатчики большой мощности и остронаправленные антенны.

При остронаправленных антеннах объем переизлучения будет определяться направленностью антенн. С увеличением направленности антенн объем рассеивания уменьшается, и мощность сигнала в месте приема не будет увеличиваться пропорционально усилению антенн.

С энергетической точки зрения выгоднее брать антенны с большим усилением. Определенный выигрыш дает, как показала практика дальней тропосферной связи, применение антенн с различной направленностью в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Обычно выбирают ширину диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости меньшей, чем ее значение в вертикальной плоскости. Это свидетельствует о том, что слоистые неоднородности тропосферы вносят наибольший вклад в образование рассеянного поля в точке приема, чем локальные и другие неоднородности. Волны диапазона 0,3...5 ГГц способны рассеиваться этими неоднородностями. Механизм образования тропосферных радиоволн условно показан на рис. 8.

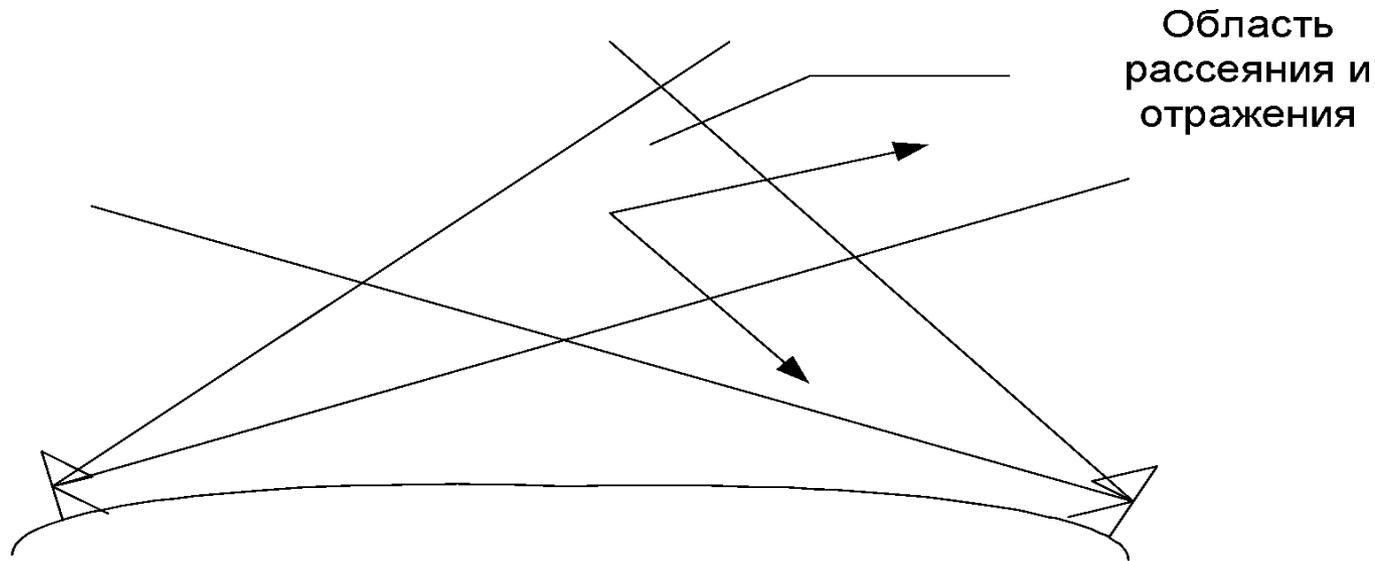


Рис. 8 Иллюстрация тропосферной радиосвязи

2-й учебный вопрос

Основы построения систем радиосвязи

Под **радиосистемой передачи (РСП)** понимают совокупность технических средств, обеспечивающих образование типовых каналов передачи и групповых трактов, по которым сигналы электросвязи передаются посредством радиоволн в открытом пространстве.

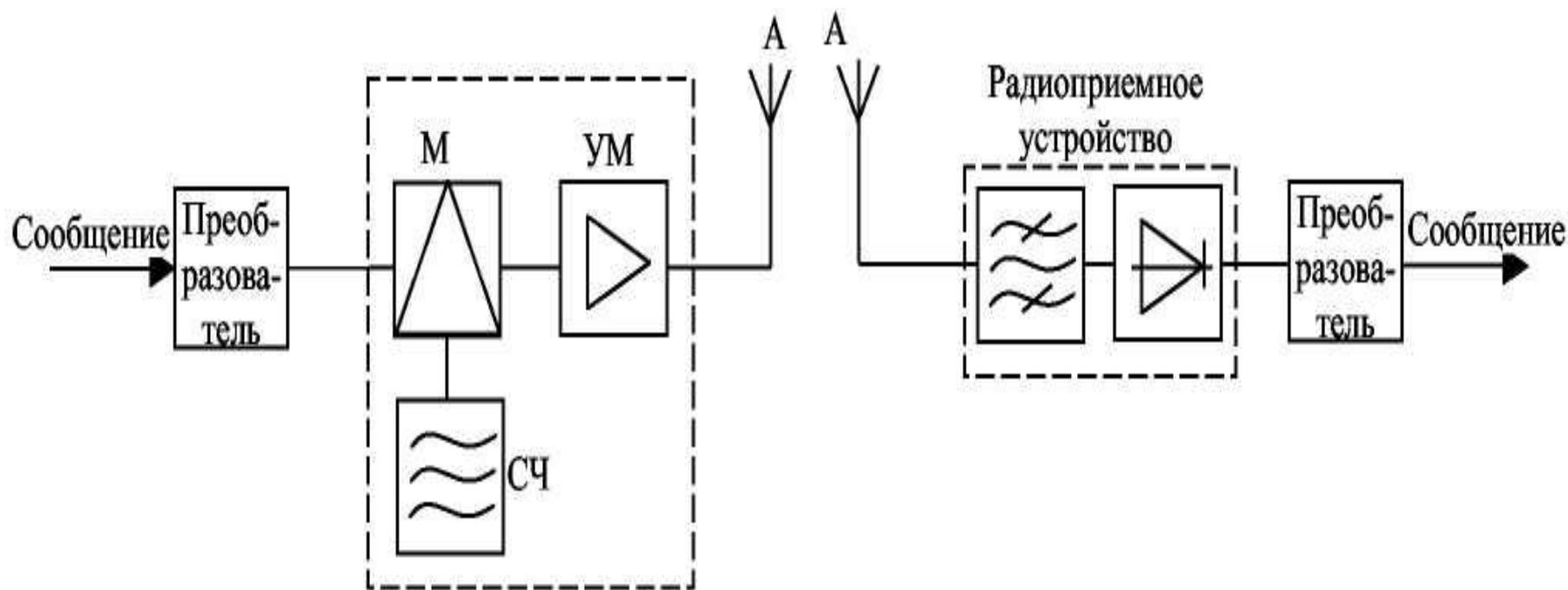


Рис. Структурная схема радиолинии

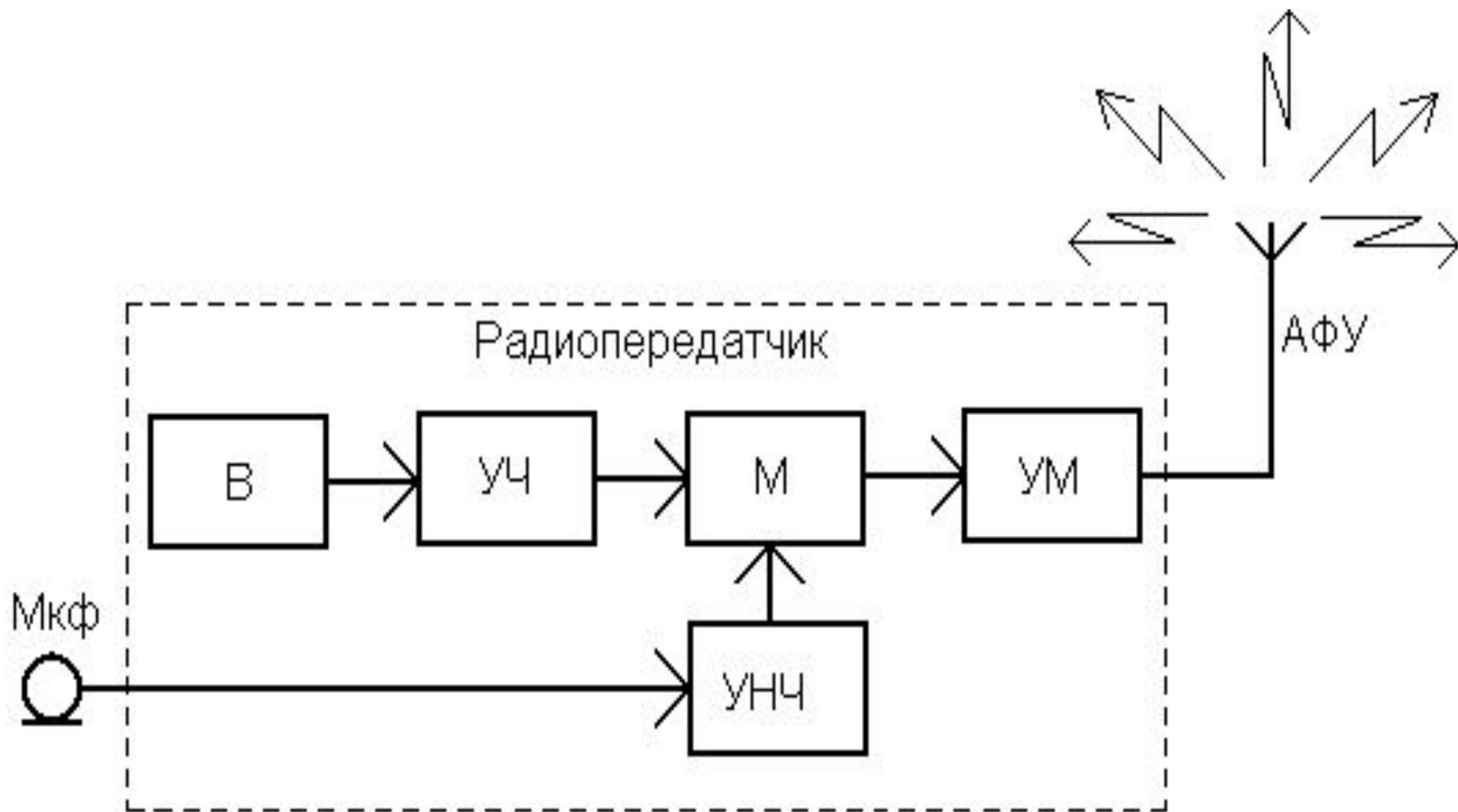


Рис. Структурная схема радиопередатчика

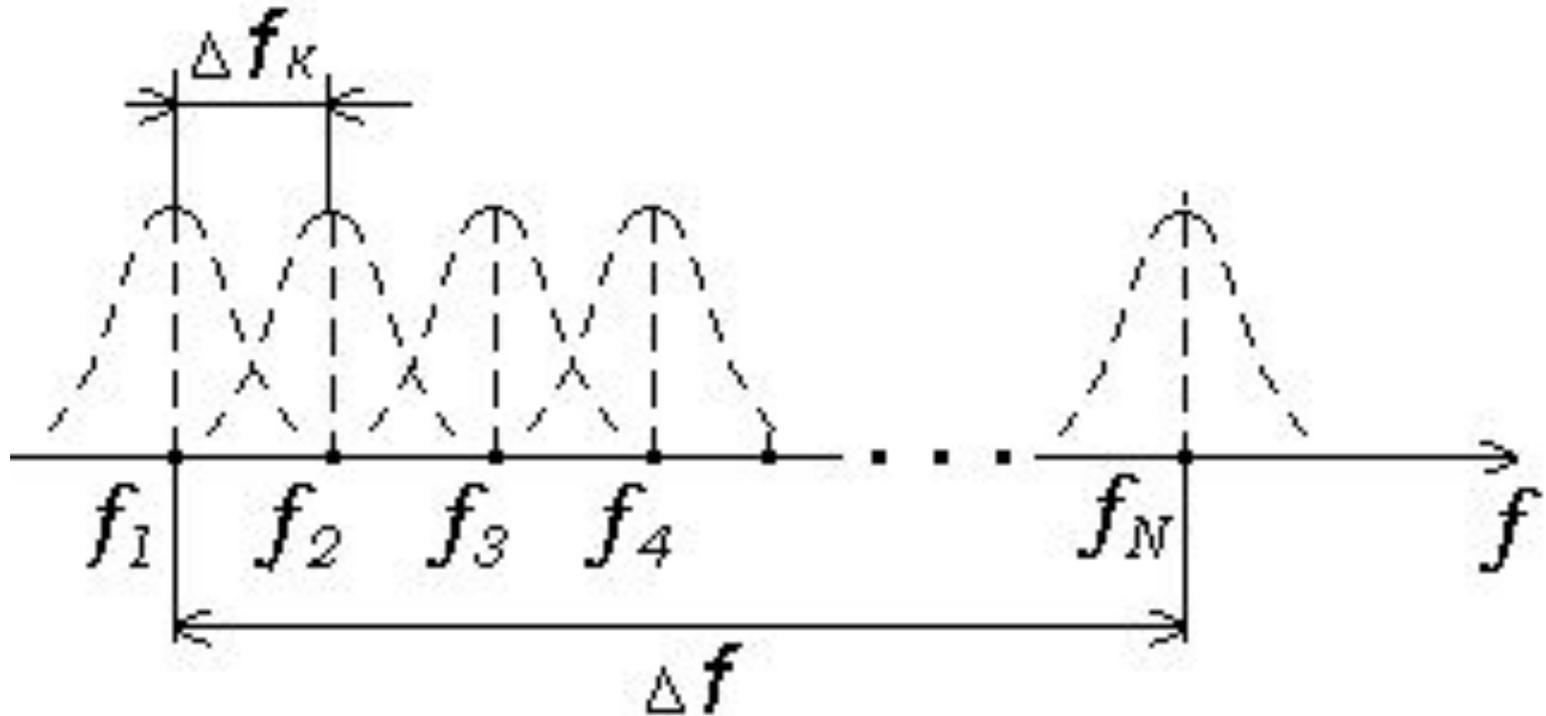


Рис. Диапазон рабочих частот радиопередатчика

Число рабочих частот N (число частотных каналов) в пределах диапазона перестройки – число фиксированных частот, на которых может работать передатчик. В простейшем случае одночастотного передатчика $N = 1$.

Шаг сетки рабочих частот Δf_k (частотный разнос между рабочими каналами) в заданном диапазоне перестройки

$$\Delta f_k = \Delta f / N, \text{ где } N > 1.$$

Мощность передатчика обычно определяется как максимальная мощность ВЧ колебаний, поступающая в антенну, при отсутствии модуляции, при непрерывном излучении. Выходная мощность передатчика во многом определяет дальность радиосвязи.

Коэффициент полезного действия — отношение мощности ВЧ колебаний к мощности потребляемой от источника электропитания.

Нестабильность излучаемой передатчиком частоты — отклонение частоты колебаний и номинального значения под воздействием дестабилизирующих факторов.

Уровень побочных излучений. Паразитные колебания колебаний, возникающие в умножителе частоты и модуляторе наряду с основным (полезным) колебанием, несмотря на принимаемые меры, все же попадают в антенну и излучаются в пространство, как мешающие сигналы.

Вид модуляции определяется назначением передатчика, рабочим диапазоном частот, структурой передаваемого сообщения.

Параметры передаваемого сообщения. При аналоговом сообщении основным его параметром является ширина спектра сигнала, при цифровом — количество бит в секунду.

Основными общими функциями радиопередатчика являются:

- получение ВЧ колебаний требуемой частоты и мощности;
- модуляция ВЧ колебаний передаваемым сигналом;
- фильтрация гармоник и прочих колебаний, частоты которых выходят за пределы необходимой полосы излучения и могут создать помехи другим радиостанциям;
- излучение колебаний через антенну.

Чувствительность - способность приемника принимать слабые сигналы (оценивается наименьшим значением ЭДС или мощностью радиосигнала в антенне, при которой возможен устойчивый прием с нормальным воспроизведением).

Избирательностью (селективностью) - способность выделять из различных сигналов, отличающихся по частоте, полезный сигнал (относительное ослабление сигналов посторонних радиостанций, работающих на различных волнах, по отношению к сигналам передатчика, на волну которого этот приемник настроен).

Основными общими функциями радиоприемника являются:

- выделение из всей совокупности электрических колебаний, создаваемых в антенне внешними электромагнитными полями;
- усиление ВЧ сигнала и детектирование, т.е. преобразование ВЧ модулированного сигнала в ток, изменяющийся по закону модуляции;
- усиление продетектированного сигнала.

Совокупность технических средств, с помощью которых осуществляется передача, прием и преобразование радиосигналов, называется *техникой радиосвязи* или *средствами радиосвязи*. Технику радиосвязи, объединенную организационно или конструктивно в единый комплекс и предназначенную для ведения радиосвязи, принято называть *радиостанцией*. Организационное объединение технических средств в радиостанцию совершено не предполагает их совместного размещения на местности. Во многих случаях отдельные элементы радиостанций (радиоприемные устройства, радиопередающие устройства, оконечная аппаратура) разносятся друг от друга от десятков и сотен метров до десятков километров. В этом случае для нормального функционирования радиостанции как единого комплекса ее отдельные элементы связываются между собой дополнительными (внутренними) каналами связи, которые принято называть *каналами дистанционного управления* (ДУ). Каналы ДУ могут быть проводными, радио и радиорелейными. Все существующие радиостанции можно подразделить на те или иные классы по целому ряду признаков

К таким классификационным признакам можно отнести следующие. *Назначение* радиостанции, которое определяет область возможного ее использования, в значительной степени зависящую от обеспечиваемой дальности связи.

По *функции*, выполняемой радиостанцией в радиоканале, радиостанции подразделяются на *приемные, передающие и приемопередающие*.

Мощность радиопередатчика. По этому признаку все радиостанции классифицируются следующим образом:
радиостанции малой мощности, если мощность радиопередатчика не превышает 100 Вт;
радиостанции средней мощности, когда мощность радиопередатчика лежит в пределах от 100 до 1000 Вт;
радиостанции большой мощности, когда мощность радиопередатчика более 1000 Вт.

Диапазон рабочих частот определяет возможность работы радиостанции в том или ином участке радиочастотного диапазона.

По этому признаку радиостанции могут быть подразделены на следующие: радиостанции гектометровых волн, для которых длина волны ограничена величинами $\lambda = 100 - 1000$ м; радиостанции декаметрового диапазона волн, для которых $\lambda = 10 - 100$ м; радиостанции метрового диапазона волн, для которых $\lambda = 1 - 10$ м и т.д.

Режим работы в радиоканале. По этому признаку могут быть классифицированы только приемопередающие радиостанции. Приемопередающие радиостанции подразделяются на *симплексные*, когда связь в данный момент времени может осуществляться только в одном направлении, и *дуплексные*, когда радиосвязь осуществляется одновременно в обоих направлениях.

Виды сигналов, используемые для передачи сообщений. По этому признаку все радиостанции подразделяются на следующие три типа: *телеграфные*, когда возможна работа только дискретными сигналами; *телефонные*, если для работы используются только непрерывные (аналоговые) сигналы; *телефонно-телеграфные*, когда радиостанция передает и принимает как дискретные, так и непрерывные сигналы.

По способу транспортировки радиостанции можно подразделить на следующие: *неподвижные или стационарные*, не меняющие в процессе эксплуатации свое месторасположение; *возимые*, которые могут устанавливаться на любой транспортной базе; *носимые или переносные*.

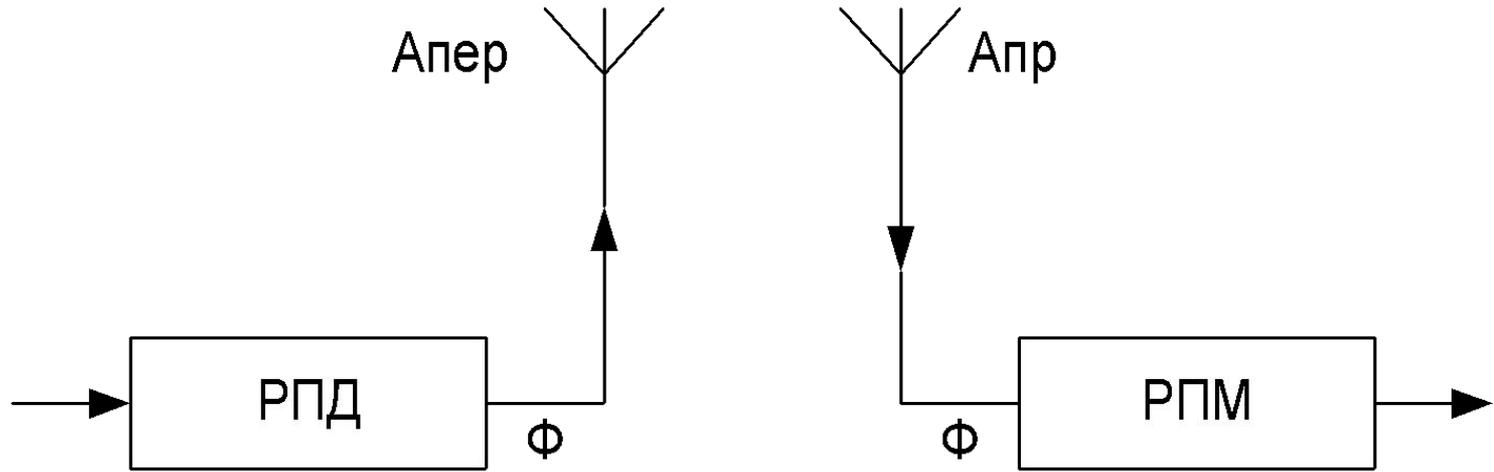


Рис. 10.1 Структура системы радиосвязи

Диапазоном рабочих частот называют полосу частот, в которой радиопередающее устройство обеспечивает работу в соответствии с требованиями стандарта. Под *нестабильностью частоты* радиопередатчика понимают отклонение, которое возникает в процессе распространения радиочастоты колебаний на его выходе за определенный промежуток времени относительно установленной частоты. Малая нестабильность (высокая стабильность) частоты позволяет ослабить помехи радиоприему. *Внеполосными* называют такие излучения, которые расположены вне полосы, отведенной для передачи полезных сообщений. Внеполосные излучения являются источником дополнительных помех радиоприему. При подавлении внеполосных излучений качество передачи сигнала не ухудшается.

По назначению радиопередающие устройства делятся на связные, радиовещательные и телевизионные, по диапазону рабочих частот подразделяются в соответствии с классификацией видов радиоволн. По номинальной мощности радиопередающие устройства делятся на маломощные (до 100 Вт), средней мощности (от 100 до 10000 Вт), мощные (от 10 до 500 кВт) и сверхмощные (свыше 500 кВт).

Радиоприем - это выделение сигналов из радиоизлучения. Где ведется радиоприем, одновременно существуют радиоизлучения от множества **естественных и искусственных источников**. Мощность полезного радиосигнала составляет очень малую долю мощности общего радиоизлучения в месте радиоприема. Задача радиоприемника сводится к выделению полезного радиосигнала из множества других сигналов и возможных помех, а также к воспроизведению (восстановлению) передаваемого сообщения.

Основные (универсальные) показатели радиоприемника: диапазон рабочих частот, чувствительность, избирательность и помехоустойчивость. *Диапазон рабочих частот* определяется диапазоном возможных частот настройки, т.е. область частот настройки, в пределах которой радиоприемник может плавно или скачкообразно перестраиваться с одной частоты на другую. *Диапазоном рабочих частот* называют полосу частот, в которой радиопередающее устройство обеспечивает устойчивую работу.

Под номинальной мощностью радиопередающего устройства понимают среднее за период радиочастотного колебания значение энергии, подводимой к антенне: для вещательных устройств - в режиме молчания, для связных - в режиме нажатого ключа (пиковая мощность) и для телевизионных - на уровне вершин синхроимпульсов.

К важнейшим техническим характеристикам радиопередающих устройств относится *нестабильность частоты колебаний*.

Внеполосными называются такие *излучения*, которые расположены вне полосы, отведенной для передачи полезной информации. К ним относятся: гармонические излучения на частотах, кратных присвоенной, возникающие вследствие работы электронных приборов генератора; паразитные излучения случайно возникающих радиочастотных колебаний, не связанных с рабочей частотой; побочные излучения комбинационных составляющих, связанных с формированием рабочей частоты или с процессом модуляции.

Чувствительность - мера способности радиоприемника обеспечивать прием слабых радиосигналов. Количественно оценивается минимальным значением ЭДС сигнала на входе приемника, при котором имеет место требуемое отношение сигнал-шум на выходе при отсутствии внешних помех.

Избирательность - свойство радиоприемника, позволяющее отличать полезный радиосигнал от радиопомехи по определенным признакам, свойственным радиосигналу, т.е. способность радиоприемника выделять нужный радиосигнал из спектра электромагнитных колебаний в месте приема, снижая мешающие радиосигналы (пространственную и частотную избирательности).

Пространственная достигается за счет использования антенны, обеспечивающей прием нужных радиосигналов с одного направления и ослабление радиосигналов с других направлений от посторонних источников. *Частотная* количественно характеризует способность радиоприемника выделять из всех радиочастотных сигналов и радиопомех, действующих на его входе, сигнал, соответствующий частоте настройки радиоприемника.

Антенна представляет собой элемент сопряжения между передающим или приемным оборудованием и средой распространения радиоволн. Антенны, имеющие вид проводов или поверхностей, обеспечивают излучение электромагнитных колебаний при передаче, а при приеме они «собирают» падающую энергию. Антенны, состоящие из проводов небольшого поперечного сечения по сравнению с длиной волны и продольными размерами, называют *проволочными*. Антенны, излучающие через свой раскрыт апертуру, называют *апертурными*. Иногда их называют дифракционными, рефлекторными, зеркальными. Электрические токи таких антенн протекают по проводящим поверхностям, имеющим размеры, соизмеримые с длиной волны или много большие ее.