Параметры РНС

Технические параметры это - совокупность величин, характеризующих технические средства, необходимые для получения заданных тактических параметров.

Важнейшие технические параметры:

- значение и стабильность несущей частоты;
- вид и параметры модуляции излучаемых сигналов (формат сигнала);
- диаграммы направленности антенн;
- мощность передатчика;
- чувствительность приемника, масса и объем бортовой аппаратуры;
- точность;
- эксплуатационную пригодность;
- целостность (достоверность) системы.

Параметры РНС

В системах, определяющих МП, применяется удвоенная СКП определения местоположения (2drms), представляющая собой радиус окружности, которая со держит не менее 95% всех возможных местоопределений данного объекта. Используется также вероятная круговая погрешность (CEP), т.е. радиус окружности, содержащей 50% всех местоопределений. Считается, что 2drms= 2,5CEP.

Параметры РНС

Вводят следующие определения точности:

- прогнозируемая точность - точность местоопределения по отношению к истинному положению объекта;
- повторяющаяся точность — точность, с которой потребитель навигационной информации может возвратиться на позицию, координаты которой были измерены ранее с помощью той же РНС;
- относительная точность — точность, с которой потребители навигационной информации, использующие одну и ту же РНС, определяют свое положение в одной и той же точке и которая характеризуется расстоянием между этими потребителями в момент времени, соответствующий определениям местоположений.

Параметры РНС

Эксплуатационная пригодность (называемая иногда доступностью) - вероятность того, что в любое время и в любой точке пространства РНС обеспечивает потребителя информацией, достаточной для определения местоположения с заданной точностью.

Целостность (достоверность) - способность системы обнаруживать свое неправильное функционирование и оповещать об этом потребителей навигационной информации, чтобы исключить использование системы в тех случаях, когда ее эксплуатационные параметры выходят за пределы установленных допусков.

Классификация радионавигационных устройств и систем

Основными классификационными признаками радионавигационных устройств и систем являются:

- назначение;
- характер источника информативного сигнала;
- вид определяемого навигационного элемента W;
- вид информативного параметра сигнала ν и степень автономности.

Назначение характеризует класс навигационных задач, для решения которых служит РНС. В соответствии с назначением различают:

- радиосистемы глобальной навигации;
- радиосистемы дальней навигации;
- радиосистемы ближней навигации;
- радиосистемы посадки;
- радиосистемы сближения и стыковки ЛА;
- радиосистемы предупреждения столкновений движущихся объектов.

Классификация радионавигационных устройств и систем

Глобальные РНС строятся на основе спутниковых РНС (СРНС) и предназначены для высокоточного определения МП (позиционирования) в любой точке земной поверхности или околоземного пространства, т.е. обеспечивают обычно глобальную зону действия.

Радиосистемы дальней навигации (РСДН) предназначены для определения МП на расстояниях, превышающих дальность прямой видимости.

Радиосистемы ближней навигации (РСБН) в основном служат для определения МП в зоне прямой видимости наземных опорных станций (радиомаяков), работающих в дециметровом диапазоне волн.

Системы посадки (СП) самолетов и вертолетов предназначены для получения на борту ЛА информации об угловых отклонениях $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$ ЛА от заданной траектории снижения.

Классификация радионавигационных устройств и систем

Системы сближения и стыковки (причаливания) предназначены для получения информации о взаимном положении, радиальной скорости и дальности сближающихся объектов на этапе от начала сближения до стыковки.

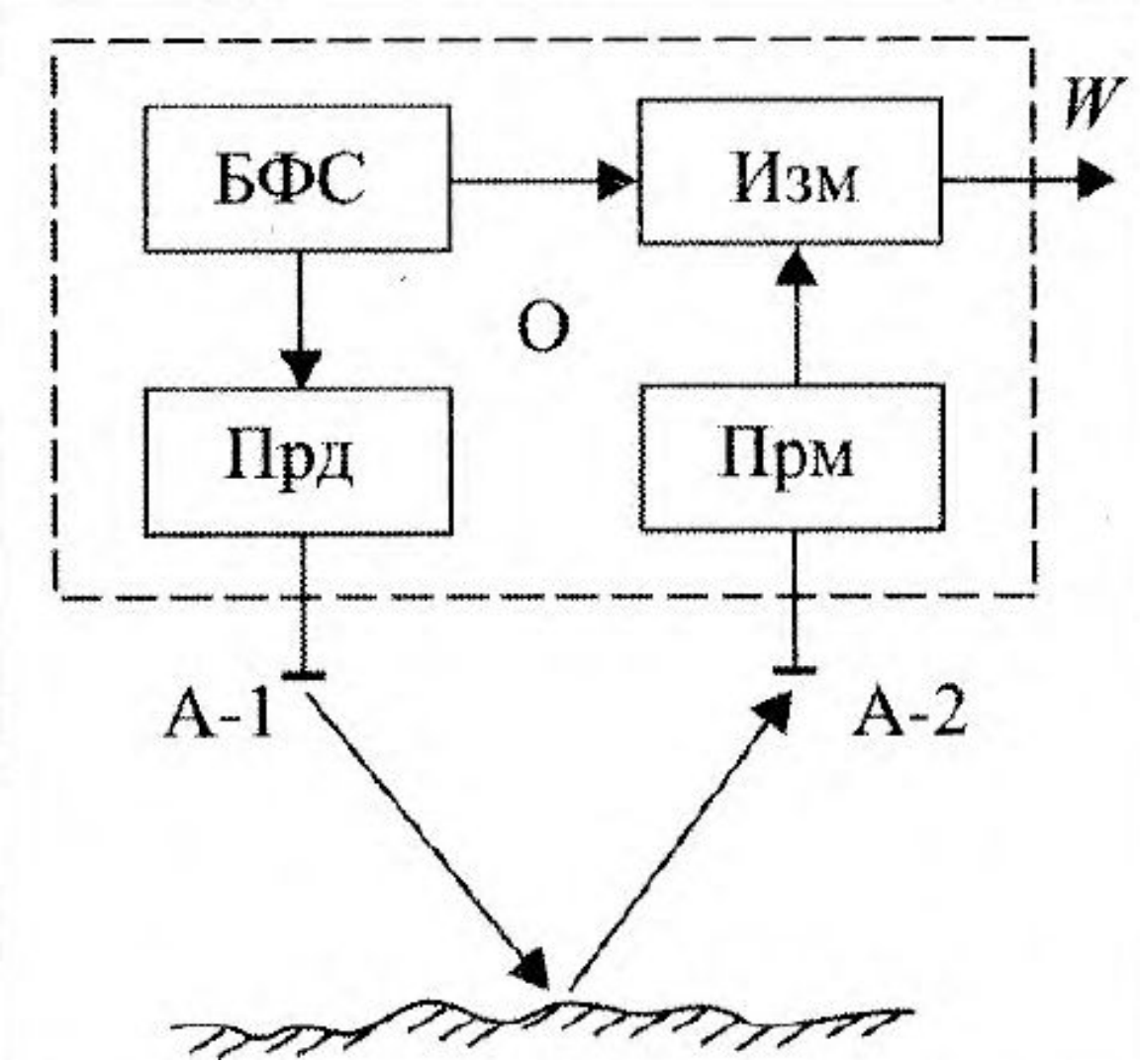
Системы предупреждения столкновений (СПС) служат для выдачи экипажу движущегося объекта сигнала об опасном сближении самолетов в воздухе, морских кораблей или автомобилей и команд на выполнение безопасного маневра по расхождению конфликтующих объектов.

Классификация радионавигационных устройств и систем

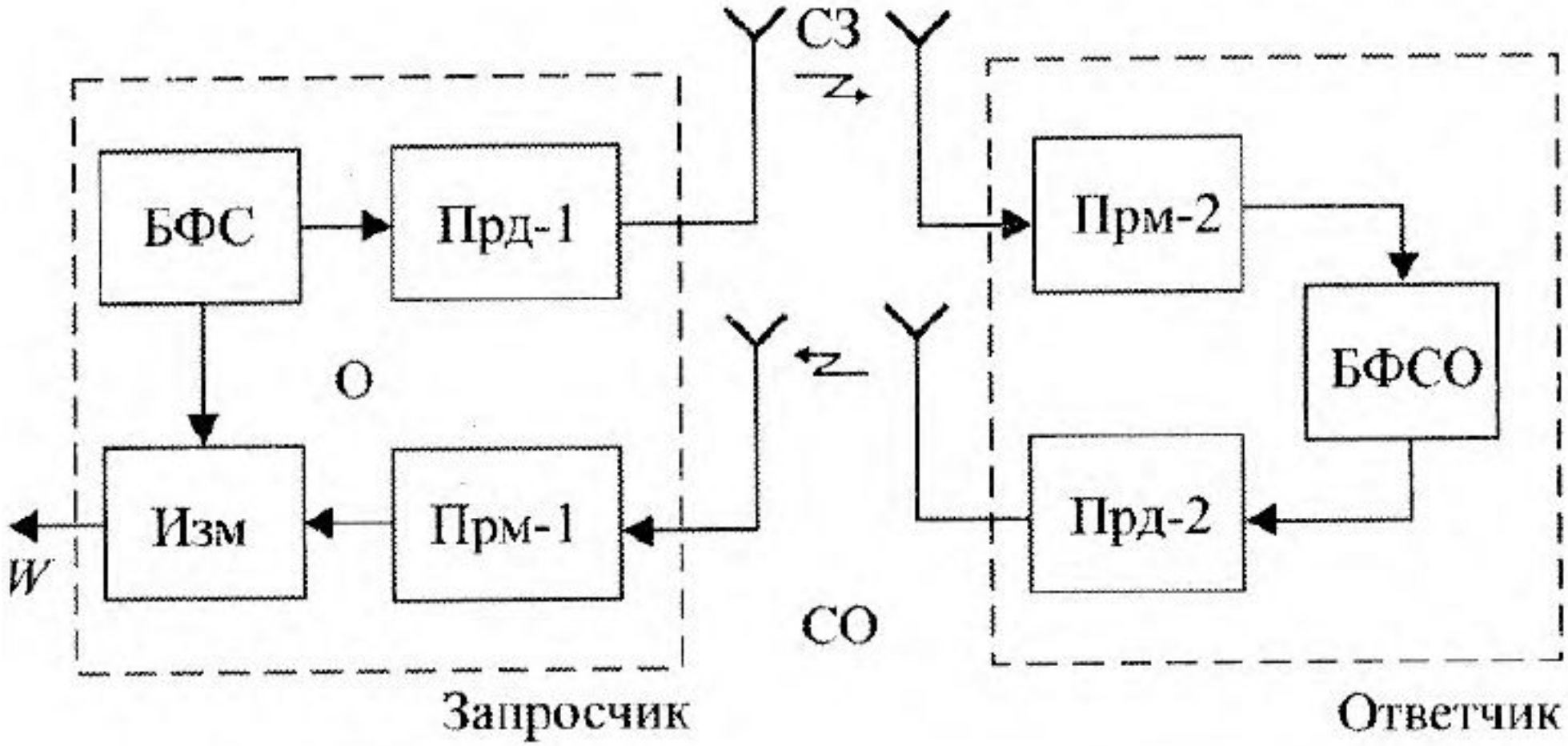
Характер источника информативного сигнала влияет на структуру РНС и в зависимости от источника принимаемого и обрабатываемого в РНУ сигнала различают:

- активные;
- активные с активным ответом;
- пассивные;
- многопозиционные.

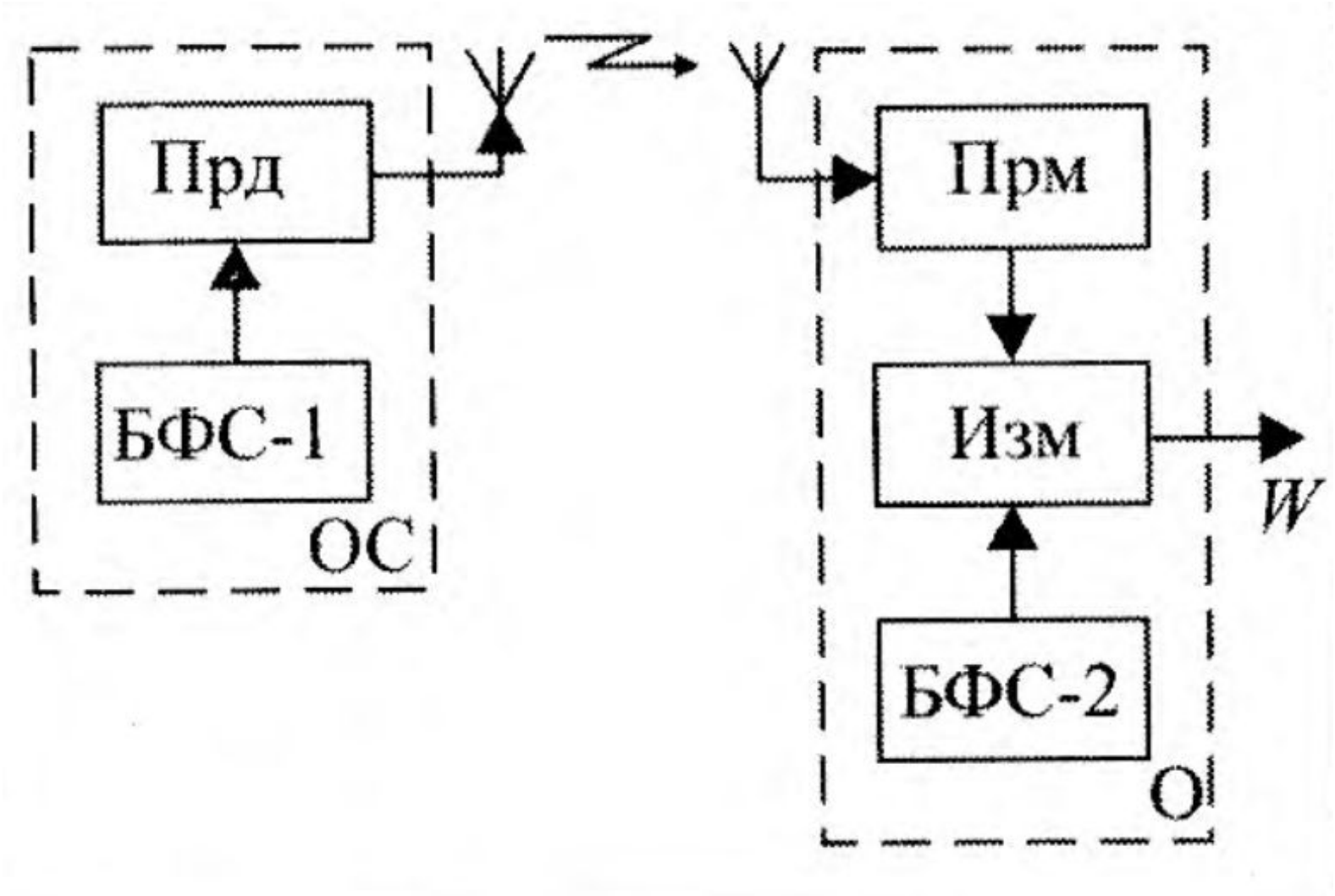
Структурная схема активного РНУ



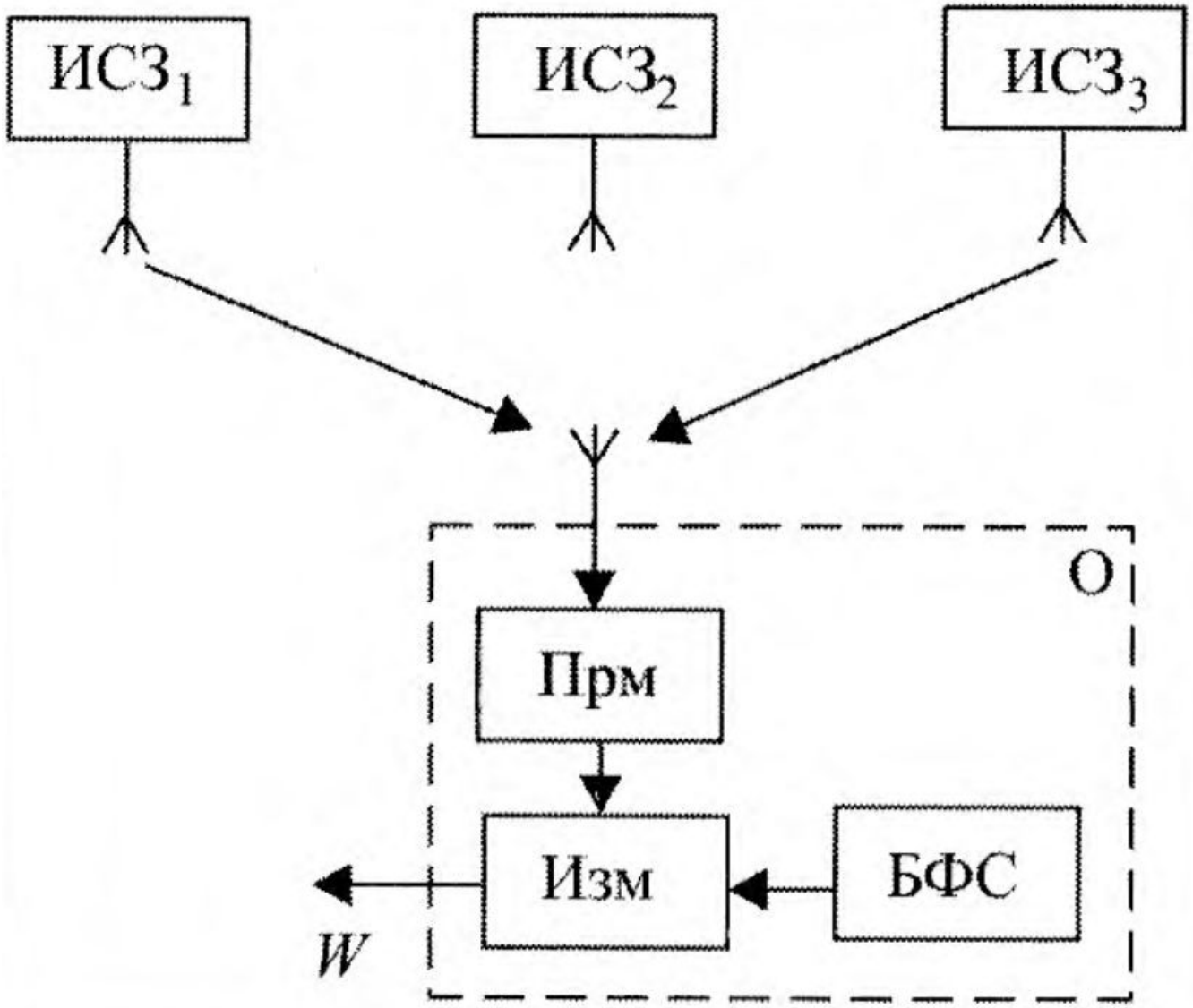
Структурная схема активного РНУ с активным ответом



Структурная схема пассивного РНУ



Структурная схема пассивной многопозиционной РНС



Классификация радионавигационных устройств и систем

Вид навигационного параметра W влияет на форму поверхностей и линий положения, т.е. на геометрические особенности РНУ и РНС, от которых зависит точность определения МП. В зависимости от вида W различают:

- угломерные;
- дальномерные;
- разностно-дальномерные;
- измерители скорости.

Классификация радионавигационных устройств и систем

Угломерные РНУ относятся к классу пассивных устройств и определяют W, представляющий собой угол в горизонтальной или вертикальной плоскостях или в плоскостях системы координат, связанной с ЛА.

Дальномерные РНУ (радиодальномеры) определяют W, представляющий собой расстояние R между двумя объектами (W = R) или высоту объекта H (W = H) и могут быть реализованы как в активном, так и в пассивном вариантах.

Разностно-дальномерные РНУ относятся к классу пассивных устройств и определяют W= R1 – R2. Здесь R1 и R2 - расстояния от объекта до двух РНТ или от РНУ до двух опорных станций.

Измерители скорости предназначены для определения вектора скорости V или его составляющих (W = V).

Вид информативного параметра сигнала

Вид информативного параметра сигнала $\boldsymbol{\nu}$ определяет структуру и потенциальную точность РНУ.

$$\sigma_W = M_\nu \sigma_\nu$$

где σ_W и σ_ν - СКП определения W и измерения ν

В зависимости от того, какой параметр принимаемого на РНУ сигнала информативный различают:

- амплитудные;
- частотные;
- временные;
- фазовые.

Классификация радионавигационных устройств и систем

Степень автономности определяет возможность использования РНУ или РНС для навигации на трассах, не обслуживаемых наземными или спутниковыми средствами. Различают:

- автономные устройства и системы;
- неавтономные устройства и системы.

Дальность действия и точность РНУ и РНС

Одна из основных задач при проектировании РНУ или РНС заключается в обеспечении такой мощности принимаемого сигнала P_2, при которой элементы W, характеризующие положение и движение объекта, измеряются с заданными точностью и вероятностью.

Плотность мощности сигнала на единицу поверхности на расстоянии R от передающей антенны РНУ в направлении максимума ее диаграммы направленности, т.е. отношение излучаемой мощности к площади сферы радиуса R, определяется соотношением

$$\Pi = \frac{P_1 G_{a1} \eta_1}{4\pi R^2}$$

Дальность действия и точность РНУ и РНС

Мощность сигнала на входе приемника РНУ объекта О, расположенного в направлении максимума излучения:

$$P_2 = \Pi S_{a2} \eta_2$$

Известно, что

$$S_a = \frac{G_a \lambda^2}{4\pi}$$

Тогда мощность сигнала на входе будет равна

$$P_2 = \frac{P_1 G_{a1} G_{a2} \eta_1 \eta_2 \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2}$$

Мощность шума, приведенная к входу приемника,

$$P_ш = k_ш k T_0 \Delta F_ш \zeta$$

Дальность действия и точность РНУ и РНС

Объединяя два предыдущих соотношение получим выражение, определяющее дальность действия рассматриваемого РНУ, т.е. то максимальное расстояние от опорной станции, на котором обеспечивается заданное значение σ_w, при работе в свободном пространстве:

$$R_{\max 0} = \sqrt{\frac{P_1 G_{a1} G_{a2} \eta_1 \eta_2 \lambda^2}{(4\pi)^2 q_{\min} P_ш}}$$

При радионавигационных измерениях обычно необходимо обеспечить прием сигналов опорной станции с любого направления. Для удовлетворения этого требования используют ненаправленные антенны, для которых КУ равен 1. Поэтому

$$R_{\max 0} = \sqrt{\frac{P_1 \eta_1 \eta_1 \lambda^2}{(4\pi)^2 P_{\min}}}$$

Дальность действия и точность РНУ и РНС

С помощью предыдущего выражения можно рассчитать минимальное значение мощности P_{min} передатчика, при котором на требуемой дальности будет обеспечена заданная точность (аналог пороговой мощности $P_{пор}$ в режиме обнаружения):

$$P_{\min} = P_{2\min} = q_{\min} P_{ш} = q_{\min} N k T_0 \Delta F_{ш} \zeta$$

Дальность действия активных РНУ с активным ответом разбивается на дальности действия запросчика и ответчика

$$R_{\max\,от} = \sqrt{\frac{P_{1з} G_{a1з} G_{a2от} \eta_{1з} \eta_{2от} \lambda^2}{(4\pi)^2 P_{\min от}}}$$

$$R_{\max\,з} = \sqrt{\frac{P_{1от} G_{a1от} G_{a2з} \eta_{1от} \eta_{2з} \lambda^2}{(4\pi)^2 P_{\min з}}}$$

Дальность действия и точность РНУ и РНС

Целесообразен вариант активной системы с активным ответом, у которой $R_{maxз}=R_{maxот}$, для чего необходимо обеспечить равенство:

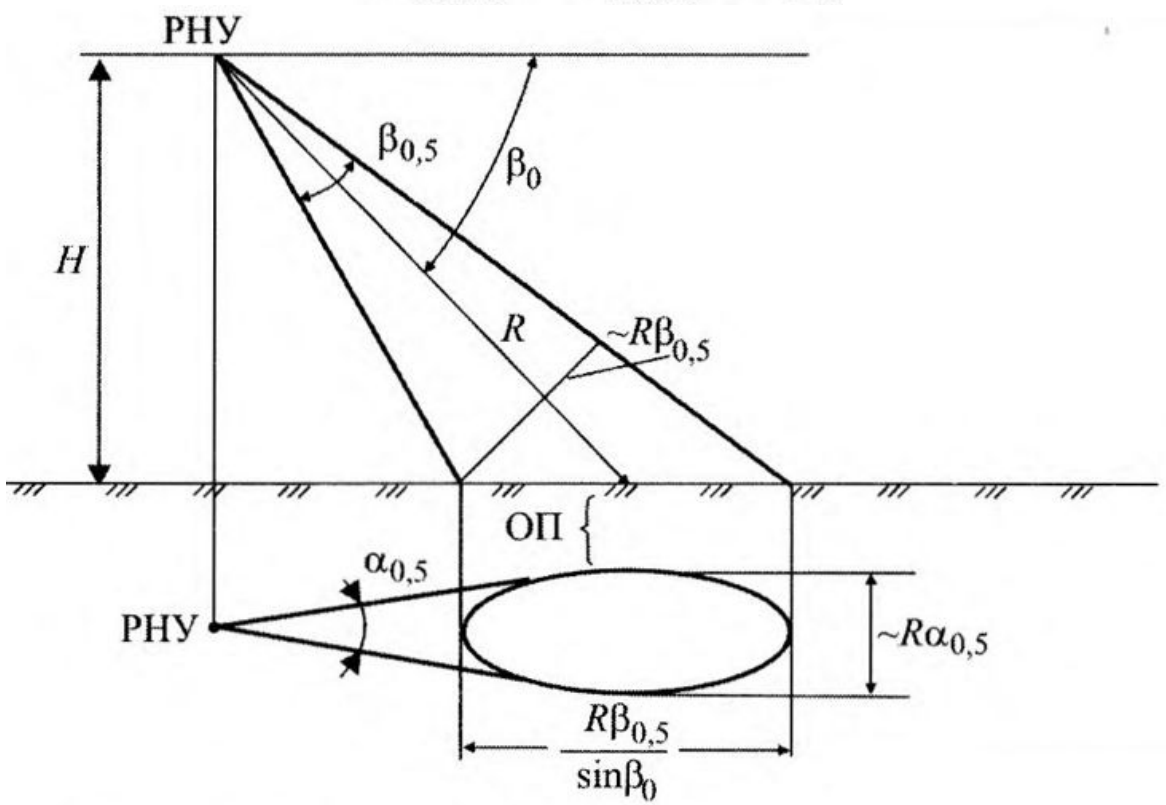
$$P_{1з}P_{min\,з}\frac{G_{a1з}}{G_{a2з}}\frac{\eta_{1з}}{\eta_{2з}}=P_{1от}P_{min\,от}\frac{G_{a1от}}{G_{a2от}}\frac{\eta_{1от}}{\eta_{2от}}$$

В частном случае работы в импульсном режиме (одна антенна на ответчике и одна на запросчике) $P_{1з}P_{minз}=P_{1от}P_{minот}$.

Дальность действия и точность РНУ и РНС

Дальность действия (максимальная рабочая высота) активных РНУ. В рассматриваемых устройствах практический интерес представляет не R_{max}, а максимальная рабочая высота (высотность РНУ) над отражающей поверхностью H_{max0}, на которой обеспечивается заданная точность определения W:

$$H_{max\ o} = R_{max\ o} \sin \beta_0$$



Дальность действия и точность РНУ и РНС

Воспользуемся соотношением для дальности действия активного РНУ:

$$R_{\max 0} = \sqrt[4]{\frac{P_1 S_a^2 \eta^2 S_0}{4\pi\lambda^2 P_{\min}}}$$

Согласно рисунку на предыдущем слайде, отражающая площадка представляет собой поверхностно распределенную цель (при непрерывном излучении имеющую форму эллипса), ЭПР которой

$$S_0 = \frac{\pi R^2 \alpha_{0,5} \beta_{0,5}}{4 \sin \beta_0} S_{\text{уп}}(\beta_0)$$

Дальность действия и точность РНУ и РНС

Используя приближенную формулу $\alpha_{0,5}\beta_{0,5} \approx \lambda^2/S_а$ и соотношения, определенные раннее, получим

$$H_{\max 0} = \sqrt{\frac{P_1 S_а \eta^2 S_{уп}(\beta_0)\sin\beta_0}{16 P_{\min}}}$$

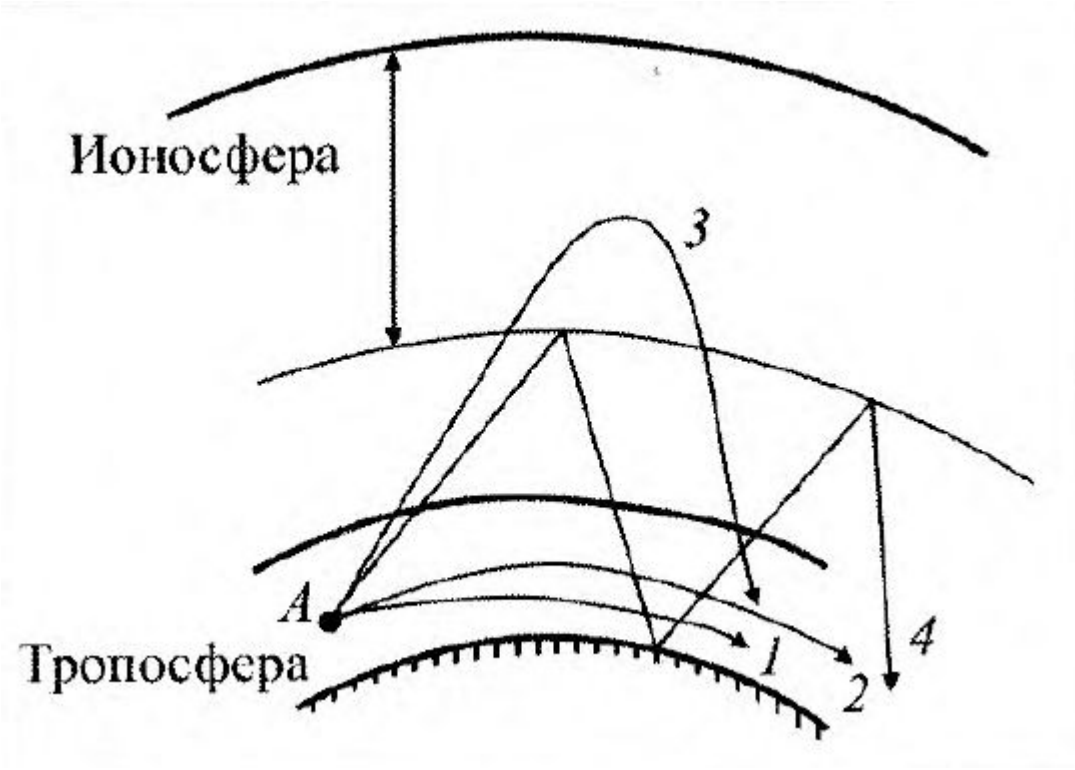
Влияние условий распространения радиоволн на дальность действия и точность РНУ

В соответствии с несущей частотой сигналов различают диапазоны радиоволн, перечень которых приведен в таблице

Наименование диапазона радиоволн*	Граничные значения	
	Длин волн $\lambda_{min} - \lambda_{max}$, м	Несущих частот $f_{max} - f_{min}$, МГц
Мириаметровый (сверхдлиноволновый)	$10^4 - 10^5$	0,03 – 0,003
Километровый (длиноволновый)	$10^3 - 10^4$	0,3 – 0,03
Гектометровый (средневолновый)	100 – 1000	3 – 0,3
Декаметровый (коротковолновый)	10 – 100	30 – 3
Метровый (УКВ)**	1 – 10	300 – 30
Дециметровый (УКВ)**	0,1 – 1	3000 – 300
Сантиметровый (УКВ)**	0,01 – 0,1	$3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^3$
Миллиметровый(УКВ)**	0,001 – 0,01	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^4$

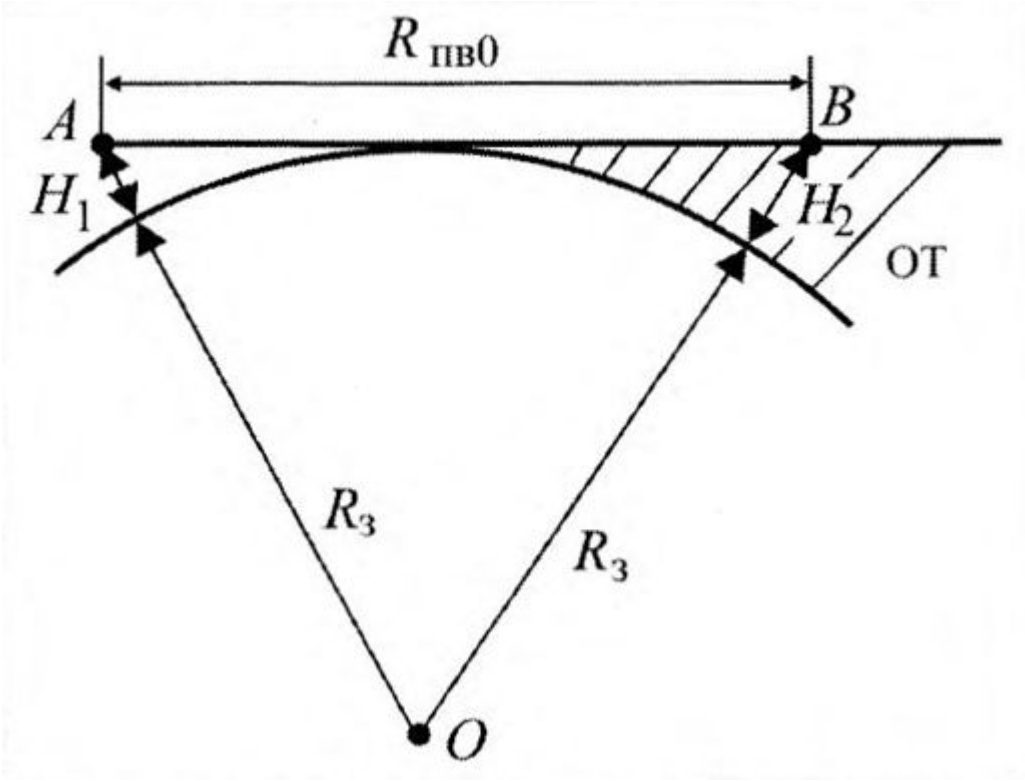
Траектории радиоволн различных типов

В зависимости от вида траектории распространения различают четыре характерных типа радиоволн: тропосферные - 1, поверхностные - 2, пространственные - 3, радиоволны и радиоволны волноводного типа - 4.



Тропосферные волны (ТВ)

Дальность прямой видимости: ОТ - область тени; Rз= 6370 км - физический радиус Земли.



Тропосферные волны (ТВ)

При постоянстве коэффициента преломления атмосферы, т.е. при отсутствии рефракции радиоволны распространяются прямолинейно, и дальность действия радиолинии ограничивается дальностью прямой видимости:

$$R_{ПВ0} = 112,9(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})$$

При учете рефракции радиоволн связь возможна на дальностях, больших $R_{пв0}$

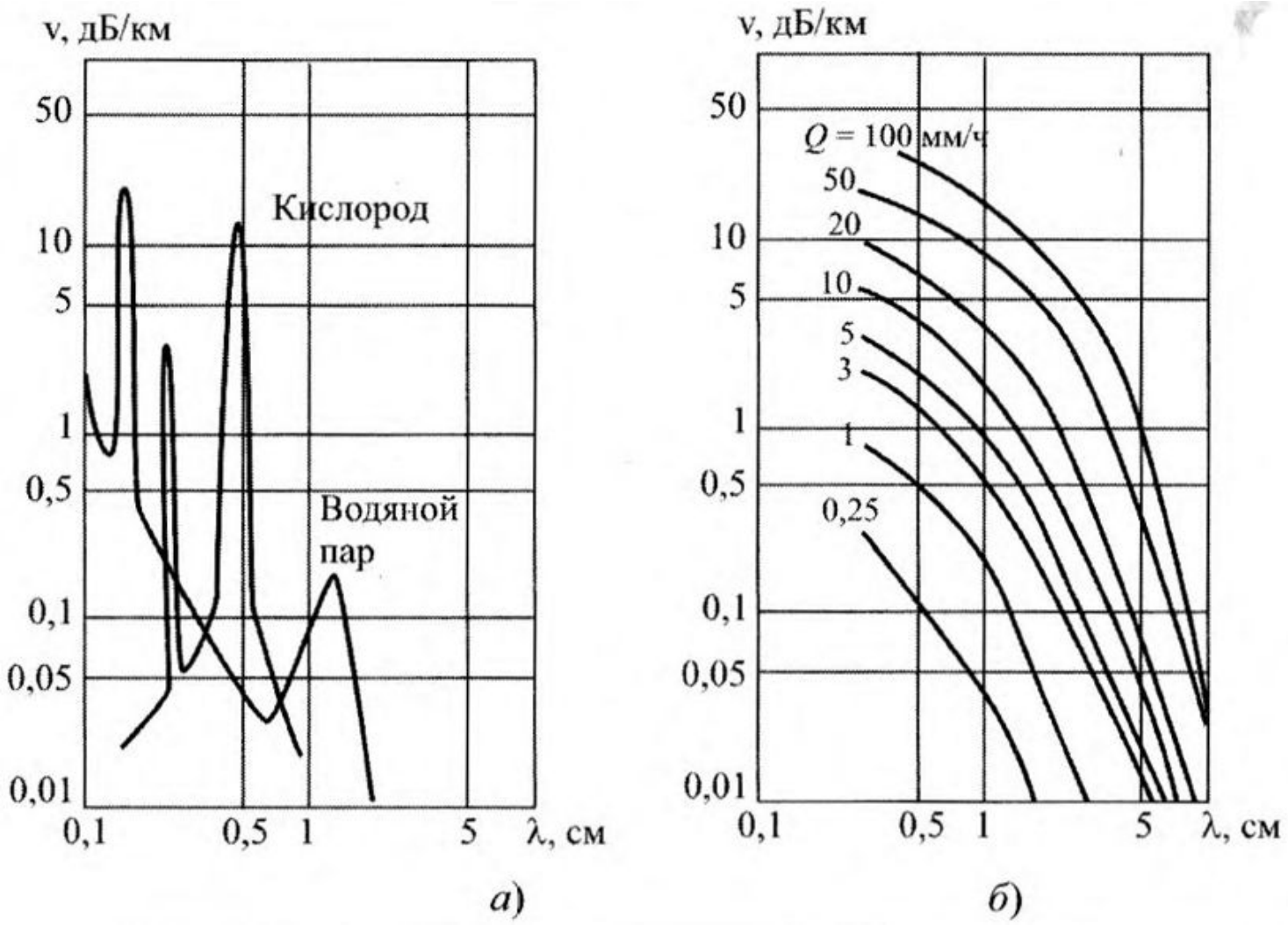
$$R_{ПВ} = 130,3(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})$$

Поглощение ТВ в основном вызывается поглощением и рассеянием энергии сигнала гидрометеорами (дождь, снег и т.п.), молекулами кислорода и воды, а также пылью и снижает дальность действия РНУ диапазона УКВ. С учетом этих факторов дальность действия РНУ, работающих в УКВ-диапазоне, определяется выражением

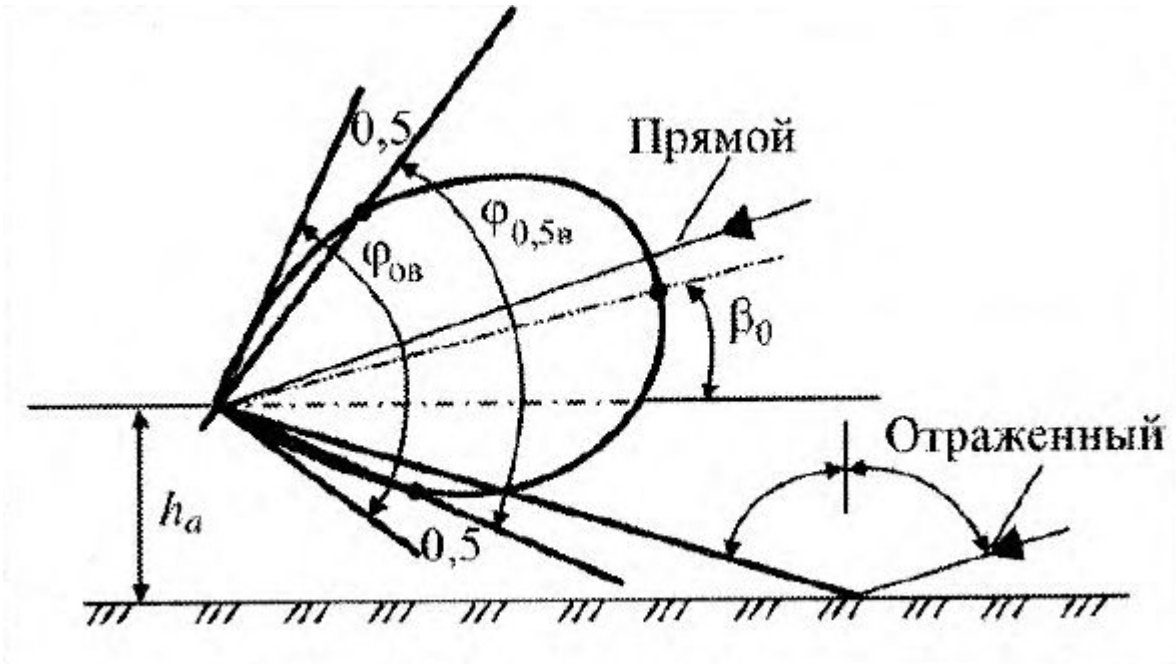
$$R_{max} = R_{max\,0} 10^{-0,05 \nu R_{oc}}$$

Тропосферные волны (ТВ)

Зависимость удельного коэффициента поглощения электромагнитной энергии от длины волны (а) и интенсивности осадков (б)

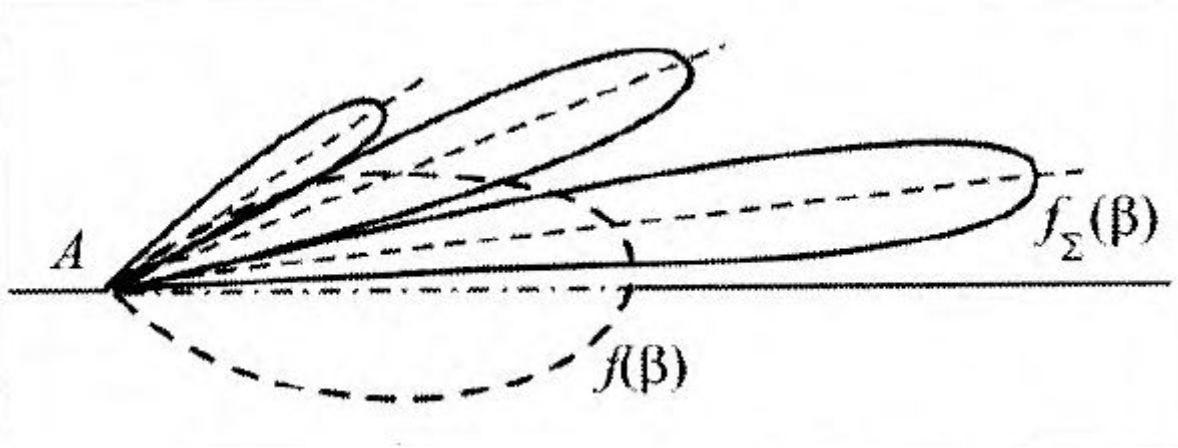


Влияние отраженных от земной поверхности сигналов на диаграмму направленности антенны РНУ



Отражение радиоволны от земной поверхности при широкой ДНА

Влияние отраженных от земной поверхности сигналов на диаграмму направленности антенны РНУ



Искажение ДНА из-за влияния отраженного от земной поверхности сигнала

Влияние отраженных от земной поверхности сигналов на диаграмму направленности антенны РНУ

Влияние ДНА на дальность действия РНУ в вертикальной плоскости проследим по связи КНД антенны по мощности $G_a(\beta)$ с результирующей ДНА по напряженности поля $f_\Sigma(\beta)$: $G_a(\beta) = G_{a0} f_\Sigma^2(\beta)$. Тогда

$$R_{max} = \sqrt[4]{K_p G_{a0} f_{\Sigma 1}^2(\beta)} = R_{max\,0} \sqrt{f_\Sigma(\beta)}$$

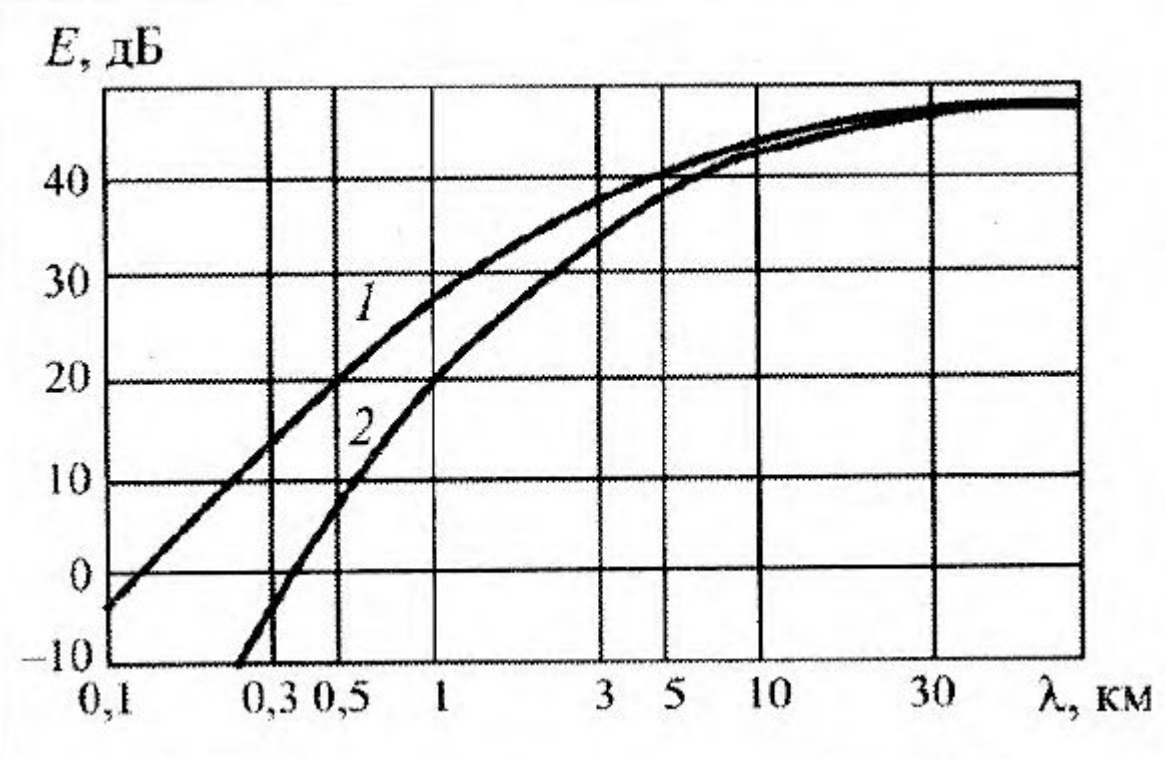
Поверхностные волны (ПВ)

Поверхностными называют радиоволны, которые распространяются в непосредственной близости к поверхности Земли и огибают сферическую поверхность земного шара вследствие явления дифракции.

Почва представляет собой полупроводник с комплексной относи тельной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon' = \varepsilon + j60\sigma\lambda$.

Отношение $K_п = 60\sigma\lambda/\varepsilon$ характеризует электрические свойства почвы: при $К_п>1$ почва по своим свойствам приближается к проводнику, а при $К_п<0,1$ - к диэлектрику. Основное влияние почва оказывает на поглощение энергии, распространяющейся над ней волны и на фазу принимаемого сигнала.

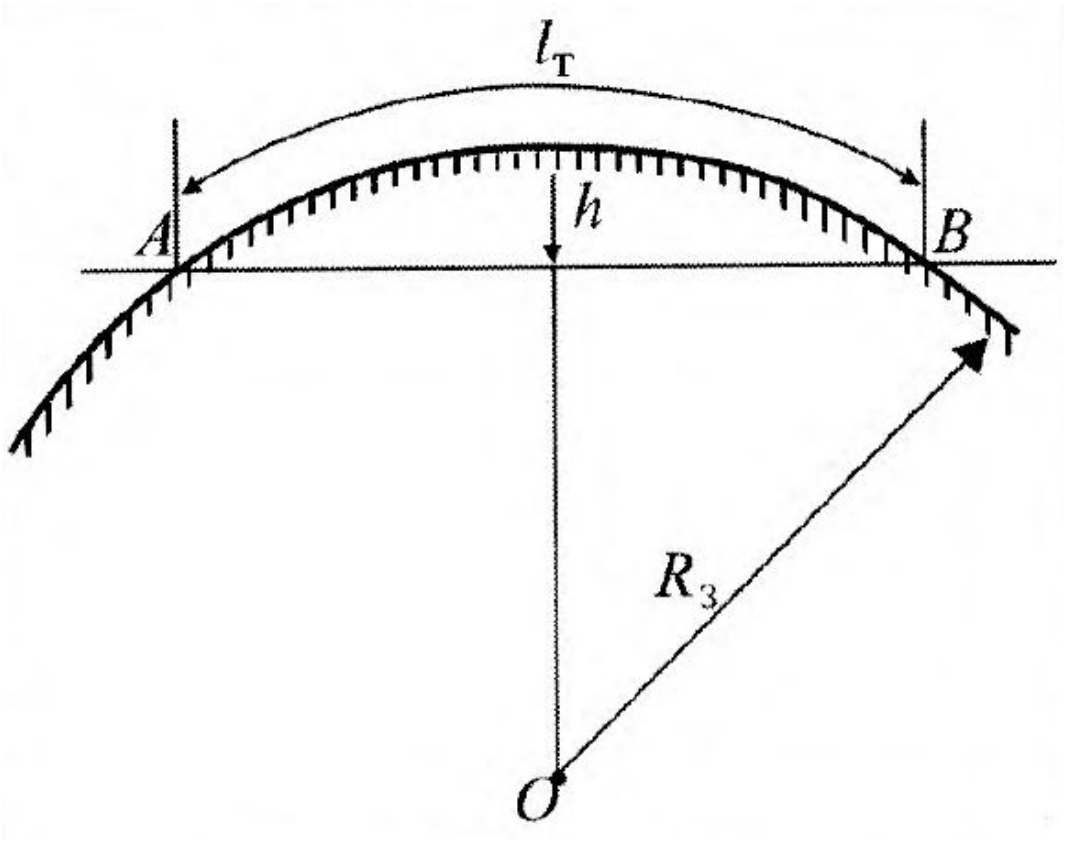
Поверхностные волны (ПВ)



Зависимость напряженности электрического поля поверхностной волны от длины волны на расстоянии 1000 км от передатчика:
1 - распространение над морем; 2 - распространение над сушей

Дифракция поверхностных радиоволн

В радиотехнике под **дифракцией** понимают огибание радиоволной встречных препятствий.



Шаровой сегмент, огибаемый поверхностной волной

Поглощение поверхностных волн в почве

Этот фактор проявляется тем сильнее, чем ближе параметры почвы к параметрам диэлектрика, т.е. чем меньше $К_п$.

Дело в том, что в верхнем (пограничном) слое почвы распространяющаяся над ней волна наводит токи смещения или проводимости, на что тратится часть энергии этой волны. Если отношение $К_п$ возрастает (т.е. проводимость почвы растет), то радиоволны слабо проникают в почву и потери в ней уменьшаются.

С другой стороны, при уменьшении $К_п$ почва по своим параметрам приближается к диэлектрику, экранирующее действие наведенных в ней токов ослабляется и волна проникает в почву на большую глубину, что приводит к уменьшению энергии полезного сигнала.

Дополнительный фазовый сдвиг сигнала

Комплексный характер относительной диэлектрической проницаемости почвы приводит к дополнительному фазовому сдвигу сигнала, снижающему точность фазовых РНУ. Показано, что

$$\varphi_{д} = 2\mathrm{arctg}K_{п} - \mathrm{arctg}\frac{K_{п}}{1-1/\varepsilon}$$

откуда следует, что на фазовый сдвиг сигнала влияют те же факторы, что и на поглощение ПВ.

При анализе точности фазовых РНУ обычно оперируют с так называемой эквивалентной задержкой сигнала

$$\Delta t_{д} = \varphi_{д}/\omega_{0}$$

Пространственные радиоволны (ПРВ)

Пространственными называют радиоволны, распространяющиеся на большие расстояния и огибающие земной шар в результате отражения от ионосферы.

Максимальная частота сигнала, при которой радиоволны отражаются от данного слоя ионосферы при вертикальном падении радиоволны на ионосферу, называется критической частотой:

$$f_{кр} = \sqrt{80,8N_э}$$

При падении радиоволны на ионосферу с углом падения $\beta_п > 0°$ максимальная частота отражаемого сигнала не должна превышать

$$f_{max} = f_{кр} \sec \beta_п$$

Пространственные радиоволны (ПРВ)

Приблизительное значение удельного коэффициента поглощения можно рассчитать по формуле

$$\nu_{и} \approx 1,35 \cdot 10^{-7} N_{э} \xi / f^{2}$$

Радиоволны волноводного тина (РВТ)

К этому типу относятся радиоволны, распространяющиеся на очень большие расстояния в свое образном сферическом волноводе, образованном земной поверхностью и нижней областью ионосферы, расположенной на высоте 70 - 90 км.

Из соотношений на слайде 38 следует, что при больших углах падения и значениях $N_э$ характерных для нижних слоев D и E ионосферы ($N_э=10^8$-10^{12} м$^{-3}$), от этих слоев могут отражаться сигналы, длина волны которых превышает несколько километров.

Существенно, что чем больше длина волны, тем ниже граница отражающего радиоволну слоя ионосферы, т.е. тем меньше «глубина» проникновения волны в ионосферу и меньше потери энергии сигнала, несмотря на значительный удельный коэффициент поглощения в отражающей волну области.

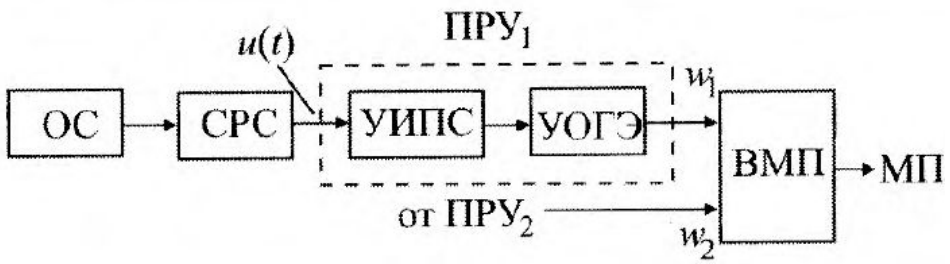
Сравнение свойств радиоволн различных типов

Возможности использования радиоволн различных типов для навигационных целей иллюстрируются таблицы, из которой следует, что для РНУ наиболее предпочтительны ТВ.

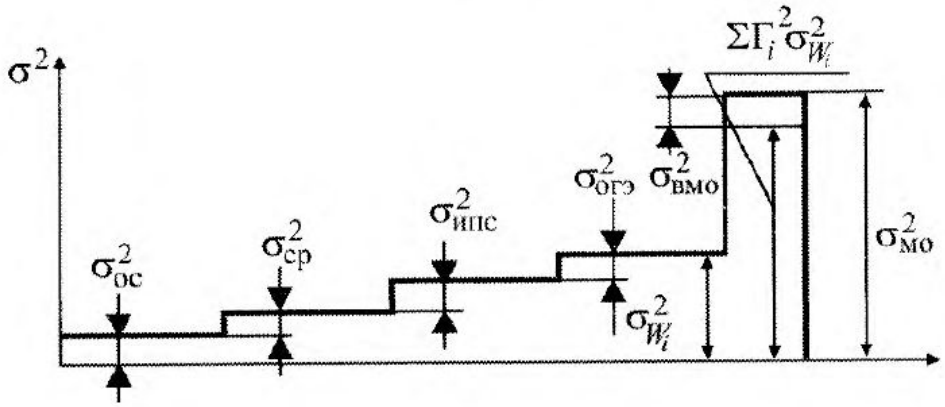
Тип волны	Основной диапазон		$R_{рв}$, км	Интенсивность атмосферных помех	Стабильность условий распространения
	Название	λ, м			
ТВ	УКВ	0,01–10	$R_{пв}$	Малая	Высокая
ПВ	ДВ	>100	3000	~λ	Средняя
ПРВ	КВ	>10	>1000	Высокая	Плохая
РВТ	СДВ	>10000	<10000	~λ	Высокая

Точность позиционных РНС

В любой позиционной системе можно выделить следующие устройства: опорную станцию (ОС), приемное радионавигационное устройство (ПРУ) и вычислитель местоположения (ВМП). Передающая и приемная части системы связаны через среду распространения сигналов (СРС).



а)



б)

Источники погрешностей местоопределения

При нахождении местоположения приходится принимать во внимание форму поверхностей (или линий) положения и геометрические особенности взаимного расположения объекта и опорных станций, вводя коэффициент Г, называемый геометрическим фактором и связывающий СКП определения МП с СКП измерения W:

$$\sigma_{\text{мп}} = \Gamma \sigma_W$$

С учетом сказанного СКП МП может быть найдена только при анализе точностного поля системы (слайд 42) и независимости погрешностей, вносимых всеми элементами системы:

$$\sigma_{\text{мп}} = \sqrt{\Gamma^2 \left[M^2 \left(\sigma_{\text{ос}}^2 + \sigma_{\text{ср}}^2 + \sigma_{\text{ипс}}^2 \right) + \sigma_{\text{огэ}}^2 \right] + \sigma_{\text{вмп}}^2}$$

Точность определения геометрического элемента, характеризующего положение объекта

В большинстве РНС связь определяемого геометрического элемента W (координат объекта или зависящих от них величин) с измеряемым параметром сигнала ν может быть описана уравнением

$$W = M\nu$$

Беря полный дифференциал от этого уравнения и переходя к конечным приращениям, можно получить

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta M}{M} + \frac{\Delta \nu}{\nu}$$

Возводя обе части этого выражения в квадрат и усредняя полученный результат в предположении независимости погрешностей ΔM и $\Delta \nu$, получаем основное уравнение, связывающее СКП погрешности определения элемента W с дисперсиями $\sigma^2_м$ и σ^2_ν обусловленными указанными причинами:

$$\sigma_W / W = [(\sigma_м / M)^2 + (\sigma_\nu / \nu)^2]^{1/2}$$

Точность определения геометрического элемента, характеризующего положение объекта

Соотношения для флуктуационных погрешностей $(\sigma_\nu)_п$ характеризующих потенциальную точность измерения информативных параметров сигнала ν, приведены в таблице.

Вид ν	Процент РНУ, использующих данный вид W			$(\sigma_\nu)_п$
	R	θ	V_r	
τ	28	17	0	$\left[2\pi\Delta F_{ск}\sqrt{q}\right]^{-1}$
U	0	22	0	$U/\sqrt{q}$
F	5,5	0	5,5	$\left[T_{ск}\sqrt{q}\right]^{-1}$
φ	5,5	16,5	0	$\left[\sqrt{q}\right]^{-1}$

Точность определения геометрического элемента, характеризующего положение объекта

$\Delta F_{\text{ск}}$ и $T_{\text{ск}}$ - среднеквадратические ширина спектра и длительность сигнала. Для их расчета используют известные формулы:

$$F_{\text{ск}}^2 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} f^2 |S(f)|^2 df}{\int_{-\infty}^{\infty} |S(f)|^2 df}, \quad T_{\text{ск}}^2 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t^2 |U(t)|^2 dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |U(t)|^2 dt}$$

Предельная точность радионавигационных измерений

Эта величина ограничена степенью достоверности принятого при расчетах значения скорости распространения радиоволн. Влияние нестабильности этой скорости наиболее просто рассмотреть на примере определения дальности до объекта по результатам измерения времени t_R, необходимого радиоволне для прохождения расстояния R между передающей и приемной антеннами:

$$t_R = R / c$$

Зная это время, можно определить расстояние до цели $R = ct_R$ с относительной точностью:

$$\Delta R / R = \Delta c / c + \Delta t_R / t_R$$

Полагая Δc и Δt случайными и взаимно независимыми величина ми, находим точность радиодальномера:

$$\sigma_R / R = \sqrt{(\sigma_c / c)^2 + (\sigma_R / t_R)^2}$$

Предельная точность радионавигационных измерений

Даже при идеальной аппаратуре, когда $\sigma_R = 0$, точность измерения дальности (предельная точность дальнометрии) зависит от степени знания и учета составляющей σ_c:

$$(\sigma_R)_{\text{пред}} = R(\sigma_c / c)$$

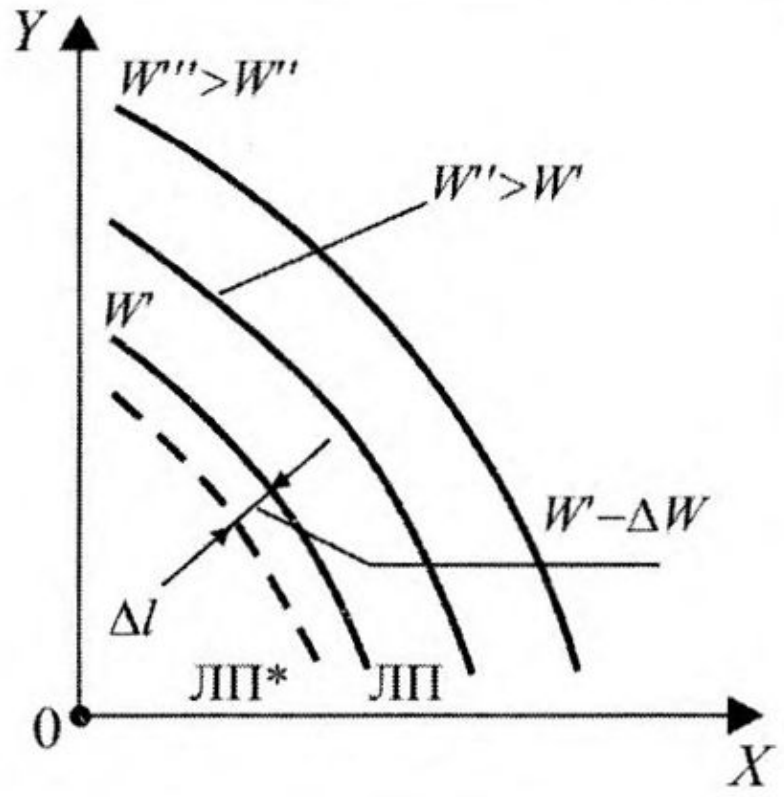
При распространении сигнала через ионосферу используется зависимость погрешности измерения дальности ΔR от частоты f сигнала: $\Delta R = Kf^{-2}\psi$, где K - постоянный коэффициент; ψ - неизвестная функция, зависящая от параметров ионосферы. Истинное расстояние R определяется по результатам измерения $R_{\text{изм}}$ из решения системы уравнений:

$$R_{\text{изм}1} = R + \Delta R_1 = R + Kf_1^{-2}\psi,$$

$$R_{\text{изм}2} = R + \Delta R_2 = R + Kf_2^{-2}\psi.$$

Погрешность определения линии положения

За погрешность Δl обычно принимают минимальное расстояние в точке расположения объекта между истинной ЛП и ЛП*, найденной по результатам определения элемента W. Примем, что погрешность определения W равна ΔW и имеет, как и $\Delta\nu$, гауссовский закон распре деления с нулевым средним значением.



Погрешность определения линии положения

Воспользовавшись теорией скалярного поля, можно найти градиент изменения элемента W: $|\mathrm{grad}W| = dW/dl$, который представляет собой вектор, перпендикулярный линиям положения и направленный в сторону возрастания W. Переходя к конечным приращениям, получаем

$$\Delta l = \frac{1}{|\mathrm{grad}W|}\Delta W = k_{лп}\Delta W$$

При гауссовском законе распределения погрешностей ΔW погрешности Δl также распределены по гауссовскому закону с нулевым, как правило, средним значением и дисперсией $\sigma^2_{лп}$. Возводя обе части выражения в квадрат, усредняя и извлекая квадратный корень из результата, находим

$$\sigma_{лп} = K_{лп}\sigma_W$$

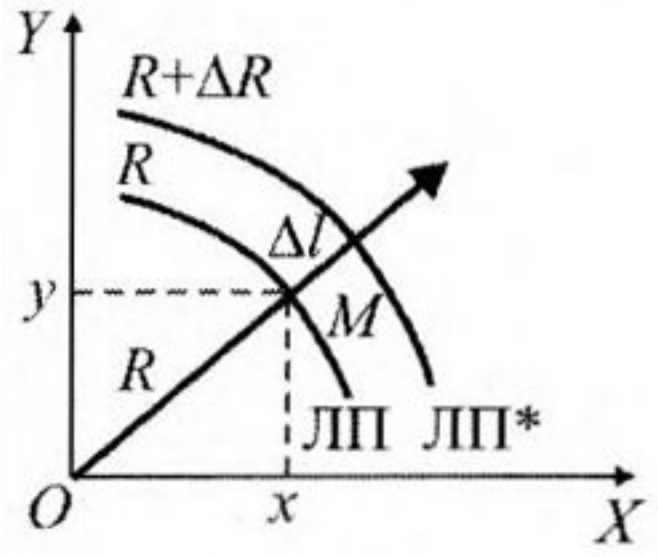
Погрешность определения линии положения

Для нахождения $k_{лп}$ необходимо представить W как функцию координат X,Y некоторой, например прямоугольной, системы координат. Тогда

$$K_{лп} = \left|\mathrm{grad}\, W\right|^{-1} = \left[\left(\partial W/\partial x\right)^2 + \left(\partial W/\partial y\right)^2\right]^{-1/2}$$

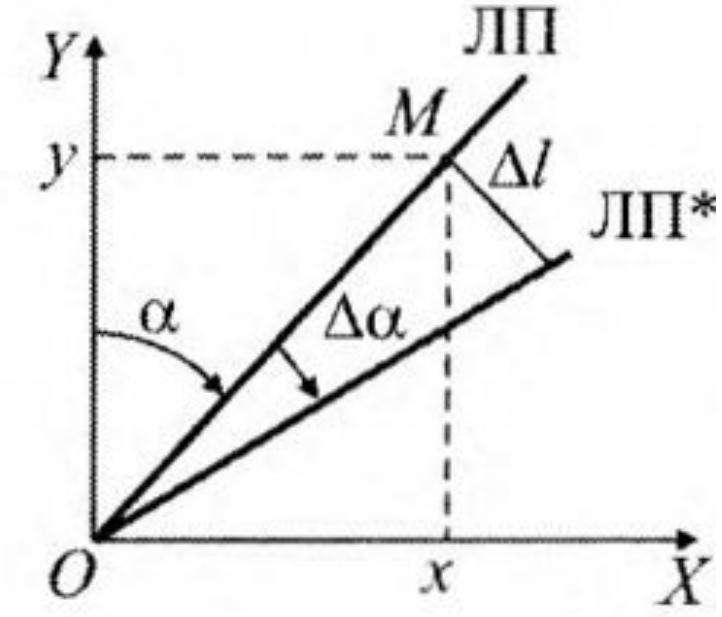
Погрешность определения линии положения

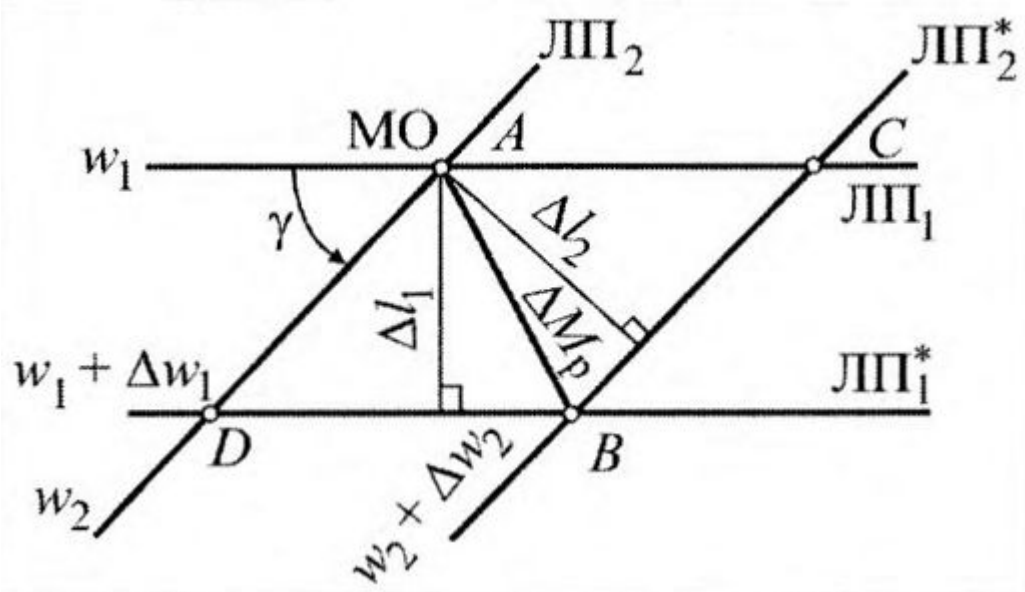
Найдем $K_{лп}$ для наиболее распространенных дальномерного и угломерного устройств. В радиодальномерном устройстве определяемый элемент в прямоугольной системе координат записывается как $W = R = (x^2 + y^2)^{1/2}$, и линии положения представляют собой окружности с центром в точке О установки радиодальномера. Тогда $|\mathrm{grad}W| = 1$ и $k_{лп} = 1$.



Погрешность определения линии положения

В угломерном устройстве, установлен ном в точке О, определяется, например, азимут α. Элемент W в прямоугольной системе координат записывается как $W = \alpha = \mathrm{arctg}(x/y)$, откуда $|\mathrm{grad}W| = = (x^2 + y^2)^{-1/2} = R^{-1}$. Следовательно $\sigma_{лп} = R\sigma_\alpha$. Таким образом, при заданной погрешности угломерного устройства σ_α погрешность определения ЛП (радиальные прямые) тем больше, чем больше расстояние до объекта.



Погрешность местоопределения

Погрешности Δl_1 и Δl_2, как показано на рисунке, приводят к по грешности $\Delta_{мп}$ определения МП. Если γ - угол пересечения линий положения ЛП в точке МО, то при одинаковых знаках Δl_1 и Δl_2 из треугольника АОВ следует, что $\Delta^2_{мп} = AD^2 + DB^2 - 2AD \cdot DB\cos\gamma$. Если Δl_1 и Δl_2 имеют разные знаки, то последний член формулы будет положительным.