



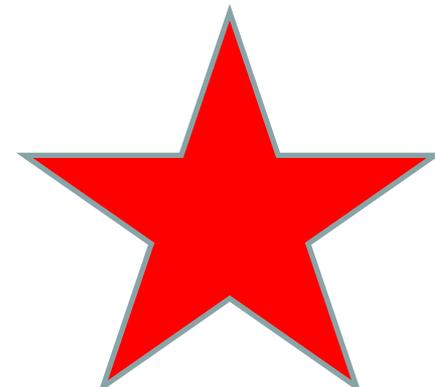
# Военный учебный центр кафедры РЭБ

**Дисциплина:**

## **ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВ И КОМПЛЕКСОВ РЭП**

**Тема Основы построения средств и комплексов РЭБ.**

**Занятие Беспойсковые и поисковые способы  
пеленгации РЭС**



# Военно-технические основы построения средств и комплексов РЭП



# Тема 1 «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕНИЯ»

Занятие «Пеленгация РЭС в интересах разведки»

1. Беспойсковые способы пеленгации.
2. Поисковые способы пеленгации.
3. Определение местоположения.

# Учебные цели

- 1. Изучить способы пеленгации источников излучения.
- 2. Изучить прямые и косвенные методы определения местоположения источников излучения.

# Литература для самостоятельной работы

- ◎ [3] с. 420-428

# Требования к пеленгационным устройствам

1. Обеспечивать измерение пеленга за возможно короткое время
2. Иметь достаточно высокую точность и разрешающую способность по угловым координатам в широком диапазоне частот

местоположение и в случае необходимости наводить на них антенны передатчиков помех.

Пеленгационные устройства станций РТР должны:  
удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать измерение пеленга за возможно короткое время;
- иметь достаточно высокую точность и разрешающую способность по угловым координатам в широком диапазоне частот.

В радиотехнической разведке используются беспойсковые и поисковые способы пеленгации источников излучения .

Беспойсковые способы пеленгации позволяют определять направление на источник излучения мгновенно при любом расположении источника относительно антенны пеленгатора (в пределах дальности радиотехнической разведки). Поисковые способы пеленгации позволяют определять направление на источник путем последовательного просмотра разведываемого пространства. Определение пеленга источника излучения в этом случае требует некоторого времени.

# Методы пеленгации

## 1. Амплитудный метод.

Пеленгаторы служат для определения пространственных координат объектов разведки. Все пеленгаторы (радиотехнические измерители угловых координат объектов, излучающих или отражающих радиоволны) и радиосистемы углового сопровождения отождествляют направление прихода сигнала с направлением нормали к фронту волны, созданной источником излучения. Различие методов пеленгования и типов пеленгаторов сводится к техническим особенностям определения ориентации этой нормали. К пеленгаторам предъявляются высокие требования по быстродействию (возможность измерения пеленга по максимально короткой реализации сигнала, в пределе — по одному импульсу), точности пеленгации, разрешающей способности.

амплитудного распределения поля, создаваемого пеленгуемым сигналом на раскрыве приемной антенны: уровень сигнала максимален в том случае, когда раскрыв антенны параллелен фронту падающей волны. Известны три разновидности амплитудного способа: пеленгование по максимуму, минимуму и пеленгование на основе сравнения.

Способ максимума, в принципе, может применяться средствами РРТР, работающими с остронаправленными антеннами. ДНА  $F(\varphi, \theta)$  такой антенны показана на рис. 1.11.1, где  $\varphi_a$  – угол ориентации максимума ДНА;  $\varphi_{и}$  – угол между заданным направлением и направлением на источник излучения (истинный пеленг источника);  $\varphi$  – угол между направлением максимума ДНА и направлением на источник излучения (измеренный пеленг).

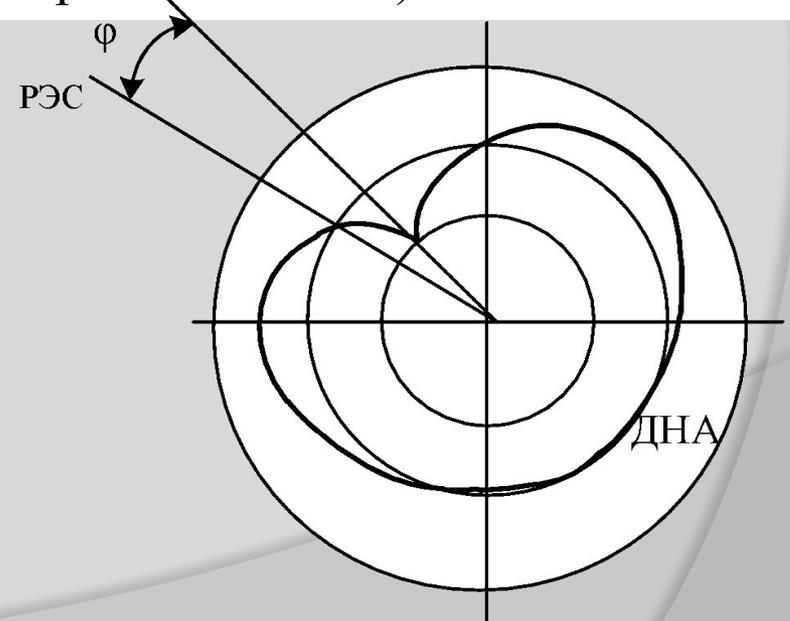
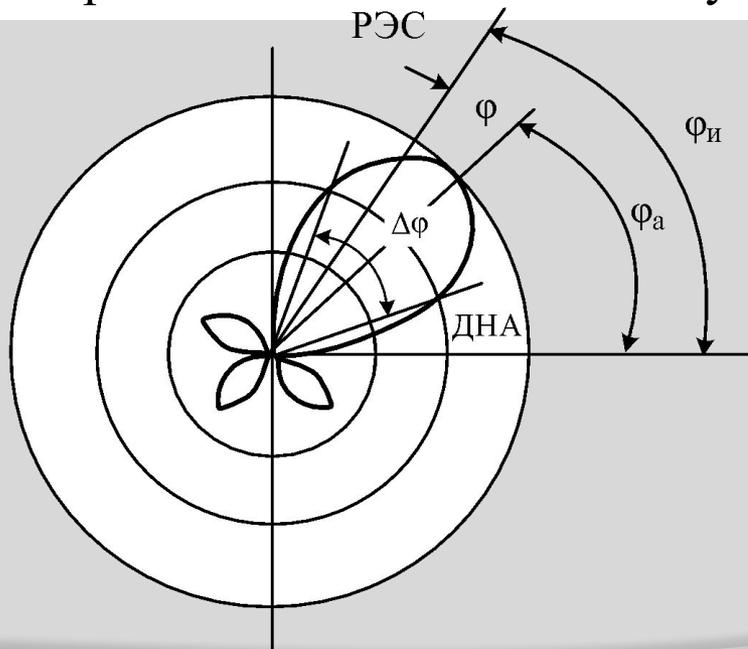


Рис. 1.11.1. Пеленгование по максимуму

Рис. 1.11.2. Пеленгование по минимуму

При пеленговании пространственное положение ДНА изменяется и направление максимума совмещается с направлением на источник излучения. По угловому положению ДНА отсчитывается пеленг. При использовании метода максимума ДНА обеспечивается большая дальность пеленгации, поскольку средство РРТИ работает с большим уровнем сигнала, но точность пеленгации невысока, так как она определяется крутизной ДНА в окрестности максимума и составляет, как считается, несколько процентов от ширины ДНА по уровню половинной мощности.

Способ минимума применяется, когда можно сформировать ДНА с ярко выраженным минимумом приема (рис. 1.11.2). Для пеленгования ДНА поворачивается до положения, при котором уровень сигнала на выходе приемника имеет минимальное значение.

Пеленгация по способу минимума обеспечивает более высокую точность измерения, поскольку в окрестности минимума ДНА имеет бóльшую крутизну, но дальность действия пеленгаторов по минимуму меньше, чем пеленгаторов по способу максимума: уровень принимаемого ими сигнала ниже. Как уже говорилось, угловые координаты определяются при ориентации ДНА пеленгатора на объект разведки. Чаще всего (но не всегда) угловое положение ДНА изменяется за счет механического поворота антенной системы.

Сущность амплитудного метода пеленгования на основе сравнения показана на рис. 1.11.3. ДНА такого пеленгатора имеет два одинаковых главных лепестка соответственно  $F_1(\varphi)$  и  $F_2(\varphi)$ , максимумы которых развернуты в пространстве на углы  $\pm\varphi_0$  относительно некоторого среднего направления. При  $\varphi = 0$   $F_1(0) = F_2(0)$  и направление  $\varphi = 0$  называется равносигнальным (РСН).

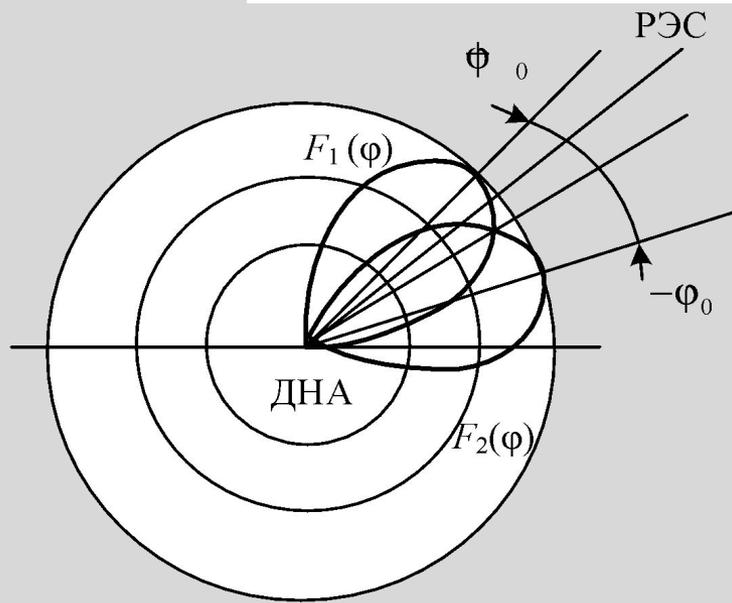


Рис. 1.11.3. Пеленгование на основе сравнения

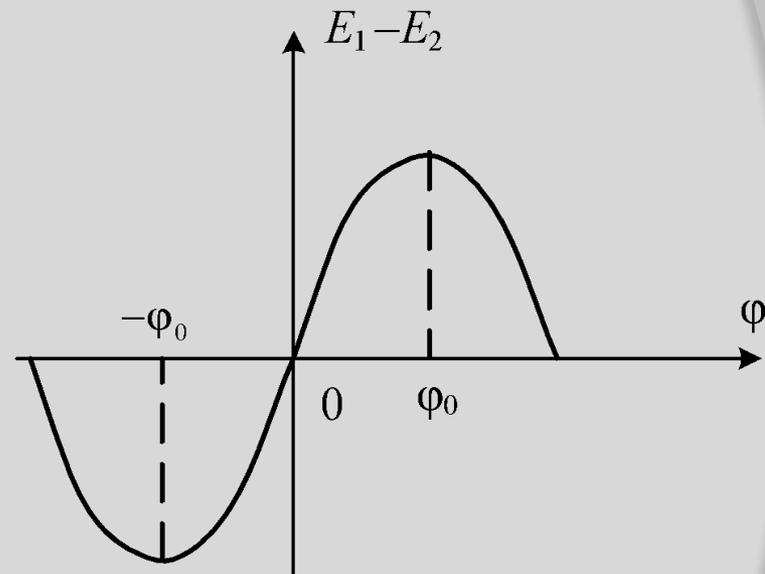


Рис. 1.11.4. Дискриминационная характеристика амплитудного пеленгатора

Амплитуды сигналов, принимаемых лепестками диаграммы направленности такой антенны с некоторого направления  $\varphi$ , будут иметь значения  $E_1$  и  $E_2$  (рис. 1.11.4).

## 2. Фазовый метод

Фазовый метод пеленгования основан [4, 24] на использовании зависимости разности фаз сигналов, принимаемых двумя одинаковыми антеннами ( $A_1$  и  $A_2$  на рис. 1.11.5), которые разнесены в пространстве на некоторое расстояние (базу) протяженностью  $d$ . Если объект разведки (ОР) удален от середины базы пеленгатора на очень большое расстояние  $R \gg d$ , то фронт излученной им волны около антенной системы пеленгатора можно считать плоским. Различие длин трасс распространения сигнала от источника излучения до двух антенн пеленгатора  $A_1$  и  $A_2$   $\Delta = d \sin \varphi$  (рис. 1.11.5) приведет к тому, что принятые этими антеннами сигналы  $s_1(t)$  и  $s_2(t)$  будут различаться по фазам. Разность фаз сигналов на несущей частоте  $\omega_0$  при истинном пеленге  $\varphi$  определяется соотношением

$$\Delta\Psi = \omega_0 \Delta\tau = \omega_0 \frac{\Delta}{c} = \frac{\omega_0 d}{c} \sin \varphi = 2\pi \frac{d}{\lambda} \sin \varphi$$

где  $\Delta\tau = \frac{\Delta}{c}$  – временная задержка прихода сигналов на разнесенные антенны;  
 $c$  – скорость света;  
 $\lambda$  – длина волны излучения объекта разведки.

Из формулы следует, что пеленг на источник определяется выражением

$$\varphi = \arcsin \frac{c\Delta\Psi}{\omega_0 d} = \arcsin \left( \frac{\lambda\Delta\Psi}{d2\pi} \right)$$

Как следует из последнего соотношения, для определения пеленга на РЭС необходимо измерить частоту  $\omega_0$  и разность фаз  $\Delta\Psi$  принимаемых сигналов в разнесенных точках приема.

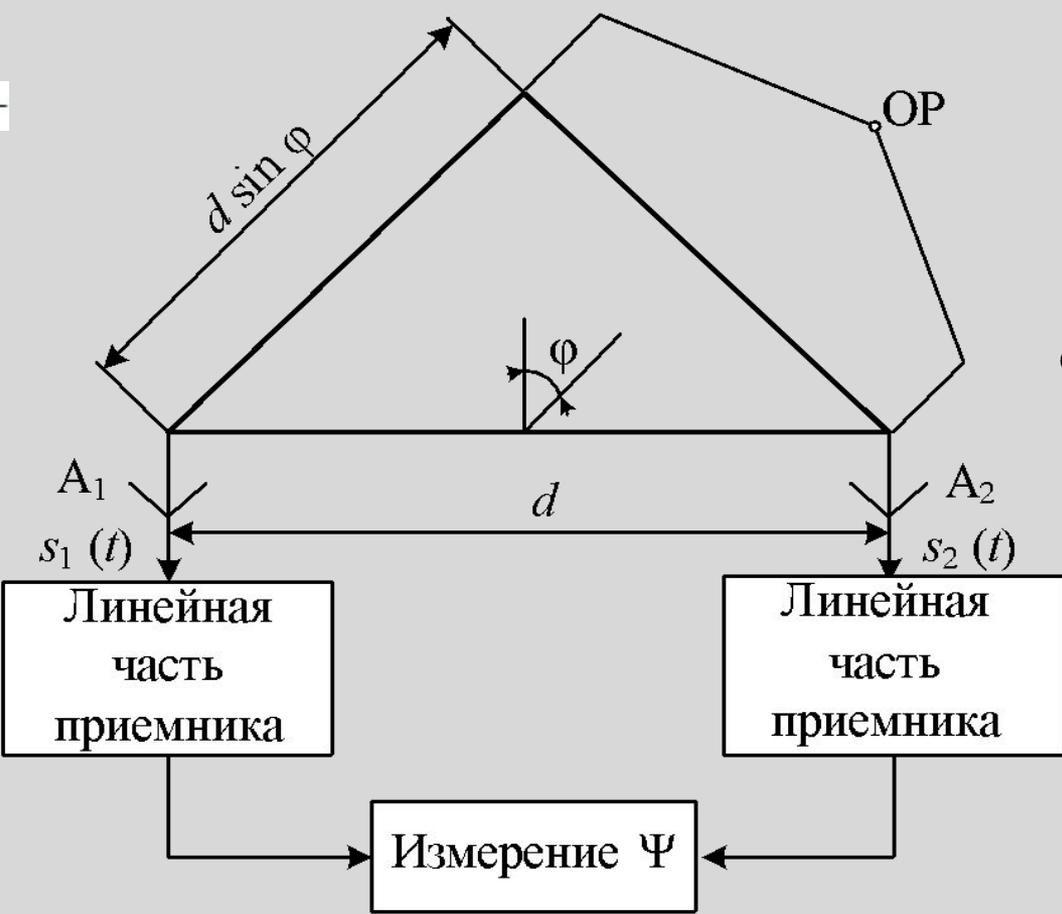


Рис. 1.11.5. Фазовый пеленгатор

Функция  $\arcsin (-)$

в правой части соотношения неоднозначная, поэтому разным значениям измеренной разности фаз  $\Delta\Psi$  могут соответствовать разные пеленги на источник излучения. Для исключения неоднозначности отсчета пеленга используют антенную систему с несколькими различными по величине базами.

## 2. Беспойсковые способы пеленгации

В простейшем случае беспойсковое определение направления на источник может быть осуществлено с помощью многоканального пространственно-избирательного устройства. Структурная схема такого устройства, предназначенного для определения направления в одной плоскости, представлена на рис. 1.11.6, а. Прием сигналов производится антеннами ( $A_1, A_2, \dots, A_m$ ) со всех направлений. ДНА изображены на рис. 1.11.6, б. Точность определения направления и разрешающая способность при этом определяется половиной ширины ДНА на уровне 0,1–0,05.

Высокая точность определения пеленга может быть обеспечена с помощью большого количества антенн, а следовательно, и приемных каналов. Это является существенным недостатком описанной схемы. Данный способ реализован, в частности, в станциях помех РЭП сантиметрового диапазона.

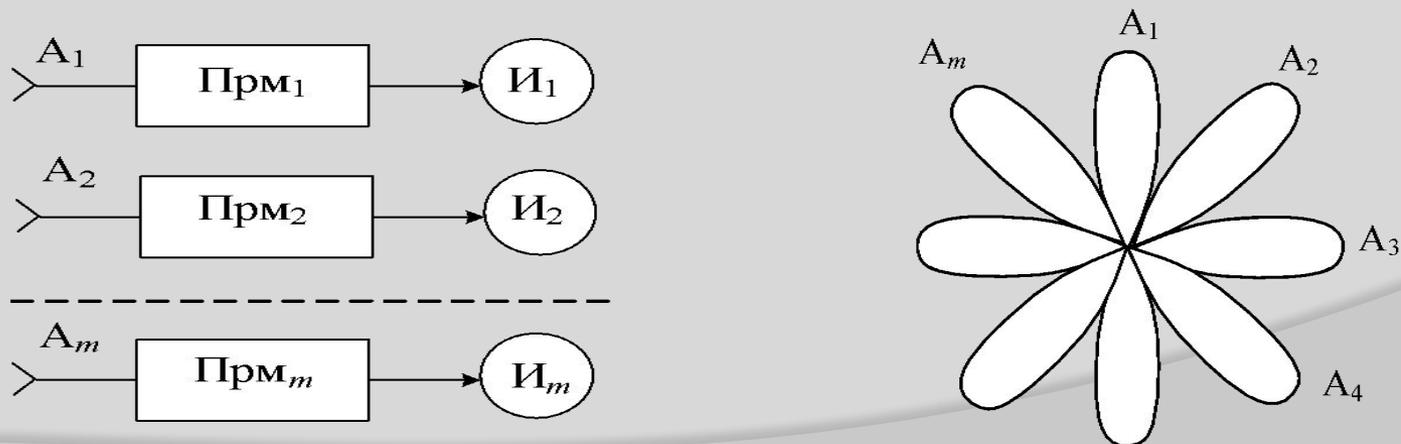
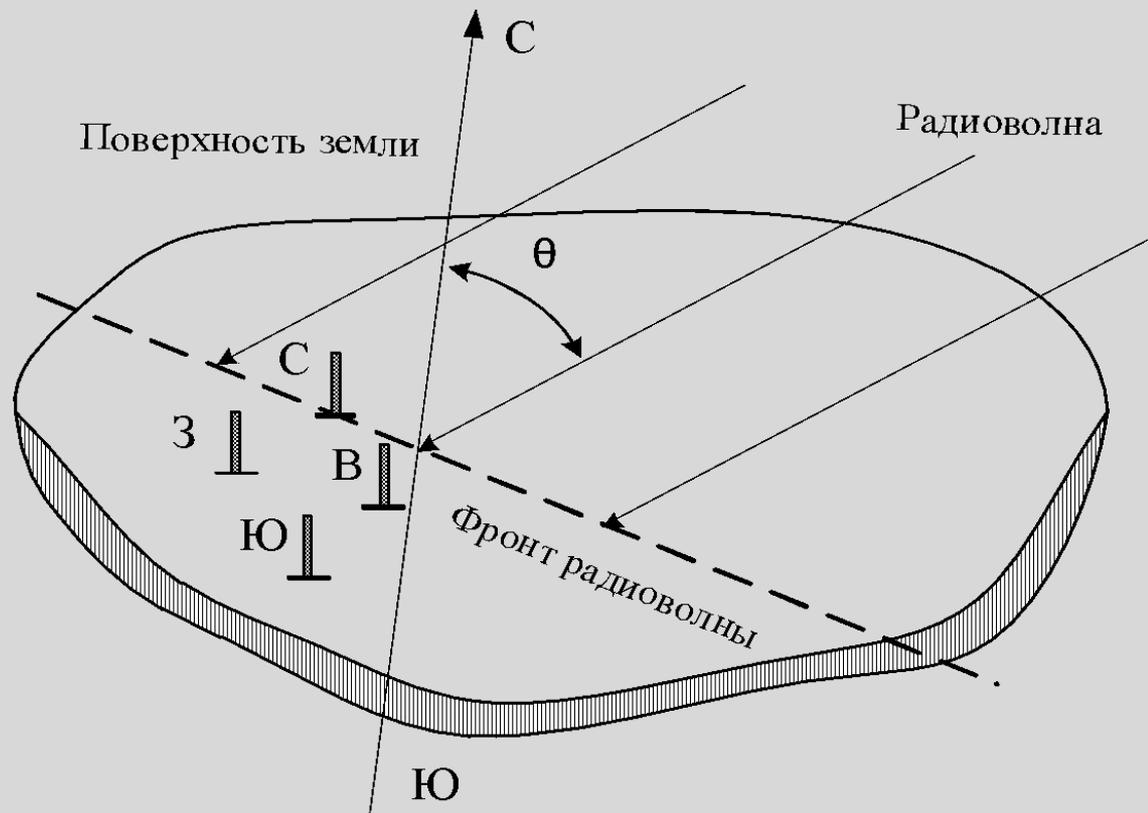


Рис. 1.11.6. Беспойсковое пеленгование

Хорошие характеристики имеет так называемое **функциональное пеленгаторное устройство**, принцип работы которого основывается на функциональной зависимости выходного суммарного напряжения двух или нескольких антенн от направления прихода радиоволн.

Примером функциональных пеленгаторных устройств могут служить известные из радионавигации автоматические радиопеленгаторы с *H*-образной антенной системой, а также автоматические радиоконпасы, использующие для определения направления рамочный радиопеленгатор.

Функциональные пеленгаторы имеют высокую точность определения направления и позволяют пеленговать два радиопередатчика, работающие на одной и той же частоте. Они успешно применяются в диапазоне метровых волн в различных наземных радиотехнических устройствах. Практическое применение их на самолетах в метровом диапазоне волн вызывает серьезные трудности, обусловленные габаритами антенн и неодинаковым влиянием корпуса самолета на диаграмму



Рассмотрим такого рода пеленгаторы, поскольку именно они чаще всего применяются в станциях помех КВ- и УКВ-диапазонов.

Особую группу приемных устройств составляют радиопеленгаторы [5], позволяющие определять направление на работающую радиостанцию. Простейшим радиопеленгатором является радиоприемник с рамочной антенной. Вращая рамочную антенну вокруг вертикальной оси, по минимуму слышимости принимаемого сигнала определяют направление на радиостанцию.

Приведем некоторые характеристики радиоволн.

**Амплитуда** – это максимальное значение напряженности переменного электромагнитного поля.

**Фаза** – это величина, определяющая состояние колебательного процесса в каждый момент времени. Фаза измеряется в градусах или радианах. Применительно к переменному току (напряжению) фаза характеризует мгновенное значение переменного тока (напряжения).

Если на одинаковом расстоянии от передающей антенны соединить все точки в пространстве, в которых фазы радиоволны одинаковы, то полученная поверхность будет называться **фронтом радиоволны** (рис. 1.11.7). Фронт радиоволны распространяется со скоростью её распространения. Будем считать, что волна распространяется от источника радиоизлучения вдоль земной поверхности под углом  $\theta$  по отношению к северному направлению магнитного меридиана. Этот угол нам и необходимо определить.

На практике в радиопеленгаторах применяются четыре антенны (вибраторы), которые соединяются между собой в две пеленгационные пары: одна пара ориентируется по направлению «север – юг», вторая по направлению «восток – запад» (рис. 1.11.7). Из рисунка очевидно, что фронт волны достигнет в первую очередь северного вибратора, затем восточного, затем западного и в последнюю очередь южного. Следовательно, амплитуда ЭДС в каждой отдельной антенне и в определенный момент времени зависит от угла прихода волны и от фазы колебаний. *Полученную информацию необходимо обработать на основе измерения амплитуды сигнала или фазы. Известны разные методы пеленгования: фазовый, амплитудный и комбинированный.*

## Поисковые способы пеленгации

Эти способы широко применяются в **самолетных станциях РТР**.

Определение направления на источник излучения производится с помощью вращающейся остронаправленной антенны, сопряженной с электронно-лучевым индикатором, в котором линия развертки перемещается синхронно с вращением антенны, образуя координатную шкалу. Отметка принятого сигнала может быть амплитудной или яркостной (рис. 1.11.9).

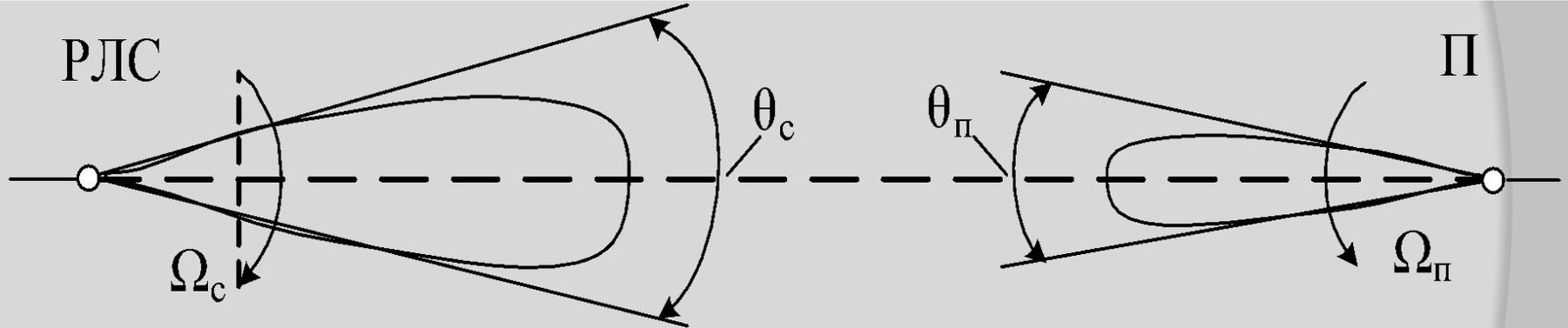


Рис. 1.11.9. Поисковое пеленгование

Обычно пеленгация производится методом максимума. Пеленг на радиопередатчик в этом случае определяется угловым положением остронаправленной антенны, при котором сигнал разведываемого радиоэлектронного средства на выходе пеленгатора (П) достигает максимальной величины.

### **3. Определение местоположения**

Местоположение РЭС противника может быть определено как прямыми, так и косвенными методами. Под прямыми методами понимают измерения местоположения источника в результате непосредственной обработки принимаемых сигналов. В косвенных методах определение местоположения источника производится по формулам, связывающим координаты источника с его пеленгами, произведенными из нескольких точек, и расстояниями между точками измерения пеленгов.

#### **Прямые методы определения местоположения источников излучения**

Примером этого метода может служить так называемый вертикальный способ просмотра пространства, применяемый при РТР с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ). Этот способ требует пролета ИСЗ над разведываемым РЭС (рис. 1.11.10). Перехват сигналов осуществляется узконаправленной антенной. В момент перехвата сигналов производится запись местоположения точки перехвата.

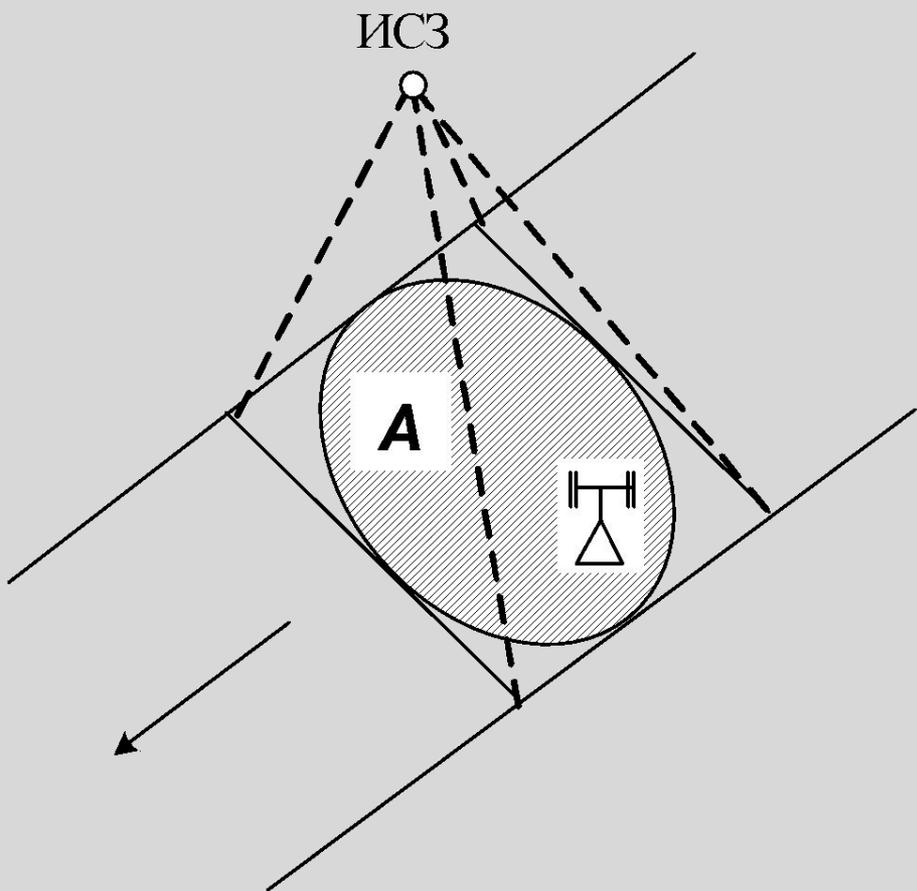


Рис. 1.11.10. Определение местоположения с помощью ИСЗ

Район географического обнаруженного источника характеризуется географической способностью системы, определяемая площадью ( $A$ ) района, просматриваемого приемной антенной станции РТР.

неопределенности положения излучения так называемой разрешающей способности системы, которая одновременно

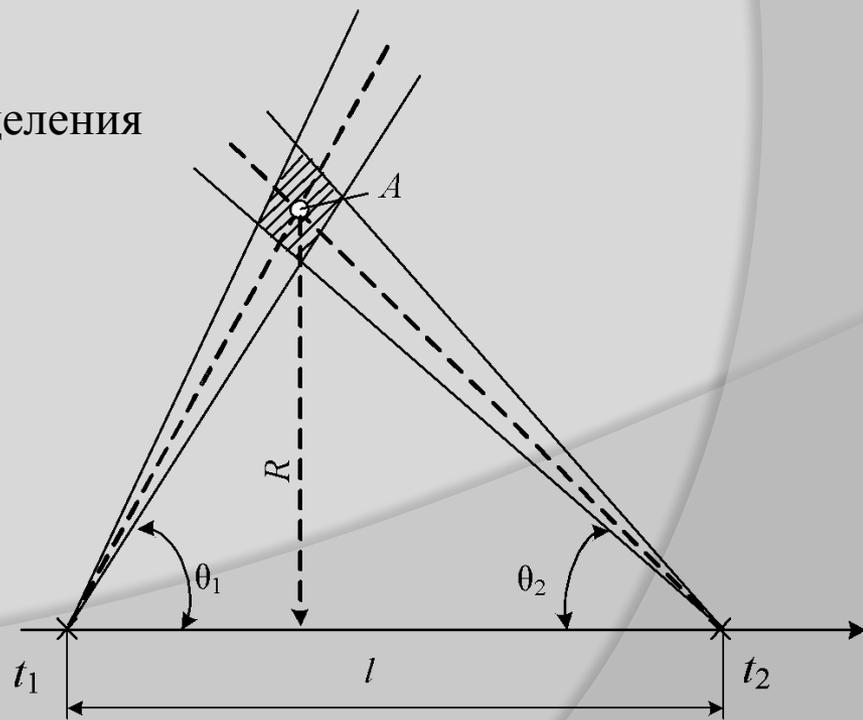
При однократном пролете точность определения местоположения источника невелика. Она может быть повышена за счет многократности обзора заданного пространства с взаимным перекрытием площадей, охватываемых приемной антенной при каждом пролете.

# Косвенные методы определения местоположения источников излучения

Наиболее распространенной является пеленгация источника излучения из двух или более точек, расположенных на известной базовой линии, с последующим вычислением его местоположения методом триангуляции (рис. 1.11.11). Такой метод определения местоположения создает область неопределенности ( $A$ ) в месте пересечения диаграмм направленности приемной антенны. Можно показать, что наилучшая географическая разрешающая способность будет получена, если моментам перехвата будут соответствовать пеленги на источник  $\theta_1 = \theta_2 = 60^\circ$ . Косвенный метод пеленгации реализован в изучаемых АСП КВ- и УКВ-диапазонов.

Рис. 1.11.11. Косвенный метод определения местоположения

Отметим основное различие между прямым и косвенным методами определения местоположения: в первом случае местоположение может быть определено по направленному приему сигнала в одной точке, а в косвенном методе требуется определить пеленг минимум в двух точках пространства.



# Контрольные вопросы

- ◎ 1. Каковы требования к пеленгационным устройствам?
- 2. Каковы особенности беспойсковых способов пеленгации?
- 3. Какие методы положены в основу пеленгации источников излучения?

# Задание на самостоятельную подготовку

1. Изучить рекомендуемую литературу.
2. Отработать контрольные вопросы.