

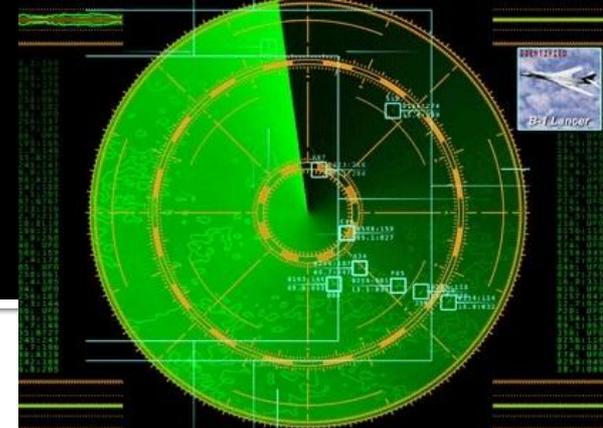
# Основные классы РЭС

# Радиолокационные и радионавигационные системы

Основные принципы построения



# Радиолокация



- *Радиолокацией* называют область науки
- и техники, объединяющую методы и средства обнаружения, измерения координат и параметров движения, а также определения свойств и характеристик различных объектов (радиолокационных целей), основанных на использовании радиоволн, излучаемых, ретранслируемых либо отражаемых (рассеиваемых) этими объектами.
- Процесс обнаружения объектов, измерения их координат и параметров движения называют радиолокационным наблюдением (радиолокацией), а используемые для этого системы – *радиолокационными станциями (РЛС)* или *радиолокаторами*.
- *Radar* (Radio detection and ranging) – радиообнаружение и определение расстояния.

# Радионавигация



- *Радионавигация* – область науки и техники, охватывающая радиотехнические методы и средства вождения кораблей, летательных и космических аппаратов, а так же других движущихся объектов.
- **Общая задача** радиолокации и радионавигации – определение координат объекта.

# Радиоуправление

- *Радиоуправление* – отрасль техники, включающая радиотехнические методы и средства автоматического управления объектами.
- Совокупность технических средств для управления называют *системой радиоуправления*.

# Радиолокация

- Активная
- Полуактивная
- Пассивная



# Активная радиолокация

- Сигнал, принимаемый приемником РЛС, создается в результате отражения (рассеяния) объектом электромагнитных колебаний, излучаемых антенной РЛС.
- Источник электромагнитных колебаний – передающее устройство РЛС.
- Сигнал, излучаемый антенной РЛС называют *прямым* или *зондирующим*.
- Сигнал принимаемый приемной антенной РЛС – *отраженным* или *радиолокационным*.

# Активная радиолокация с активным ответом

- Применяют сигнал, ретранслируемый (переизлучаемый) специальным приемопередатчиком (ответчиком), установленным на объекте.
- Позволяет повысить дальность действия и помехозащищенность системы. Ответный сигнал может быть использован для передачи дополнительной информации с объекта.
- Принцип активного ответа широко применяется в радионавигации и радиоуправлении (радиосистемы ближней навигации, системы управления воздушным движением).

# Полуактивная радиолокация

- Носителем информации является сигнал, отраженный объектом, но источник радиоволн (передающее устройство) вынесен относительно приемника РЛС и может действовать независимо от него.

# Пассивная радиолокация (радиотеплокация)

Сигналом, принимаемым РЛС, является естественное излучение объектов в радиодиапазоне преимущественно теплового происхождения.

- Зондирование (облучение) объекта отсутствует, поэтому одна РЛС может определить лишь направление (пеленг) на объект, т.е. осуществить радиопеленгование.

**Радиопеленгация** – отрасль радионавигации, основанная на использовании методов и средств определения направления на объекты, имеющие источники радиоизлучения.

# Всенаправленный дальномерный радиомаяк

**РМД** ([англ.](#) *Distance Measuring Equipment, DME*) — вид радионавигационной системы, обеспечивающей определение расстояния от наземной станции до воздушного судна. Основан на измерении длительности прохождения радиосигнала.



# Основные характеристики РЛС

- Дальность действия
- Точность определения координат и скорости объектов
- Разрешающая способность, т.е. тот объем информации, который может быть получен при обработке радиолокационного сигнала.

# Радиотехнические методы измерения координат

Мгновенное положение объекта в пространстве определяется тремя координатами  $x_i$  ( $i=1,2,3$ ).

- Для характеристики движения необходимы производные координат  $X_i^{(n)}$ ,
- Скорость объекта  $u_i = \dot{x}_i$ ,
- Ускорение  $a_i = \ddot{x}_i$

# Радиолокационное определение координат

Скорость распространения радиоволн в свободном пространстве (вакуум)  
 $c = 299\,792\,458$  м/с

$$\tau_D = 2D/c,$$

где  $D$  - дальность от РЛС до объекта  
 $\tau_D$  - время прохождения сигнала от РЛС до объекта и обратно.

- Свойство прямолинейности распространения радиоволн является основой радиотехнических методов измерения угловых координат по направлению прихода сигнала от объекта.

# Определение местоположения объекта

*Радионавигационный параметр (РНП)* – физическая величина, непосредственно измеряемая РНС (расстояние, разность или сумма расстояний, угол).

## **Основные методы**

- Угломерный (А.С. Попов, 1897 г.)
- Дальномерный (Л.И. Мандельштам, Е.Я. Щеголев, Ю.Б. Кобзарев, 1935-1937 гг.)
- Разностно-дальномерный (Э.М. Рубчинский, 1938 г.)

# Классификация радиолокационных и радионавигационных систем

Тактические и технические характеристики



# Классификация РЛС

**По происхождению радиосигнала, принимаемого приемником РЛС:**

- активные РЛС (с активным и пассивным ответом)
- полуактивные
- пассивные РЛС

**По используемому диапазону радиоволн РЛС**

- декаметрового
- метрового
- дециметрового
- сантиметрового
- миллиметрового диапазонов

**По виду зондирующего сигнала**

- РЛС с непрерывным (немодулированным или частотно-модулированным) излучением
- импульсным (некогерентным, когерентно-импульсным с большой и малой скважностью, с внутриимпульсной частотной или фазовой модуляцией) излучением

# РЛС дальнего обнаружения



# РЛС «Небо-СВУ»

Предназначена для контроля воздушного пространства, обнаружения, определения координат и сопровождения широкого класса современных воздушных объектов: самолетов стратегической и тактической авиации, малозаметных целей, в т.ч. выполненных по технологии "стелс", распознавания классов целей, определения их государственной принадлежности, пеленгации постановщиков активных шумовых помех, при работе как в составе автоматизированных систем управления ПВО, так и автономно.



# Классификация РЛС

**По числу применяемых каналов излучения и приема сигналов:**

- Одноканальные
- Многоканальные с частотным или пространственным разделением каналов

**По числу и виду измеряемых координат:**

- Однокоординатные
- Двухкоординатные
- Трехкоординатные

**По способу измерения, отображения и съема координат объекта.**

**По месту установки РЛС:**

- Наземные
- Корабельные
- Самолетные
- Спутниковые

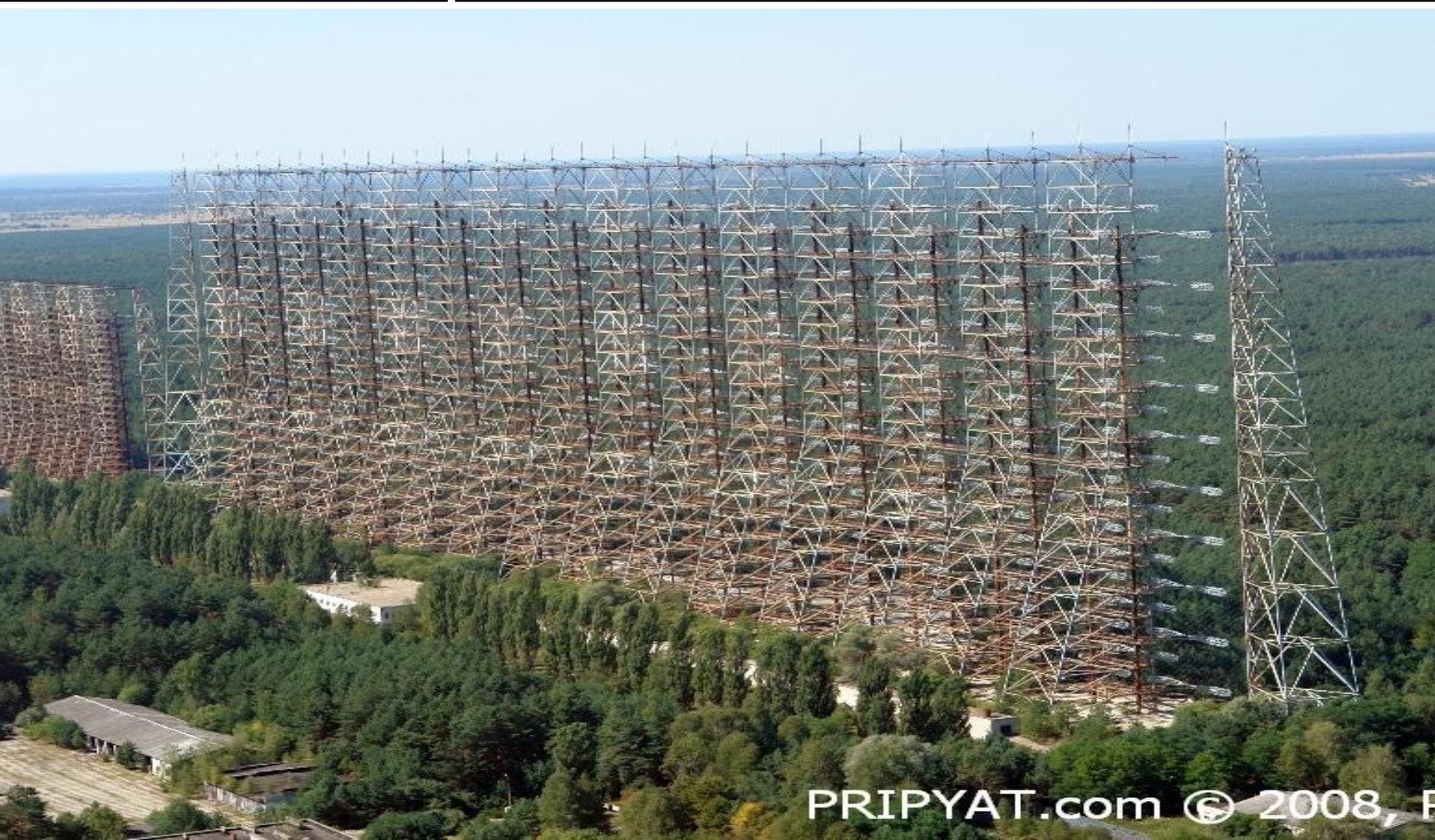
**По функциональному назначению :**

- от малогабаритных переносных РЛС измерения скорости автомобилей до огромных наземных РЛС систем противовоздушной (ПВО) и противоракетной (ПРО) обороны.

# РЛС Дон-2Н



# Загоризонтная РЛС «Дуга»

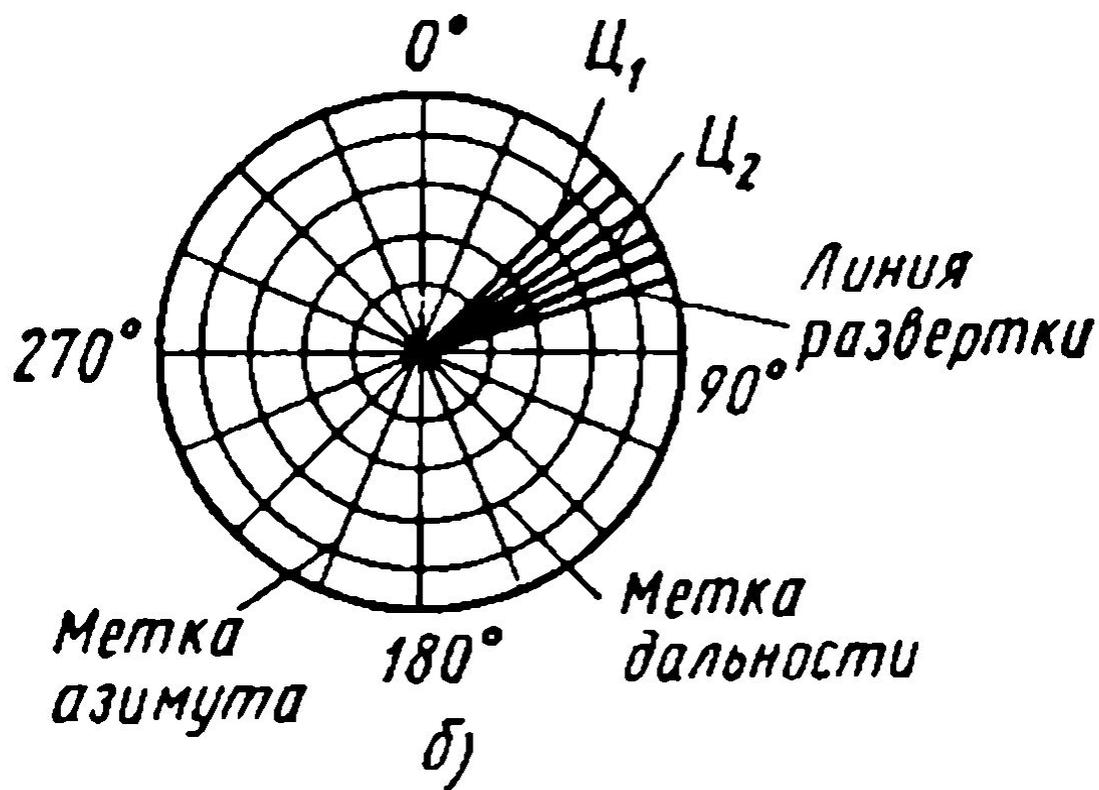


# Береговая РЛС



## РЛС кругового обзора

Принимаемые отраженные сигналы воспроизводятся на экране ЭЛТ индикатора кругового обзора, развертка которого вращается синхронно с вращением ДН антенны.



# Классификация РНС

**По способу определения местоположения объекта:**

- **Позиционные (угломерные, дальномерные, разностно-дальномерные и комбинированные)**

**По виду несущего информацию и измеряемого системой параметра радиосигнала:**

- Амплитудные
- Временные
- Частотные
- Фазовые

**По диапазону радиоволн.**

**Дальности действия систем:**

- Космические
- Глобальные
- Дальней и ближней навигации

**По месту расположения опорных станций:**

- Системы наземного и космического базирования

Спутник  
навигационной  
системы GPS



# Основные параметры системы

Тактико-технические характеристики

# Тактические характеристики РЛС и РНС

*Характеристики системы, определяющие ее функциональные возможности при практическом, в том числе и военном, применении.*

- Зона действия или рабочая зона системы, заданная сектором обзора по измеряемым параметрам объекта;
- Время обзора (поиска) заданного сектора или скорость обзора;
- Определяемые параметры (координаты), их число и точность измерения;
- Разрешающая и пропускная способность;
- Помехозащищенность;
- Надежность.

*Используют для оценки качества функционирования различных систем.*

# Надежность

Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения параметров, характеризующих способность выполнения требуемых функций в заданных режимах и условиях применения, хранения и транспортировки (ГОСТ 27002-82).

- аппаратная;
- программная;
- функциональная.

# Технические характеристики РЛС и РНС

- Метод обзора и измерения координат и параметров движения объекта;
- Рабочие частоты, стабильность, мощность, вид модуляции, ширина спектра излучаемых колебаний;
- Форма, ширина, коэффициент направленности антенны;
- Чувствительность и полоса пропускания приемного устройства;
- Вид и параметры устройств отображения и съема информации;
- Габариты и масса устройств, составляющих систему, потребляемая ими энергия от источников питания.

# Дальность действия радиолиний

# Дальность действия радиолинии СВЯЗИ

*Максимальное расстояние, на котором принимаемый сигнал достигает минимально допустимого (порогового) уровня.*

Максимальное значение дальности радиолинии

$$D_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{P_{\text{и}} G_{\text{и}} G_{\text{п}} \lambda_{\text{и}}^2}{(4\pi)^2 P_{\text{с мин}}}}$$

$P_{\text{и}}$  – мощность излучения;

$G_{\text{и}}$  и  $G_{\text{п}}$  – коэффициент усиления излучающей и приемной антенны;

$\lambda$  – длина радиоволны;

$P_{\text{с мин}}$  – мощность порогового сигнала, д.б. достаточной для извлечения информации с заданной достоверностью при наличии помех, включая собственный шум приемника.

# Уравнение дальности РЛС в свободном пространстве

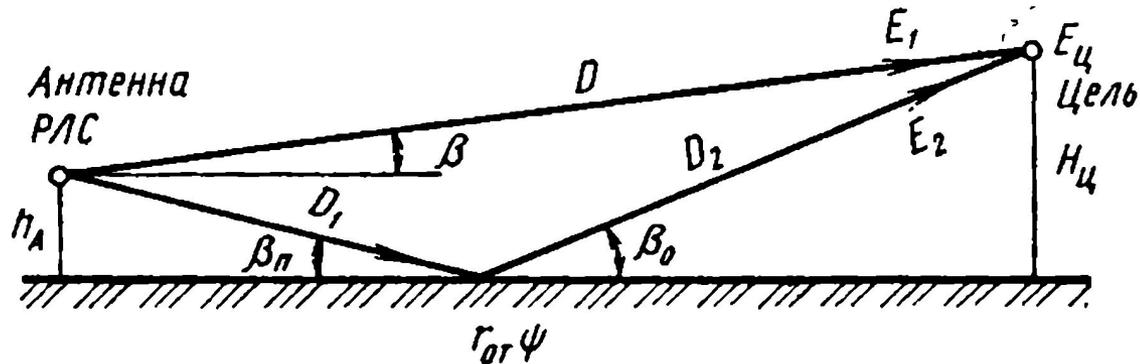
При увеличении дальности  $D$  мощность сигнала  $P_c$  падает, достигая порогового уровня  $P_c = P_{с\text{ мин}}$  при

$$D = D_{\text{макс}} = 4 \sqrt{\frac{P_{\text{я}} G_{\text{и}} G_{\text{п}} \lambda_{\text{и}}^2 \sigma_{\text{ц}}}{(4\pi)^3 P_{\text{с мин}}}}$$

*основное уравнение радиолокации*, отражает связь дальности действия РЛС с ее основными параметрами.

-  $\sigma_{\text{ц}}$  – эффективная площадь рассеяния цели

# Влияние отражения радиоволн от земной поверхности на дальность действия РЛС



Дальность обнаружения кораблей и низколетящих целей связана с энергией зондирующего импульса и для увеличения дальности действия РЛС в 2 раза, энергию импульса требуется увеличить в 256 раз.

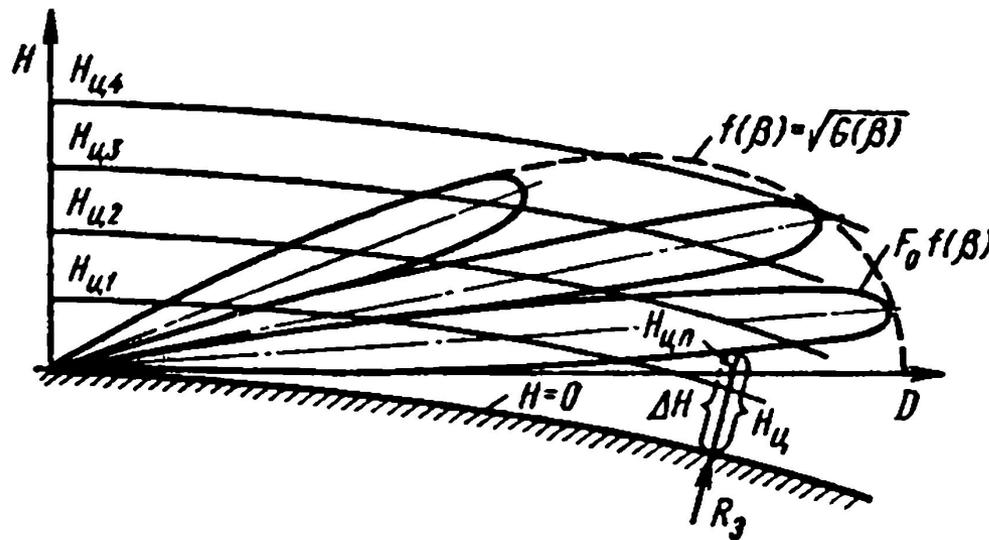
$$D_{0 \text{ макс}} = \sqrt[8]{\frac{8\pi E_n G^2 \sigma_{ц} h_A^4 H_{ц}^4}{\lambda_n^2 q_{\text{мин}}^2 k T_{ш} L_{п}}}$$

$q$  – параметр обнаружения;

$L_{п}$  – коэффициент потерь, показывает во сколько раз (на сколько Дб) следует увеличить мощность сигнала в реальной системе, чтобы обеспечить заданные параметры обнаружения.

# Дальность радиолокационного наблюдения с учетом поправки на кривизну Земли

Кривизна ограничивает дальность радиолокационного обнаружения.



$$D_r \approx 3,57(\sqrt{h_A} + \sqrt{H_u}),$$

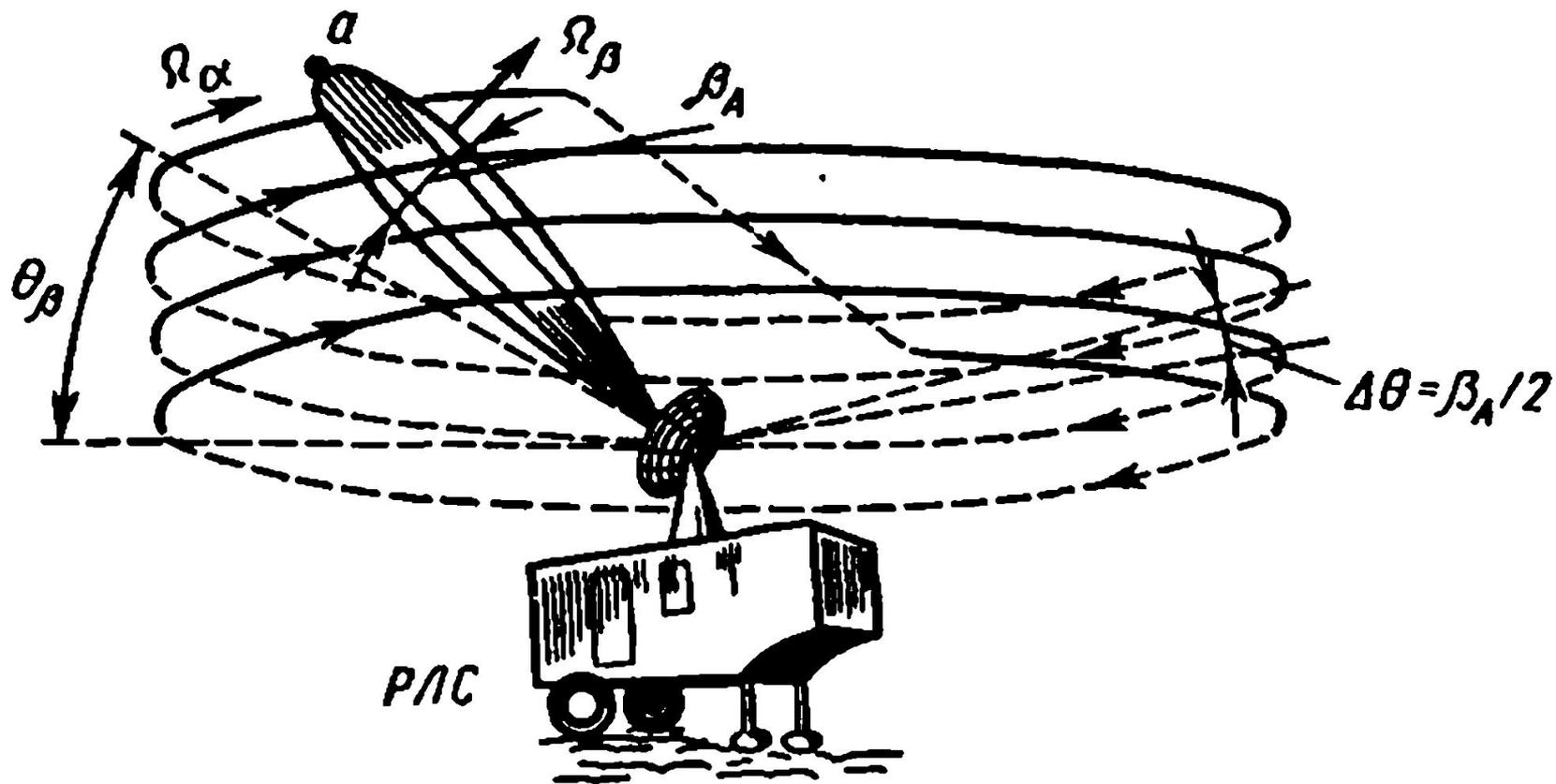
где  $D_r$  — в км;  $h_A$ ;  $H_u$  — в м.

# Влияние условий распространения на дальность действия РЛС и РНС

- Поглощение и преломление радиоволн (мм, см, дм) в тропосфере в радиолокации и ближней навигации.
- Отражение радиоволн (КВ, ДВ) от ионосферы в системах навигации и связи.
- Атмосферная рефракция радиоволн.
- Подстилающая поверхность. Затухание зависит от диэлектрической проницаемости и электропроводности почвы (морская радионавигация). РНС дальнего действия (ДВ, СДВ).
- Отражение радиоволн ионосферой (пространственные КВ). Сверхдальнее радиолокационное обнаружение (ядерные взрывы, запуск ракет) – эффект Кабанова, 1947г.

# Методы последовательного обзора пространства

# Винтовой обзор



# Спиральный метод обзора

