

# Организация специальной радиосвязи

**Тема № 11.** Принципы осуществления связи через искусственные спутники Земли.

**Занятие № 2.** Орбитальное движение искусственных спутников Земли.

### *Учебные вопросы:*

1. Элементы орбит искусственных спутников Земли.
2. Зона радиовидимости и трасса полета искусственных спутников Земли.
3. Характеристика основных типов орбит спутниковой связи.

## *Литература:*

1. Мещеряков И. В. В мире космонавтики. – Н. Новгород: изд-во Русский купец, 1996.
2. От простейшего спутника ПС-1 до Бурана. - М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2001.
3. Петрович И. Т., Камнев Е. Ф., Каблукова М. В. Космическая радиосвязь. – М.: Сов. Радио, 1979.
4. Тексты лекций по космической тематике. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 1999.

# 1. Элементы орбит искусственных спутников Земли

**Элементы орбит** – величины, характеризующие положение орбиты в пространстве и в плоскости орбиты, её размеры и форму, а также положение небесного тела на орбите (в частности КА на орбите ИСЗ).

Элементы орбит:

1.  **$i$  – наклонение орбиты** – угол, под которым плоскость орбиты пересекает экваториальную плоскость.
2.  **$\Omega$  - долгота восходящего узла** – угол между направлением из центра Земли на точку весеннего равноденствия и направлением на восходящий узел.

Наклонение орбиты и долгота восходящего узла определяется положением орбиты в пространстве.

3.  **$\omega$  – аргумент перигея** – угловое расстояние перигея от восходящего узла, измеренное в плоскости орбиты по направлению полета КА. аргумент перигея характеризует ориентацию орбиты в её плоскости.
4.  **$a=(r(a)+r(p)):2$**  – большая полуось. Она определяет размер орбиты.
5.  **$e=(r(a)-r(p)):2a$**  – эксцентриситет орбиты. Он определяет форму орбиты.

Форма орбиты в свою очередь зависит от скорости, которая сообщается космическому аппарату.

6. **Момент прохождения КА через перигей.** Этот элемент определяет положение КА на орбите в начальный момент времени – характеризует временную привязку движения КА.
7. **Аргумент широты** – угол, образуемый радиусом-вектором КА с линией узлов. Отсчитывается от направления на восходящий узел в направлении движения КА. Определяет положение КА на орбите в данный момент времени.

*В литературе часто встречаются различные модификации элементов орбиты: аномалия истинная, фокальный параметр, среднее движение, угол эксцентриситета, долгота перицентра, период обращения (T) и другие.*

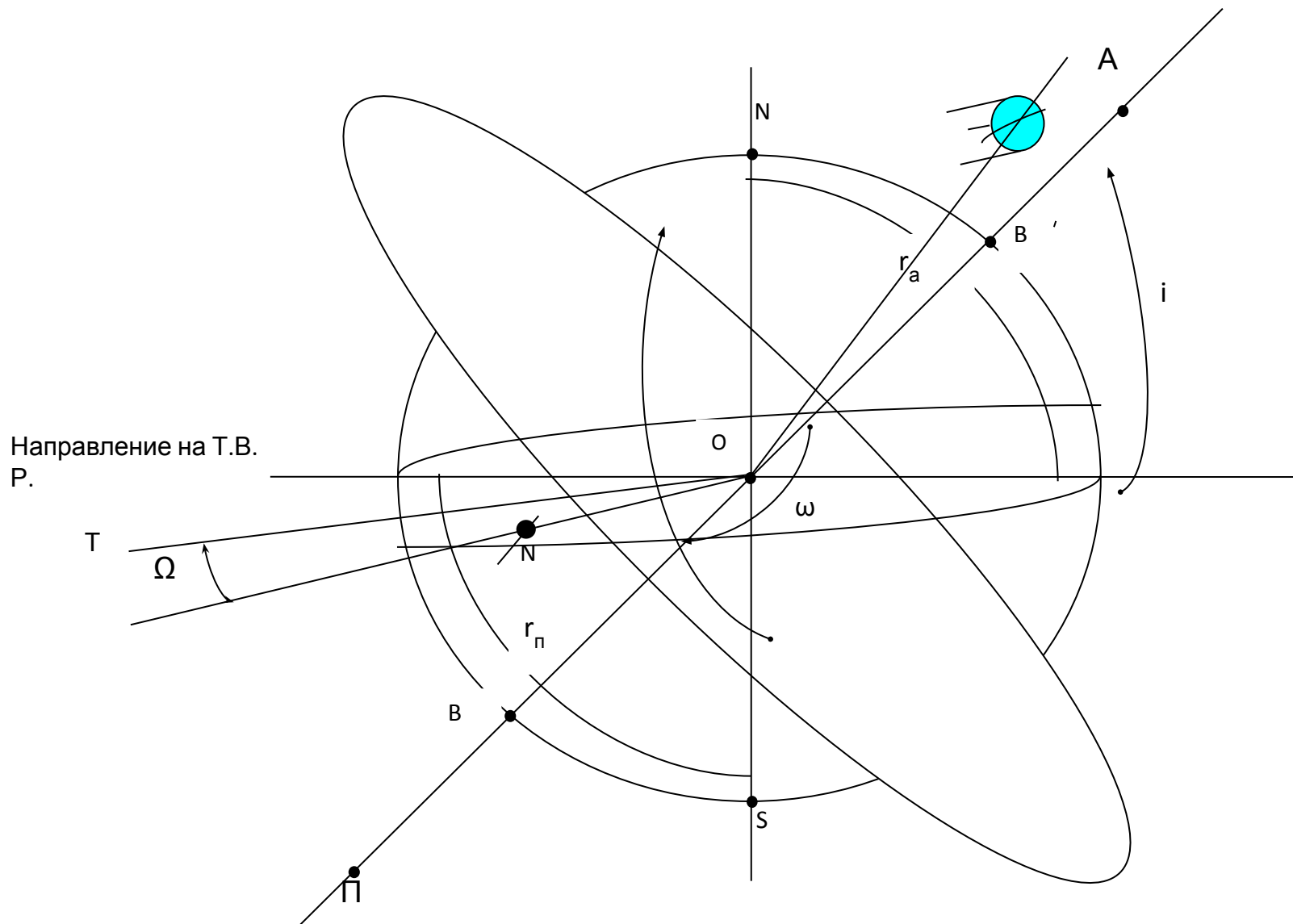


Рис. 1. Пассивная ретрансляция

## **2. Зона радиовидимости и трасса полета искусственных спутников Земли**

**Зона видимости** - часть земной поверхности, из любой (N-й) точки которой в данный момент можно провести прямую, соединяющую эту точку с точкой Д, где находится космический аппарат (прямая НД), и не пересекающую земную сферу (соблюдается условие «оптической видимости»).

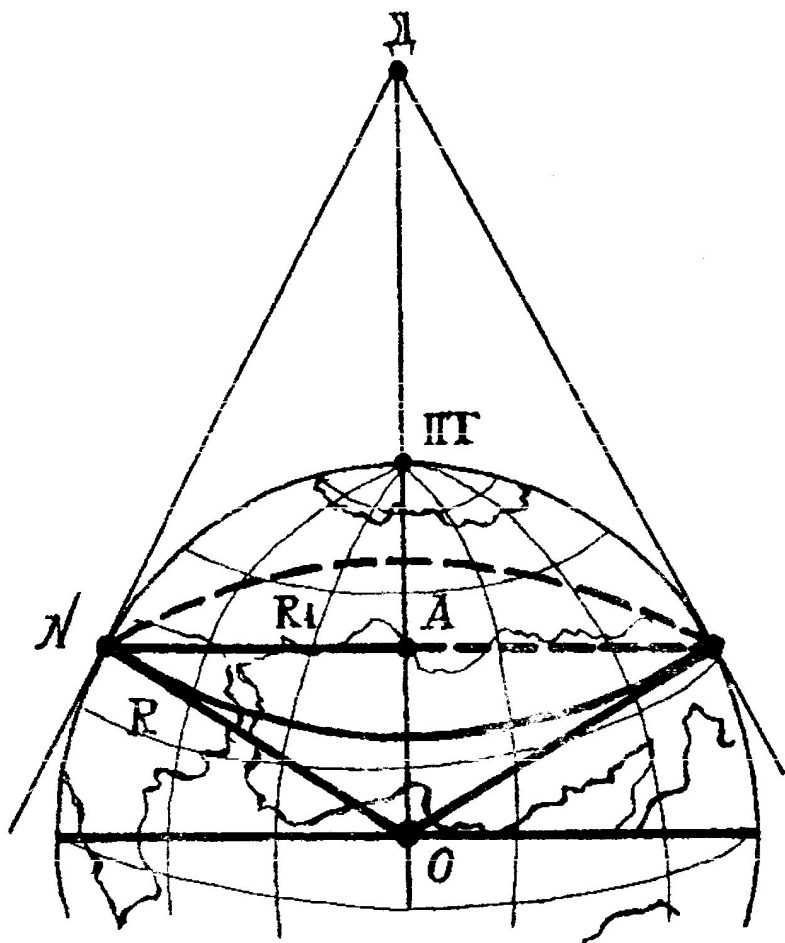
Другими словами, зона видимости - интервал времени непрерывной видимости космического аппарата с земной поверхности (с данного пункта управления).

Зона видимости является поверхностью сферического сегмента. Радиус  $R_1$  окружности, ограничивающей зону видимости (численно равен  $AN$ ), определяется соотношением

$$D = \frac{R}{H} \sqrt{H^2 - R^2}$$

где  $H$  - расстояние от центра земной сферы до КА (на рисунке - ОД)





$$R_1 = \frac{R}{H} \sqrt{H^2 - R^2}, \text{ где}$$

- $R_1$  - РАДИУС ЗОНЫ ВИДИМОСТИ;  
 $R$  - РАДИУС ЗЕМЛИ;  
 $H$  - РАССТОЯНИЕ ОТ ЦЕНТРА  
 ЗЕМНОЙ СФЕРЫ ДО КА.

Рис. 2. Зона видимости.

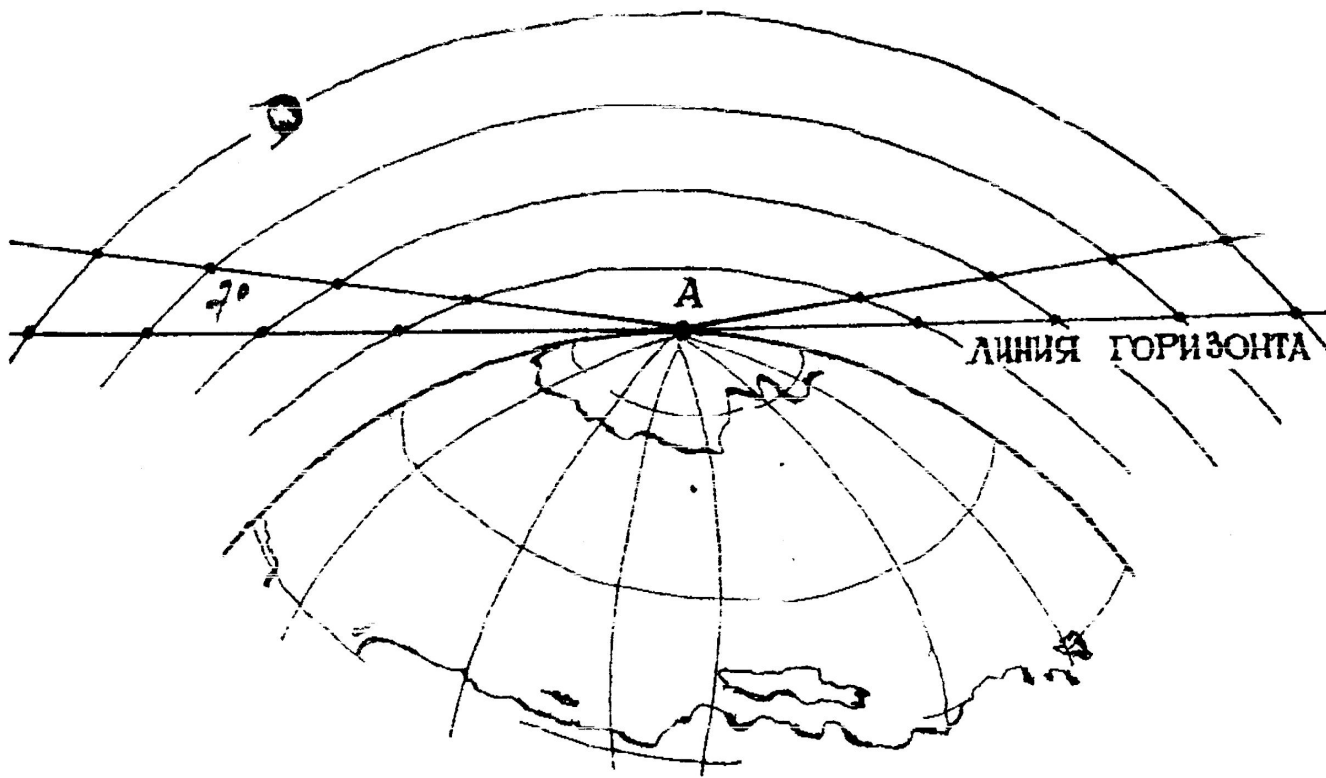


Рис. 3. Зона видимости как интервал времени непрерывной видимости КА с пункта А, через который проходит трасса полета КА.

Между ИСЗ и любым пунктом в его зоне видимости может быть установлена прямая радиосвязь, а между двумя пунктами, находящимися в зоне видимости одного и того же ИСЗ, - связь через данный ИСЗ. Для связного ИСЗ чаще всего употребляется понятие «зона обслуживания», которая лежит в зоне его видимости.

**Зона обслуживания** связного ИСЗ - часть земной поверхности, в географических точках которой выполняются два условия:

1) напряженность поля сигнала  $E$ , излучаемого установленным на ИСЗ активным ретранслятором, равна заданному уровню  $E$  или превышает этот уровень;

2) угол между плоскостью местного горизонта и направлением из этой точки на спутник («угол места») равен некоторому граничному значению  $\beta > 0$  или превышает его.

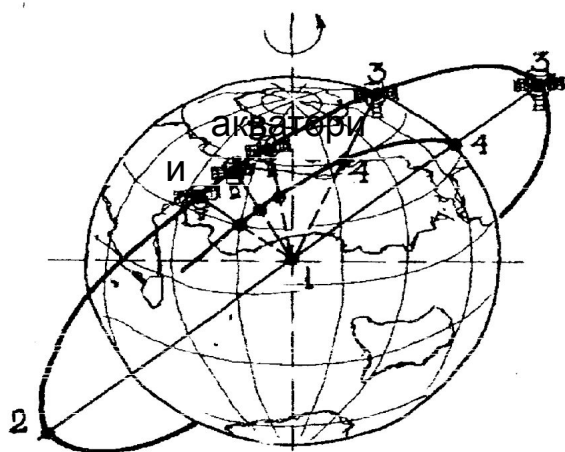
Зона обслуживания, являясь частью зоны видимости, по площади может быть существенно меньше последней. В зоне обслуживания связного ИСЗ.

**Трасса полета ИСЗ** - геометрическое место подспутниковых точек, или проекция орбиты ИСЗ на поверхность вращающейся Земли, на которой указано время прохождения отдельных пунктов (рис.1)

**Подспутниковой точкой** называется точка земной поверхности, из которой спутник в данный момент виден в зените.

Для описания полета космического аппарата используется глобус или карта, на которых отражается характер движения КА относительно Земли.

Маршрут движения космического аппарата относительно Земли называется **трассой**. Трасса полета спутника образуется проекцией его координат (на каждый момент времени) на Землю. Точка пересечения этой прямой с поверхностью Земли называется **подспутниковой точкой**. Соединение точек образует трассу.



- 1- ЦЕНТР ЗЕМЛИ
- 2- ОРБИТА КА
- 3- ПОЛОЖЕНИЕ КА НА ОРБИТЕ С ТЕЧЕНИЕМ ВРЕМЕНИ
- 4- ПОДСЛУННИКОВЫЕ ТОЧКИ, СОЕДИНЕННЫЕ В ТРАССУ

### Трасса полета КА

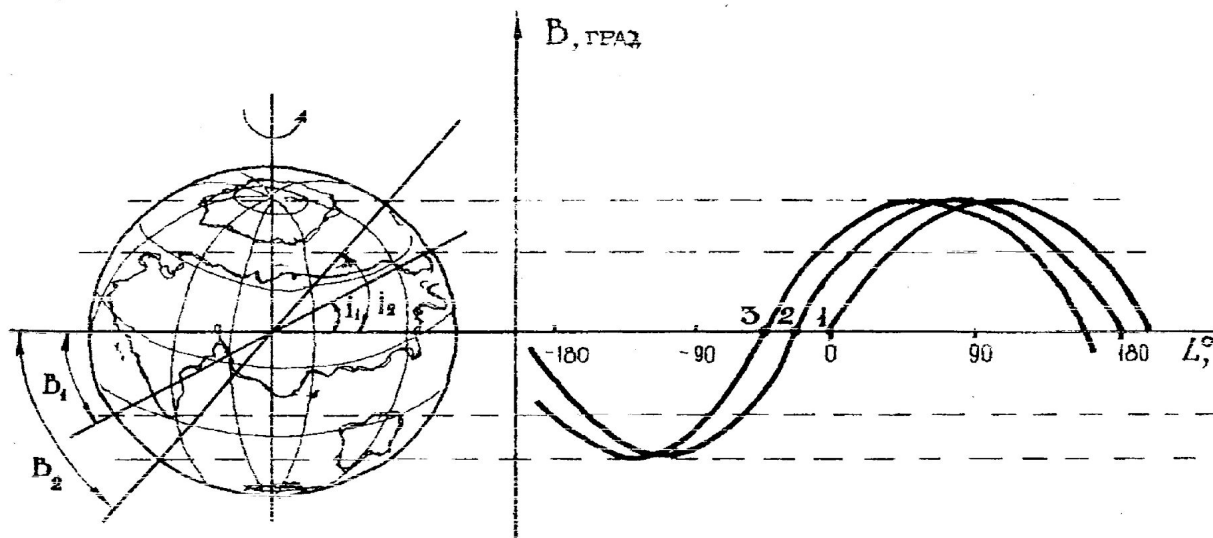


Рис. 4. Образование трассы ИСЗ на поверхности Земли

### **3. Характеристика основных типов орбит спутниковой связи**

## Классификация основных типов орбит

Признак классификации	Наименование орбит	Особенности орбиты
1. По наклонению	прямые обратные полярные экваториальные	$0^\circ < i < 90^\circ$ $90^\circ < i < 180^\circ$ $i = 90^\circ$ $i = 0^\circ$
2. По форме	круговые эллиптические	$e = 0$ $0 < e < 1$
3. Особые орбиты	геостационарные  солнечно-синхронные  изомаршрутные  квазиизомаршрутные	$i = 0, e = 0,$ $H = 35\,786 \text{ км.}$  Для орбит с высотой $H = 300 - 5900 \text{ км}$ и наклонением $i = 97^\circ \div 110^\circ$ угол между плоскостью орбиты и направлением на Солнце остается постоянным.  Ежедневно проходят по одной и той же трассе.  Через $n$ суток проходят по одной и той же трассе.