

***Основы теории  
радионавигационных систем и  
комплексов***

**SRNS.RU**

Преподаватель:

**Шатилов Александр**

**[shatilov@srns.ru](mailto:shatilov@srns.ru)**

Информация: **<http://srns.ru>** -> Курс радионавигации

# Литература

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радионавигационные системы. — М.: Радиотехника, 2011.
2. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. — М.: Радиотехника, 2003.
3. Ярлыков М.С. Статистическая теория радионавигации. — М.: Радио и связь, 1985.
4. Сборник задач по курсу «Радионавигационные системы» под ред. Бакулева П.А., Сосновского А.А. — М.: Радиотехника, 2011.
5. Авиационная радионавигация. Справочник: под ред. А.А. Сосновского. — М.: Транспорт, 1990.
6. А. А. Поваляев, А. В. Вейцель, Р. Б. Мазепа; под ред. А. А. Поваляева. Глобальные спутниковые системы синхронизации и управления движением в околоземном пространстве. — М.: Вузовская книга, 2012.
7. А.А. Монаков. Теоретические основы радионавигации: Учеб. пособие/ СПбГУАП. СПб., 2002

# Лекция 1.

## Общие сведения о навигации и радионавигации

ГДЕ Я ???

A photograph of a vast blue ocean under a clear sky, with the text 'ГДЕ Я ???' overlaid in large white letters. The ocean surface is covered in small, shimmering reflections of light, and the horizon line is visible in the distance.

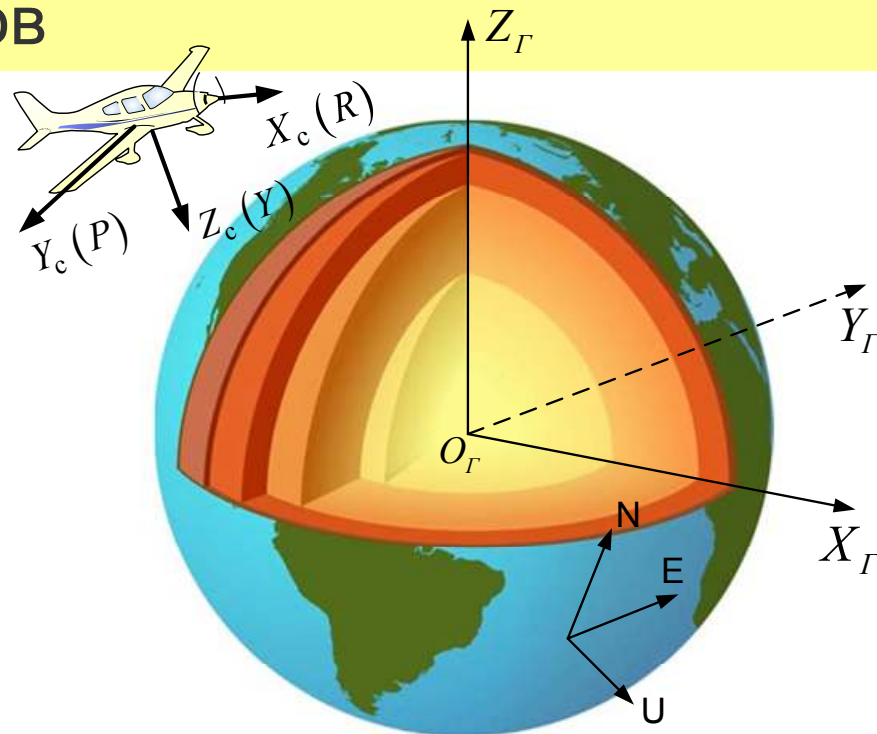
# Определения

**Навигация** - наука о методах и средствах получения информации о положении и движении подвижных объектов и о методах и средствах их вождения из одной точки пространства в другую

**Радионавигация** — наука о радиотехнических методах и средствах получения информации о положении и движении подвижных объектов

## Системы координат:

- глобальная
- локальная
- связанная с объектом



# Вектор состояния объекта

$$\mathbf{X}^T(t) = \left[ x(t) \quad y(t) \quad z(t) \quad V_x(t) \quad V_y(t) \quad V_z(t) \right]$$

текущие навигационные элементы

**Навигационные элементы** – величины, характеризующие положение, перемещение и вращение объекта в выбранной системе координат

Примеры навигационных элементов:

- координаты;
- компоненты вектора скорости;
- компоненты вектора ускорения;
- углы ориентации;
- компоненты вектора угловой скорости

**Навигационная задача** – задача определения текущего вектора состояния

# Навигационные и

## радионавигационные параметры

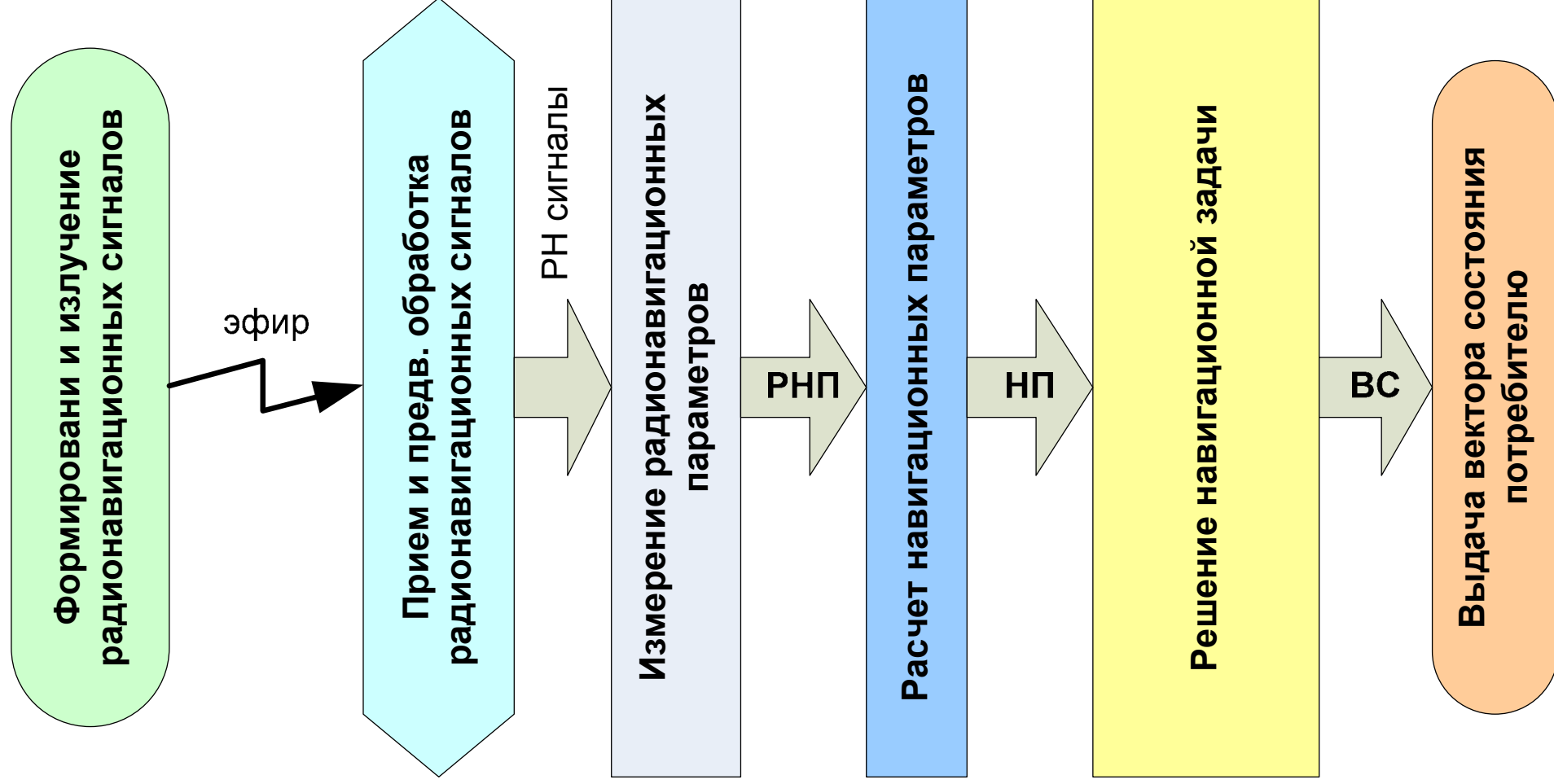
*\* Навигационные элементы как правило невозможно получить прямыми измерениями. Навигационные элементы рассчитываются по навигационным параметрам.*

**Навигационный параметр (НП)** - геометрическая величина, или одна из её производных, которая функционально связана с теми или иными навигационными элементами

**Радионавигационный параметр (РНП)** – параметр радиосигнала, измеряемый с помощью радиосредств.

Примеры	
Радионавигационный параметр	Навигационный параметр
Задержка сигнала $\tau$	Дальность $R = c\tau$
Доплеровская частота $f_d$	Радиальная скорость $V_p = f_d \lambda$

# Как работает радионавигационная система



# Методы определения текущего местоположения объекта

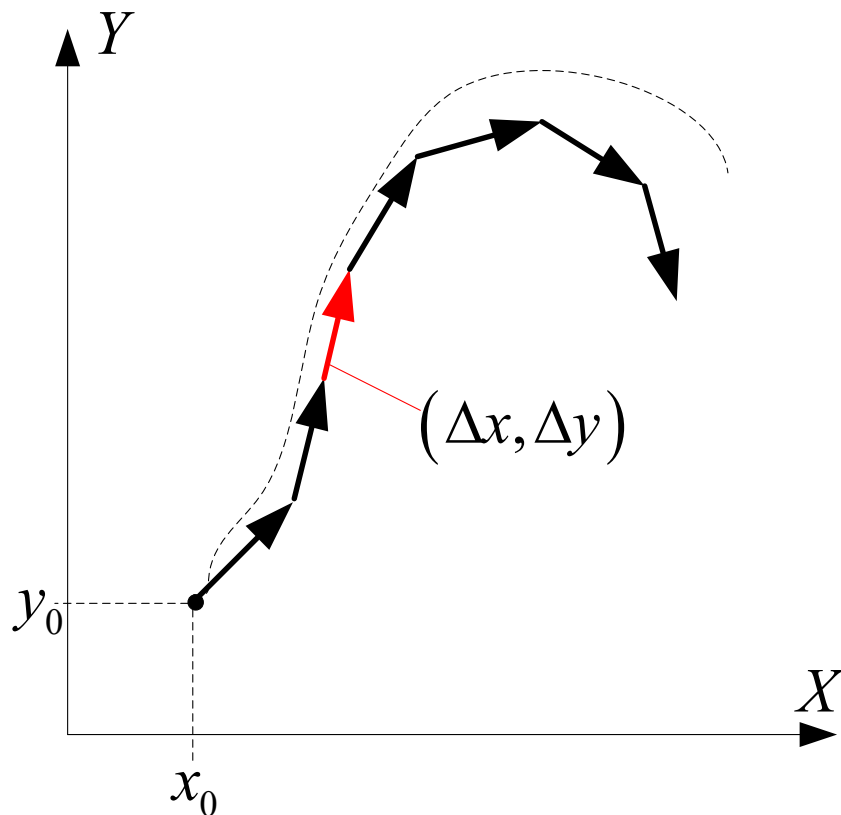
- методы счисления пути
- позиционные
- обзорно-сравнительные





# Методы счисления пути

Счислением пути называется метод определения текущего местоположения (координат) объекта, основанный на вычислении пройденного пути относительно известного начального положения объекта и направления движения.



Системы, реализующие методы счисления пути:

ИНС

ДИСС + гирокомпас (для ЛА)

ЛАГ + компас (для кораблей)

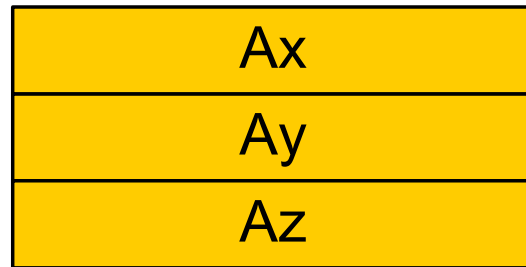
Шагомер + компас (для пешеходов)

Одометр + гироскоп (для автомобилей)

# Инерциальная навигационная система (ИНС)



Акселерометры

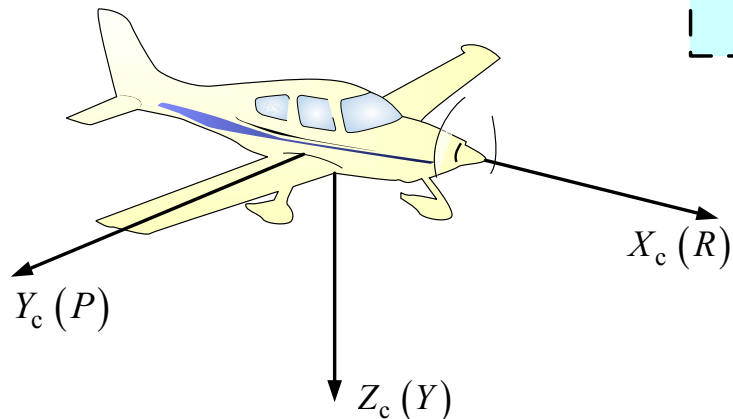


Гироскопы



Выход:  
Широта  
Долгота  
(Высота)  
 $V_e, V_n, V_u$   
Курс  
Крен  
Тангаж

Баровысотомер



Основа ИНС - уравнение Пуассона:

$$\frac{d\bar{R}}{dt} \Big|_I = \frac{d\bar{R}}{dt} \Big|_m + \bar{\omega}_m \times \bar{R}$$

# Достоинства и недостатки методов счисления пути

## Достоинства:

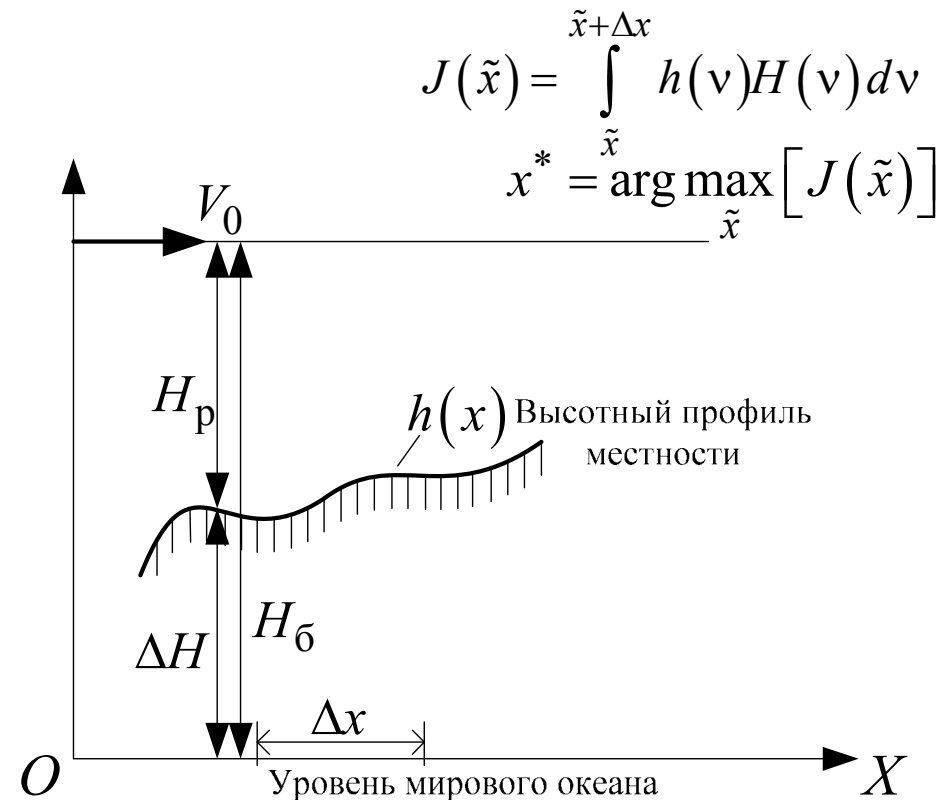
- Автономность.
- Высокая помехозащищенность

## Недостатки:

- Ошибка навигационных определений накапливается со временем

# Обзорно-сравнительные методы

Обзорно-сравнительные методы основаны на определении структуры какого-либо физического поля, характерного для данной местности, и сравнении параметров этого поля с параметрами, введенными в запоминающие устройства навигационных систем.



# Достоинства и недостатки обзорно-сравнительных методов

## Достоинства:

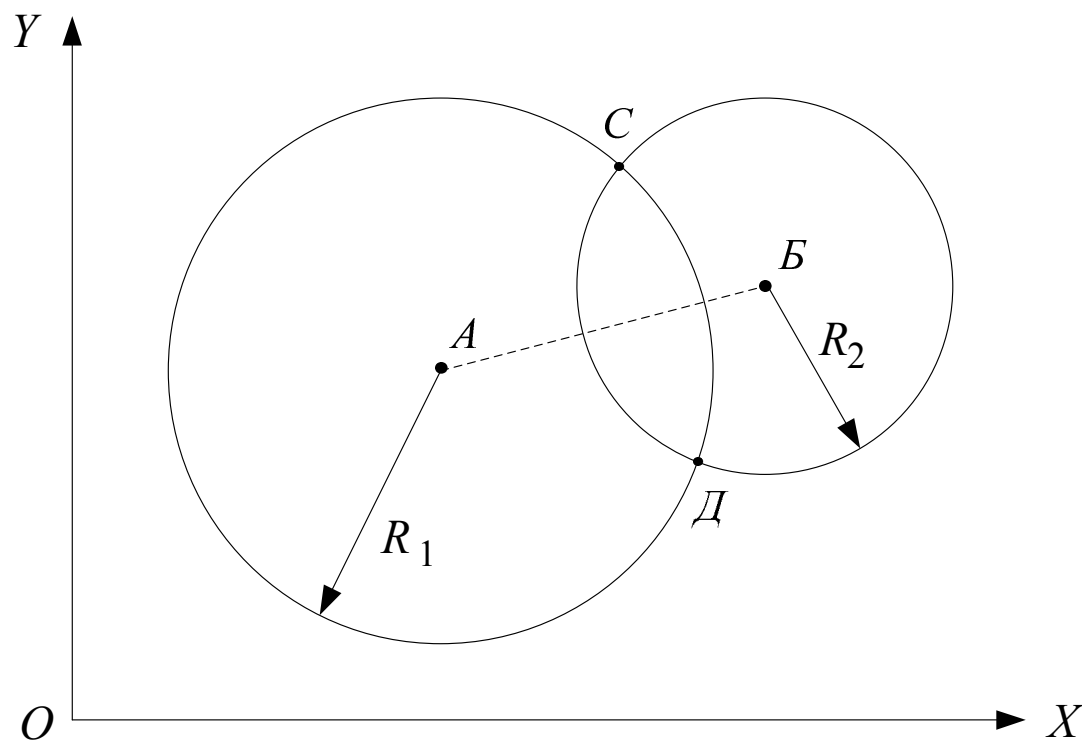
- Автономность
- Ошибка не накапливается со временем

## Недостатки:

- Невозможность работы над морем или в пустыне
- Невозможность работы в плохих метеоусловиях
- Демаскировка из-за РЛ излучения

# Позиционный метод

Позиционный метод основан на определении местоположения объекта путем засечек, представляющих собой точку пересечения двух или более линий (поверхностей) положения, относительно известных ориентиров



$$R_1 = \sqrt{(x_A - x_{C(D)})^2 + (y_A - y_{C(D)})^2}$$

$$R_2 = \sqrt{(x_B - x_{C(D)})^2 + (y_B - y_{C(D)})^2}$$

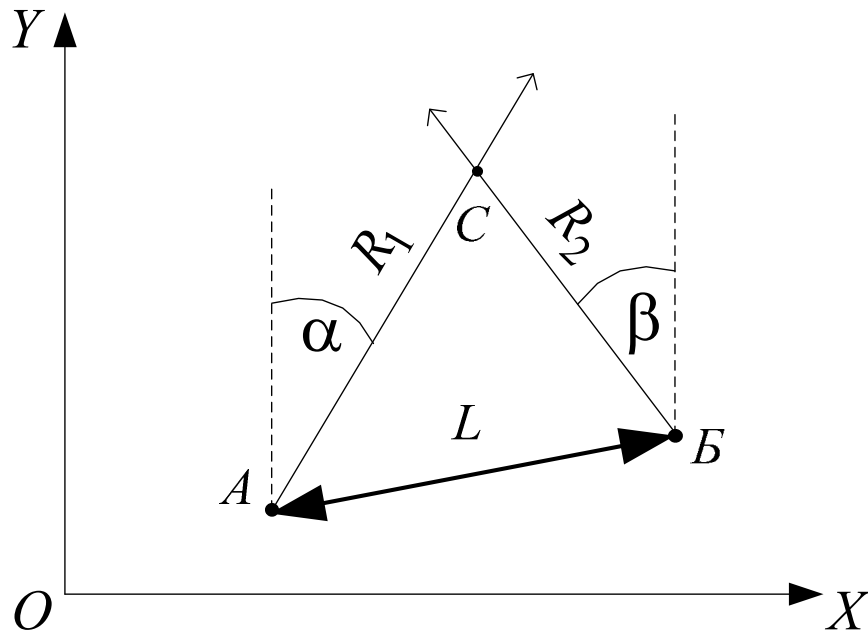
Координаты точек А и Б известны (радиомаяки).

Измеряются дальности  $R_1$  и  $R_2$

Объект находится в точке С или Д

# Позиционный метод

## Другой пример



Координаты точек А и В известны (радиомаяки).

Измеряются углы  $\alpha$  и  $\beta$

Объект находится в точке С

$$L = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$$

$$x_C = x_A + R_1 \sin(\alpha) = x_A + \frac{L \cos(\beta) \sin(\alpha)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$y_C = y_A + R_1 \cos(\alpha) = y_A + \frac{L \cos(\beta) \cos(\alpha)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

# Достоинства и недостатки позиционного метода

## Достоинства:

- Не требуется знание пройденного ранее пути
- Ошибка не накапливается со временем

## Недостатки:

- Необходима инфраструктура (радиомаяки, средства информационного обеспечения)
- Низкая помехозащищенность