



## **Вариант 1.**

- 1. Что такое профиль полета?**
- 2. Перечислить основные задачи воздушной радионавигации.**
- 3. Перечислите системы координат, которые вы знаете.**

## **Вариант 2.**

- 1. Что такое маршрут полета?**
- 2. Перечислить основные этапы полета.**
- 3. Перечислить основные группы навигационных параметров движения ЛА.**



# Модуль технической (специальной) ПОДГОТОВКИ

## Дисциплина «Техническая подготовка»

### Раздел № 2. Основы радионавигации и средства радиотехнического обеспечения полетов авиации

Руководитель занятия  
полковник **Белоус Сергей Ильич**



## **ТЕМА №4**

### **Радионавигационные системы (РНС) и их применение**

Порядок изучения темы: Л1-2ч, ГЗ1-2ч, ГЗ1-2ч, ГЗ1-2ч.

#### **Занятие № 1 (лекция)**

### **Измеряемые параметры и характеристики РНС**

#### **УЧЕБНЫЕ ЦЕЛИ ЗАНЯТИЯ:**

- 1. Рассмотреть основные методы измерения навигационных параметров с помощью радионавигационных систем (РНС).**
- 2. Изучить основные тактические и технические характеристики, применяемые для оценки возможностей РНС.**

#### **УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:**

- 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью радионавигационных систем.**
- 2. Тактические и технические характеристики радионавигационных систем.**



## Введение

**К радиотехническим методам измерения навигационных параметров относятся:**

- методы измерения дальности;**
- методы измерения угловых координат;**
- методы измерения скорости;**
- метод счисления пути.**



## 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.

**Дальность является наиболее тактически важной координатой объекта.**

**Методы измерения дальности подразделяются на три разновидности:**

- временной (импульсный, по временной задержке);**
- частотный;**
- фазовый.**

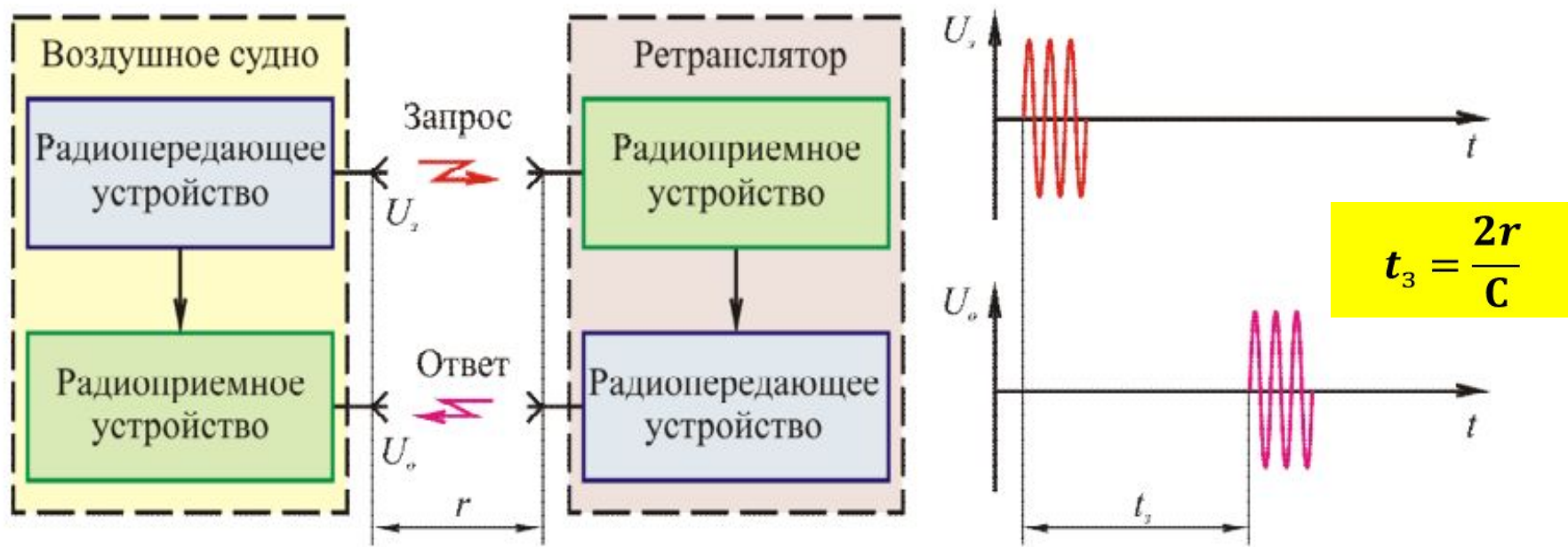
**Временной (импульсный) метод чрезвычайно широко применяется в радиолокации, дальномерном канале радионавигационных систем ближней навигации, самолетных радиодальномерах и радиовысотомерах.**

**Частотный метод обычно используется в радиовысотомерах малых высот, а фазовый метод характерен для радионавигационных систем дальней навигации, использующих диапазоны ДВ и СДВ.**



# 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.

Сущность импульсного метода состоит в использовании зависимости временного интервала между моментами излучения и приема сигналов от дальности между источником и приемником сигналов, при этом режимы измерения могут быть запросным или беззапросным.



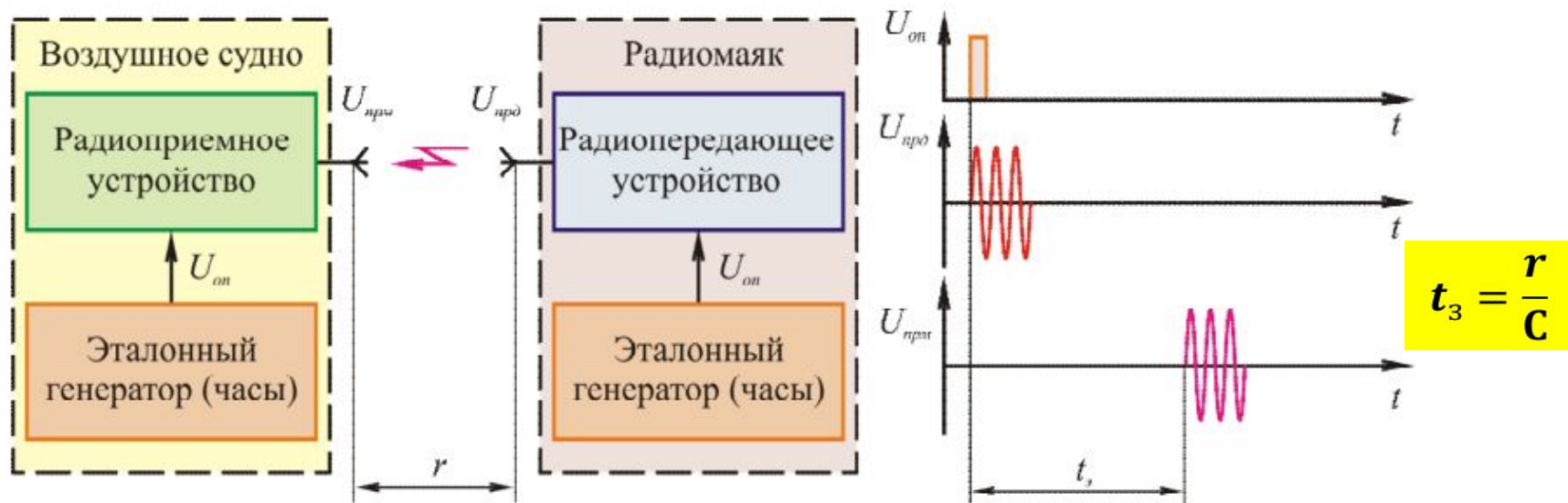
Достоинства запросного режима: простота бортовой аппаратуры.

Недостатки: ограниченная пропускная способность, наличие дополнительного передатчика на борту воздушного судна.



# 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.

Сущность беззапросного режима заключается в формировании с помощью высокоточных часов в строго определенные моменты времени импульсных меток (меток времени).



На борту ЛА и на земле такие метки формируются в один и тот же момент времени. На земле (в радиомаяке) радиопередающее устройство излучает импульсный сигнал в момент формирования метки  $U_{оп}$ .

Достоинства беззапросного режима: отсутствие дополнительного радиопередающего устройства на борту воздушного судна; неограниченная пропускная способность.

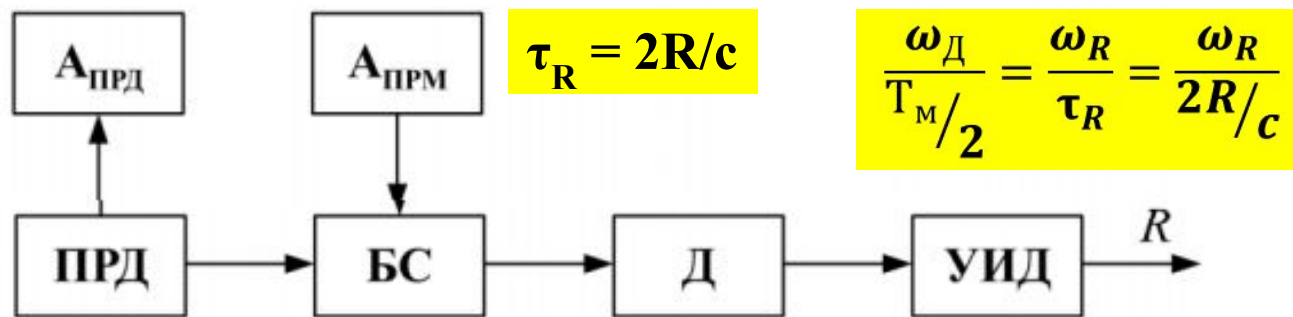
Недостатки: потребность в использовании высокоточных эталонных генераторов (часов) меток времени и необходимость в периодическом согласовании их показаний.



## 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.

Сущность частотного метода измерения дальности состоит в использовании приращения частоты излучаемых частотно-модулированных (ЧМ) сигналов относительно принимаемых, обусловленного сдвигом во времени их закона частотной модуляции вследствие конечного времени распространения от источника к приемнику сигналов.

Принцип данного метода заключается в том, что каждому значению дальности  $R$  должна соответствовать одна и только одна частота  $\omega_R = 2\pi f_R$ , поступающая в устройство измерения дальности. При этом в большинстве случаев частота  $\omega_R$  не содержится (в явном виде) в принятом сигнале, а формируется внутри радиоприемного устройства.



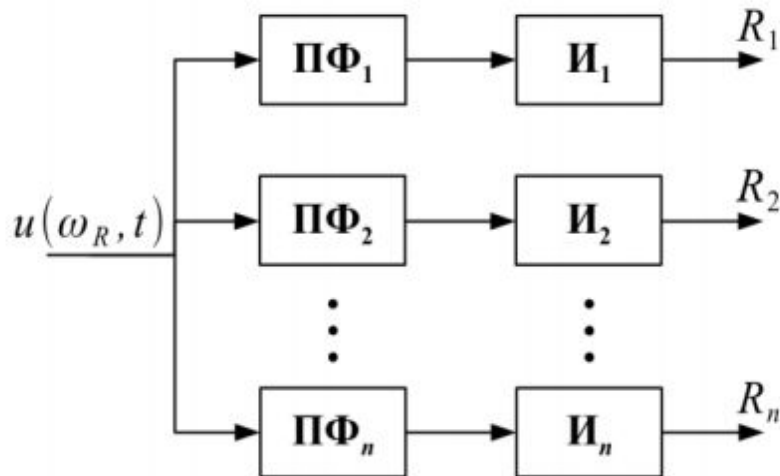
где  $\omega_D = 2\pi f_D$  – частота девиации;  $T_M$  – период ЧМ





# 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.

## Структура устройства измерения дальности



Полосы пропускания всех фильтров выбраны из условия соответствия интервала времени, на котором производится измерение, разностной частоте  $\omega_R$ . Индикатор (И) фиксирует факт срабатывания  $i$ -го фильтра и вырабатывает собственный отчет  $R_i$ , соответствующий дальности  $R$ .

Особенностью частотного метода дальнометрии является дискретность отчета дальности: если истинная дальность до объекта может изменяться сколь угодно плавно, то измеренное значение дальности всегда будет равно целому числу дискретов. Рассмотренный частотный метод измерения дальности обычно используется в самолетах и вертолетах для измерения малых высот.



## 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.

**Фазовый метод измерения дальности основан на измерении фазового сдвига  $\Delta\varphi$  между несущими колебаниями излученного и ретранслированного сигналов в случае запросного режима измерений или между излученными и принятыми сигналами в случае беззапросного режима.**

**Фазовый метод измерения дальности обладает наивысшей (по сравнению с временным и частотным методами) точностью измерения расстояния.**

**Недостаток: возможность неоднозначного измерения дальности.**



## 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.

Угловые координаты (азимут  $\alpha$  и угол места  $\beta$ ) объекта относятся к числу первоочередных тактически значимых координат этого объекта.

Направление на источник излучения (ИИ) (или пеленгование ИИ) определяется с помощью антенн, ДНА которых позволяют установить направление прихода ЭМВ (направление на ИИ). Пеленгаторы служат для определения угловых координат ИИ.

В зависимости от параметра сигнала, содержащего информацию о направлении на ИИ, различают следующие угломерные системы: **амплитудные, фазовые, частотные, доплеровские и временные.**



## 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.

Амплитудные методы углометрии основаны на использовании зависимости амплитуды или параметров амплитудной модуляции (АМ) сигналов от направления на ИИ.

При этом зависимость амплитуды сигнала от направления создается за счет ДН антенной системы радиопеленгатора, а зависимость параметров АМ от направления – путем комбинации сигналов с выхода антенн радиопеленгатора.

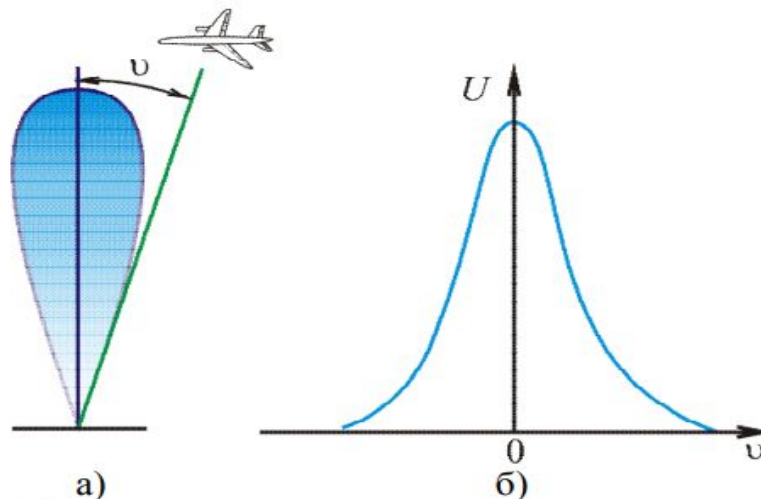
Известны три разновидности амплитудного метода:

- пеленгование по максимуму,
- по минимуму,
- пеленгование на основе сравнения.

В современных авиационных радиосистемах зачастую используется комбинирование указанных методов.



## 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.



Пояснение к амплитудному методу максимума:

а – диаграмма направленности антенны;

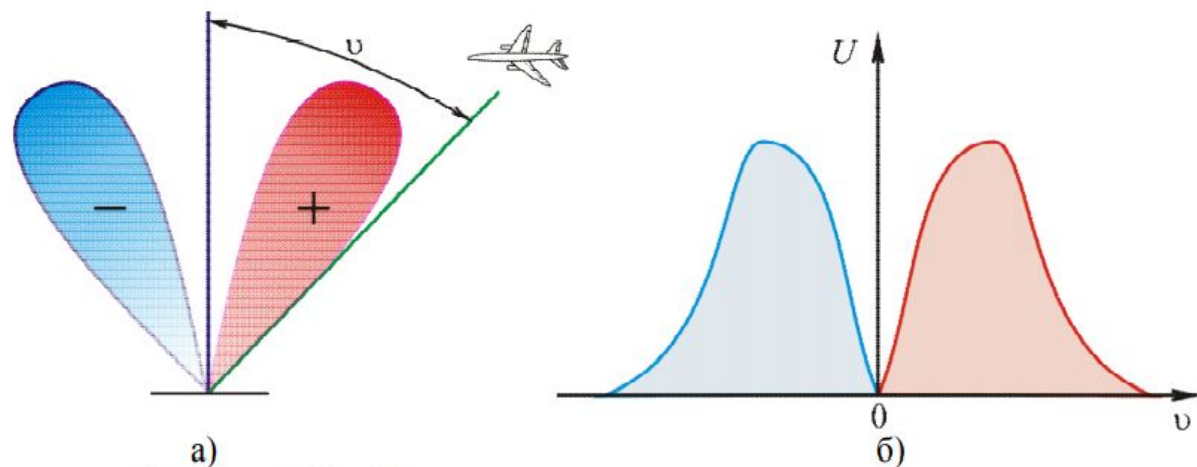
б – зависимость амплитуды  $U$  от угловой координаты  $\nu$

Достоинства метода максимума – сравнительная аппаратная простота, максимальный уровень принимаемого сигнала, высокая помехоустойчивость, возможность передачи какой-либо дополнительной информации по каналу «ВС – радиомаяк».

Недостатки метода максимума – низкая точность и угловая чувствительность (в области пеленгования крутизна пеленгационной характеристики близка к нулю).



# 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.



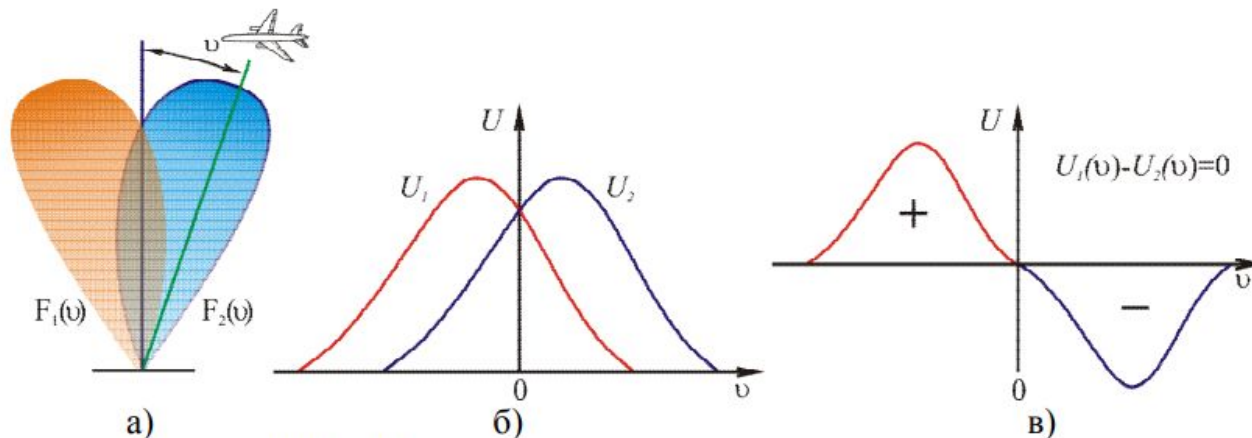
**Пояснение к амплитудному методу минимума:**  
**а** – диаграмма направленности антенной системы;  
**б** – зависимость амплитуды  $U$  от угловой координаты  $v$

**Достоинства метода минимума – достаточно высокая точность и угловая чувствительность, возможность определения стороны отклонения от направления нулевого приема (возможность автоматизации процесса измерения пеленга).**

**Недостатки метода минимума – низкое отношение сигнал/шум на выходе антенной системы в области пеленга, что не позволяет передавать какую-либо дополнительную информацию по каналу «ВС – радиомаяк».**



# 1. Методы измерения навигационных параметров с помощью РНС.



**Пояснение к равносигнальному амплитудному методу:**

**а – диаграммы направленности антенн;**

**б – зависимость амплитуд сигналов на выходе антенн от направления;**

**в – разность амплитуд при измерении направления равносигнальным методом**

**Достоинства равносигнального метода – высокая помехоустойчивость, точность и угловая чувствительность при сохранении однозначности пеленгования, возможность определения величины и стороны отклонения пеленгуемого объекта от РСН.**

**Недостатки метода – сложность получения идентичных пересекающихся ДНА.**



## 2. **Тактические и технические характеристики радионавигационных систем.**

**Тактическими характеристиками РНС называются такие, которые определяют ее функциональные возможности при применении.**

**Технические характеристики РНС отражают инженерные решения, обеспечивающие выполнение заданных тактических характеристик.**





**К основным тактическим характеристикам РНС относятся:**

- **точность определения навигационных параметров;**
- **рабочая зона (зона действия);**
- **дальность действия;**
- **доступность (эксплуатационная готовность);**
- **непрерывность обслуживания;**
- **дискретность определения навигационного параметра;**
- **пропускная способность;**
- **разрешающая способность;**
- **быстродействие;**
- **помехозащищенность;**
- **эксплуатационная эффективность;**
- **надежность и др.**



## 2. **Тактические и технические характеристики радионавигационных систем.**

**К основным **техническим характеристикам РНС** можно отнести:**

- **метод измерения навигационных параметров;**
- **рабочие частоты и их стабильность;**
- **мощность излучения;**
- **вид и параметры модуляции используемых сигналов;**
- **ширина спектра излучаемых колебаний;**
- **форма и ширина ДНА;**
- **КНД антенны;**
- **чувствительность и полоса пропускания приемного устройства;**
  - **характеристики устройств отображения и съема информации;**
- **массогабаритные показатели;**
- **потребляемая мощность.**



## Заключение

Таким образом, на лекции рассмотрены основные методы измерения навигационных параметров с помощью радионавигационных систем, основные тактические и технические характеристики, применяемые для оценки возможностей РНС.

**Спасибо за  
внимание.**