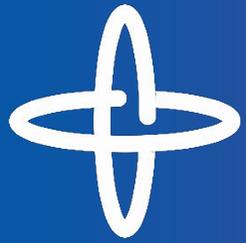


ГУАН



ГУАП

[guap.ru](http://guap.ru)

# РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

ЛЕКЦИЯ  
5

Санкт-  
Петербург  
2022

## ЛЕКЦИЯ 5

3

### **Тема** : Дальность действия многопозиционных РНС (МРНС)

0. Повторение пройденного материала: Точность позиционирования в многопозиционных РНС
1. Дальность действия и Рабочие Зоны многопозиционных РНС – РЗ дальномерной РНС.
  2. Рабочие зоны угломерных многопозиционных РНС.
  3. Рабочие зоны разностно-дальномерных многопозиционных РНС
  4. Формирование рабочей зоны разностно-дальномерной системы РНС
  5. Задание на самостоятельную работу

УДК 629.123.053  
ББК 39.471

**Баженов, А.В. РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ/**  
Учебное пособие. [Текст]/ А.В. Баженов, Г.И. Захаренко, А.Н.  
Бережнов, К.Ю. Савченко./ Под ред. А.В. Баженова – Ставрополь:  
СВВАИУ(ВИ), 2007. – 202с.

Учебное пособие написано в соответствии с учебным планом дисциплины «Радионавигационные системы» специальностей 201300 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования». В нем изложены теоретические основы построения и функционирования авиационных радионавигационных устройств и систем. Приведены примеры реализации теоретических положений в бортовом навигационном оборудовании современных воздушных судов.

Труд по написанию учебного пособия распределен следующим образом. Баженовым А.В. написаны введение и первый раздел. Савченко К.Ю. написан второй раздел учебного пособия. Бережновым А.Н. написаны главы 3.1-3.4. Захаренко Г.И. написан четвертый раздел и главы 3.5-3.7. Общая редакция учебного пособия выполнена Баженовым А.В.

**1. Баженов, А.В.**  
**РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ**  
**СИСТЕМЫ/**  
Учебное пособие. [Текст]/ А.В.  
Баженов, Г.И. Захаренко, А.Н.  
Бережнов, К.Ю. Савченко./ Под ред.  
А.В. Баженова – Ставрополь:  
СВВАИУ(ВИ), 2007. – 202с.

Изучив теоретический  
материал, представленный на стр. 103  
– 129. законспектировать определения  
рабочих зон и дальности действия  
многопозиционных РНС

## Билет 11

1. Показать ЛП дальномерного-дальномерного метода, оценить точность их определения по соотношению сигнал/шум на заданной дальности, длительности импульса ( $\tau_{\text{и}}=5$  мкс,  $q=30$  дБ)

## Билет 12

1. Показать ЛП угломерного-угломерного метода, оценить их точность по СКО измерения угла на заданной дальности (РНС АРК-15,  
2.  $\sigma_{\alpha} = 2$ град,  $D=200$  км)

## Билет 13

1. Показать ЛП разностно-дальномерного метода, оценить точность ее определения при точности фазометра 3%, заданной несущей  $f_0$  (длит колебания), (Импульсно-фазовая РНС «Лоран»,  $f_0=100$  кГц ,  
 $\psi_{\text{базы}} = 80$  град,  $D_{\text{рнт1}} = D_{\text{рнт2}} = 200$  км)



- Погрешность определения местоположения зависит не только от точности нахождения элемента  $W$ , но и от типа позиционной системы, влияющего на значение **коэффициента линии положения  $k$** , и **от расположения опорных станций и объекта, которое сказывается на значении угла  $\gamma$** .
- В системах, состоящих из однотипных устройств (измерителей дальности или углов), к числу которых относятся дальномерные, разностно-дальномерные, угломерные и некоторые другие, естественно предположить, что точность определения элемента  $W$  одинакова, т.е. . Так как по условию  $k_1=k_2=k$ , то

$$\sigma_{\text{мп}} = \frac{k}{\sin \gamma} \sigma_W \sqrt{2}$$

**Геометрический фактор, для данных систем, определяется выражением**

$$\Gamma = \sqrt{2} \frac{k}{\sin \gamma}$$





# Дальность действия позиционных РНС.

## Рабочие зоны дальномерной РНС

- **Рабочая зона навигационной системы на плоскости** ограничена площадью, в пределах которой **погрешность определения местоположения с заданной величиной вероятности не превосходит выбранного значения**

- В дальномерно-дальномерной РНС погрешность определения местоположения:

$$r_{\sigma} = \frac{1}{\sin \gamma} \sqrt{(k_1 \sigma_{W_1})^2 + (k_{21} \sigma_{W_2})^2 + 2\rho k_1 k_2 \sigma_{W_1} \sigma_{W_2} \cos \gamma}$$

$$r_{\sigma} = \frac{\sigma_0}{\sqrt{2} \sin \gamma} \sqrt{1 + \rho \cos \gamma} \quad r_{\sigma} = \frac{0,212 \sigma_0}{\sin \gamma} \sqrt{1 + \rho \cos \gamma}$$

- **Кривой одинаковой погрешности соответствует равный угол пересечения ЛП  $\gamma$ .**

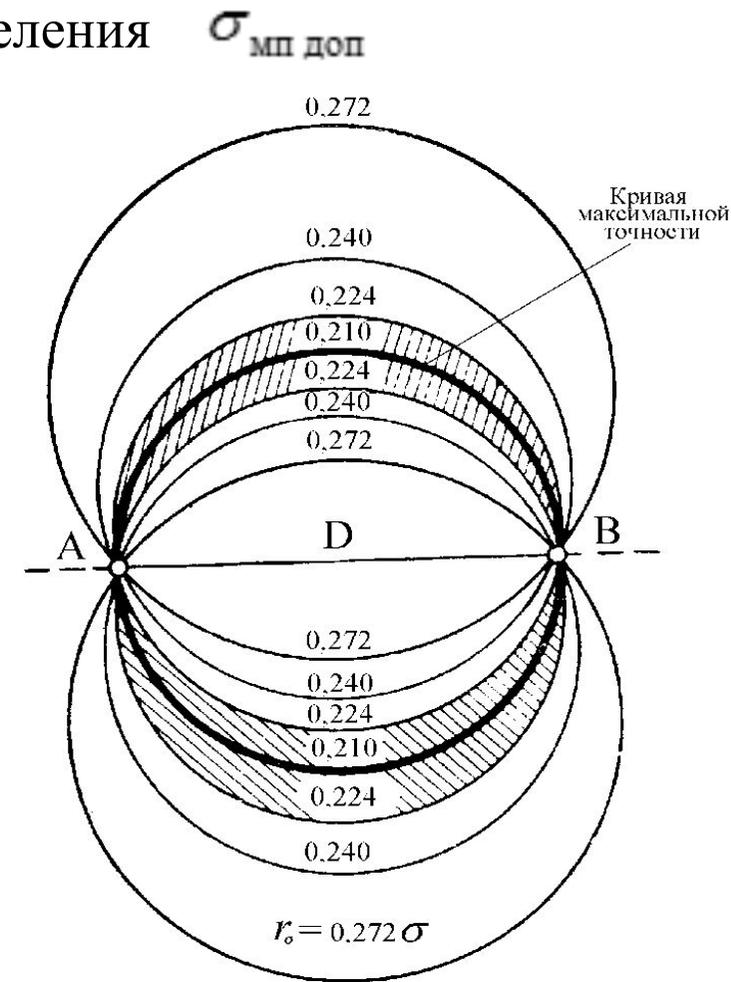
Минимальная погрешность определения местоположения будет при пересечении линий положения под прямым углом на окружности с диаметром размера

базы

$$r_{\sigma_{\text{MIN}}} = \frac{\text{При малых } \sigma_0}{\sqrt{2}}$$

$$r_{\sigma} \approx \frac{\sigma_0 D_0}{\sqrt{2} D}$$

$$\sin \gamma \approx \gamma = \frac{D}{D_0}$$

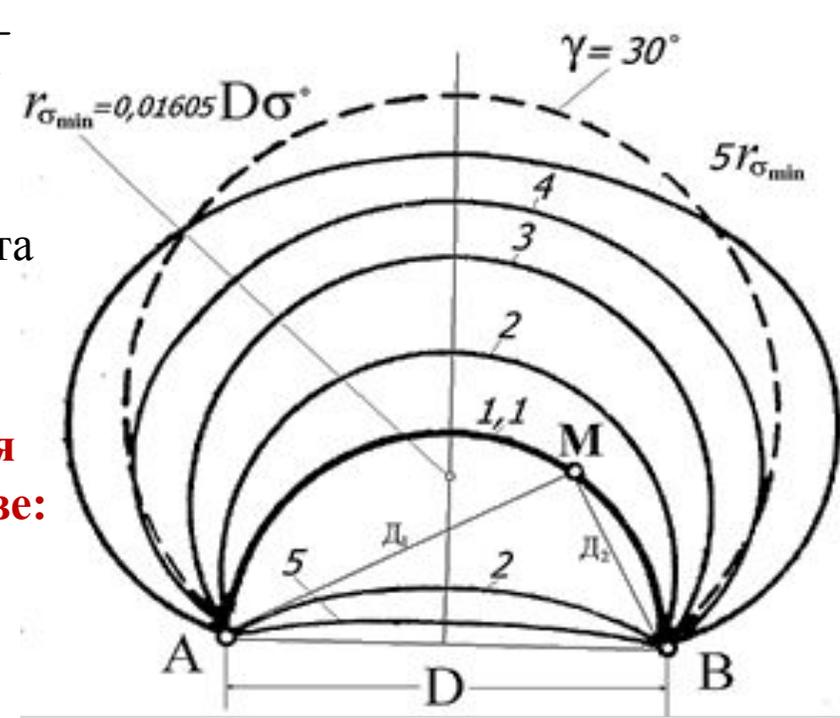




## 2. Рабочие зоны угломерных многопозиционных РНС

$$r_{\sigma} = \frac{0,0174\sigma_0^{\boxtimes}}{\sin \gamma} \sqrt{D_1^2 + D_2^2 + 2\rho D_1 D_2 \cos \gamma}$$

где  $\sigma_0^{\boxtimes}$  – среднеквадратическая погрешность измерения азимута в градусах.



**Минимальная погрешность определения местоположения будет в двух точках на перпендикуляре к базе: сверху и симметрично ей снизу**

$$r_{\sigma_{\text{MIN}}} = 0,01605 D \sigma_0^{\boxtimes}$$

На максимальных удалениях, когда углы пересечения ЛП малы, для случая  $\rho = 0$  и  $D_1 = D_2 = D_0$  формула дает значение

$$r_{\sigma} = \frac{0,01745\sqrt{2}\sigma_0^{\boxtimes}}{D} D_0^2$$





# Площадь рабочей зоны угломерных и дальномерных РНС

*Рабочая область*—область пространства, в пределах которой погрешность определения местоположения с помощью РНС  $\sigma_{мп}$  с известной вероятностью не превышает заданную  $\sigma_3$ .

Рабочая область характеризуется дальностью действия системы  $D_{max}$ , т.е. максимальным удалением от РНС, на котором обеспечивается заданная точность определения координат объекта.

Площадь рабочей зоны УУ и ДД

Слайды 7 и 8

$$S = 2S_{ок} - 4S_{сег}$$

$S_{сег}$  — площадь сегмента между базой и окружностью;

$S_{ок}$  — площадь окружности с радиусом

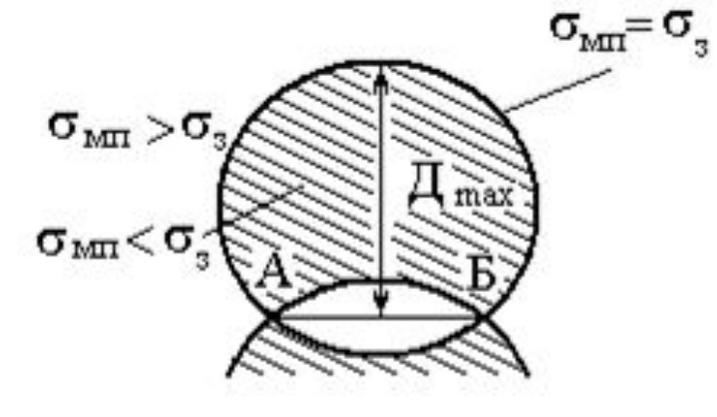


Рис. 1. Рабочая зона РНС системы





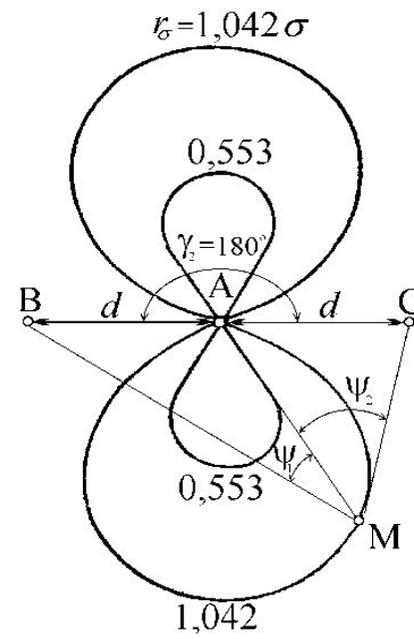
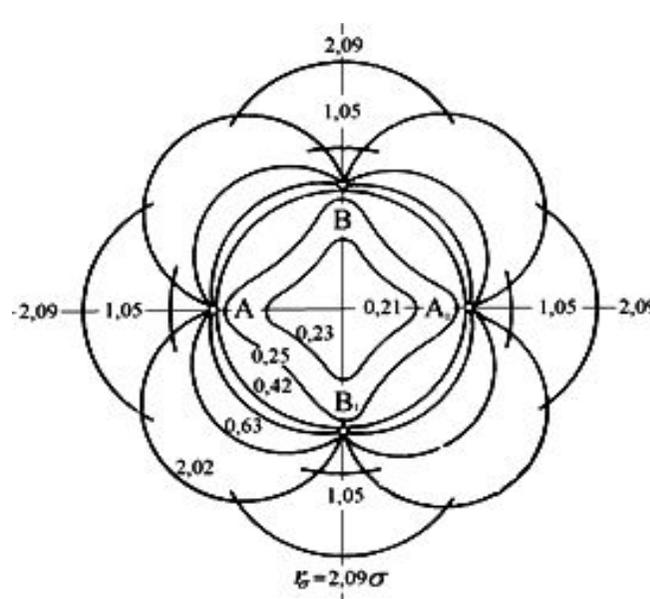
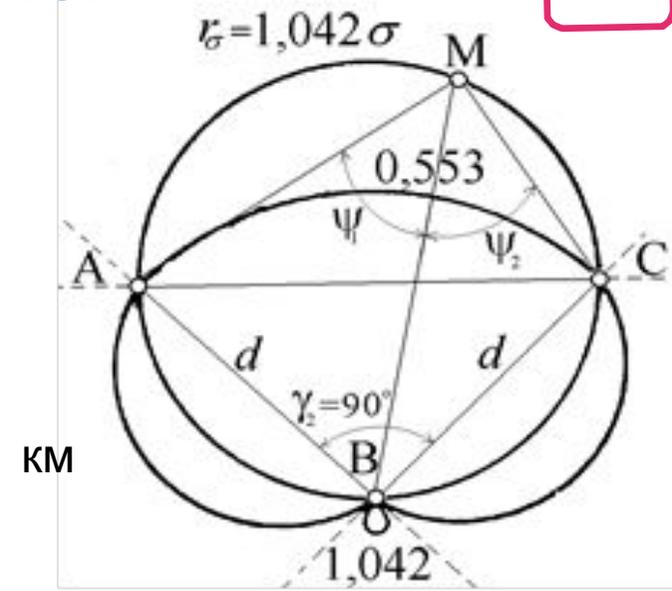
# Рабочая зона многопозиционной разностно-дальномерной РНС.

В простейшем случае данная система состоит из трех наземных радиостанций, одна из которых называется ведущей (А) и работает совместно с двумя ведомыми В и С

$$r_{\sigma} = \frac{0,15\sigma_0}{\sin \gamma} \sqrt{\operatorname{cosec}^2 \frac{\psi_1}{2} + \operatorname{cosec}^2 \frac{\psi_2}{2} + 2\rho \cos \gamma \operatorname{cosec} \frac{\psi_1}{2} \operatorname{cosec} \frac{\psi_2}{2}}$$

где  $\sigma_0$  — среднеквадратическая погрешность измерения времени в микросекундах

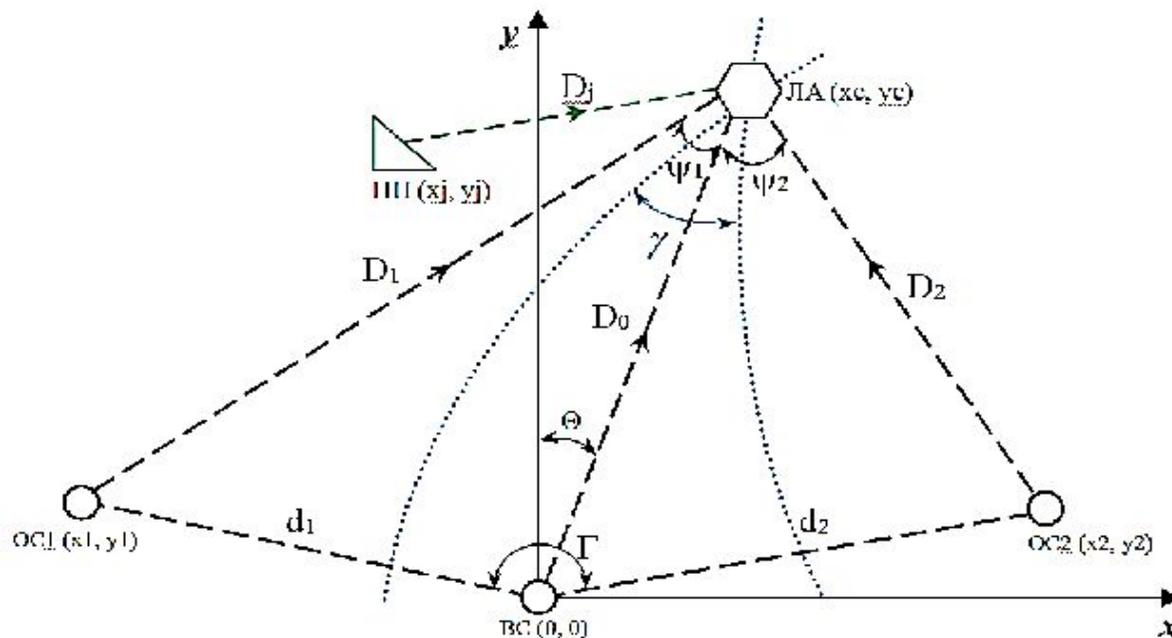
Если задана сравнительно низкая точность определения места, то для получения **наибольшей рабочей зоны** выгодно брать угол между базами  $\gamma_2=180^\circ$ . Если же надо реализовать также и наибольшую возможную точность определения места, то оптимальные углы лежат в пределах  $90...60^\circ$ .

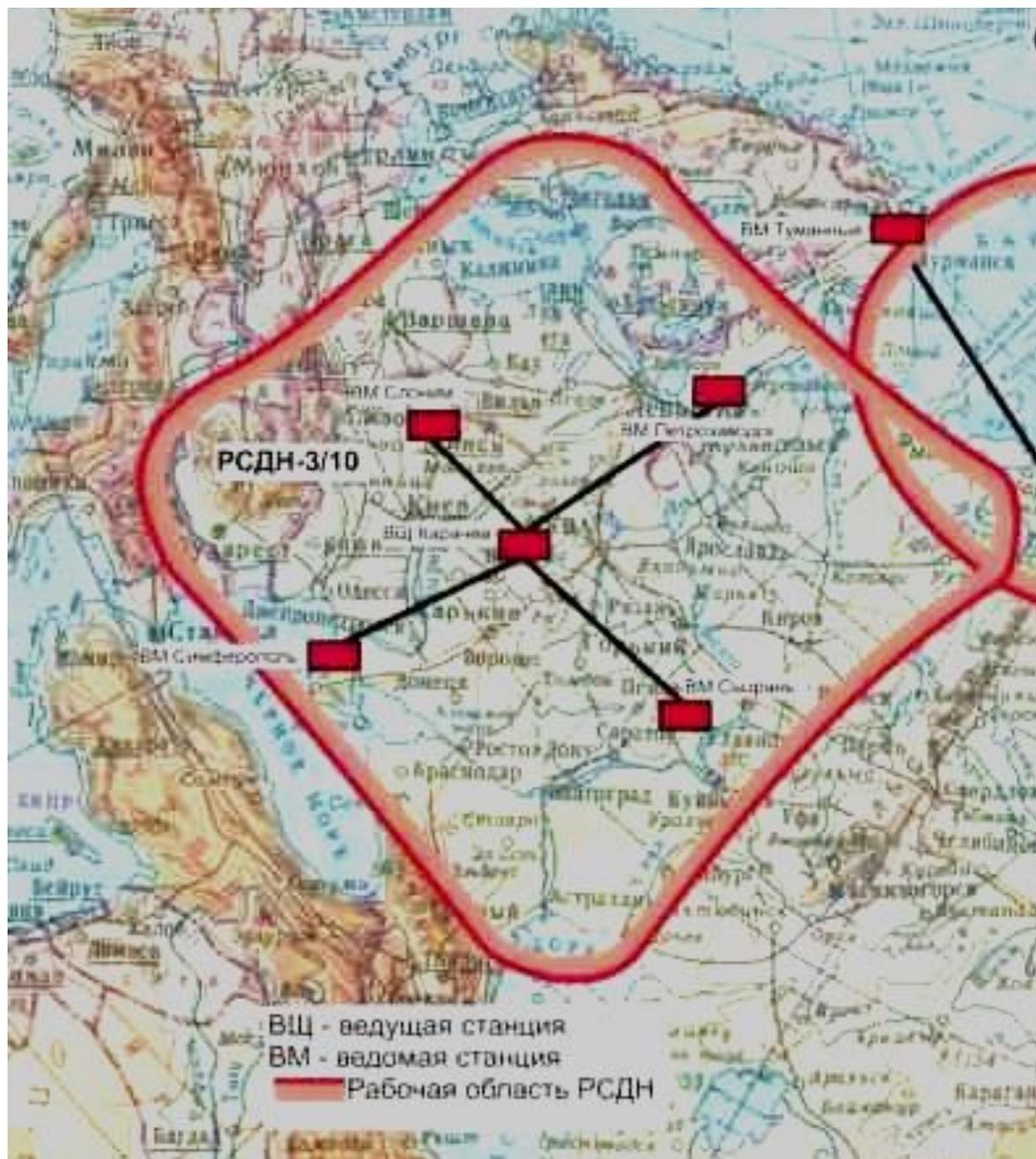


Передающие станции ИФРНС LORAN-C и «ЧАЙКА», излучающие группы (пачки) из восьми («ведомые» станции) или **деяти («ведущие» станции)** импульсов на несущей частоте 100 кГц, объединены в цепи - группы станций, излучающих синхронизированные импульсные сигналы с одинаковой частотой повторения.

Классическим режимом использования сигналов ИФРНС является стандартный разностно-дальномерный (гиперболический) режим.

Этому режиму свойственны ограничения по точности и размерам рабочей зоны, обусловленные геометрическим фактором





Рисунок»

- Европейская цепь РСДН «Чайка», в составе пяти станций, три из которых расположены в районах городов Брянск (Карачев - ведущая), Петрозаводск, Сызрань (Россия) и две - Слоним (Республика Беларусь) и Симферополь (РФ);

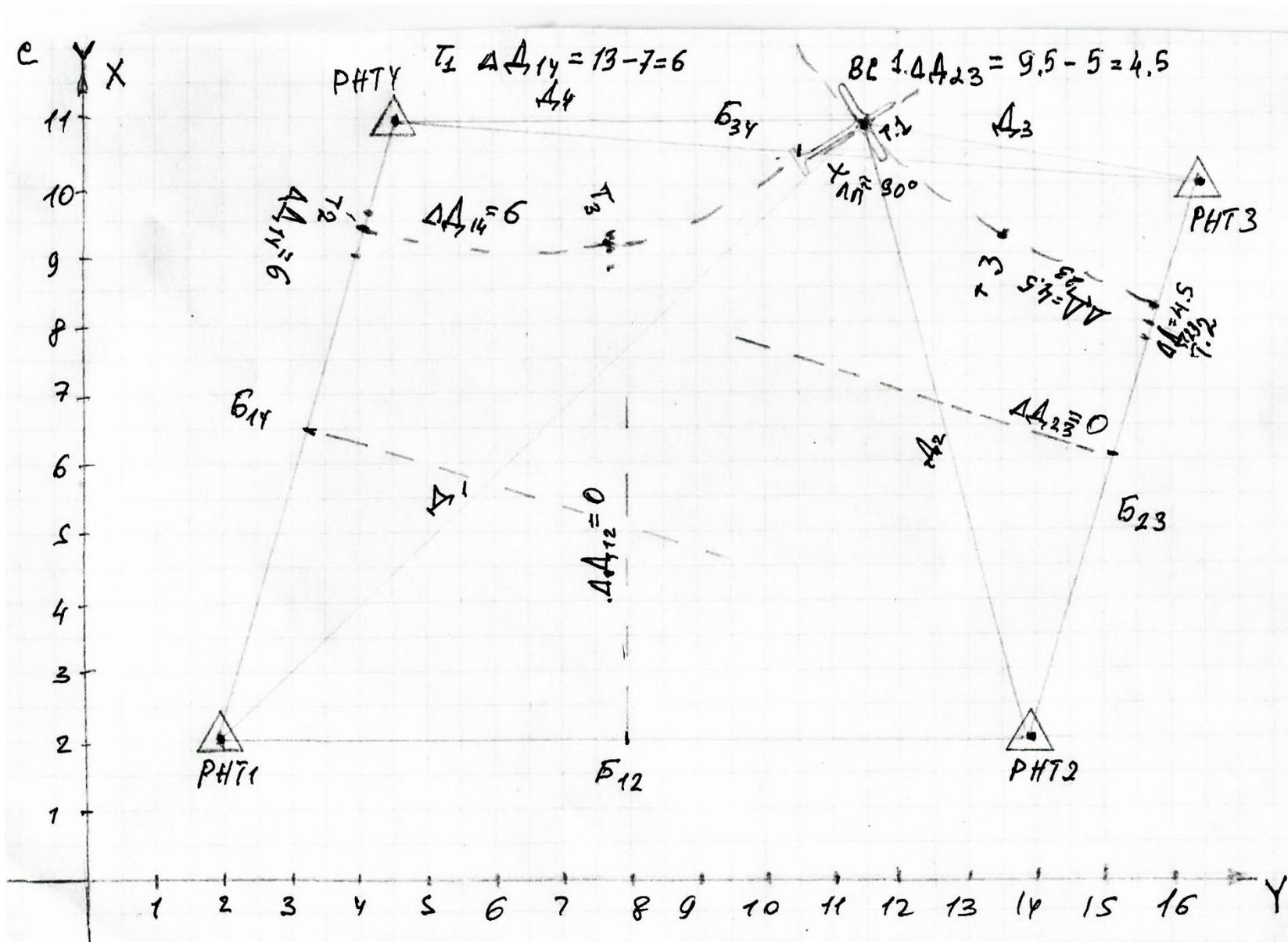


Рисунок 1. Пример построения ЛП и оптимального выбора РНТ

Разностно-дальномерные РСДН создают сетку линий положения (ЛП), представляющих собой гиперболы с фокусами в точках расположения пары опорных станций (рисунок 1. слайд 15). Разность дальностей  $D_P$  определяется по интервалу времени  $t_P$  между приемом сигналов от соответствующей пары опорных станций:

$$D_P = t_P c ,$$

и **уравнение гиперболы** записывается в виде:

$$D_P = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2} - \sqrt{(X_j - x)^2 + (Y_j - y)^2 + (Z_j - z)^2} ,$$

где  $X_i, Y_i, Z_i$  и  $X_j, Y_j, Z_j$  – известные координаты  $i$ -й и  $j$ -й опорных станций (ОС), а  $x, y, z$  – искомые координаты ВС.

**Значение  $D_P$  не зависит от погрешности эталона времени ВС**, что является основным **преимуществом разностно-дальномерных РСДН**.

**Недостатки таких систем** – большое число ОС (минимум три), необходимых для определения места ВС, и ухудшение точности с удалением от базы ОС.

## Задание

УДК 629.123.053  
ББК 39.471

**Баженов, А.В.** РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ/  
Учебное пособие. [Текст]/ А.В. Баженов, Г.И. Захаренко, А.Н.  
Бережнов, К.Ю. Савченко./ Под ред. А.В. Баженова – Ставрополь:  
СВВАИУ(ВИ), 2007. – 202с.

Учебное пособие написано в соответствии с учебным планом дисциплины «Радионавигационные системы» специальностей 201300 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования». В нем изложены теоретические основы построения и функционирования авиационных радионавигационных устройств и систем. Приведены примеры реализации теоретических положений в бортовом навигационном оборудовании современных воздушных судов.

Труд по написанию учебного пособия распределен следующим образом. Баженовым А.В. написаны введение и первый раздел. Савченко К.Ю. написан второй раздел учебного пособия. Бережновым А.Н. написаны главы 3.1-3.4. Захаренко Г.И. написан четвертый раздел и главы 3.5-3.7. Общая редакция учебного пособия выполнена Баженовым А.В.

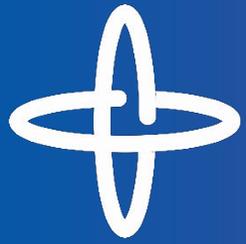
19

**1. Баженов, А.В.** РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ/Учебное пособие. [Текст]/ А.В. Баженов, Г.И. Захаренко, А.Н. Бережнов, К.Ю. Савченко./ Под ред. А.В. Баженова – Ставрополь: СВВАИУ(ВИ), 2007. – 202с.

**2. РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ.** Учебное пособие. Краткий курс лекций. Кафедра РТС. 122 с.

1. Изучив теоретический материал, представленный в [1] на стр. 61-74. материалы [2] курса лекций стр. 16-44. законспектировать определения дальности действия МРНС (угломерно-дальномерной и разностно-дальномерной РНС) и рабочих зон в пределах точности позиционирования не ниже 2 СКО, принципов оценки точности измерения координат.

**3. Представить реферат в ЛК: «Точность определения координат МРНС, дальность действия и рабочие зоны» (объем в пределах 15 стр.)**



ГУАП

[guap.ru](http://guap.ru)

Спасибо за внимание!