

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія аеронавігації

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Навігація (радіобнавігація)»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Аеронавігація

за темою №1.3 – «Вертольотоводіння з використанням наземних радіопеленгаторів»

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.21р. № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 22.09.21р. № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.21р. № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації_протокол від 10.09.2021
№2

Розробник: викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст вищої категорії,
викладач – Журід В.І.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, викладач-методист Тягній В.Г.
2. Професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф.

План лекції.

1. Задачі вертольотоводіння з використанням наземних радіопеленгаторів. «Прямий» та «Зворотній» шляхи, їх застосування.
2. Курсовий політ на радіопеленгатор.
3. Контроль та виправлення шляху по напрямку при польоті на та від радіопеленгатора.

Рекомендована література:

Основна література

1. Чорний М.А. Повітряна навігація. М., Транспорт, 1991, 432 с.
2. Марков В.І. Аеронавігаційне забезпечення польотів на міжнародних повітряних лініях. Кіровоград, 2004, 320 с.
3. Кисельов В.Ф. Довідник пілота та штурмана ЦА. М., Транспорт, 1988, 319 с.
4. Луцький Ю.С. Конспект лекцій з повітряної навігації. Кременчук, 1994, 142 с.
5. Луцький Ю.С. Повітряна навігація. Кременчук, 2001, 128 с.

Допоміжна література

6. Лопатніков Ю.І. Застосування навігаційного комплексу вертольота Мі-26, Кременчук, 1990, 100 с.
7. Старков Н.В. Застосування навігаційного комплексу вертольота Мі-8МТВ. Кременчук, 1996, 158 с.
8. Миронович М.В. Льотна експлуатація навігаційного обладнання вертольота Ка-32. Кременчук, 2002, 85 с.
9. Положення про використання польотного простору України.
10. Правила польотів ПС в повітряному просторі України.
11. Наказ Мінтранспорту України № 283 від 16.04.2003 р.
12. Наказ Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації № 295 від 28.04.2005 р.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

13. uksatse.ua
14. youcontrol.com.ua

Текст лекції

Радіопеленгом – називається величина кута між деяким початковим напрямком підрахунку та ортодромічним (найкоротшим) напрямком літак – РНТ, або РНТ літак. (рис.1.)

В залежності від точки вимірювання радіопеленгу розрізняють:

- пеленг радіостанції (ПР), коли визначається напрямок з літака на РНТ;
 - пеленг літака (ПЛ), коли визначається напрямок від РНТ на літак;
- якості початкових напрямків підрахунку значень радіопеленгів приймають початкові напрямки, які використовуються для підрахунку курсу літака, тобто

північний напрямок меридіанів, які проходять через точку вимірювання радіопеленга.

В залежності від вибраного початкового напрямку підрахунку радіопеленгу розрізняють такі види радіопеленгів:

- ППР, ППЛ;
- МПР, МПЛ;
- УПР, УПЛ;

РАДІОПЕЛЕНГАТОРИ КРНС.

Система працює наступним чином:

Льотчик на встановленій частоті (канал пеленгації № 4) умовною фразою „РОГАЧ – ПЕЛЕНГ 41 ПРИБОЙ” встановлює зв’язок з оператором АРП.

В процесі прийому – передачі з борта літака антеною АРП вимірюється кут між північним напрямком меридіану місця установки АРП та напрямку приходу радіохвиль від літака. У оператора АРП на індикаторі при цьому висвітлюється світовий луч, по положенню якого на круговій шкалі оператор відраховує значення параметра

$$„ПРИБОЙ” = ПЛ \pm 180^\circ$$

Значення „ ПРИБОУ ” оператор передає льотчику.

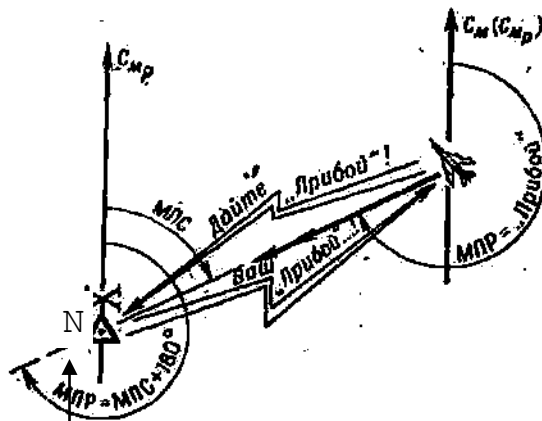


Рис. 2. Визначення МПР за допомогою АРП

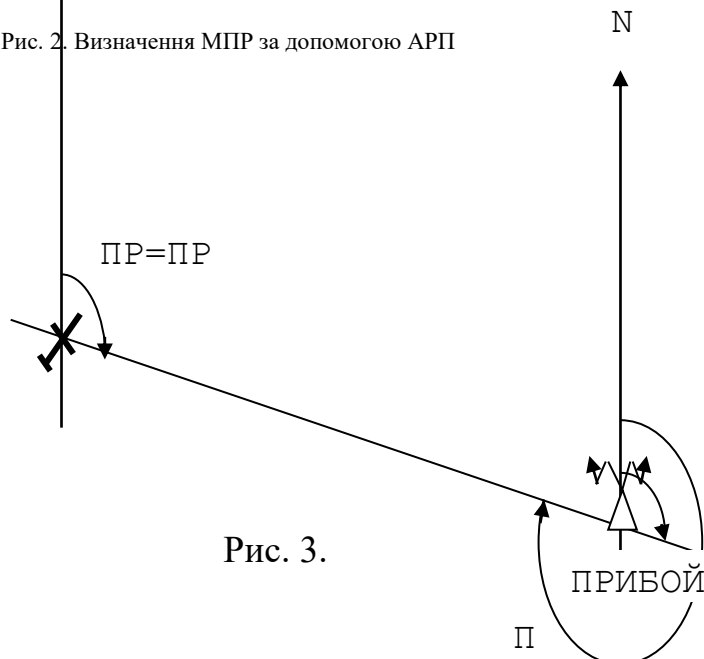


Рис. 3.

РАДІОКОМПАСНІ КРНС.

АРК (автоматичний радіокомпас) представляє собою радіо прийомний пристрій, який приймає радіовипромінювання від наземної радіостанції та за допомогою спеціальної системи вимірює між подовжній вісі літака (ПВЛ) та ортодромічним напрямком на радіостанцію. Цій кут має назву **курсового кута радіостанції (ККР)**.

ККР відраховується від подовжній вісі літака (ПВЛ) по годинній стрілці в межах від 0 до 360°, та відображується на покажчик розташований в кабіні літака.

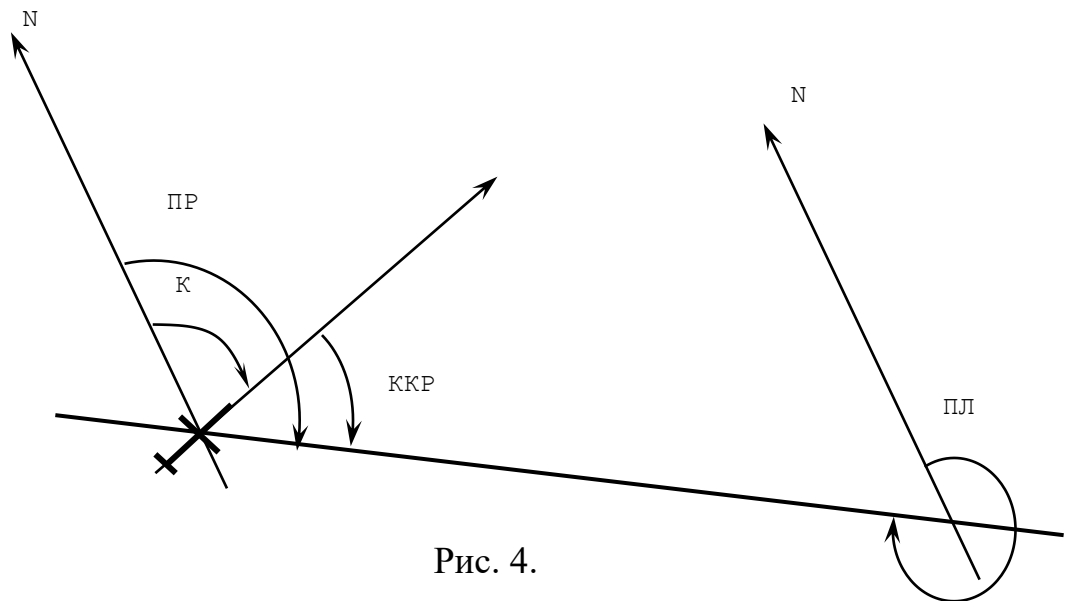


Рис. 4.

По поточним значенням ККР та курсу літака (К), як видно з рисунка 4 можна визначити значення пеленгу радіостанції :

$$\text{ПР} = \text{К} + \text{ККР};$$

Пеленг літака:

$$\text{ПЛ} = \text{ПР} \pm 180^\circ;$$

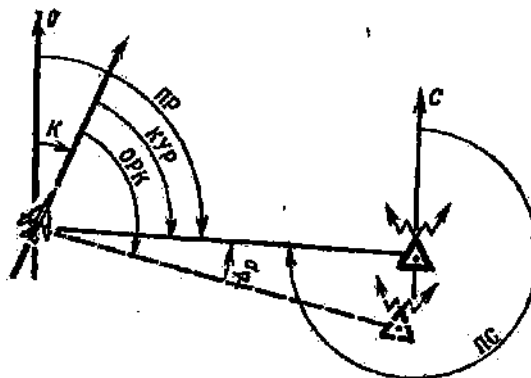


Рис. 5. Визначення радіонавігаційних елементів за допомогою АРК

У загальному випадку курсовий кут радіостанції за допомогою радіокомпаса вимірюється з деякою помилкою, називаною радіодевіацією. Вона виникає через вплив на рамкову антену вторинного електромагнітного поля

літака і вимірюється кутом між дійсним напрямком на радіостанцію і напрямком, показуваним стрілкою АРК. Радіодевіація визначається по формулі

$$\Delta p = \text{КУР} - \text{ВРК},$$

де ВРК - відлік радіокомпаса.

У залежності від типу літака і місця установки рамкової антени величина радіодевіації може досягати $15 \div 20^\circ$. Значення радіодевіації визначаються досвідченим шляхом і компенсуються механічним компенсатором.

Значення радіодевіації зводяться до графіка, який знаходиться в кабіні літака.

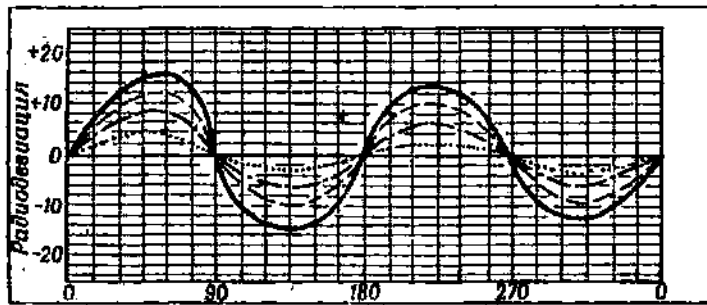


Рис. 6. Графік циклів компенсування радіодевіації

Способи визначення місця літака за допомогою АРК. Точність.

Місце літака за допомогою кутомірної радіотехнічної системи визначається по заздалегідь підготовленій карті. Попередня підготовка карти полягає в тому, що в районі, передбаченому штурманським планом, будується сітка ліній положення для двох одностипних або різностипних радіонавігаційних станцій. Для одномісних літаків найбільш прийнятним є спосіб визначення місця літака по радіостанції і радіопеленгаторові. З цією метою:

- вибираються приводна радіостанція і радіопеленгатор так, щоб їхні пеленги в обраному районі перетиналися під кутом, близьким до 90° ;
- для обох радіонавігаційних станцій будується сітка ліній положення з інтервалом $5 \div 10^\circ$ (рис. 7);
- лінії пеленгів радіопеленгатора оцифровуються в значеннях МПР («Прибій»), а радіостанції - у значеннях МПР або УПР, розрахованих по формулі

$$\text{МПР} = \text{ІПР} - (\pm \Delta M),$$

або

$$\text{УПР} = \text{ІПР} + (\pm \Delta A).$$

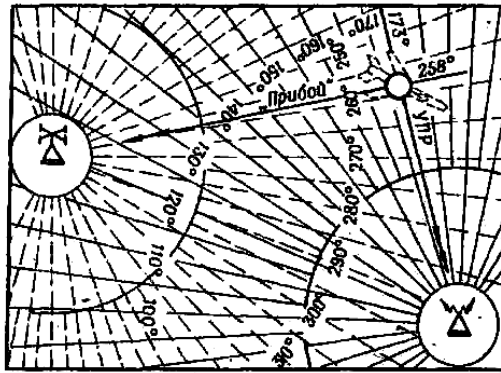


Рис. 7. Визначення місця літака по бортовій аеронавігаційній карті

У польоті при підході стрілки АРК до одного з попередньообчислених значень пеленга радіостанції льотчик запитує «Прибій» у радіопеленгатора. На карті відшукується, крапка перетинання ліній положення, що відповідають обмірюваним пеленгам. При необхідності виконується окомірною інтерполяція між нанесеними лініями положення (рис. 6).

Визначення місця літака

Місце літака в польоті визначається з метою контролю шляху, визначення навігаційних елементів і відновлення втраченого орієнтування. За допомогою радіокомпасу місце літака може бути визначене по одній і двох радіостанціях.

Визначення місця літака по одній радіостанції **двохкратним пеленгуванням і прокладкою пеленгів на карті.** Для застосування даного способу необхідно використовувати бічні радіостанції, розташовані від ЛЗШ до 150 км, а РВС — до 300 км.

Місце літака визначається в наступному порядку:

1. Настроїти радіокомпас на обрану радіостанцію, прослухати позивні і переконалися в її роботі.
2. Відрахувати $ККР_1$ курс і час. Записати дані пеленгації в

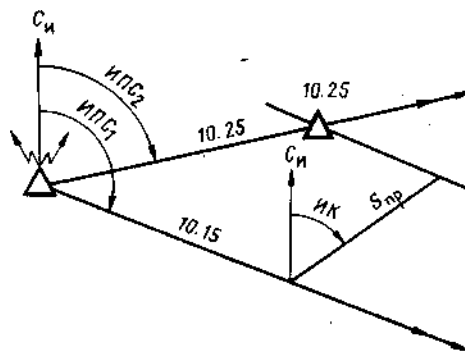


Рис. 8 Визначення місця літака по одній радіостанції двократним пеленгуванням і прокладкою пеленгів на карті.

штурманський бортжурнал. При використанні покажчика штурмана відрахувати $П_1$ і час.

3. Виконувати політ з колишнім курсом. Як тільки $ККР$ зміниться на $25-30^\circ$, відрахувати $ККР_2$ і час. Записати дані в штурманський бортжурнал. При використанні покажчика штурмана відрахувати $П_2$ і час.

4. Розрахувати перші й другий істинні пеленги літака й прокласти їх на карті від радіостанції, що пеленгується (рис. 8).

По показчику пілота

$$\text{ІПЛ} = \text{КК} + (\pm \Delta_{\text{к}}) + (\pm \Delta_{\text{м}}) + \text{КУР} \pm 180^\circ + (\pm \sigma);$$

по показчику штурмана

$$\text{ІПЛ} = \text{ІПЛ}_{\text{отсч}} + (\pm \sigma).$$

5. З будь-якої крапки першого пеленга відкласти лінію істинного курсу й відстань, пройдену літаком за час між першим і другим пеленгуванням:

$$S_{\text{пр}} = Wt \text{ або } S_{\text{пр}} = Vt.$$

6. Через кінцеву крапку $S_{\text{пр}}$ провести лінію, паралельну лінії першого пеленга. Крапка перетинання її з лінією другого пеленга буде місцем літака в момент другого пеленгування.

Визначення місця літака по двох радіостанціях. Місце літака цим способом визначається як крапка перетинання двох ліній радіопеленгів, прокладених на карті.

Для визначення МЛ необхідно вибрати дві радіостанції з таким розрахунком, щоб одна з них була на ЛЗП або біля її (спереду або за), а друга збоку (праворуч або ліворуч). При цьому пеленги від цих радіостанцій у районі визначення МЛ повинні перетинатися під кутом близько 90° або в межах 30° — 150° .

При використанні одного радіокомпаса порядок визначення МЛ наступний:

1. Настроїти радіокомпас на радіостанцію, розташовану спереду або за літаком, відрахувати ККР_1 (ІПЛ_1), курс і час. Дані пеленгації записати в штурманський бортовий журнал.

2. Швидко переналаштувати радіокомпас на бічну радіостанцію, відрахувати ККР_2 (ІПЛ_2), курс і час. Дані пеленгації записати в штурманський боржурнал.

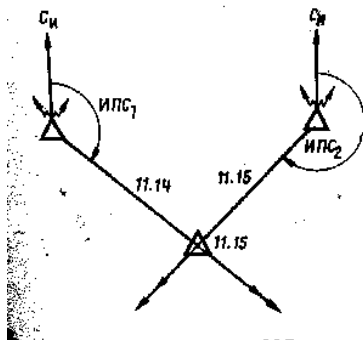


Рис. 9. Визначення МЛ по двом радіостанціям

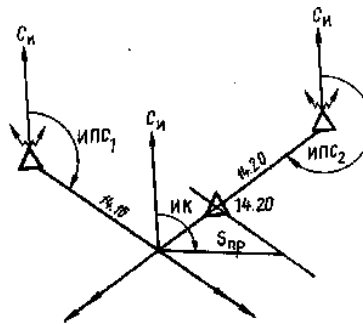


Рис. 10. Перенос лінії першого пеленга

3. Розрахувати істинні пеленги й прокласти їх на карті:

$$\text{ІПЛ}_1 = \text{КК} + (\pm \Delta_{\text{к}}) + (\pm \Delta_{\text{м}}) + \text{ККР}_1 \pm 180^\circ + (\pm \sigma_1).$$

$$\text{ІПЛ}_2 = \text{КК} + (\pm \Delta_{\text{к}}) + (\pm \Delta_{\text{м}}) + \text{ККР}_2 \pm 180^\circ + (\pm \sigma_2).$$

4. Крапка перетинання пеленгів буде місцем літака в момент пеленгування бічної радіостанції, якщо час між пеленгуваннями не перевищує 2 хв (рис. 9).

У тих випадках, коли час між першим і другим пеленгуваннями 2 хв і більше, те необхідно внести виправлення на відстань, пройдена літаком за цей час.

У цьому випадку необхідно:

а) із точки перетинання пеленгів відкласти лінію істинного курсу й відстань на ній, пройдено літаком за час між першим і другим пеленгуванням (рис.10): $S_{пр} = Wt$ або $S_{пр} = Vt$;

б) через отриману точку провести лінію, паралельну лінії першого пеленга. Точка перетинання цієї лінії з лінією другого пеленга буде місцем літака в момент другого пеленгування.

При використанні двох радіокомпасів: після налаштування їх на радіостанції необхідно відрахувати по першому радіокомпасу KKP_1 (ІПЛ₁), а по другому — KKP_2 (ІПЛ₂), курс і час пеленгування, після чого розрахувати пеленги й прокласти їх на карті.

Приклад. $KK=345^\circ$; $\Delta_K = +2^\circ$; $\Delta_M = +5^\circ$; в 9 год 07 хв $KKP_1=136^\circ$ (РНТ Дніпропетровськ); в 9 год 08 хв $KKP_2=230^\circ$ (РНТ Кіровоград); $\lambda_c = 33^\circ$; $\lambda_{P1}=35^\circ$; $\lambda_{P2}=32^\circ$; $\varphi_{ср}=52^\circ$. Визначити місце літака на карті.

Рішення. 1. Визначаємо ІК і виправлення на сходження меридіанів:

$$IK = KK + (\pm \Delta_K) + (\pm \Delta_M) = 345^\circ + (+2^\circ) + (+5^\circ) = 352^\circ;$$

$$\sigma_1 = (\lambda_{P1} - \lambda_c) \cdot \sin \varphi_{ср}; \sigma_1 = (35^\circ - 33^\circ) \cdot 0,8 = +2^\circ;$$

$$\sigma_2 = 0^\circ, \text{ тому що різниця довгот менш } 2^\circ.$$

2. Розраховуємо ІПЛ₁ і ІПЛ₂:

$$IPL_1 = IK + KKP_1 \pm 180^\circ + (\pm \sigma_1) = 352^\circ + 136^\circ + 180^\circ + (+2^\circ) = 310^\circ;$$

$$IPL_2 = IK + KKP_2 \pm 180^\circ + (\pm \sigma_2) = 352^\circ + 230^\circ - 180^\circ = 42^\circ.$$

3. Знаходимо місце літака на карті: 28 км західніше Кременчука. Точність визначення місця літака за допомогою радіокомпаса становить 6-9% середньої відстані до радіостанцій.

Визначення місця літака по пеленгу від радіостанції й лінійному орієнтиру. Даний спосіб застосовується при видимості земної поверхні й наявності на ній опізнаного характерного лінійного орієнтира (великої ріки, берегової риси й т.д. (рис.11).

Порядок визначення місця літака наступний:

1. Опізнати лінійний орієнтир.
2. Налаштувати радіокомпас на радіостанцію, пеленг від якої перетинав би лінійний орієнтир під кутом близько 90° .
3. При виході літака на лінійний орієнтир відрахувати KKP , курс і час.
4. Розрахувати ІПЛ і прокласти його на карті від радіостанції. Точка перетинання прокладеного ІПЛ із лінійним орієнтиром дасть місце літака до моменту пеленгування радіостанції.

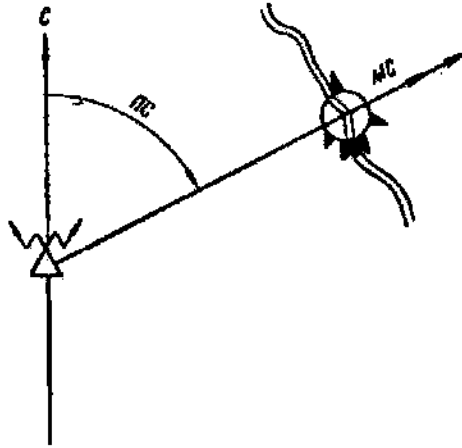


Рис.11 Визначення місця літака по пеленгу від радіостанції й лінійному орієнтиру.

Точність навігаційних визначень за допомогою кутомірних систем

Точність визначення ліній положення і місця літака за допомогою кутомірних радіотехнічних систем залежить від цілого ряду факторів. Ними є конструктивні особливості літака, що впливають на величину і знак радіодевіації, реальні умови поширення радіохвиль, видалення літака від радіостанції, інструментальні погрішності приладів, точність графічних вимірів при підготовці польотної карти й ін.

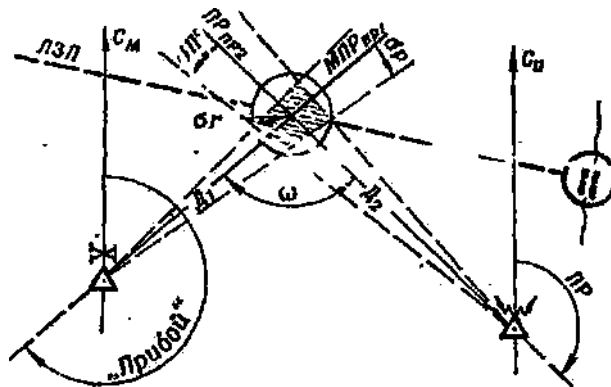


Рис. 12. Точність визначення місця літака за допомогою кутомірних РНС

Унаслідок дії цих факторів точність визначення лінії положення, характеризується середньою квадратичною помилкою σ_p , вираженої в кілометрах, складає 5% відстані D до радіостанції яка пеленгується.

Точність визначення місця літака, характеризується середньою квадратичною радіальною помилкою σ_r , при кутах перетинання ліній положення $30^\circ \leq \omega \leq 90^\circ$ може досягати 7÷14% середньої відстані D до радіонавігаційних станцій (рис.12).

Для підвищення точності навігаційних визначень за допомогою АРК і АРП необхідно використовувати радіостанції, найбільше близько розташовані до маршруту, лінії положення від яких складають із ЛЗШ кут, близький до 90° .

Через недостатню точність визначення місця літака, слабкій перешкодозахищеності й обмеженій дальності дії, особливо на малих висотах,

кутомірні радіотехнічні системи малоперспективні для використання на швидкісних літаках.