

**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 №1.2 – «Вертольотоводіння з використанням радіокомпаса»**

**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, які вирішуються за допомогою радіокомпаса.
2. Способи польоту на радіостанцію.
3. Знаходження місця ПС.

### 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 Міністерства транспорту 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](http://uksatse.ua)
14. [youcontrol.com.ua](http://youcontrol.com.ua)

### Текст лекції

#### **1. Задачі вертольотоводіння, які вирішуються за допомогою радіокомпаса.**

Контроль за проходом заданих рубежів за допомогою кутомірних систем здійснюється виходом на попередньообчисленні лінії положення, тобто такі лінії положення, для яких заздалегідь, при підготовці до польоту, розраховуються значення пеленгів радіостанції (літака).

З цієї метою в районі, передбаченому штурманським планом, на карті від РНС прокладається у виді відрізків прямих кілька ліній положення з інтервалом  $5 \div 10^\circ$ .

Для кожної з них за допомогою транспортира вимірюється істинний пеленг радіостанції (ІПР) і розраховується магнітний або умовний пеленг радіостанції.

**Момент виходу на рубіж** визначається по збігу стрілки АРК із необхідним значенням на внутрішній шкалі сполученого показчика. Для фіксації попередньообчисленого пеленга може бути використаний курсозадатчик і тоді пеленги виходу на рубіж визначаються сполученням стрілки АРК зі стрілкою курсозадатчика.

Метод виходу на попередньообчислену лінію положення застосовується для контролю шляху по дальності, визначення моменту проходження поворотного пункту маршруту, контролю за положенням у зоні чергування й ін.

Для контролю за проходженням заданих рубежів може бути використаний і автоматичний радіопеленгатор. У цьому випадку, як і при пеленгації радіостанції, для бічного радіопеленгатора прокладаються лінії положення і визначаються відповідні їм значення «Прибою». У польоті в обраному районі встановлюється зв'язок з радіопеленгатором і вихід на заданий рубіж визначається порівнянням одержуваних пеленгів із попередньообчисленими.

### Контроль шляху за відстанню за допомогою бічних радіостанцій

Контроль шляху по дальності полягає у визначенні пройденого від КО відстані, що залишилося до заданого пункту. За допомогою бічних радіостанцій ця задача вирішується такими чином:

- 1) пеленгуванням бічної радіостанції і прокладкою ІПЛ на карті;
- 2) виходом на попередньообчислений ШКР або МПР;
- 3) виходом на траверз бічної радіостанції.

Усі способи застосовуються в тому випадку, коли літак прямує по ЛЗШ. Для підвищення точності контролю шляху, бічні радіостанції необхідно вибирати на віддаленні не більш 150 км від ЛЗШ.

**Для контролю шляху по дальності пеленгуванням бічної радіостанції і прокладкою ІПЛ на карті** необхідно:

- 1) настроїти радіокомпас на обрану бічну радіостанцію, визначити ІПЛ і помітити час пеленгування;
- 2) прокласти отриманий ІПЛ на бортовій карті від обраної радіостанції (рис. 1). Лінія пеленга вкаже, на якому рубежі в момент пеленгування знаходився літак.

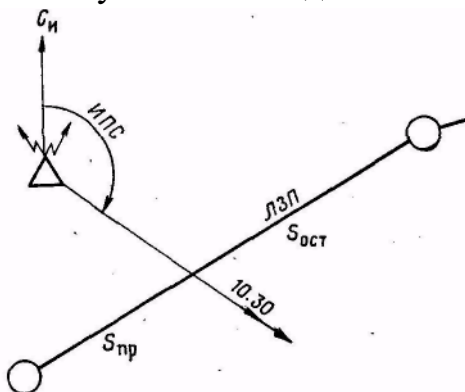


Рис. 13.16. Контроль пути по дальности пеленгованием боковой радиостанции и прокладкой ИПС на карте

Даний спосіб простий і забезпечує достатню точність контролю шляху по дальності. Недоліком його є прокладка пеленга на карті, а це не завжди зручно.

Контроль шляху по дальності виходом на попередньообчислений ККР або МПР є найбільш простим і розповсюдженим способом контролю шляху по дальності і не вимагає прокладки пеленга на карті.

**Попередньообчисленим** називається заздалегідь розрахований ККР для визначення моменту прольоту контрольного орієнтира, поворотного пункту маршруту або будь-якої іншої крапки, що лежить на ЛЗШ.

Для застосування цього способу необхідно:

а) при підготовці до польоту:

1. Під час підготовки карти намітити на ЛЗШ крапки контролю (КО, ППМ) і вибрати бічні радіостанції (рис. 2).

2. Для кожної наміченої крапки вимірити ІПР на обрану радіостанцію і визначити попередньообчислений МПР по формулі

$$\text{МПР}_{\text{предв}} = \text{ІПР} - (\pm \Delta_{\text{м}}).$$

3. Значення  $\text{МПР}_{\text{предв}}$  записати на бортовій карті.

б) у польоті:

1. Розрахувати попередньообчислений ККР по формулі

$$\text{ККР}_{\text{предв}} = \text{МПР}_{\text{предв}} - \text{МК}.$$

2. За 3÷5 хв. до розрахункового часу прольоту даного орієнтира настроїти радіокомпас на обрану радіостанцію і стежити за показанням стрілки показчика радіокомпаса.

3. У момент, коли стрілка покаже  $\text{ККР} = \text{ККР}_{\text{предв}}$  або  $\text{МПР} = \text{МПР}_{\text{предв}}$ , літак буде знаходитися над даним орієнтиром.

Якщо що витримується  $K_{\phi}$  і  $K_r$  який прийнятий для розрахунку  $\text{ККР}_{\text{предв}}$ , не рівні між собою, то момент прольоту даного орієнтира визначається по ККР, виправленому на різницю курсів. Якщо  $K_{\text{факт}}$  більше  $K_{\text{расч}}$ , то  $\text{ККР}_{\text{предв}}$  менше розрахункового на таку ж величину і навпаки.

Недоліком способу є те, що контроль шляху по дальності здійснюється тільки в момент прольоту наміченої крапки.

**Вихід на траверз бічної радіостанції дозволяє здійснювати контроль шляху по напрямку і дальності. Для контролю шляху цим способом необхідно:**

а) при підготовці до польоту вибрати бічні радіостанції для ділянок маршруту, нанести перпендикулярні відмітки на ЛЗШ, вимірити і записати на карті відстань  $S_{\text{тр}}$  по перпендикуляру від радіостанції до ЛЗШ (рис. 3);

б) у польоті:

1. Настроїти радіокомпас на бічну радіостанцію; на  $\text{ККР}=45^\circ (315^\circ) + (\pm \text{УС})$  ввімкнути, а на  $\text{КУР}_{\text{тр}}=90^\circ (270^\circ) + (\pm \text{УС})$  зупинити секундомір.

2. По шляховій швидкості і часові, відліченому по секундомірі, визначити пройдено літаком відстань:

$$S_{\text{пр}} = W t_{\text{пр}}$$

Якщо воно дорівнює  $S_{\text{тр}}$ , то Літак знаходиться на ЛЗШ. При  $S_{\text{пр}} \neq S_{\text{тр}}$  літак ухиляється від ЛЗШ.

3. Визначити лінійне, бічне відхилення літака від ЛЗП по формулах:

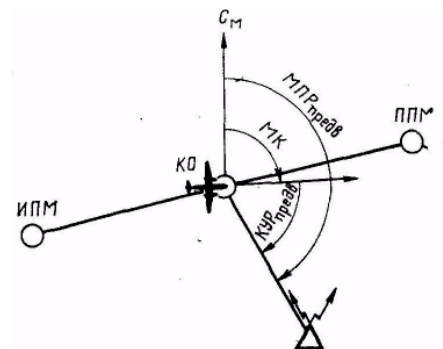


Рис. 2. Контроль шляху по дальності виходом на попередньообчислений ККР або МПР

$$ЛБВ = S_{тр} - S_{пр}$$

(радіостанція праворуч);

$$ЛБВ = S_{пр} - S_{тр}$$

(радіостанція ліворуч).

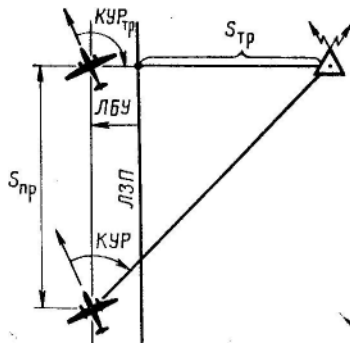


Рис. 3 Контроль шляху по напрямку та за відстанню на траверзі бокової радіостанції

### Контроль шляху за напрямком пеленгуванням радіостанції.

При польоті від радіонавігаційної станції кутомірні радіотехнічні системи дозволяють визначати положення літака щодо лінії заданого шляху і необхідні для виправлення шляху виправлення в курс.

Автоматичний радіокомпас (АРК) при польоті від радіостанції забезпечує:

- визначення кутового бічного відхилення від лінії заданого шляху і кута зносу;
- вихід на лінію заданого шляху і політ по ній;
- визначення виправлення в курс для виходу на кінцевий пункт етапу маршруту без повернення на лінію заданого шляху.

У процесі підготовки до польоту після прокладки маршруту вимірюється пеленг лінії заданого шляху ( $\Pi_3 = \text{УШК}_1$ ) від того ж меридіана, від якого відраховується курс за допомогою курсової системи. Якщо на карті обмірюваний істинний пеленг, то враховується азимутальне виправлення в залежності від прийнятого початку виміру курсу. Курсозадатчик сполученого показника курсової системи або НППі установлюється по внутрішній шкалі на значення пеленга  $\Pi_3 = \text{УШК}_1$

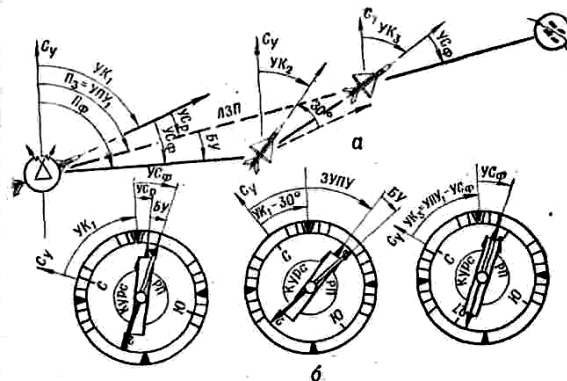


Рис. 4. Контроль і виправлення шляху по напрямку виходом на ЛЗШ при польоті від радіостанції

Прохід радіостанції здійснюється з розрахунковим курсом. При відомому вітрі він визначається по формулі

$$УК_1 = УШК_1 - (\pm KЗ_p),$$

де  $KЗ_p$  - розрахунковий кут зносу.

Після проходу радіостанції курс витримується постійним протягом 3÷5 хв., а потім визначаються бічні відхилення і фактичний кут зносу (рис. 4 а) по формулах:

$$БВ = П_\phi - П_3;$$

$$KЗ_\phi = П_\phi - УК_1$$

або

$$П_\phi = КУР - 180^\circ,$$

де  $П_\phi$  - фактичний пеленг літака.

Якщо вітер невідомий, то курс приймається рівним шляховому куту. У цьому випадку бічне відхилення визначається по формулі

$$БВ = KЗ_\phi = П_\phi - П_3 = П_\phi - УК_1.$$

На сполучених покажчиках усі необхідні величини відраховуються безпосередньо по відповідних шкалах (рис. 4 б).

Для подальшого польоту по лінії заданого шляху виконується доворот у її сторону на  $30^\circ$ :

$$УК_2 = УК_1 + 30^\circ.$$

Момент виходу на лінію заданого шляху визначається по сполученню стрілки АРК зі стрілкою курсозадатчика. Для подальшого польоту по лінії заданого шляху враховується кут зносу:

$$УК_3 = УШК_1 - KЗ_\phi.$$

Якщо вихід на лінію заданого шляху не обов'язковий, то по обмірюваному бічному відхиленню розраховується виправлення в курс, що забезпечує вивід літака на кінцевий пункт етапу маршруту:

$$ПК = - K * БУ,$$

де  $K$  - величина виправлення в курс, що приходить на  $1^\circ$  бічного відхилення.

Рис. 5. Підготовка карти для визначення виправлення в курс за допомогою АРП

Для практики в залежності від величини пройденого  $S_{пр}$  і що осталися  $S_{ост}$  на етапі маршруту відстані доцільно пам'ятати наступні значення коефіцієнтів:

$$K = \begin{cases} 1,5, & \text{якщо } S_{пр} = 0,5 S_{ост}; \\ 2, & \text{якщо } S_{пр} = S_{ост}; \\ 3, & \text{якщо } S_{пр} = 2 S_{ост}. \end{cases} \quad (8.4)$$

Аналогічно для контролю і виправлення шляху по напрямку використовується автоматичний радіопеленгатор. З цією метою при підготовці до польоту визначаються значення «Прибою», що відповідають лінії заданого шляху ( $П_3$ ). Необхідне виправлення в курс розраховуються по різниці між фактичним і розрахунковим значеннями «Прибою» по формулах:

$$\Delta П = П_\phi - П_3;$$

$$ПК = - КАП.$$

Щоб полегшити розрахунок виправлення в курс, у польоті на карту в обраного рубежу контролю завчасно наноситься ряд попередньообчислених ліній положення через  $5 \div 10^\circ$  ліворуч і праворуч від лінії заданого шляху (заданого радіопеленга), які оцифровані з однієї сторони в значеннях «Прибою», з іншого боку - відповідними їм виправленнями в курс (рис. 5). Після отримання «Прибою» від АРП необхідне виправлення в курс визначається льотчиком на карті шляхом окомірної інтерполяції.

### Особливості використання АРК в умовах перешкод.

При визначенні напрямку на передавальну радіостанцію в радіопеленгаторах виникають помилки, викликані різними причинами. Найбільш істотне значення мають такі помилки які мають назву методичні. Методичні помилки виникають унаслідок недосконалості методів виміру пеленгів і залежать головним чином від умов поширення радіохвиль. До них відносяться поляризаційні помилки і помилки, викликані береговим і гірським ефектами.

### Поляризаційні помилки

Поляризаційні помилки виникають при прийомі рамковою антеною ненормально поляризованих радіохвиль. Відомо, що хвиля називається нормально поляризованою, коли вектор  $E$  збігається з площиною поширення радіохвиль.

Якщо ж вектор  $E$  нахилений щодо площини поширення радіохвиль, то така хвиля зветься ненормально поляризованою.

Поляризаційні помилки звичайно збільшуються вночі за рахунок прийому просторових *радіохвиль*, що мають ненормальну поляризацію. Удень просторові хвилі практично *цілком поглинаються* іоносферою, у результаті чого рамкою приймаються тільки поверхневі хвилі, що мають, як правило, нормальну поляризацію. У зв'язку з цим поляризаційні помилки часто називають помилками нічного ефекту.

Для більш глибокого аналізу причин появи помилок нічного ефекту розглянемо випадок, коли *на рамку* діє ненормально поляризована похила радіохвиля. Про характер радіохвилі можна зробити висновок по просторовому положенню вектора електричного поля  $E$  (рис. 6, а).

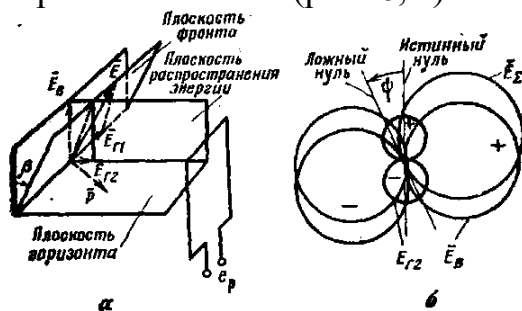


Рис. 6. Поляризаційні помилки: а - ненормальна поляризація радіохвиль; б - характеристика спрямованості рамкової антени при прийомі ненормально поляризованих радіохвиль



Розкладемо вектор  $E$  по координатних осях на горизонтальні  $E_{г1}$   $E_{г2}$  і вертикальну  $E_v$  складові. Очевидно, що  $E_v$  визначить ЕДС у вертикальних проводах рамки, а  $E_{г1}$ ,  $E_{г2}$  будуть впливати на горизонтальні проводи рамки. Оскільки площа фронту хвилі нахилена, а площа поширення радіохвиль не збігається з площиною поляризації, тому індіцируєма ЕДС у верхній і нижній горизонтальній частинах проводу рамки має фазове зрушення, що приводить до появи результуючої ЕДС горизонтальних провідників, не рівної нулеві.

Сумарна характеристика спрямованості антени складається з приватних характеристик спрямованості складового електричного поля (рис.6,б). Її вісь мінімумів, як ми бачимо, буде зміщена на кут  $\psi$  щодо дійсного напрямку на радіопередавач.

У нічний час і особливо в період сходу і заходу сонця кут нахилу поляризації і фронту хвилі збільшується і безупинно міняється через постійну зміну висоти і товщини іонізованого шару атмосфери. Це приводить до зростання помилок при пеленгуванні і їхній безперервній зміні. Величина зазначених помилок лежить у межах  $8 \div 10^\circ$ .

Для зменшення поляризаційних помилок можна рекомендувати наступні заходи:

- раціонально вибирати радіостанцію для пеленгування (яка має велику потужність, що знаходиться на більш близькій відстані і працюючу на більш низькій несучій частоті);
- осереднювати показання радіокомпаса;
- використовувати наземні радіопеленгатори, тому що рознесені антени, застосовувані в них, значно менше піддані впливові нічного ефекту.

### Береговий ефект

Береговим ефектом називається явище переломлення радіохвиль, тобто зміна напрямку їхнього поширення, що відбуває на границі суша - море (рис. 7). Це явище викликане тим, що електрична провідність суші і водної поверхні різна.

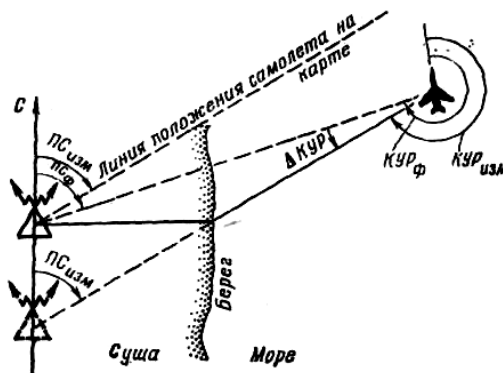


Рис. 7. Береговий ефект

Різні і коефіцієнти поглинання електромагнітної енергії зазначеними середовищами, тому відбувається зміна напрямку поширення радіохвиль. Найбільші помилки виникають тоді, коли кут між береговою рисою і напрямком поширення радіохвилі малий. Якщо ж передавальна радіостанція розташована так, що електромагнітна хвиля перетинає берегову рису під

прямим кутом, то помилка дорівнює нулеві. Помилки, викликані береговим ефектом, можуть досягати значення  $5 \div 7^\circ$ .

Для зменшення помилок, викликаних береговим ефектом, потрібно вибирати радіостанції таким чином, щоб кут перетинання лінії пеленга з береговою рисою був більше  $20^\circ$ .

### Гірський ефект

Сутність гірського ефекту полягає в тім, що електромагнітна хвиля обгинає гірські вершини і височини, що зустрічаються на шляху її поширення, - явище дифракції (рис. 8). Помилки, викликані дифракцією, досягають  $8 \div 10^\circ$ .

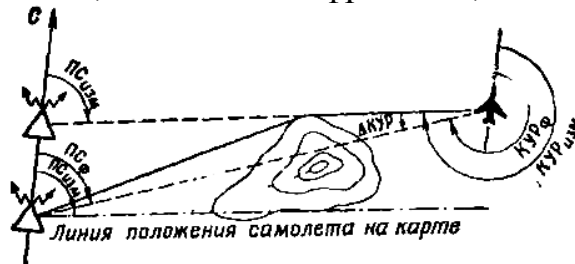


Рис. 8. Гірський ефект

Для зменшення помилок необхідно використовувати таку радіостанцію, щоб на лінії пеленга було менше різних височин. Помилки також зменшуються зі збільшенням висоти польоту. Так, наприклад, при висоті польоту літака, у півтора разу перевищуючу висоту гори, впливом гірського ефекту можна зневажити.