

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

**Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни «Загальні знання про ПС: Радіообладнання»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***272 Авіаційний транспорт  
(Аеронавігація)***

**за темою № 4 - Радіонавігаційне обладнання**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.23 № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.23 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.23 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного  
обладнання, протокол від 28.08.2023 № 1

**Розробник:** викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного  
обладнання, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист  
Стущанський Ю.В.

**Рецензенти:**

1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії  
авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.
2. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР  
ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.

### **План лекції:**

1. Призначення радіокомпасних систем навігації.
2. Принцип дії систем ПАР-АРК.
3. Призначення всенаправлених маяків VOR.
4. Принцип дії всенаправлених маяків VOR.
5. Функціонування всенаправлених маяків VOR.
6. Маркерні системи індикації моменту прольоту точки маршруту.
7. Призначення далекомірної системи DME.
8. Принцип дії далекомірної системи DME.
9. Призначення та категорії систем посадки.
10. Принцип дії інструментальної системи посадки ILS.

### **Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті**

#### **Основна література:**

1. П.В. Олянюк. Авіаційне радіобладнання. Підручник для ВУЗів. М: Транспорт 1989р.-318с.
2. В.П. Харченко. Авіоніка. Навчальний посібник. К: НАУ. 2013.- 272с.
3. Авіаційні радіоелектронні системи / О.О.Чужа, О.Г. Ситник, В.М. Хімін, О.В. Кожохіна. – К.:НАУ, 2017. – 264с.
4. А.В. Скрипець. Теоретичні основи експлуатації авіаційного обладнання. Навч. посіб. / А.В. Скрипець. – К.: НАУ, 2003. – 396с.
5. Харченко В.П. Системи зв'язку та навігації : навч.посіб. / В.П. Харченко, Ю.М. Барабанов, М.А. Міхалочкін. – К. : НАУ, 2009. – 216 с.
6. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. / В.О. Рогожин, В.М. Синеглазов, М.К. Філяшкін. Підручник. – К.: НАУ, 2005. – 316с.

#### **Допоміжна література:**

1. В.П. Бабак. Безпека авіації / В. П. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов та ін. –К.: Техніка, 2004. – 584 с.
2. Харченко В.П. Радіомаячні системи ближньої аеронавігації: навч. посіб. / В.П. Харченко, В.Г. Мелкумян, О.П. Сушич. – К.: НАУ, 2011. – 208 с.
3. Харченко В.П. Авіоніка безпілотних літальних апаратів / В.П. Харченко, В.І. Чепіженко, А.А. Тунік, С.В. Павлова]; за ред. В.П. Харченка. – К.: ТОВ «Абрис-принт», 2012.– 464с.
4. Конспекти лекцій з базової підготовки технічного персоналу згідно вимог Part-66, Part-147 ( Модуль 3, 4, 5, 13, 14)

### Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. Системи індикації ПК. <https://studfiles.net/preview/6810198/page:28/>
2. Бортова система попередження зіткнень  
[http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/TM058196.htm](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/TM058196.htm)
3. HELLI — TAWS [http://www.fcs-modification.com/?go=news&n=6&new\\_language=0](http://www.fcs-modification.com/?go=news&n=6&new_language=0)

### Текст лекції

#### 1. Призначення радіокомпасних систем навігації

Радіонавігаційні системи призначені для визначення положення ПК та забезпечення точного дотримання заданої траєкторії польоту з використанням для цього радіотехнічних засобів.

Радіонавігаційні системи можна класифікувати за ступенем автономності на автономні та неавтономні. Для функціонування автономних систем достатньо бортового обладнання. Більшість автономних радіонавігаційних систем побудовані на основі радіолокаційного принципу. Під час виконання функцій неавтономні радіонавігаційні системи взаємодіють з іншим радіотехнічним обладнанням, розміщеним зовні ПК.

До неавтономних радіонавігаційних систем належать:

- автоматичний радіокомпас;
- обладнання VOR;
- далекомір DME;
- системи посадки ILS та MLS;
- супутникова навігаційна система;
- системи попередження зіткнень ПК;

До неавтономних систем належать усі радіомаячні системи. Радіомаяки таких систем можуть розміщуватись на земній поверхні або на борту космічних апаратів.

Наземні радіомаяки призначені для водіння ПК за маршрутом польоту, для виведення на аеродром та посадки ПК. Радіомаяки розміщують на поверхні землі у поворотних пунктах маршрутів та в зоні аеродрому. Сигнали, що випромінюються або ретранслюються радіомаяком, пеленгуються обладнанням, розміщеним на борту ПК. Вимірюючи параметри сигналу, приймач визначає напрямок на радіомаяк, відстань до нього або величину відхилення від заданого напрямку. Радіомаяки зазвичай використовують для забезпечення польоту ПК на радіомаяк або від радіомаяка. Крім того, за двома рознесеними радіомаяками можна визначити положення ПК.

Розташовані в різних точках радіомаяки працюють на різних

частотах, що дозволяє налаштовувати радіонавігаційну систему на конкретний радіомаяк. Крім того, радіомаяки, як правило, передають азбукою Морзе сигнали власного розпізнавання. Місцезаположення кожного радіомаяка з описом параметрів, його функціонування відмічено на аеронавігаційних картах. Прокладаючи маршрут, пілот так будує траєкторію польоту, щоб вона проходила над радіомаяками. Отримана лінія заданого шляху являє собою ламану лінію, у точках зламу якої розміщуються радіомаяки. Політ розбивається на відрізки, а пілотування зводиться до

витримування напрямку на черговий радіомаяк. Для цього на початку кожного відрізка екіпаж налаштовує певне обладнання, що приймає сигнали від радіомаяків на обраний радіомаяк за допомогою пульта керування. На сучасних ПК, обладнаних FMS, пілот перед зльотом програмує траєкторію майбутнього польоту. Під час польоту FMS автоматично вибирає наступний радіомаяк і налаштовує бортове обладнання на нього. У результаті пілоту завжди вказується напрямок на майбутній радіомаяк відповідно до плану

польоту.

До автономних радіонавігаційних систем належать:

- радіовисотомір;
- доплерівський вимірювач швидкості та кута зсуву;
- метеонавігаційна радіолокаційна станція.

Автоматичний радіокомпас (Automatic Directional Finder – ADF) призначений для навігації за привідними та широкомовними радіостанціям. Приймач ADF приймає амплітудно-модульовані сигнали від наземних радіопередавальних станцій та визначає напрямок на джерело радіосигналу. призначений для пілотування вертольота по привідним (ПРС) і радіомовних (РВС) радіостанціям, а також для побудови передпосадкових маневрів при заході вертольота на посадку. Він забезпечує:

- отримання безперервного відліку курсового кутів радіостанції КУР - кута між поздовжньою віссю вертольота і напрямком на радіостанцію.
- здійснювати політ на радіостанцію і від неї з візуальною індикацією курсу; визначати пеленг на радіостанцію за вказівниками УГР-4УК з комплекту курсової системи ГМК-1А;
- здійснювати заходи на посадку за системою ОСП;
- працювати в якості резервного радіоприймача в діапазоні частот 150-1700 кГц.

## **2.Принцип дії систем ПАР-АРК**

Бортове обладнання ADF складається з пульта керування, приймача та антенної системи . Антена ADF складається з напрямленої (наприклад, рамкової) та всенаправленої антен, які розташовані разом. Через порівняння сигналів від двох антен напрямлена антена спрямовується на наземну

радіостанцію і визначає курсовий кут радіостанції. Через пульт керування пілот виставляє частоту радіомаяка, на яку буде визначений напрямок.

У сучасних бортових обчислювальних системах ADF настроюється автоматично з FMS відповідно до заданого плану польоту.

У випадку пеленгування двох радіомаяків ADF можна використовувати для визначення місцеположення ПК. Крім виконання навігаційних функцій, ADF може використовуватись для розпізнавання аеропортів та проміжних точок маршруту через прослуховування позивних сигналів.

Дальність дії ADF залежить від висоти польоту та потужності радіостанції; за потужності 500 Вт дальність становить 200 – 300 км

Автоматичний Р / компас АРК- 9 побудований за класичною схемою автоматичного Р / пеленгатора, де закладено принцип порівняння амплітуд прийнятих сигналів на вході приймача і зі стежить приводом на виході, тобто принцип впливу вихідних сигналів приймача на його вхід.

Радіокомпас має три режими роботи:

«Компас» - основний режим роботи, який використовується для автоматичного пеленгування;

« Антена » - Р/ компас працює як звичайний середньохвильовий Р/ приймач, приймає сигнали і служить для прослуховування і впізнання позивних сигналів Р/ст.

« Рамка » - допоміжний режим працює, при якому Р / компас працює тільки з рамковою антеною і використовується в умовах інтенсивних електростатичних перешкод.

В якості курсового індикатора радіокомпаса АРК-9 застосовується комбінований показчик курсу типу УГР-4УК, який встановлений на приладовій дошці пілотів. На показчику УГР-4УК проти вістря вузької стрілки відраховуються: - курсові кути радіостанцій по зовнішній (нерухомою) шкалою проти вістря вузької стрілки; - курси по внутрішній (рухомого) шкалою проти нерухомого трикутного індексу зовнішньої шкали; - пеленги радіостанцій по внутрішній шкалі проти вістря вузької стрілки; - пеленги вертольота від радіостанцій по внутрішній шкалі проти тупого кінця вузької стрілки; - заданий шляхової кут і КУРС по внутрішній шкалі проти вістря широкої стрілки (яка встановлюється в потрібне положення за допомогою кремальєри задатчика курсу). Прослуховування сигналів приводних радіостанцій забезпечується через телефонні гарнітури пілота при установці перемикача абонентського апарату СПУ в положення "РК-1".

### **3. Призначення всенаправлених маяків VOR**

Обладнання VOR (Very high frequency Omnidirectional Range beacon – всенаправлений надвисокочастотний радіомаяк) визначає азимут ПК відносно точки розташування цього радіомаяка.

Радіомаяки VOR працюють в діапазоні частот 108–117,975 МГц. У цьому діапазоні виділено 200 каналів (через 50 кГц), 160 з яких відведено VOR, а 40 каналів у діапазоні частот 108–112 МГц (з непарними десятими частками мегагерца) – курсовим радіо-маякам посадкової системи ILS.

Забезпечує видачу інформації про азимут ЛА. Радіомаяк може працювати як самостійно, так і в складі з далекоміром DME, утворюючи азимутально - далекомірну систему ближньої навігації VOR / DME. Міжнародна система VOR / DME є системою ближньої навігації, тобто забезпечує навігацію в межах прямої видимості - приблизно 400 км. Система VOR / DME має територіально суміщені маяки: азимутний маяк VOR і далекомірний маяк DME. Маяки працюють незалежно і можуть використовуватися як самостійні засоби.

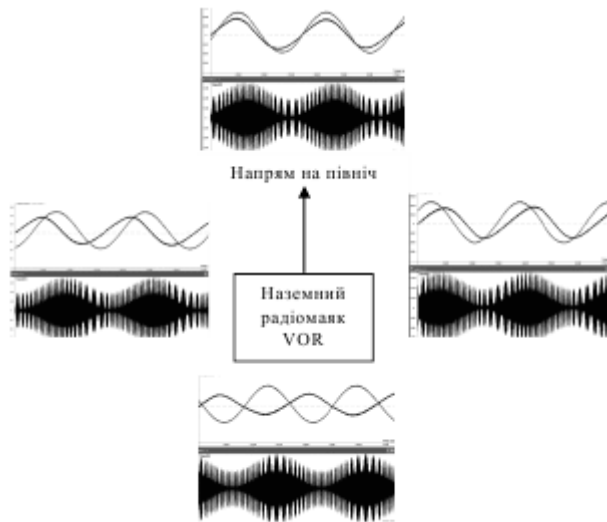
Маяки VOR отримали широке поширення за кордоном, їх параметри регламентовані документами ICAO (International Civil Aviation Organization - Міжнародна організація цивільної авіації). Маяки VOR встановлюються також в міжнародних аеропортах і на повітряних трасах СРСР, виділених для польотів літаків зарубіжних авіакомпаній.

Існує кілька різновидів азимутальних маяків VOR. Апаратура " Курс МП-70 " призначена для роботи зі стандартним VOR. У складних умовах помилка визначення азимута не повинна перевищувати 3,6 град.

#### **4. Принцип дії всенаправлених маяків VOR**

За допомогою антенної системи радіомаяк формує дві діаграми напрямленості: напрямлену і ненаправлену. Через ненаправлену антену випромінюється опорний сигнал, модульований частотою 30 Гц. Направлена діаграма обертається з частотою 30 обертів за секунду.

Положення спостерігача (літака) щодо маяка VOR прийнято характеризувати магнітним азимутом (магнітним пеленгом), тобто кутом між магнітним меридіаном, що проходить через маяк, та напрямом від маяка на спостерігача. Кут вимірюється від магнітного меридіана за годинниковою стрілкою від 0 до 360 град. Надалі замість терміна "магнітний азимут " ("магнітний пеленг ") будемо вживати термін " азимут ".



Таким чином, на рис.1 а азимут спостерігача А дорівнює 0 град, а азимут спостерігача В дорівнює  $\alpha$ .

Складні в просторі діаграми спрямованості утворюють змінне по амплітуді поле, що змінюється з частотою 30Гц. Радіомаяк VOR орієнтований так, що фази опорного і змінного сигналів збігаються в напрямі магнітного північного меридіана. У момент, коли максимум діаграми спрямованості обертового поля направлений туди, частота сигналу піднесе має максимальне значення (1020Гц). У інших напрямках фазовий зсув змінюється від нуля до 360 градусів. Спрощено можна уявити VOR як радіомаяк, що випромінює в кожному напрямку свій індивідуальний сигнал. Кількість таких " сигналів - азимутів " визначається тільки чутливістю бортового обладнання до величини зсуву фаз, прямо пропорційного поточним азимуту ЛА щодо радіомаяка. У цьому контексті, замість поняття " азимут " вживається термін радіал (VOR Radials). Прийнято вважати, що кількість радіалів дорівнює 360. Номер радіал збігається з числовим значенням магнітного азимута.

Бортовий індикатор VOR, крім вказівки азимута, дозволяє вести ЛА в режимах " від " і " на " радіомаяк по заданому азимуту. Для цього на індикаторі VOR є відповідні планки, що показують відхилення ЛА від ЛЗП. Відповідно ЛЗП повинна проходити безпосередньо через сам маяк. Для впізнання маяків VOR несуча частота маніпулюється за допомогою азбуки Морзе сигналом частоти 1020Гц. Крім того, позивні сигнали можуть передаватися голосом за допомогою магнітного запису.

Подібний принцип побудови кутомірної системи дозволяє, за рахунок ускладнення наземної частини комплексу, одночасно спрощувати (читай - зменшувати габарити і масу) апаратуру, що встановлюється на борту ЛА.

На ПК приймаються сигнали, причому сигнал від напрямленої антени виявляється амплітудно-модульованим (максимум сигналу – у разі спрямування антени на ПК). Фаза опорного сигналу поєднується з фазою обвідної амплітудно-модульованого сигналу у випадку, коли азимут дорівнює нулю. Це дозволяє виміряти поточний азимут. Дальність дії радіомаяка залежно від потужності випромінювання становить 50–370 км. Зовнішній



вигляд наземного обладнання VOR показано у додатку. Для впізнання радіомаяків VOR випромінюваний сигнал модулюється кодом Морзе або мовним позивним. Позивні транслуються приймачем VOR в обладнання внутрішнього зв'язку і пілот може контролювати їх через прослуховування.

Маяки VOR випускаються в двох варіантах:

- категорія А (с дальністю дії близько 370км при висоті польоту 8-10км для забезпечення польотів по повітряних трасах);
- категорія В (з дальністю дії близько 40км для обслуговування району аеродрому).

## 5. Функціонування всенаправлених маяків VOR

Розглянемо процес формування сигналу VOR (рис. 1). Антена маяка VOR має діаграму спрямованості (ДН) по напруженості поля:  $1 + m \cos \varphi$  при  $m = 0,3$  (кіло Паскаля). За формою ця ДН близька до форми окружності зі зміщеним центром. ДН антени маяка обертається зі швидкістю 30 об / сек ( $f_{\text{EP}} = 30$  Гц). Епюри цих напруг зображені на рис.1в. Нехай у момент  $t = 0$  максимум ДН спрямований на магнітну північ, тобто магнітний меридіан проходить через вісь симетрії ДН. Відзначимо, що всі маяки VOR орієнтовані на магнітну північ (північний магнітний полюс знаходиться на північ від Канади, на острові Принца Уельського).

Положення спостерігача (літака) щодо маяка VOR прийнято характеризувати магнітним азимутом (магнітним пеленгом), тобто кутом між магнітним меридіаном, що проходить через маяк, та напрямом від маяка на спостерігача. Кут вимірюється від магнітного меридіана за годинниковою стрілкою від 0 до 360 град. Надалі замість терміна "магнітний азимут" ("магнітний пеленг") будемо вживати термін "азимут". Таким чином, на рис.1 а азимут спостерігача А дорівнює 0 град, а азимут спостерігача В дорівнює  $\alpha$ .

Нехай у момент  $t = 0$  напруженість поля випромінювання антени в напрямку 0W і 00stравна 1, в напрямку 0N дорівнює  $1 + m$ , а в напрямку 0S дорівнює  $1 - m$ . Предположимо, що маяк випромінює не модульованих несучу  $f_0$

Таким чином, в точках А і В спостерігачі отримали на входах приймачів амплітудно- модульований сигнал. Коефіцієнт модуляції  $m$  для маяків VOR дорівнює 30 % (рис. 114).

У т. А максимум модулюючого напруги досягається в момент  $t_0$ , а в т. В - в момент  $t_1$ . Якщо б спостерігачеві В був відомий момент часу  $t_0$ , то вимірюючи  $t_1 - t_0$  і знаючи частоту обертання ДН, можна було б обчислити свій азимут  $\alpha$ .

Для того, щоб повідомити спостерігачеві момент збігу максимуму ДН з направленням на магнітну північ (тобто момент  $t_0$ ), в маяку формують сигнал "Опорною фази" - гармоніку частотою 30 Гц, максимум якої відповідає моменту (рис. 2а) і сигнал піднесе - гармоніку частотою 9960 Гц. Поднесучу модулюють за частотою сигналом "Опорною фази" з девіацією частоти  $\pm 480$  Гц таким чином, що в момент збігу максимуму ДН з напрямком на північ сигнал піднесе має максимум частоти, рівний 10440 Гц

## 6. Маркерні системи індикації моменту прольоту точки маршруту

Приймач VOR приймає також сигнали маркерних радіомаяків. Ці радіомаяки встановлюють поблизу злітно-посадкової смуги (ЗПС) на відстані від 75 м до 4 км від зрізу ЗПС. Залежно від цієї відстані маркерні маяки поділяють на ближні, середні та дальні. Маркерні радіомаяки випромінюють сигнал на частоті 75 МГц кодом Морзе. Сигнал випромінюється напрямлено вгору так, що він приймається на ПК тільки в момент прольоту над маяком. Сигнали модулюються низькочастотними коливаннями 400, 1300 або 4000 Гц відповідно біля ближнього, середнього та віддаленого радіомаяків. радіостанції, тобто від курсового кута радіостанції.



Така залежність впливає з фізичного сенсу радіодевіації, який полягає в тому, що великі металеві маси вертольота, перебуваючи в електромагнітному полі, випромінюваному приводний радіостанцією, поведуться як антена випромінює радіохвилю вторинного випромінювання. Частота вторинного випромінювання дорівнює частоті електромагнітного поля, випромінюваного приводний радіостанцією.

Маркерні радіомаяки працюють на частоті 75 МГц, випромінюючи сигнал вузьким пучком вгору. Коли літак пролітає над маркерним маяком, включається система оповіщення - блимає спеціальний індикатор на приладовій панелі і подається звуковий сигнал. Ближній і далекий маркерні маяки у вітчизняних аеропортах зазвичай встановлюються разом з приводними радіостанціями. Дані споруди називається БПРМ (ближня приводна радіостанція з маркером) і ДПРМ (далека приводна радіостанція з маркером) відповідно.

### Далекий маркерний маяк

Далекий маркерний радіомаяк встановлюється приблизно в 4,5 кілометрах від торця ЗПС. У цій точці літак, рухаючись на висоті, зазначеної в схемі заходу, (приблизно 250 метрів) повинен проконтролювати роботу КГС, поточну висоту польоту і продовжити зниження.

### Ближній маркерний маяк

Ближній маяк встановлюється в тому місці, де висота глісади, зазвичай, дорівнює висоті ухвалення рішення. Це близько 1000 метрів від торця смуги.

Т.ч. сигналізація прольоту даної точки додатково інформує пілотів, що вони знаходяться в безпосередній близькості від смуги і раніше знаходяться на посадковій прямій.

#### Внутрішній маркерний маяк

Внутрішній маяк використовується рідко, встановлюється для додаткового сигналу про прохід над торцем ЗПС в умовах низької видимості. Зазвичай це місце, де літак досягає точки мінімуму по 2 категорії ILS (приблизно 10 - 20м).

Приймач VOR приймає сигнал маяка і посилає повідомлення про це в систему індикації і, крім того, видає характерний звуковий сигнал. Цей сигнал разом з повідомленням однозначно вказують пілоту, на якій відстані від ЗПС він перебуває.

#### МАРКЕРНИЙ РАДІОПРИЙМАЧ KR-21

Призначення. Для світлової та звукової сигналізації прольоту маркерних радіомаяків.

Комплект і розміщення на ВС.

Радіоприймачі сигнальне табло виконані в одному корпусі.



Рис.3 Лицьова панель KR-21

Установлено блок в вертикальній панелі центрального пульта. Керування.

На лицьовій панелі приймача розташовано три табло:

- Блакитне (O) - сигналізація прольоту зовнішнього MPM;
- Жовте (M) - сигналізація прольоту середнього MPM;
- Біле (A) - сигналізація прольоту внутрішнього MPM;

Праворуч тумблер SENS (чутливість) на три положення:

- Верхнє положення «H» (хо ?) - Висока чутливість;
- Середнє положення «L» (лоу) - низька чутливість;
- Нижнє положення нефіксоване (необхідно утримувати) - режим TEST,

тільки для контролю ламп.

Зліва від табло фотоелемент регулювання яскравості ламп.

Звуковий сигнал подається на телефони екіпажу як спеціальний сигнал.

## 7. Призначення далекомірної системи DME

Далекомір DME (Distance Measure Equipment – обладнання вимірювання дальності) призначений для точного визначення похилої дальності від ПК до наземної станції.

Вимірювання дальності ґрунтується на вимірюванні часу проходження радіосигналу від ПК до наземної частини обладнання і у зворотному напрямку.

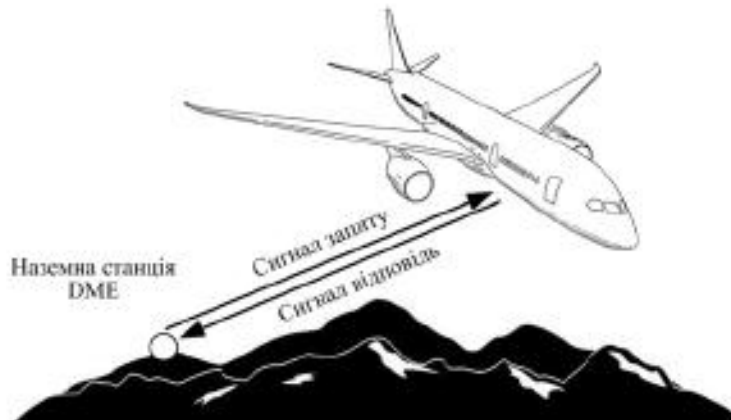


Рисунок 1- Принцип дії далекоміра

Отримання інформації про похилу дальності засноване на вимірюванні проміжку часу між моментами посилки запиту з борту повітряного судна та отримання відповіді від наземного радіомаяка, тривалість якого з урахуванням сталості швидкості поширення електромагнітних хвиль виявляється однозначно пов'язаною з відстанню між повітряним судном та радіомаяків.

## 8. Принцип дії далекомірної системи DME

Система DME складається з бортового та наземного обладнання. Бортове обладнання DME випромінює сигнали запиту на певній частоті. Приймач наземної станції приймає запитувальні сигнали і через деякий час затримки ініціює сигнал відповіді, який випромінюється через антенну систему передавача на іншій частоті. Сигнал-відповідь приймається бортовим обладнанням DME з фіксацією моменту приймання.

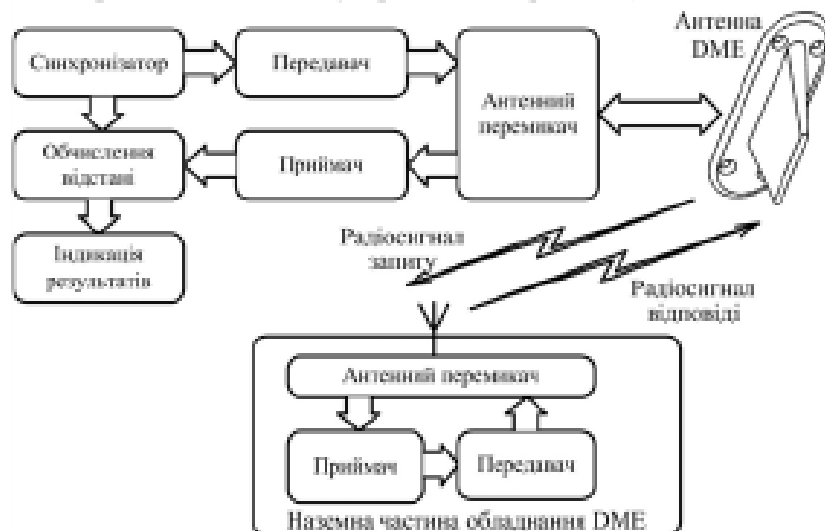


Рисунок 2- Принцип дії далекоміра

Радіомаяк випромінює кодовані пари радіоімпульсів у вигляді хаотичної імпульсної послідовності (ХІП), випромінювання яких переривається через кожні 40 с на час передачі сигналу впізнання у вигляді послілки з двох або трьох букв в коді Морзе.

Як тільки далекомір опиняється в зоні дії радіомаяка і починає приймати радіоімпульси ХІП, він автоматично переходить в режим передачі сигналів запиту дальності (ЗД), які являють собою пари радіоімпульсів з встановленим часовим інтервалом на певній частоті несучої.

Радіомаяк приймає ці сигнали ЗД і після декодування їх, затримки на фіксований(початковий) час і подальшого кодування випромінює сигнали відповіді дальності (ОД) – пари радіоімпульсів з певним інтервалом, але вже на другій несучій частоті.

При цьому на час випромінювання сигналу ОД припиняється випромінювання радіоімпульсів ХІП.

Літаковий далекомір приймає сигнали ОД, декодує їх, вимірює часовий проміжок між моментами послілки сигналу ЗД і прийому сигналу ОД і перетворює результат вимірювання часового проміжку в значення дальності.

Обчислювач DME оцінює час, за який радіосигнал повернувся назад з урахуванням часу затримки у наземній частині обладнання.

За часом проходження сигналу оцінюється відстань від ПК до наземного обладнання системи:

$$D = \frac{(t - \tau)c}{2},$$

де  $t$  – час проходження радіосигналу від бортового до наземного обладнання DME;  $\tau$  – час затримки, необхідний для відповіді наземної частини обладнання DME;  $c$  – швидкість світла.

Функціонування далекомірної системи DME.

Далекомір DME працює у діапазоні частот 960 – 1215 МГц. Дальність дії залежить від потужності відповідача. Типова дальність на трасах становить 365 км, у районах аеропортів – 95 км.

Бортове обладнання DME складається з обчислювального блока, пульта керування та антени. Стандартно на борту ПК встановлюються два комплекти обладнання; цим досягається резервування і забезпечується надійність роботи.

Два незалежні комплекти обладнання DME дозволяють вимірювати відстані до двох різних радіомаяків. За відомими відстанями та з урахуванням відомих координат наземних радіомаяків можна оцінити положення ПК.

Діапазон частот DME: 1025–1150 МГц для запитів (розбитий на 126 каналів), 962–1213 МГц для сигналів відповіді (252 канали). Частотний інтервал між каналами запиту і відповіді постійний і становить 63 МГц.

Наземне обладнання DME зазвичай розміщують разом з радіомаяками VOR. Таке розміщення дозволяє оцінити на борту ПК їх місцеположення відносно радіомаяка. Крім того, налаштування на роботу з наземною станцією DME відбувається одночасно з налаштуванням обладнання VOR.

Відстань, яку вимірює обладнання DME, називається похилою відстанню, оскільки вимірюється пряма відстань між відповідними антенами ПК та наземною станцією. Похила відстань відрізняється від геометричної, оскільки ПК перебуває на певній висоті відносно наземної станції. Оскільки для навігаційних потреб похила відстань не використовується, а необхідною є відстань між ПК та маяком уздовж земної поверхні, то виділяють похибку похилої відстані DME. Проте похила відстань не є похибкою обладнання за своєю природою.

Чим ближче ПК перебуває до наземної станції і чим вище над нею, тим більша різниця між похилою відстанню та відстанню вздовж земної поверхні. Ефективна дальність далекоміра KN63 залежить від багатьох факторів, серед яких найважливішим є висота польоту НД. Іншими факторами, що впливають на ефективну дальність KN63 є положення і висота наземного передавача, вихідна потужність передавача і ступінь технічної забезпеченості (оснащення) даної наземної станції. Вимірювана KN 63 відстань – це похила дальність (вимірювана від ЗС до зв. Станції) і її не можна плутати з фактичною,

горизонтальною, дальністю. Різниця між цими величинами найменша, якщо висота маленька, а відстань велика, однак вона може варіюватися. У кожному разі, якщо дальність більше висоти в 3 рази і більше, цією похибкою можна знехтувати.

## **9. Призначення та категорії систем посадки**

Призначення РМСП - одержання на борту ПС і видача екіпажу й у САК інформації про кутове відхилення ПС від заданої траєкторії (ЗТ) заходу на посадку та про дальність до розрахункової точки приземлення (або про проліт характерних ділянок ЗТ).

Типи РМС відрізняються припустимим при посадці мінімумом погоди та використовуваним діапазоном радіохвиль. Для роботи застосовуваних у ЦА РМС виділено метровий діапазон радіохвиль. Такі РМС називають системами метрового діапазону.

Припустимий при посадці мінімум погоди визначається встановленими ІКАО нормами. Відповідно до метеоумов при посадці розрізняють РМС I, II і III категорій. Найбільш широке застосування знаходять РМС I і II категорій. Більш вартісна та складна в експлуатації апаратура системи III категорії, яка використовується у великих аеропортах з високою інтенсивністю повітряного руху та підвищеною ймовірністю несприятливих метеоумов.

Стандартна КГС, яка класифікується як КГС I категорії, дозволяє виконувати заходи на посадку при хмарності не нижче 60 м над смугою і видимості 700 м (2400 фт), або при видимості 550 м (1800 фт), якщо є освітлення осьової лінії і зони посадки.

Більш складні системи II і III категорії дозволяють виконувати посадку при майже нульовій видимості, але вимагають спеціальної додаткової сертифікації літака і пілота.

Заходи по II категорії дозволяють виконувати посадку при висоті прийняття рішення 30 м (100 фт) і видимості 400 м (1200 фт).

При посадці по III категорії літак приземляється з використанням системи автоматичної посадки, висота прийняття рішення відсутня, а видимість повинна бути не нижче 250 м (700 фт) по категорії IIIa, або від 50-250 м по категорії IIIb. Кожна КГС, сертифікована за III категорії, має свої власні встановлені висоти прийняття рішення і мінімуми. Деякі КГС мають сертифікацію для посадок в умовах нульової видимості (категорія IIIc).

Системи II і III категорій повинні мати освітлення осьової лінії, зони посадки та інші допоміжні засоби.

КГС повинна вимикатися у разі збоїв. Із збільшенням категорії обладнання повинно вимикатися швидше. Наприклад, курсової маяк I категорії повинен вимкнутися через 10 секунд після виявлення збою, а маяк III категорії повинен ввімкнутися менш ніж через 2 секунди.

## 10. Принцип дії інструментальної системи посадки ILS

Система посадки ILS (Instrument Landing System – інструментальна система посадки) працює за посадковими радіомаяками метрового діапазону і визначає за ним відхилення ПК від курсу та глісади під час заходу на посадку. Наземне обладнання складається з двох радіомаяків – курсового та глісадного, які встановлюються на аеродромі.

Курсовий радіомаяк задає площину посадкового курсу рівно сигнальним методом, формуючи в горизонтальній площині

дві пересічні діаграми напрямленості. Його розмішують таким чином, щоб задавати площину, яка проходила б по осі ЗПС. Частоту роботи курсового радіомаяка вибирають з діапазону 108,10–111,95 МГц. Випромінювання праворуч від курсу посадки модулюється за амплітудою частотою 150 Гц, зліва – частотою 90 Гц. Бортовий приймач вимірює різницю глибин модуляції (РГМ). У площині курсу ЗПС РГМ дорівнює нулю і збільшується пропорційно відхиленню від курсу посадки. Інформація про величину відхилення надходить у систему індикації; за зображенням на екрані пілот може оцінити, наскільки точно він заходить на посадку і в який бік від ідеального напрямку відхилився – вправо або вліво. Зона дії курсового радіомаяка становить близько 50 км.

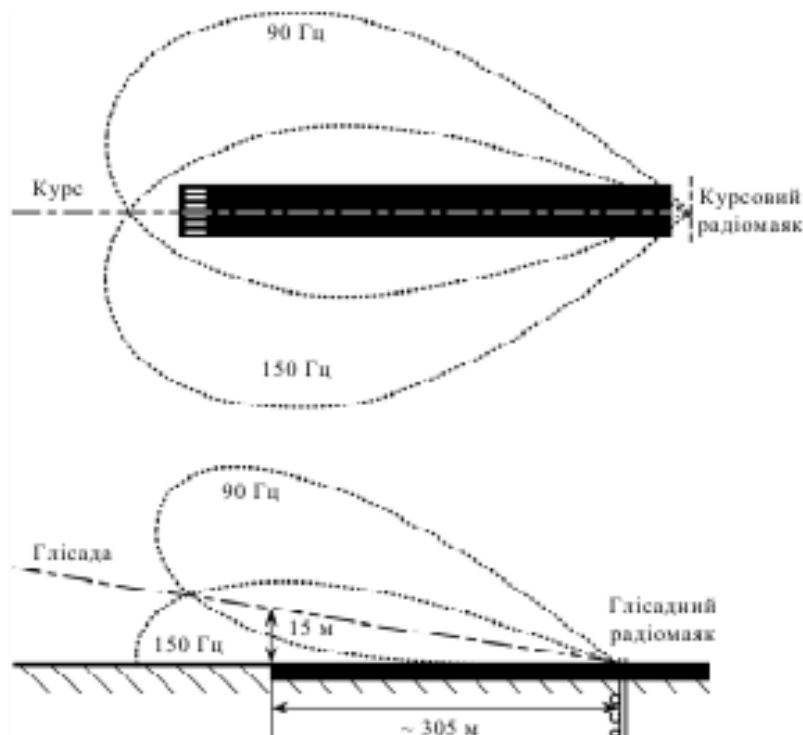




Рисунок 1 – Формування діаграм випромінювання

Глісадний радіомаяк задає лінію глісади, яка дозволяє пілоту витримувати потрібний кут зниження. Глісада задається аналогічним методом, для чого діаграма напрямленості глісадного радіомаяка має дві перетинні пелюстки (рис. 7.7). Нижня пелюстка модулюється частотою 150 Гц, верхня – 90 Гц. Якщо ПК знижується точно за глісадою, вимірювана бортовим приймачем РГМ дорівнює нулю, у разі відхилення від ідеального напрямку РГМ збільшується пропорційно цьому відхиленню, а за знаком РГМ можна визначити, в який бік відхилився ПК (угору чи вниз).

Дальність дії глісадного радіомаяка – 18 км. Частота роботи глісадного радіомаяка становить 328,6–335,4 МГц, яку вибирають залежно від частоти встановленого на аеродромі курсового радіомаяка.

Проліт ПС характерних ділянок на ЗТ визначається за сигналами маркерного радіомаяка, антенна система якого формує спрямовану нагору діаграму. Інформативний параметр сигналу в маркерному каналі являє собою амплітуду сигналу, а також код маніпуляції і частоту його модуляції (використовувані для впізнання радіомаяка).

Відповідно до функціонального призначення в РМС метрового діапазону входять три канали: курса, глісади і маркерний, кожен з яких містить відповідний радіомаяк і бортовий радіоприймач із індикаторним приладом - показчиком курсу та глісади зі звуковими та світловими індикаторами коду МРМ.

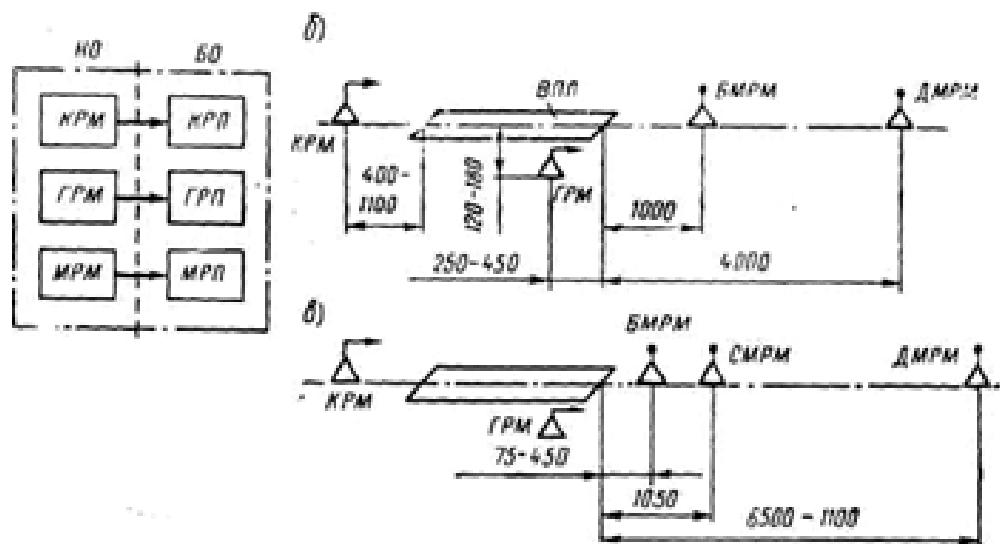


Рисунок 2 – Розміщення системи

## 10. Особливості експлуатації інструментальної системи посадки ILS

Принцип відображення інформації про величину відхилення ПК від необхідної траєкторії зниження показано на рисунку.

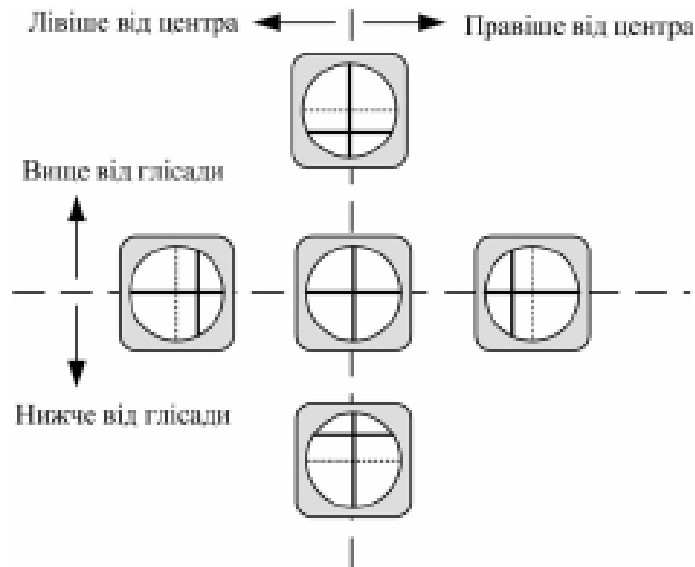


Рисунок 3 – Індикація положення ПС

Система посадки ILS також забезпечує прослуховування членами екіпажу позивних сигналів наземних радіомаяків.

Бортowe обладнання ILS складається з декількох приймачів, глісадної та курсової антен. Кожна з антен з'єднана з приймачами окремими входами. Інформація про величину відхилення від лінії глісади відображається на спеціальному індикаторі або за допомогою системи електронної індикації.



Рисунок 4 – Індикатор системи

Недоліком роботи ILS у метровому діапазоні хвиль є сильний вплив відбитих сигналів і як наслідок – викривлення траєкторії під час наведення ПК на ЗПС. Для послаблення цього фактора застосовують мікрохвильові системи посадки, що працюють у сантиметровому діапазоні хвиль. Порівняно із системами посадки ILS вони мають такі переваги:

- менше залежать від рельєфу та завад,
- ширші кутові розміри зони дії,
- вища точність визначення положення.

Мікрохвильова система посадки (Microwave Landing System –MLS) виконує ту ж функцію, що й система посадки ILS: приймає сигнали двох розташованих на аеродромі радіомаяків MLS, один з яких задає траєкторію наближення до ЗПС за кутом місця, а другий – за азимутом. Діаграма напрямленості азимутального радіомаяка має ножеподібну форму (рис. 7.10) і за час вимірювання здійснює два рухи вліво-вправо в межах сектора від мінус  $62^\circ$  до  $+62^\circ$ .

Через антену випромінюються незатухаючі коливання. Завдяки швидкому руху на борту ПК приймаються два імпульсні сигнали.

Загальна тривалість між ними пропорційна азимуту ПК. Аналогічні рухи вгору-вниз від необхідного напрямку здійснює діаграма напрямленості глісального радіомаяка. Зона дії MLS за азимутом становить  $\pm 40^\circ$ , за кутом місця –  $0,9^\circ$ – $20^\circ$ , дальність дії – 37 км.

Діапазон частот, виділений для кутомірних вимірювань, становить 5031,0–5090,7 МГц, для далекомірних вимірювань – 1000 МГц.

На сучасних ПК установлюються багатофункціональні приймачі, здатні приймати сигнали декількох типів радіомаяків, наприклад, ILS, MLS та VOR.