

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

**Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни «Авіоніка»  
вибіркових компонент  
освітньо – професійної програми першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти

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

**за темою № 5 – Всенаправлені маяки VOR**

**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 всенаправлених маяків VOR.
2. Принцип дії всенаправлених маяків VOR.
3. Функціонування всенаправлених маяків VOR.
4. Маркерні системи індикації моменту прольоту точки маршруту.

**Рекомендована література:****Основна**

1. В.П. Харченко, І.В. Остроумов. Авіоніка. Навчальний посібник. К.: НАУ, 2013.-272с.
2. О.О. Чужа. Авіаційні радіоелектронні системи / О.О.Чужа, О.Г. Ситник, В.М. Хімін, О.В. Кожохіна. – К.:НАУ, 2017. – 264с.;
3. В.О. Рогожин. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. / В.О. Рогожин, В.М. Синєглазов, М.К. Філяшкін. Підручник. – К.: НАУ, 2005. – 316с
4. В.П. Харченко Авіоніка безпілотних літальних апаратів / В.П. Харченко, В.І.Чепіженко, А.А.Тунік, С.В.Павлова. – К.: ТОВ «Абрис-принт», 2012. – 464 с.
5. А.В. Скрипець. Теоретичні основи експлуатації авіаційного обладнання. Навч. посіб. / А.В. Скрипець. – К.:НАУ, 2003. – 396с.;
6. А.П. Бамбуркін, В.Н. Неделько, М.І. Рубец. Аеронавігаційні радіотехнічні системи. Навчальний посібник/ Підред. М.І. Рубця — Кіровоград. Вид-во ГЛАУ, 2002.- 520с.
7. Ю.В. Стуцанський. Комп'ютерні інтегровані системи авіоніки. Навчальний посібник. КЛК НАУ. 2011. – 182 с.

**Допоміжна**

1. Керівництво з льотної експлуатації вертольота Мі-2 - М.: Департамент повітряного транспорту, 1996.
2. 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 ПС. <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 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.

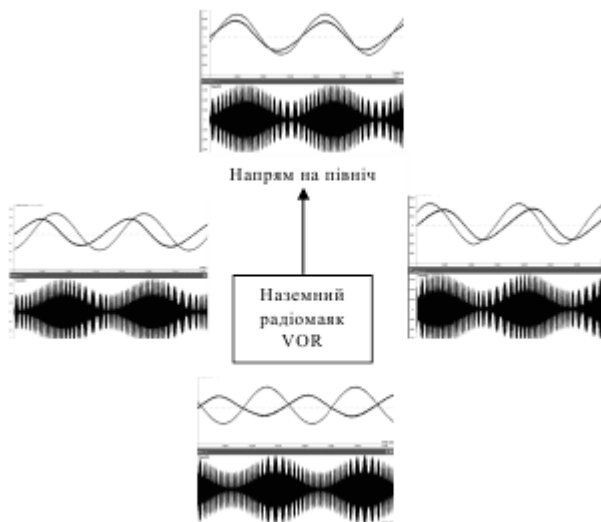
Маяки VOR отримали широке поширення за кордоном, їх параметри регламентовані документами ICAO (International Civil Aviation Organization - Міжнародна організація цивільної авіації). Маяки VOR встановлюються також в міжнародних аеропортах і на повітряних трасах СРСР, виділених для польотів літаків зарубіжних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

### 2. 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 градус, 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).

### 3. 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  $f_0$

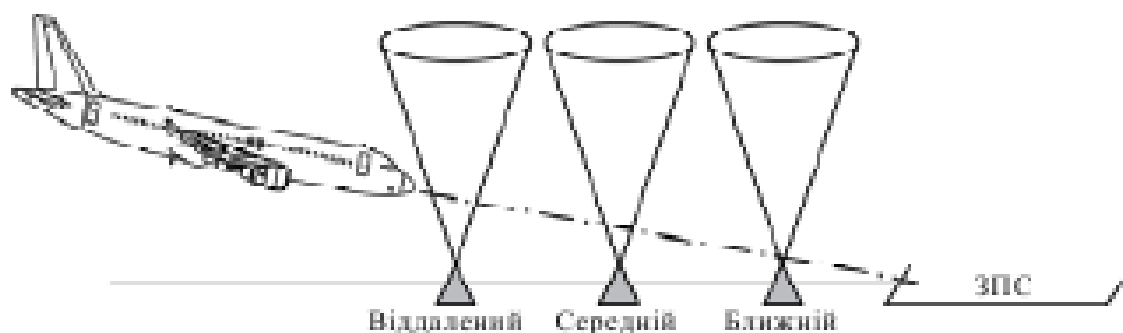
Таким чином, в точках А і В спостерігачі отримали на входах приймачів амплітудно- модульований сигнал. Коефіцієнт модуляції  $m$  для маяків VOR дорівнює 30 % (рис. 114).

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 напрямком 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

#### 4. 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.

### Близький маркерний маяк

Близький 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 МРМ;
- Жовте (M) - сигналізація прольоту середнього МРМ;
- Біле (A) - сигналізація прольоту внутрішнього МРМ;



Праворуч тумблер SENS (чутливість) на три положення:

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

тільки для контролю ламп.

Зліва від табло фотоелемент регулювання яскравості ламп.

Звуковий сигнал подається на телефони екіпажу як спеціальний сигнал.