

**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 №2.2 – «Маяки VOR та DME»**

**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. Призначення радіомаяка азимутального VOR.
2. Дальномірна система навігації DME.
3. Спільна система VOR та DME.

### 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

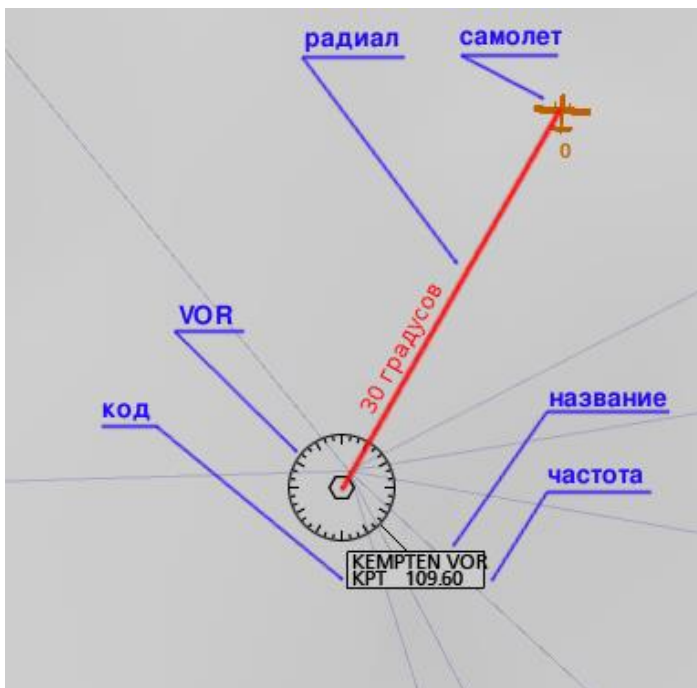
Основним навігаційним засобом в більшості країн є VOR (VHF Omnidirectional Range navigation system), що в перекладі на російську називає всенаправлений курсової радіомаяк УКХ діапазону. З'явилися останнім часом супутникові навігаційні системи не замінюють VOR, а доповнюють їх.

Літаки літають по повітряних трасах, які будуються з відрізків. Відрізки утворюють мережу, обплутують цілі держави. У вузлах цієї мережі (на кінцях відрізків) розташовані VOR-радіостанції.



**Радіомаяк VOR** складається з двох передавачів на частотах 108,00-117,95 МГц. Перший передавач VOR передає постійний сигнал в усі сторони, в той час як другий передавач VOR є вузько направлений обертається промінь, що змінюється по фазі в залежності від кута повороту, тобто промінь пробігає коло в 360 градусів (як промінь маяка). В результаті виходить діаграма випромінювання у вигляді 360 променів (один промінь через кожен градус кола). Приймаюча апаратура порівнює обидва сигнали і визначає «кут променя», на якому в даний момент знаходиться літак. Такий кут називається VOR-радіаль (VOR Radial).

VOR-обладнання на борту літака може визначити, на якому з VOR-радіаль відомої радіостанції знаходиться літак.

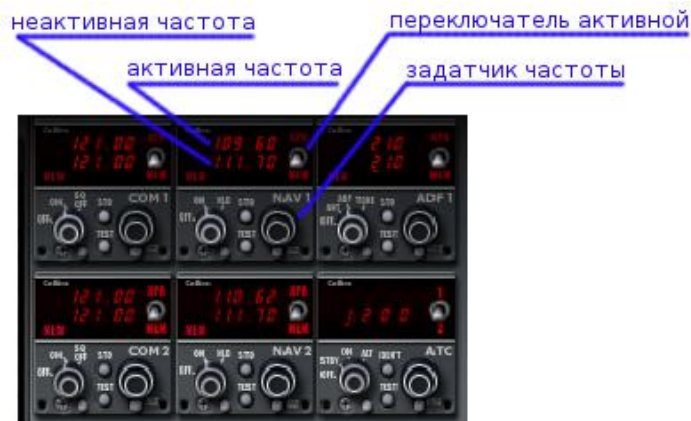


На пілотажної карті ви можете знайти необхідну VOR-станцію. На схемі вище показаний літак, що знаходиться на радіаль 30 від VOR. Кожен VOR має свою назву (VOR на малюнку називається KEMPTEN VOR) і скорочене трибуквенне позначення (VOR на малюнку позначається KPT). Поруч з VOR написана його частота, яку треба вводити в приймач. Таким чином, щоб зловити сигнал від KEMPTEN VOR, треба ввести в приймач частоту 109.60.

Дуже часто літаки обладнуються не одним, а відразу двома приймачами VOR. В такому випадку один приймач називається NAV 1, а другий відповідно NAV 2. Для введення частоти в приймач VOR використовується подвійна кругла ручка. Більша її частина використовується для введення цілих, менша - дрібних часток частоти VOR. Нижче показана типова панель управління радіонавігаційними приладами.



Задатчики частот VOR підписані червоним кольором. Це найпростіший вид приймачів, який дозволяє ввести тільки одну частоту VOR. Більш складні системи дозволяють ввести відразу дві частоти VOR, і швидко перемикаються між ними. Одна частота VOR є неактивною (STAND BY), її змінює ручка задатчика частоти. Друга частота VOR називається активною (ACTIVE), це та частота VOR, на яку налаштований приймач в даний момент.



На малюнку вище показаний приклад приймача з двома задатчиками частоти VOR. Користуватися ним дуже просто: за допомогою круглого

задатчика треба ввести необхідну частоту VOR, а потім зробити її активної за допомогою перемикача. При наведенні миші на коліщатко задатчика курсор миші змінює форму. Якщо він виглядає як маленька стрілка, то при натисканні на миша зміняться десяті частки. Якщо стрілка велика, то змінюватиметься ціла частина числа.

В кабіні так само повинен бути прилад, який показує, на якому радіалі VOR в даний момент знаходиться літак. Цей прилад зазвичай називається NAV 1, або VOR 1. Як ми вже з'ясували, в літаку може бути другий такий прилад. У літаку Cessna 172 їх два:



Прилад складається з:

- рухомий шкали, що нагадує шкалу компаса
- круглої ручки задатчика OBS
- стрілки індикатора напрямку TO-FROM
- транспаранта GS
- двох планок, вертикальної і горизонтальної

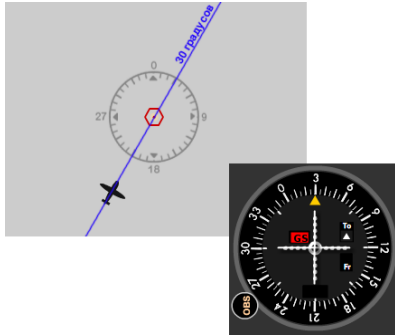
Горизонтальна планка і транспарант GS використовуються при посадці по системі ILS.

Ручка OBS обертає рухому шкалу і налаштовує тим самим приймач VOR на необхідний радіал. Наприклад, так може виглядати прилад, налаштований на радіал 30:

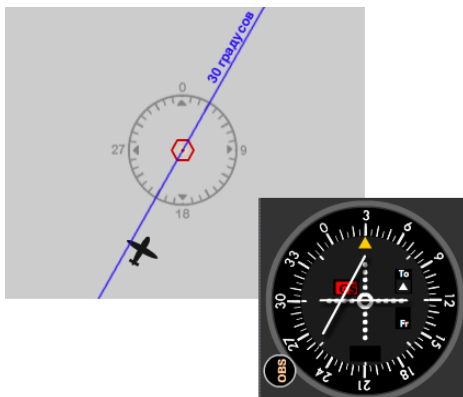


На малюнку видно, що при обертанні ручки OBS шкала повертається, і верхній куточок показує на номер поточного Радиала. Як і на компасі, всі номери на приладі пишуться поділені на 10, таким чином цифра 3 позначає радіал 30.

Вертикальна планка показує відхилення від Радиала. Якщо літак знаходиться на радіалі, то планка буде стояти вертикально:

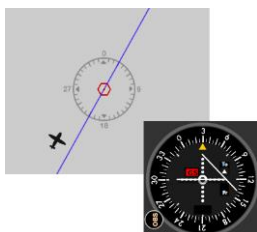


Якщо літак зміститься правіше Радиала, то вертикальна планка відхилиться вліво, щоб показати що до радіалі треба летіти в ліву сторону.



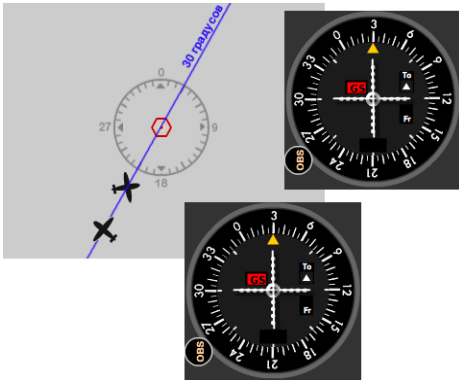
Коли пілот бачить таку картину, він знає що для виходу на радіал треба повернути вліво. Правило дуже просте: планка показується в тій стороні, в яку треба летіти.

Аналогічна картина буде в разі якщо літак виявиться лівіше потрібного Радиала:



Зверніть увагу, що в даному випадку літак відхилився від Радиала сильніше, і планка приладу відповідно так само відхилилася сильніше.

Важливою особливістю VOR є те, що прилад завжди показує радіал, на якому знаходиться літак, незалежно від курсу, яким йде літак. Наприклад, на малюнку нижче показані літаки, що летять різними курсами. Оскільки вони знаходяться на одному і тому ж радіалі і у них однаково налаштований OBS, прилад VOR у всіх літаків покаже один і той же.

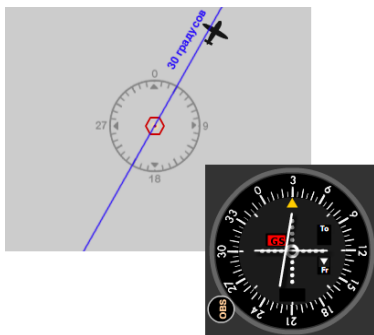


При польотах по VOR потрібно пам'ятати, що чутливість приладу VOR зростає при підльоті до радіомаяку VOR, поки не пропадає в безпосередній близькості від маяка. Близько маяка VOR не треба ганятися за планкою, замість цього, коли чутливість стає надмірною, треба продовжувати рухатися колишнім курсом поки літак не пройде над маяком VOR.

Отже, щоб летіти по радіалю VOR треба налаштувати на приймачі його частоту VOR, задати за допомогою OBS номер необхідного Радіала і утримувати вертикальну планку по центру приладу. Якщо планка відхиляється вліво, треба повернути наліво. Якщо вправо, треба повернути праворуч. У разі бокового вітру, потрібно повернути на вітер, щоб компенсувати знесення літака. Більш докладно про політ у вітер можна прочитати в статті про [NDB навігацію](#).

#### VOR навігація в зворотному напрямку

Ми розглянули політ у напрямку до VOR. Точно також можна літати і в зворотному напрямку.



Зверніть увагу, що куточок напрямки показує тепер на напис FR, що означає що літак рухається у напрямку від VOR. Літак на малюнку трошки відхилився вправо, тому планка на приладі показує що радіал знаходиться лівіше.



**Поширена помилка**, що здійснюються багатьма, полягає в установці неправильного номера Радиала. Якби на малюнку вище пілот замість Радиала 30 встановив би радіал 120, то стрілка показувала б напрямок ТО, а планка відхилялася б в протилежну сторону. Тому дуже важливо завжди правильно задавати напрямок Радиала і контролювати розташування VOR по кутку TO-FROM.

Запам'ятати, як правильно ставити радіал, дуже просто: номер Радиала - це курс, яким повинен летіти літак, рухаючись по радіаль в безвітряну погоду. При цьому не важливо, летить літак від VOR або у напрямку до нього, завжди вводите в OBS той курс, яким хочете рухатися. Номери радіаль VOR відповідають істинному курсом, а не магнітного.

### Визначення поточного Радиала VOR

Іноді буває потрібно визначити, на якому радіаль в даний момент знаходиться літак. Для цього треба обернути задатчик OBS до тих пір, поки на приладі стрілка напрямку не вкаже на ТО, а планка відхилення не стане строго вертикально. Відклавши на карті отриманий номер VOR-Радиала, можна прикинути своє місцеположення. Правда, це метод не покаже відстань до VOR.

Але VOR-станція може мати ще й далекомірної обладнання (DME - Distance Measurement Equipment). Радіостанції з таким обладнанням позначаються на карті VOR-DME або VORTAC. Ви побачите відстань в NM до VOR-станції на приладовій дошці в віконечку DME1 або DME2 відповідно. Тепер, знаючи масштаб карти, можна відзначити на VOR-радіаль точне місце літака в даний момент часу.

Часто відстань DME, яке ви бачите на приладовій дошці не відповідає відстані по карті. Це відстань від наземної VOR-радіостанції до вашого літака, що летить на певній висоті. Тобто це гіпотенуза прямокутного трикутника, один катет якого - ваша висота, а другий - відстань по землі від VOR-радіостанції, до точки над якою ви зараз пролітаєте. Особливо неточними стають ці дані, коли ви близько від VOR-радіостанції (пролітаючи строго над нею ви отримаєте свою висоту). Тому, потрібно резервувати одну-дві милі, якщо коридор в контрольованому повітряному просторі вимагає обов'язкового виходу на зв'язок з диспетчером при прольоті VOR-станції.

### Перехоплення певного Радиала VOR

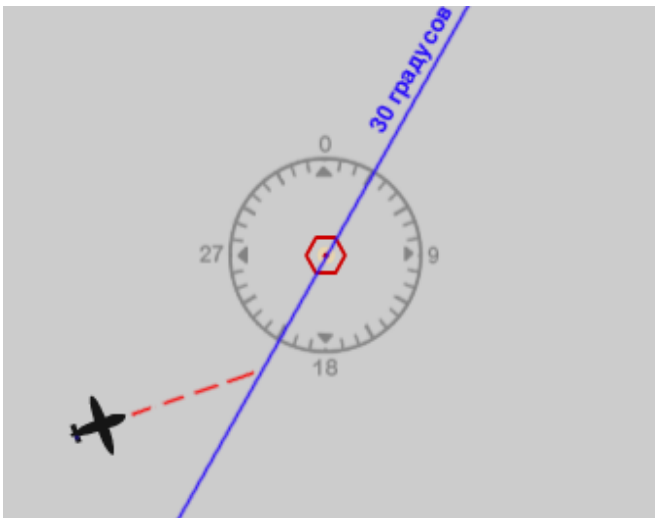
Часта навігаційна завдання - перехоплення певного Радиала. Наприклад, нам потрібно вийти на повітряну трасу, яка проходить по 30-му радіаль VOR. Ми знаємо що знаходимося десь лівіше радіала (а якщо не знаємо, то можемо це визначити так, як було описано вище):

Перше, що нам треба зробити - це налаштуватися на частоту VOR і ввести за допомогою задатчика OBS необхідний радіал. Прилад покаже приблизно наступне:

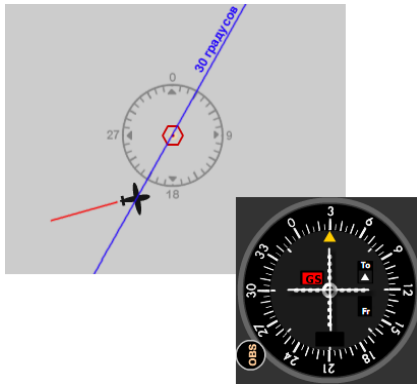


З цього видно, що радіал десь далеко праворуч. Тепер треба вирішити, під яким кутом ми будемо перехоплювати радіал. Саме швидкий спосіб перехопити радіал - летіти перпендикулярно йому, але це не наблизить нас до кінцевої точки маршруту. Вибраємо розумний компроміс, і рушимо під кутом 40 градусів до радіаль. Так як радіал знаходиться праворуч, щоб отримати курс перехоплення, додамо до курсу радіала (30 градусів) кут перехоплення (40 градусів), і отримаємо курс перехоплення (70 градусів). Якби радіал знаходився зліва, кут перехоплення треба було б забирати.

Докрутіть на отриманий курс перехоплення (70 градусів), і почнемо шлях до радіаль:



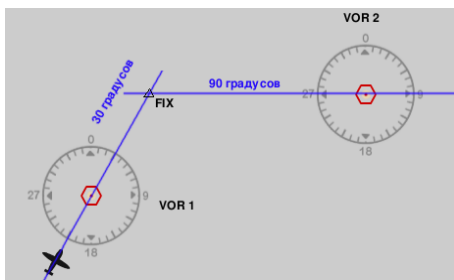
Червоної пунктирною лінією показаний курс перехоплення. Летіти цим курсом треба до тих пір, поки пристрій не покаже що літак знаходиться на радіаль:



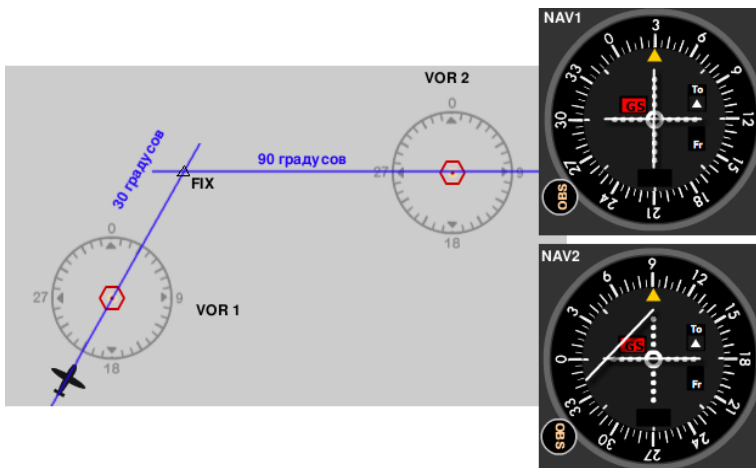
Все що залишилося, це розвернутися і полетіти по радіаль курсом 30 градусів. Щоб не перелетіти повз радіала, треба починати розворот заздалегідь, не чекаючи поки планка встане строго вертикально.

### Перехід з одного радіала на інший

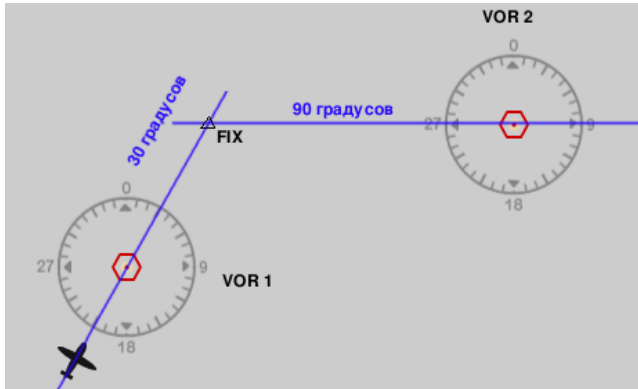
Іноді виникають ситуації, коли потрібно перейти з одного радіала на інший. Таке може знадобитися при переході з однієї повітряної траси на іншу. Розглянемо наступний приклад, який ви бачите на схемі:



Припустимо що літаку треба пролетіти по радіаль 30 від VOR 1 до точки FIX, після чого необхідно повернути курсом 90 градусом і рухатися до VOR 2. Це завдання легко вирішується за допомогою використання двох приймачів VOR одночасно. У приймач NAV1 введемо частоту VOR 1 і настроєм його на радіал 30, в приймач NAV2 - частоту VOR 2 і радіал 90 градусів:



Верхній приймач, налаштований на VOR 1 показує що літак знаходиться точно на радіаль 30 градусів і летить курсом до нього. Нижній, налаштований на VOR 2, каже що до Радиала 90 градусів ще далеко. Продовжуємо рух по радіаль поки другий приймач не покаже, що ми підходимо до радіаль 90 градусів:



Не чекаючи поки стрілка VOR 2 встане строго вертикально, заздалегідь почнемо розворот на 90 градусів. Після розвороту залишиться тільки продовжити рух по радіаль 90 градусів у напрямку до VOR 2:

**Приймач NAV1** більше не потрібен, і його краще налаштувати на якусь неіснуючу частоту, щоб випадково не переплутати з NAV2, який використовується в даний момент.

### Обмеження VOR-навігації

Система VOR-навігації - досить дорога в масштабах країни. Справа в тому, що VOR-обладнання має обмеження по дальності, як будь-яка УКХ радіостанція або телевізійна вишка. УКВ радіозасоби працюють тільки в прямої видимості. Це означає, що перешкоди можуть закривати від вас VOR-радіостанцію, поки ви не підніметеся на достатню висоту. Сам радіус дії сигналу VOR також обмежений. До 5500 метрів висоти ви можете приймати сигнали VOR на видаленні 40-130 NM в залежності від рельєфу місцевості. Вище VOR-сигнали можна приймати на максимальній відстані 130 NM.

### DME. Всеспрямований увч радіомаяк РМД

Призначений для формування в просторі навігаційних сигналів, що містять інформацію про похилу дальності від місця установки і сигналів пізнання.

Принцип дії заснований на методі активної радіолокації (активний запит - активний відповідь). Всеспрямований дальномірний радіомаяк діапазону УВЧ призначений для вимірювання дальності повітряного судна щодо місця установки радіомаяка при польотах повітряних суден по трасах і в районі аеродрому.

РМД, який використовується спільно з гліссадним радіомаяком, призначений для визначення повітряними судами дальності до торця ЗПС в

точках, де потрібно порівняння встановленої висоти польоту з показаннями бортового висотоміра. В цьому випадку РМД є навігаційно-посадкових (РМД-НП). Вимірювання проміжків часу між запитними і відповідними сигналами.

РМА, РМД і РМА / РМД повинні бути розміщені на трасі або аеродромі відповідно до вимог технічної документації на даний тип обладнання, таким чином, щоб максимально забезпечити вирішення навігаційних завдань.

Антенний пристрій РМД має бути розташоване над антенним пристроєм маяка РМА при використанні прийомовідповідача РМД спільно з маяком РМА. Допускається рознесення антенних пристроїв РМД і РМА на відстань не більше 30 м при забезпеченні польотів в районі аеродрому та не більше 600 м при забезпеченні польотів по ОТ.

DME / N (РМД-90)призначений для формування в просторі за запитом бортового обладнання навігаційних сигналів з форматом DME / N, що містять інформацію про видалення будь-якої точки зони дії радіомаяка від місця його установки, і сигналів розпізнавання радіомаяка. Апаратура й устаткування радіомаяків на місцях експлуатації розміщується або в апаратній радіомаяка азимутального VOR (РМА-90) при спільній установці, або в стаціонарних опалювальних спорудах.

Система забезпечує отримання на борту повітряного судна таку інформацію:

1. про видалення (похилій дальності) повітряного судна від місця установки радіомаяка;
2. про відмітному ознаці радіомаяка.

Радіомаяк дальномірний може встановлюватися спільно з радіомаяків азимутним VOR (РМА) або використовуватися автономно в мережі DME-DME. У цьому випадку на борту повітряного судна забезпечується визначення його місця розташування в системі вимірювання двох дальностей щодо місця установки радіомаяка, що дозволяє вирішувати завдання літаководіння на трасі і в зоні аеродрому.

### Принцип роботи

Радіомаяк випромінює кодовані пари радіоімпульсів у вигляді хаотичної імпульсної послідовності, випромінювання яких переривається через кожні 40 с на час передачі сигналу впізнання у вигляді посилки з двох або трьох букв в коді Морзе. Як тільки далекомір виявляється в зоні дії радіомаяка і починає приймати радіоімпульси, він автоматично переходить в режим передачі сигналів запиту дальності (ЗД), які представляють собою пари радіоімпульсів з встановленим тимчасовим інтервалом на певній частоті. Радіомаяк приймає ці сигнали запиту дальності і після декодування їх, затримки на фіксований (початкова) час і подальшого кодування випромінює сигнали відповіді дальності (ОД) - пари радіоімпульсів з певним інтервалом, але вже на іншій частоті. При цьому на час випромінювання сигналу відповіді дальності

припиняється випромінювання радіоімпульсів ХИП. Парк літаків далекомір приймає сигнали ОД, декодує їх, вимірює часовий проміжок між моментами посилки сигналу ЗД і прийому сигналу ОД і перетворює результат вимірювання часового проміжку в значення дальності.

#### Основні технічні характеристики DME (РМД-90)

Зона дії:

- в горизонтальній площині, град від 0 до 360
- вертикальній площині зверху, град не менше 40
- по дальності, км:
  - на висоті 6000 м не менше 200
  - на висоті 12000 м не менше 260
- Поляризація випромінювання вертикальна
- Похибка, що вноситься радіомаяків в вимір дальності, для 95% вимірів, м не більше  $\pm 75$
- Частота робочого каналу, МГц: одне з дискретних значень (через 1 МГц)
  - приймального в діапазоні 1025-1150 МГц
  - передавального в діапазоні 962-1213 МГц
- Потужність радіоімпульсів, Вт не менше 500
- Кількість одночасно обслуговуваних літаків - не більше 100
- Габаритні розміри і маса шафи РМД 1700x496x678 мм; не більше 240 кг.
- Габаритні розміри і маса антени РМД 2180 x 260 мм, не більше 18 кг