

**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 № 7 – Системи ближньої навігації РСБН та VOR-DME

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. Принцип дії системи ближньої навігації РСБН.
2. Принцип дії системи VOR-DME.
3. Особливості експлуатації обладнання системи ближньої навігації.

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/ Під.ред. М.І. Рубця — Кіровоград. Вид-во ГЛАУ, 2002.- 520с.
7. Ю.В. Стушанський. 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
3. HELLI — TAWS http://www.fcs-modification.com/?go=news&n=6&new_language=0

Текст лекції

1. Принцип дії системи ближньої навігації РСБН

Системи ближньої навігації (СБН) - регіональні однопозиційні системи, призначені для визначення азимута й дальності літального апарату відносно радіонавігаційних точок в межах дальності прямої видимості. Для роботи СБН виділені ділянки діапазону метрових і дециметрових хвиль.

Основа систем ближньої навігації - мережа незалежних наземних радіомаяків (РМ). Розрізняють азимутальні радіомаяки (АРМ), далекомірні радіомаяки (ДРМ) і азимутально-далекомірні радіомаяки (АДРМ), які встановлюють на аеродромах та в маршрутних точках, що відповідають характерним ділянкам повітряних трас.

Навігаційні параметри систем ближньої навігації - азимут і дальність визначаються на літальному апараті відносно радіонавігаційної точки (РНТ), де розміщений радіомаяк. При відомій висоті польоту цих даних досить для знаходження положення літального апарату в просторі. Тобто системи ближньої навігації відносяться до класу кутомірних, далекомірних або азимутально-далекомірних систем.

У системах ближньої навігації виділяють канал азимута (КА) і канал дальності (КД). До кожного з каналів входить наземний радіомаяк і бортова апаратуру (БА) літального апарату.

За типом системи ближньої навігації відрізняються:

- по виду інформативного параметра сигналу, що використовується для визначення азимута;

- по формату сигналу, що використовується для визначення дальності;

за структурою побудови системи в цілому.

На сьогоднішній день найбільшого поширення в авіації одержали:

- розроблена в СРСР радіотехнічна система ближньої навігації (РСБН);

- розроблена в США та стандартизована ІКАО система VOR/DME;

- розроблена в США для Військово-Повітряних Сил система TACAN.

Система РСБН є кутомірною-далекомірною часовою (імпульсною) радіонавігаційною системою, яка для визначення азимута й дальності використовує метод вимірювання часових проміжків. До складу системи входять азимутально-далекомірні радіомаяки і бортове обладнання літального апарату. Система працює в діапазоні дециметрових хвиль. Відмінна риса системи - можливість наземного спостереження повітряної обстановки, визначення координат і впізнавання ЛА, а також використання БА для посадки при наявності посадкових РМ дециметрового діапазону. РСБН призначені для забезпечення близької навігації, міжлітакової навігації

та посадки ЛА в простих та складних метеорологічних умовах. Вони вирішують такі основні задачі:

- виконання польоту за заданим маршрутом;
- неперервне визначення місцеположення літака у заданій системі координат;
- визначення навігаційних елементів польоту;
- виконання корекції бортових обчислювальних пристроїв;
- вивід ЛА на ЗПС по курсу та глісаді з визначенням відстані до точки приземлення;
- визначення полярних координат літаків на наземному індикаторі кругового огляду і їх індивідуальне розпізнавання.

Загалом РСБН являє собою комплекс наземного та бортового обладнання. Бортове обладнання РСБН містить антенно-фідерну систему, приймач, передавач, канал вимірювання азимуту і канал вимірювання дальності D, а також засоби їх індикації наприклад КПІ КСЕІС або РМІ. Наземне обладнання РСБН містить всенаправлений азимутально-далекомірний радіомаяк (АДРМ) та посадочну радіомаячну групу (ПРМГ).

Наземне обладнання РСБН представляє собою кутомірнодалекомірний радіомаяк (КДРМ), який складається з приймача (ПРМД) та передавача (ПРДД) далекоміра, передавача опорних сигналів (ПОС), передавача азимутальних сигналів (ПАС) з гостронаправленою поворотною антеною, індикатора кругового огляду (ІКО). При встановленні на місцевості наземний радіомаяк з великою точністю орієнтується відносно істинного меридіану. При розміщенні на аеродромі його встановлюють на відстані 500...800 м від центру осі ЗПС.

2. Принцип дії далекомірної системи VOR-DME

Принцип дії каналу азимуту – каналу VOR ґрунтується на фазовому методі визначення азимуту. У стандартному варіанті VOR антена азимутального радіомаяка АРМ створює діаграму спрямованості (ДС), що має форму окружності зі зміщеним центром, що обертається із частотою $F_{об} = 30$ Гц. Обертання ДС приводить до амплітудної модуляції прийнятого сигналу з тією ж частотою $F_{об}$. У точці з довільним азимутом А фаза, що обгинає прийнятий на ПС амплітудно-модульований (АМ) сигнал, запізнюється щодо фази АМ сигналу, прийнятого в північному напрямку, на величину

$$\Psi_A = \omega_{об} t_A = A$$

Цей фазовий кут однозначно пов'язаний з азимутом ПС.

Маяк VOR створює випромінювання постійної й змінної фаз за всіма напрямками.

У північному напрямі магнітного меридіана, що проходить через маяк, сигнали збігаються по фазі, у південному напрямі вони протилежні по фазі, у східному відрізняються на 90° , а в західному — на 270° і т.ін.

У північному напрямі магнітного меридіана, що проходить через маяк, сигнали збігаються по фазі, у південному напрямі вони протилежні по фазі, у східному відрізняються на 90° , а в західному — на 270° і т.ін.

Принцип вимірювання відстаней між літаком і маяком є загальновідомим і полягає в передачі запитальних сигналів літаковим запитувачем дальності ЛЗД та одержанні відповіді від маяка на власний запит. Часовий інтервал між запитальним і відповідним сигналами завжди відповідає дальності, він і вимірюється схемою.

Далекомірний маяк (ДРМ) DME являє собою пристрій, який має в своєму складі приймач, передавач та антенну систему. Антенна система формує в горизонтальній площині кругову діаграму спрямованості, а у вертикальній площині — пелюсток з підйомом максимуму випромінювання над горизонтом на 4° . Маяк являє собою самостійну функціональну систему.

Норми на параметри бортової апаратури VOR/DME регламентовані стандартами ICAO. Основні вимоги, що ставляться до бортової підсистеми VOR/DME, зводяться до наступного. Вимоги до апаратури VOR регламентують похибку вимірювання курсу, яка не повинна перевищувати 4° при всіх умовах, на яких розраховане обладнання, і при наявності сигналу, що заважає, з рівнем 2 мВ на частоті, вилученій від частоти корисного сигналу АРМ не менш, ніж на 100 КГц. В апаратурі повинна бути передбачена система сигналізації, яка видає попередження про відмову при відсутності сигналів, що приймаються.

Для збільшення точності стандартні АРМ типу VOR замінюють на більш складні радіомаяки — доплерівські (DVOR), при цьому похибка значно зменшується (близько $0,5^\circ$).

Вимоги до далекомірного встаткування регламентують значення загальної похибки вимірювання дальності, що повинна бути не більше 0,7 км на відстанях від ДРМ від 0 до 556 км при частоті повторення перешкоди 2500... 3000 Гц. Форма та спектр випромінюваного сигналу повинні відповідати вимогам ICAO. Допускається нестабільність частоти передавача-запитувача, при якій на кожному з 126 частотних каналів несуча частота відрізняється від номінального значення не більш ніж на 100 кГц. Імпульсна потужність передавача повинна бути не менше 500 Вт, а рівень паразитних випромінювань не більше - 70 дБ від цієї потужності. Чутливість приймача передбачається не гірше мінус 116 дБ/Вт при дальності дії 370 км і 120 дБ/Вт при 556 км. Далекомір повинен мати вбудований контроль, що забезпечує перевірку правильності функціонування апаратури.

Норми ICAO на далекомірну систему передбачають використання обладнання каналу дальності радіосистеми ближньої навігації VOR/DME, що забезпечує більш високу точність і додаткову кількість частотно-кодових каналів (обладнання DME/P).

Частотний діапазон DME/P становить 960... 1215 МГц. У межах даного діапазону є 238 частотних каналів з рознесенням по частоті 1 МГц. Робочі частотні канали DME/P вибираються із числа 252 каналів стандартного обладнання DME.

Бортове обладнання системи VOR/DME на літаках вітчизняного виробництва представлено каналом VOR навігаційно-посадкової апаратури КУРС-93 і літаковим далекоміром DME/P-85.

3. Особливості експлуатації обладнання системи ближньої навігації

Призначення.

Радіодалекомір KN 63 відноситься до бортової радіосистеми ближньої навігації і призначений для визначення похилої дальності вертольота до радіомаяків системи DME.

На дисплей (індикатор KDI 572) радіодалекоміра, окрім інформації про похилу дальності, виводиться також наступна інформація:

- Шляхова швидкість вертольота;
- Час польоту вертольота до радіомаяка.

Комплект і розміщення на вертольоті. Рис 156.

- Блок KN 63, - на етажерці за другим пілотом;
- Індикатор KDI 572, на центральному пульті;
- Антена КА-60, - під фюзеляжем шп. 2н-3н справа.



Основні ТТХ.

KN 63 - це 200 - каналний радіодалекомір, відповідний стандартам FAA TS0 з 66 А. Використовується твердотільний передавач і газорозрядний дисплей.

- Номінальна імпульсна потужність передавача ----- 100 Вт.
- Чутливість приймача, номінальна ----- 87 Дб.
- Похибки показань:
- 1. Дальності:

- 0,1 М. милі при дальності від 0 до 99 м. миль,
- 1 м. миля при дальності від 100 до 389 м. миль;
- 2.Шляхової швидкості - 0,5 морського вузла;
- 3. Часу - 1 хв в діапазоні від 0 до 99 хв.

ПРИМІТКА: Індикатор показує 99 хв, навіть якщо розрахунковий час до радіомаяка перевищує 99 хв.

Електроживлення і захист.

Живлення радіодалекоміра здійснюється від б / мережі +27 В, акумуляторної шини 2 каналу через автомат захисту мережі АЗСГК - 5 " DME " на правій панелі АЗС. Рекомендується подавати живлення на KN63 тільки після запуску двигуна, тому це підвищує надійність твердотільних схем.

Управління.

На передній панелі KDI 572 розташовані наступні органи управління та індикації..

Перемикач режимів на лицьовій панелі KDI 572, має чотири положення:

- OFF (виключено);
- № 1, в положенні № 1 далекомір каналізується від блоку KN-53 № 1;
- HLD (захоплення), в положенні HLD (Hold) далекомір каналізований на останню обрану частоту NAV1 (KN 53 № 1) або NAV2 (KN 53 № 2);
- № 2. в положенні № 2 далекомір каналізується від блоку KN -53 № 2 (якщо встановлюється);

Індикатор KDI 572, одночасно показують дальність до р / м ДМЕ, швидкість і час польоту до р / м ДМЕ. Крім того на дисплеї в режимі № 1 з'являється "1", а в режимі № 2 - "2", щоб на індикаторі був видно джерело каналізування. У режимі Hold (захоплення), на індикатора горить " 1Н " або " 2Н " - також для того щоб показати джерело, яке утримується. На індикаторах з'явиться " RNV " якщо показуються відстань, швидкість і час до станції отримані з будь-якої системи зональної навігації.

Коли KN63 знаходиться в режимі пошуку, замість дальності швидкості і часу до станції на дисплеї з'являються тире (-).

Індикатор має пристрої автоматичного регулювання яскравості залежно від умов освітленості в кабіні. Регулювання контролюється фотоелементом, змонтованим за передньою панеллю під дисплеєм.