

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

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «Основи авіаційного радіозв'язку, радіолокації та
радіонавігації»
вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

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

за темою № 5 – Радіолокаційне 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. Принципи радіолокації.
2. Призначення та принцип дії радіолокаторів.
3. Види радіолокаторів системи обслуговування повітряного руху.
4. Особливості експлуатації бортових метеолокаторів.

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

1. П.В. Олянюк. Авіаційне радіообладнання. Підручник для ВУЗів. М: Транспорт 1989р.-318 с.
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. Філяшкин. 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 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. Принципи радіолокації

Радіолокація-це область радіотехніки дозволяє отримати інформацію про об'єкт, його властивості, координатах, швидкості з відбитого сигналу, перевипромінювати або власного випромінювання об'єкта.

Існує 3 способи радіолокації:

- активний запит - пасивна відповідь.

РЛС випромінює зонduючий імпульс у напрямку об'єкта, об'єкт частина енергії поглинає, а частина відображає.

Істотною проблемою при використанні транспондерів режиму А є відсутність інформації про висоту польоту повітряного судна. Для вирішення даної ситуації був створений режим С. Він доповнює інформацію чотиризначного коду даними про барометричної висоти по стандартному тиску без корекції.



Рисунок 1- Пасивний метод радіолокації

Відбитий сигнал надходить на приймач і з параметрів відбитого сигналу відбувається вилучення необхідної інформації.

Інформація про швидкість руху об'єкта витягується з зсуву частот між прийнятим сигналом.

- активний запит - активна відповідь.



Рисунок 2- Активний метод радіолокації

Цей спосіб передбачає наявність на об'єкті власної РЛС відповідача, який випромінює відповідний сигнал.

Цей спосіб широко використовується в ЦА, в місці з відповідним сигналом можна передавати додаткову інформацію (СО-72М-Нпол, залишок палива, № рейсу НД й інша).

- Пасивна радіолокація.

При цьому способі інформація про об'єкт витягується з власного випромінювання об'єкта.

2. Призначення та принцип дії радіолокаторів

Метеонавігаційна радіолокаційна станція (Weather Radar – WR) призначена для зондування повітряного простору попереду ПК та огляду підстильної земної поверхні.

Призначення:

- для визначення координат гідрометеообразованої оцінки або ступеня небезпеки і визначення шляхів обходу;
- для складання радіолокаційних карт місцевості та здійснення навігації за характерними наземними орієнтирами;
- для виявлення небезпек Arinc;
- для визначення кута зносу НД.

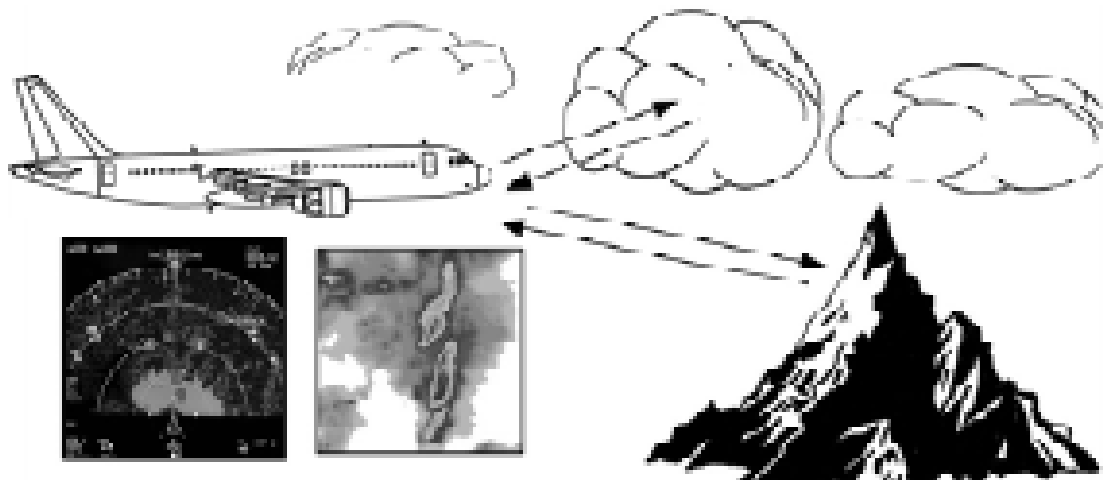


Рисунок 3 – Принцип дії бортового радіолокатора

Сучасна WR дозволяє виявляти хмарні структури на відстані до 200 км та зони грозової діяльності і попереджувати входження ПК у них. Для вирішення навігаційних завдань WR може працювати у режимі огляду рельєфу поверхні землі. Сучасна WR здатна також виявляти зсув вітру, який становить реальну небезпеку для ПК і може призвести до катастрофи.

В основу функціонування WR покладено принцип дії первинної радіолокаційної станції.

Принцип дії WR ілюструє рисунок.



Рисунок 4 – Функціонування метеолокатора

Передавач WR формує радіозондувальний сигнал на частоті 9345 ± 15 МГц, який через антенний перемикач подається на антенну систему. Антенна система призначена для випромінювання та приймання зондувальних радіолокаційних сигналів. Антена WR установлюється на носовій частині ПК під обтічником, виконаним з радіопрозорого матеріалу.

Антенна система формує дуже вузьку діаграму напрямленості у горизонтальній площині та широку у вертикальній. Діаграма напрямленості антени рухається таким чином, щоб радіолокаційний промінь пройшов усю зону зондування. У застарілих типах WR як антенна система використовувались антени параболічного типу, що механічно обертались навколо своєї осі у межах певного сектора.

У сучасних WR використовуються антенні решітки. Щілинні антенні решітки дозволяють створити діаграму напрямленості потрібної форми.

Антенна система WR випромінює радіолокаційні сигнали, що поширюються у просторі. Зондувальні радіосигнали перевипромінюються від повітряних об'єктів, крапель вологи у повітрі або земної поверхні і повертаються у зворотному напрямку в антенну систему WR. Антенна решітка сканує вліво-вправо від напрямку польоту в діапазоні $\pm 90^\circ$, швидкість сканування становить не менше 15 разів за хвилину. У діапазоні сканування метеолокатор випускає безліч окремих радіопроменів (до 1024), кожен промінь розбивається під час приймання на безліч розміщених одна за одною точок (типове значення – 256 точок, максимальне – 512) і для кожної точки вимірюється рівень відбитого сигналу, який свідчить про наявність та щільність хмар і турбулентність.

Через антенний перемикач прийнятий антеною сигнал подається у приймач, який оброблює сигнал-відповідь. Обчислювач оцінює за часом проходження зондувального радіосигналу до повітряного об'єкта і назад відстань. Крім того, під час перевипромінювання зондувального сигналу від об'єктів змінюються певні параметри цього сигналу. Обчислювач за різними алгоритмами фіксує зміни параметрів зондувального сигналу та за їх величинами оцінює фізичні властивості об'єктів, від яких він був перевипромінений.

РЛС має наступні режими роботи:

- готовність;
- земля;
- метео;
- контур;
- знос.

РЛС має два види діаграмиспрямованості випромінювання:

- вузький промінь;
- віяльна.

Якщо на борту ПК наявна система електронної індикації, для виведення метеоінформації використовуються її індикатори. Для цього обчислювальний блок містить стандартний цифровий вихід для передавання зображення у цифровому вигляді (наприклад за ARINC 708). Якщо немає системи електронної індикації, до складу метеорадіолокатора включається власний індикатор.

3. Види радіолокаторів системи обслуговування повітряного руху

Системи обслуговування повітряного руху застосовують інформацію від радіолокаційних станцій для визначення місця знаходження повітряних суден на різних етапах польоту, а також для передачі додаткової інформації о положенні ПС.

Радіолокаційні засоби ОНР за призначенням розділяються:

- оглядові радіолокатори;
- посадкові радіолокатори;
- вторинні радіолокатори;
- метеорадіолокатори;
- радіолокатори огляду льотного поля;
- бортові радіолокатори повітряних суден.

4. Особливості експлуатації бортового метеолокатора

Обчислювач обробляє отриману інформацію і видає результати вимірювань у систему індикації. Видавана інформація масштабується

залежно від встановленого на пульті керування діапазону дальності. На екрані індикатора рівні відбитого сигналу зображуються точками різного кольору. У міру збільшення рівня відбитого сигналу кольори розміщуються так: чорний, зелений, жовтий, червоний. У випадку вимірювання турбулентності передбачено коричневий колір, для сильної турбулентності – пурпурний. У результаті точки створюють на екрані нарис метеоутворення у напрямку польоту. Приклад зображення на

індикаторі хмарності прямо по курсу польоту показано у додатку. Темніші (червоні) зони відповідають більш небезпечним метеоутворенням.

В умовах маневрування WR стабілізує промінь антени у горизонтальному положенні. Для цього використовується інформація про кути крену і тангажа від INS.

Для зменшення часу огляду пілот може з пульта керування зменшити зону огляду до $\pm 45^\circ$. Можна задавати також кут нахилу антени в межах $\pm 15^\circ$ від горизонтальної осі ПК. Це дозволяє запобігти завадам та підвищити чіткість зображення, розглядати вертикальну структуру хмарності, а при нахилі антени вниз до землі – використовувати WR для огляду рельєфу земної поверхні відповідно до потреб навігації. На великій висоті польоту понад 12000 м WR дозволяє виявити грозові зони та обриси міста на відстані до 550 км.

Основними режимами роботи РЛС є «Метео» «Контур», «Земля». У цих режимах проводиться випромінювання НВЧ енергії в простір (підключена антена).

Режим «Контроль» є допоміжним.

Режим роботи «Метео», включається натисненням відповідний клавіші. У цьому режимі РЛС забезпечує отримання на екрані індикатора в полярних координатах « дальність - азимут ρ / локаційного зображення метеообстановки в просторі, обмеженому азимутними кутами $\pm 45^\circ$ щодо будівельної осі ЛА і кутами місця $\pm 5^\circ$ відносно площини горизонту.

Огляд простору здійснюється за допомогою ДНА типу «гострий промінь», що формується ВЧ частиною антени. При необхідності огляду простору під іншими кутами місця ДНА може бути нахилена за допомогою кнопок «НАХИЛ». Для установки необхідного значення кута нахилу, необхідно натиснути кнопку НАХИЛ (верхньої або нижньої) і тримати до моменту появи в правому нижньому кутку екрану написи синього кольору, що відповідає обраному значенням кута нахилу антени, після чого кнопку відпустити.

Для перемикання масштабу дальності натиснути кнопку МАСШТАБ (верхню для збільшення дальності, нижню для зменшення дальності) і тримати до моменту появи в правому нижньому кутку екрану написи синього кольору, відповідної вибраному масштабу, потім кнопку відпустити.

Зображення метеоб'єкта індикується на екрані ЕПТ трьома кольорами: зеленим, жовтим і червоним. Наявність на екрані жовтого і особливо червоного

кольорів зображення метеоб'єкта свідчить про підвищення його небезпеки для польоту ЛА.

Режим роботи « Контур », дозволяє виділити саму небезпечну зону гідрометеообразованій. У цьому режимі ділянки небезпечної зони індикується на екрані червоним кольором. У цьому режимі включається схема ВАРУ, яка змінює посилення приймача в залежності від дальності таким чином, що забезпечується практичне сталість амплітуди прийнятих від одного і того ж об'єкта сигналів при зміні дальності до нього від $50 \div 60$, до $1,5 \div 2$ км.

Режим роботи « Земля» забезпечує отримання на екрані ЕПТ р / локаційного зображення земної поверхні. Відображення сигнали, що приходять від ділянок земної поверхні, що мають різну відображає здатність, відображаються на екрані індикатора наступними кольорами:

- Зеленим - фон земної поверхні;
- Червоним - великі міста і населені пункти;
- Чорним на тлі земної поверхні - водойми.

Антену нахиляють в таке положення, при якому забезпечується максимальна дальність виявлення фону земної поверхні.

Для зменшення сигналів, відбитих від ближніх орієнтирів і фону земної поверхні, при польоті на малих висотах, в режимі «Земля» включена схема ВАРУ. Для виділення найбільш характерних орієнтирів використовуються ручки РРУ і ВИДІЛЕННЯ.

Режим роботи « Контроль». У цьому режимі за допомогою схеми вбудованого контролю визначається з точністю до змінного блоку.

За контрольний сигналам (позиція 1,2,3), відповідним трьома завданні рівням вхідного сигналу (зелений, жовтий, и червоний колір), наявності на екрані калібраційних міток і службової інформації (позиція 5,6,7,8,9) можна оцінити роботу індикатора. Викривлення і зсув зображення характеризують несправність індикатора.

Контрольні сигнали (позиція 4), що характеризують потенціал виробу дозволяють оцінити роботу приємопередавача.

Наявність на екрані лінії сканування антени і відсутність напису НІ СКАН. свідчить, про нормальну роботу антени. За допомогою кнопок НАХИЛ перевіряють працездатність каналу керування антени по нахилу.