

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

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «Основи авіаційної радіоелектроніки та автоматики»
вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

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

за темою № 4 - Авіаційні засоби та системи радіозв'язку і радіонавігації

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. Функціонування автоматичного радіокомпасу.
4. Фактори, які впливають на похибки радіокомпасів.

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. Синеглазов, 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.И.Рубец. Аеронавігаційні радіотехнічні системи. Навчальний посібник/ Під.ред. М.И.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. 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. Авіаційні системи радіозв'язку

Для виконання правильного та комфортного польоту на борту ПК використовується велика кількість різного обладнання зв'язку, яке забезпечує:

- мовний зв'язок з диспетчером обслуговування повітряного руху (ОПР) та пілотами інших ПК;
- обмін даними у цифровому вигляді між наземними засобами спостереження та системами інших ПК;
- внутрішній зв'язок між пілотами, обслуговуючим персоналом та пасажирями;
- мовний зв'язок та обмін даними між пасажирями та наземними мережами.

Високочастотний зв'язок

Високі частоти (High Frequency – HF) охоплюють зв'язок на частотах 3 – 29,999 МГц. Проміжок між каналами становить 1кГц. Завдяки здатності діапазону цих радіохвиль перевідбиватися від іоносфери забезпечується радіозв'язок на великі відстані.

Обладнання HF зв'язку є одним з головних засобів зв'язку на великі відстані, що дуже важливо, особливо в умовах виконання міжконтинентальних польотів.

Крім мовного зв'язку, для забезпечення обміну повідомлень ARINC розробила глобальну систему цифрового обміну даними (HF Data Link – HFDL) [39]. Система складається з 14 наземних станцій приймання та передавання інформації (рис. 8.2), з'єднаних з центральним сервером, що забезпечує доступ бортового обладнання до наземної мережі передавання даних (AviNet®) для отримання необхідної інформації. Обмін даними відбувається зі швидкістю 300, 600, 1200 або 1800 біт/с.

Надвисокочастотний зв'язок

Мовний зв'язок на надвисоких частотах (Very High Frequency – VHF) використовується для оперативного зв'язку у зоні прямої видимості (до 350 км).

Основним призначенням мовного VHF зв'язку є забезпечення двостороннього зв'язку між ПК і диспетчером ОПР та зв'язку з іншими ПК. Діапазон частот, що використовується в авіації для VHF, становить 118 – 135,975 МГц з відстанню між каналами 25 кГц. Проте потреба у використанні більшої кількості цифрових радіоканалів передавання даних змусила звузити відстань між каналами до 8,33 кГц.

Основна особливість цього виду зв'язку полягає в тому, що канал зв'язку може бути організований лише у зоні прямої видимості антен приймача та передавача (рис.1).



Рисунок 1 – Дальність надвисокочастотного радіозв'язку.

Дальність радіозв'язку для VHF можна приблизно розрахувати за формулою:

$$Дзв (км) = 4.12\sqrt{H(м)},$$

де Дзв – дальність можливого радіозв'язку в кілометрах, H (м) – висота польоту ПС в метрах.

Формула дійсна, якщо між ПС та наземною радіостанцією немає фізичних перешкод.

Висока надійність організованого каналу зв'язку на VHF частотах дозволяє використовувати його для передавання інформації у цифровому вигляді.

Для організації цифрового передавання даних у VHF діапазоні застосовуються дві системи – ACARS та VDL.

У сучасних аеронавігаційних системах велика роль відводиться цифровим каналам передавання даних між обладнанням авіоніки та наземною інфраструктурою. Цифровий обмін даними на надвисоких частотах (VHF Data Link – VDL) є найбільш бажаним в умовах забезпечення зв'язку на порівняно невеликих відстанях.

ICAO розробила спеціальні стандарти на побудову цифрових ліній передавання даних:

VDL mode 1 ґрунтується на протоколі передавання даних ACARS, що дозволяє забезпечити швидкість передавання даних 2,4 кбайт/с.

VDL mode 2 забезпечує передавання даних зі швидкістю 31,5 кбайт/с. Цей протокол більш ефективний, ніж ACARS і підтримує передавання даних від пілота ПК до диспетчера (Controller-to-Pilot Data Link Communication – CPDLC).

VDL mode 3 реалізує процедуру множинного доступу з часовим розподілом каналів (Time Division Multiple Access – TDMA) для побудови цифрового та мовного каналів зв'язку.

VDL mode 4 – це самоорганізований протокол передавання даних, що дозволяє забезпечити цифровий обмін даними між ПК та наземною станцією або іншим ПК. Розглядається як базовий для організації передавання даних у концепції ADS-B.

Бортова система адресного цифрового обміну даними (Aircraft Communications Addressing and Reporting System – ACARS) – це система адресного цифрового обміну даними між ПК та наземним центром. Систему ACARS запропонувала і розробила у 1978 р. компанія ARINC. Швидкість передавання даних у ACARS становить не більше 2400 бод (відповідно 2.4 кбайт/с), проте забезпечує високу надійність передавання даних.

Бортове обладнання ACARS складається з пульта керування та інтерактивного дисплея. Уведена від пілота інформація або отримана автоматично від інших систем ПК передається до наземного центра. Крім того, система дозволяє відстежувати справність систем ПК, відсилаючи в автоматичному режимі сигнали несправності.

Для забезпечення функціонування ACARS необхідна розгалужена наземна інфраструктура, до складу якої входить велика кількість приймально-передавальних центрів та комутаційних пунктів. ACARS забезпечує двосторонній зв'язок між авіакомпаніями та їхніми ПК, що перебувають у повітрі.

Основні функції ACARS:

1. Двосторонній обмін інформаційними повідомленнями між ПК та наземною станцією. Повідомлення можуть відсилатися автоматично чи вводитися пілотом.

2. Налагодження мовного каналу зв'язку ф(ункція SELCAL(selective-calling)). Пілот ПК може відіслати повідомлення до конкретного наземного центра із запитом на організацію голосового зв'язку. На землі після прийняття рішення щодо організації зв'язку формується і відсилається на борт ПК повідомлення з вказівкою пілотам частоти для настроювання зв'язного обладнання та команд для автоматичного переходу на голосовий режим.

3. Якщо бортове обладнання ACARS не передає повідомлень, система відслідковує цифрові повідомлення, що передаються із землі. Кожне повідомлення містить закодовану унікальну адресу ПК, якому воно відіслане. За допомогою адреси бортове обладнання приймає тільки ті повідомлення, що адресовані конкретному ПК.

Проте основною функцією системи є інформування про етап польоту і технічний стан обладнання ПК. Крім того, пілот може користуватися великою кількістю інформаційних сервісів, доступних у цифровій мережі

наземного електрозв'язку. Так, наприклад, можуть завантажуватись дані про метеорологічні умови METAR або TAF для будь-якого місця земної поверхні.

Супутниковий зв'язок

Найбільш універсальним та доступним засобом зв'язку на ПК є обладнання супутникового зв'язку. Система супутникового зв'язку складається з великої кількості абонентських терміналів, супутників зв'язку, розміщених на геостаціонарних або полярних орбітах, та наземних станцій керування і зв'язку, що забезпечують комутацію каналів зв'язку з наземною системою.

Послуги супутникового зв'язку надаються трьома операторами : Inmarsat, Iridium та Globalstar.

Найбільшою популярністю для потреб забезпечення авіаційного зв'язку користується супутникова система Inmarsat.

Космічний сегмент Inmarsat складається з геостаціонарних супутників (4 основних та 1 резервний), що перебувають на висоті 35,600 км. Геостаціонарні супутники обертаються навколо Землі з тією ж швидкістю, що й Земля, тому видаються з поверхні Землі нерухомими.

Канал зв'язку з геостаціонарними супутниками набагато стійкіший, ніж із супутниками на інших орбітах, оскільки:

- протягом усього сеансу зв'язку з геостаціонарним супутником, а він може тривати як завгодно довго, терміналу немає потреби перемикатися з одного супутника на інший;
- геостаціонарний супутник не полетить за гору або за обрій і канал передавання даних не перерветься.

Обмін даними за концепцією ADS-B

Концепція автоматичного залежного спостереження у широко-мовному режимі (Automatic Dependant Surveillance – Broadcast – ADS-B) почала впроваджуватись з 2005 р. у країнах- членах FAA та Eurocontrol

Обладнання ADS-B дозволяє пілотам ПК та диспетчерам ОПП отримувати інформацію про повітряний рух навколо ПК за допомогою дисплея, схожого на дисплей радіолокатора. Ця інформація надається у режимі реального часу. Точність місцеположення ПК у системі забезпечується GNSS.

Крім того, ці системи дозволяють пілоту мати доступ до метеорологічної інформації, геодезичних і картографічних даних та інформації служб забезпечення польотів (Flight Information Services – FIS).

Підвищена обізнаність пілота у повітряній ситуації навколо ПК, що ґрунтується на точних даних, дозволяє зберегти безпечну відстань між ПК та зменшити завантаженість диспетчера ОПП.

Основними складовими концепції ADS-B є

- автоматичне (automatic). Періодичне передавання інформації з борта ПК без відома пілота;

- залежне (dependant). Місцеположення ПК та вектор швидкості визначається за допомогою GNSS та мережі функціональних доповнень EGNOS, WAAS, що підвищують точність позиціонування;

- спостереження (surveillance). Забезпечує кожного користувача інформацією про місцеположення, висоту, швидкість, курс та іншими даними польоту ПК;

- широкомовний режим (broadcast). Інформація з борта ПК передається у всіх напрямках і будь-який користувач може її отримати.

В основу концепції ADS-B покладено можливість визначення місцеположення за допомогою супутникової системи навігації. Для підвищення точності позиціонування GNSS пропонується використовувати станції диференціальних поправок WAAS та EGNOS.