**Лекція №9 РЕО керування повітряним рухом ЛА (2 години).**

І. Вступ

ІІ. Основна чяастина

1. Терміни та визначення. Призначення та робота систем УВС. Літакові відповідачі.
2. Загальна структурна схема відповідача. Літакний відповідник СO-72М. Загальні відомості. Основні параметри.

ІІІ. Заключення

Література: №№ 1,2,3 стр.

 Управління повітряним рухом (УВС) за допомогою засобів командного радіозв'язку давно вже перестало задовольняти потребам авіації. Додаткове використання цих цілей наземних РЛС огляду повітряної обстановки і навігаційного комплексу типу РСБН теж вирішило багатьох завдань УВС.

 Так информацию о бортовом номере самолета, высоте его полета, запаса топлива по-прежнему надо было получать по каналам командной радиосвязи. При интенсивных полетах ориентировка диспетчера в таких условиях оказывается недостаточно оперативной, задачи повышения безопасности и популярности полетов полностью не решаются.

В аэропортах с большой плотностью движения ВС дополнительно к обзорным РЛС диспетчерской службы, позволяющим оценивать только координаты положения самолетов, пришли сложные наземные комплексы. В сочетании с самолетными ответчиками они позволили получить на мониторе (экране) диспетчерского пульта всю необходимую информацию о воздушной обстановке в районе аэродрома.

 Однією з основних завдань УВС є завдання попередження зіткнень ЗС. Вирішення цього завдання засноване на використанні систем вторинної радіолокації та систем попередження зіткнення ВС у повітрі.

 Вторинний радіолокатор (ВРЛ) – наземний комплекс технічних засобів, призначений визначення координат ЗС та його індивідуального розпізнавання методами вторинної радіолокації.

ВРЛ виконує функцію запитувача у системі активної радіолокації з активною відповіддю, що реалізує принцип «запит-відповідь». За сигналом відповіді ВРЛ визначають похилу дальність і азимут ВС, а також виділяють з кодованого сигналу інформацію про бортовий номер, висоті польоту, залишки палива та інші дані. Дальність дії ВРЛ становить тактових ВРЛ 400км., а аеродромних 100км.

По структурі ВРЛ (рис.39) є радіолокатор з активною відповіддю.

Шифратор

АДПІ

Устройство керування та синхронізації

Роздільний пристрой

Передавач

Приймач

От КПД

На АПОИ

Антена

Мал.39

 Застосування активного режиму з активною відповіддю дозволяє збільшити дальність дії ВРЛ при даній випромінюваної передавачем потужності і даної чутливості приймача, а головне - отримати з борту НД інформацію, необхідну для УВС.

 Синхронізуючий сигнал, що виробляється у пристрої керування та синхронізації запускає шифратор, який видає код запиту. Формат коду визначається типом системи ВРЛ та режимом конкретного ВРЛ, що задається з командно-диспетчерського пункту (ККД).

 Отриманий код використовується для імпульсної модуляції передавача. Посилений по потужності сигнал з виходу передавача через роздільний пристрій, що містить елементи комутації та розв'язки, надходить на антену і випромінюється у простір.

Сигнал відповіді ВС приймається тією ж антеною, обробляється приймачем і після детектування надходить на апаратуру декодування та перетворення інформації (АДПІ).

Цифровий код з виходу АДПІ, що містить очищені від перешкод дані про ЗС надходить на апаратуру первинної обробки інформації (АПОІ) системи УВС.

Частина інформації надходить в АПОІ в аналоговому вигляді, де перетворюється на телевізійний сигнал. У такому вигляді відповідна інформація надходить в апаратуру відображення, до складу якої входять відеомонітори на спеціальних багатопроменевих трубках з досить великим екраном.

 На екрані дисплея шляхом рядково-кодової розгортки висвічується масштабна сітка в полярній системі координат (радіально-кругові лінії). Центр сітки розміщується з аеродромної посадки. На екрані формується яскраве зображення панорами повітряної обстановки. Літаки, що знаходяться в зоні обслуговування ВРЛ висвічуються яскравими квадратними відмітками (1) у супроводі вектора попередження напрямку руху (2). Розташування позначки дає інформацію про дальність та азимут. Вектор попередження дозволяє попередити небезпеку зіткнення між ВС. Формуляр відмітки являє собою набір цифр і букв, що візуально повідомляють диспетчеру відомості про бортовий номер (5) або номер рейсу (6), поточної висоті польоту (7), хвилинах поточної години (4), позначення зони (3), індекс аеропорту посадки (9), заданої висоті польоту (8), знаку відповіді (10) і т.д.

Порушення функціонування відповідача без відповіді запитання вказується у формулярі спеціальними знаками (10). Літера поряд з відміткою яскравості вказує ознака тактичної зони. Наприклад: М-зона заходу, К-зона кола тощо.

Відповідач встановлений на борту ВС приймач, налаштований на робочу частоту ВРЛ і генерує сигнали відповіді, коли він приймає сигнал запиту від ВРЛ. Сигнал відповіді формується на основі даних, що отримуються від бортових систем ПС залежно від змісту сигналу запиту.

 Сигнал відповіді відрізняється від сигналу запиту несучою частотою і видом коду. Сигнали СВРЛ є кодуванням групи ім-пульсів. Вид кодування визначається типом системи. У країнах СНД використовується код УВС. Зарубіжні системи працюють із кодом RBS.

Сигнал відповіді ВС на запит ВРЛ складається з двох частин, координатою – що дозволяє визначити дальність та азимут на екрані дисплея диспет-чера та інформаційний відображає інформацію, що передається з ВС, про бортовий номер, висота польоту, залишок палива тощо.

Параметри СВРЛ залежить від типу ВРЛ, що є вимірювальним типом системи. Як приклад наведемо основні параметри ВРЛ типу «Корінь - АС», що використовується в СНД (табл. 9).

 Типи СВРЛ відрізняються видом та інформативністю кодів, а також значенням несучої частоти сигналів запиту та відповіді.

У країнах СНД застосовується система вторинної радіолокації, розроблена в СРСР. На зарубіжних повітряних трасах використовується міжнародна система АТС RBS, не сумісна з діапазоном частот і виду коду з системою, що застосовується в СНД.

 Перспективою є дискретно-адресна система DABS. Відмінною потребою системи DABS і те, що кожному ВС присвоюється виділений йому адресний код. На запит ВРЛ відповідає тільки той відповідач, якому відповідає код запиту, що посилається.

 У системі використовуються складніші коди сигналів запиту та відповіді, проте код будується таким чином, щоб наземні ВРЛ системи DABS забезпечували запит ВС, обладнаних звичайними відповідачами, а відповідач DABS відповідав запитувачам системи ATCRBS.

Системи запобігання зіткнень (УПС) працюють незалежно від системи УВС. Найбільш прості УПС розраховані на виконання тільки вертикальних маневрів при розбіжності ВС щодо іншого. Відповідно до рекомендацій ICAO (Міжнародна організація цивільної авіації) для УПС виділено частотний діапазон 1592.5 …1622.5 МГц.

 УПС складається з бортової апаратури, що виконує функцію видачі екіпажу команд на виконання маневру з ухилення від можливого небезпечного зближення з іншими ЗС. Апаратура УПС всіх НД аналогічна.

## Таблиця 11

|  |  |
| --- | --- |
| Параметри | Значення параметра |
| Дальность дії, км, при высоте полета 20 кмСектор обзора, радиус: в горизонтальной площині в вертикальной площиніПогрешность получения інформации: правильной, не меньше ложной, не більшеЧастота запиту, МГцЧастота відповіді, МГцЧастота повторення сигналу запиту, Гц | 4503600,5…453003,50,910-31030740,1090150 |

 В даний час УПС знаходиться на стадії перевірки та обробки експлуатаційних можливостей та параметрів і не знайшли ще широкого застосування на ЗС.

Типи УПС відрізняються, в основному, методами побудови каналу обміну інформацією між ВС та визначення навігаційних параметрів. Розрізняють синхронні та асинхронні УПС.

Синхронні УПС засновані на виділенні для вивчення сигналів кожному ПС суворо регламентованих інтервалів часу. Випромінений сигнал містить посилку, по якій визначаються відстань і швидкість, і кодовану інформацію про висоту польоту ВС, що випромінює сигнал.

Відстань між ПС визначається пасивним методом по моменту прийому сигналу іншого ПС, а швидкість зближення - по доплерівському зсуву частоти цього сигналу.

Пасивний метод визначення навігаційних параметрів вимагає жорсткої тимчасової синхронізації роботи апаратури всіх взаємодіючих ВС і сталості частоти їх бортових еталонних генераторів, порівняно з якою визначається доплерівський зсув прийнятого сигналу.

Так, наприклад, усунення шкал часу на 1 мкс призводить до далекомірної похибки в 150м. Як джерела точного часу і частоти застосовують прецизійні, стабілізовані кварцовими резонаторами генератори з відносною нестабільністю не гірше 10-8.

Асинхронні УПС реалізують принцип «запит-відповідь».

 З кожного НД у довільний момент випромінюється кодований імпульсний сигнал запиту. На взаємодіє ВС цей сигнал приймається, перекодується і випромінюється знову. При цьому з нього виключається інформація про висоту польоту ЗС. Відстань визначається за часом затримки сигналу запиту, а швидкість зближення - зміни цього часу. Асинхронні УПС значно простіше, ніж синхронні, і їм поки що приділяється найбільша увага.

Параметри асинхронних УПС мають такі орієнтовні значення:

Дальність дії, км…………………………. 0…50

Пропускна здатність, число ВС…………… 100

Можливість:

правильного визначення конфліктної

ситуації, не менш………………………………… 0,99

хибної тривоги, трохи більше…………………… 10-11

Похибка σ визначення:

дальності, м…………………………………… 30 3%Д

часу, % ……………………………… 10

Особливості бортової апаратури УВС обумовлені використанням принципу «запит-відповідь», при якому на запит відповідають всі ВС, які прийняли цей сигнал. У результаті створюються синхронні та асинхронні перешкоди, що перевантажують канали зв'язку і порушують роботу відповідної системи. Крім того, всім СВРЛ притаманні специфічні перешкоди, що виникають внаслідок передачі та прийому сигналів ВРЛ з бокових пелюсток діаграми спрямованості антени.

 Бортове обладнання СВРЛ - літакові відповідачі (СЩ) - забезпечує спільну роботу з ВРЛ відповідних систем вторинної радіолокації. Залежно від виконуваних функцій розрізняють три типи СО. Відповідачі першого типу призначені для роботи з кодами запиту УВС. Відповідачі другого типу реагують на коди запиту, прийняті ICAO, тобто. можуть застосовуватися, переважно, на закордонних повітряних лініях. Відповідачі третього типу можуть використовувати код УВС, так і міжнародний і має відповідні режими роботи: режим "УВС" і режим "RBS". У деяких відповідачах передбачено режим роботи з вторинними посадковими радіолокаторами.

 Склад літакового відповідача визначається його типом і може включати від одного блоку, що поєднують основні елементи, за винятком пульта управління, до трьох чотирьох блоків, до яких входять блоки перетворення, формування і комутації сигналів. Антенна система спільно з СО поставляється. Для підвищення надійності обладнання СО за винятком антеної системи та пульта управління частини дублюється. Всі відповідачі мають параметри, що регламентуються стандартом УВС або ICAO, і відрізняються тільки своїм складом, споживаною потужністю і габаритними характеристиками.

Принцип дії СО ілюструється узагальненою структурною схемою, наведеною на рис. 40.

Від другіх бортових передавачив

# Передавач

# Дешифратор

Шифратор координатного коду

# Обмежувач запитів

# Приймач

# Роздільний фільтр

# Кварцевий калібратор

# Дільник частоти запитів

# Шифратор інформаційного кода

# Влаштування придушення бічних пелюсток ВРЛ

#### Антена

 Мал.40

 Сигнали запиту ВРЛ приймаються антеною А через розділовий фільтр надходять на приймач. Тут сигнали перетворюються, посилюються і детектуються, після чого направляються на пристрій придушення сигналів бічних пелюсток діаграми спрямованості антени ВРЛ. Відселектовані сигнали через обмежувач завантаження надходять на дешифратор, а після декодування на шифратор координатного сигналу. Координатний код керує роботою передавача. Крім того, у дешифраторі визначається змістовий код запиту. Отримані сигнали через дільник запуску подаються на шифратор інформаційних сигналів. Інформаційний код також надходить на передавач.

 Вироблені передавачем високочастотні сигнали у відповідь за допомогою антени випромінюються в простір.

Для управління шифратором інформаційних сигналів є кварцовий калібратор. У шифраторі інформаційних сигналів використовуються дані від бортових датчиків інформацію, що видають інформацію про висоту польоту (барометричний висотомір або система повітряних сигналів) про залишок палива (паливомір) та ін.

 Антена СО служить як прийому сигналів запиту, так передачі сигналів відповіді. Роздільний фільтр (безконтактний антенний перемикач) призначений для запобігання прямому проходженню передавача на вхід приймача.

 Приймач СО супергетеродинного типу здійснює посилення та детектування перетвореного сигналу запиту.

Пристрій придушення сигналів бічних пелюсток виконує функцію захисту ЗІ від помилкових спрацьовувань на сигнали запиту ВРЛ, випромінювані бічними пелюстками його антени.

 Обмежувач завантаження захищає СО від перевантаження при більшій кількості відповідей за одиницю часу, коли середня потужність передавача може перевищити допустиму. Крім того, обмежувач завантаження, замикаючи дешифратор, виключає спрацьовування відповідача від сигналів інших бортових систем, що потрапляють у приймальний тракт (наприклад, сигналів метеонавігаційного радіолокатора).

 Дешифратор служить для декодування коду запиту та видачі сигналів на увімкнення шифраторів координатного та інформаційного сигналів.

 Шифратори координатного та інформаційного кодів призначені для отримання коду відповіді та виконуються на лініях затримки з відведеннями та логічних схемах.

 Дільник частоти запуску служить зменшення частоти запуску шифратора приблизно порядок порівняно з частотою надходження сигналів запиту. При цьому зменшується завантаження передавача CO і полегшується роздільна індикація (на дисплей диспетчера) ПС, що знаходяться на одному азимуті та невеликій відстані один від одного.

 Кварцовий калібратор формує серію коротких імпульсів з періодом повторення, що визначає часові позиції кодових посилок сигналу відповіді.

Передавач СО служить для отримання сигналів відповіді на передбачених у даному відповідачі несучих частотах. Передавач має органи налаштування на необхідну фіксовану частоту, що несе.

 Пристрій вбудованого контролю виконує функцію перевірки працездатності ЗІ. Для цього він у шифраторах формується контрольні коди. Правильність проходження. Правильність проходження контрольних кодів трактом відповідача свідчить про працездатність СО.

Місце введення контрольного коду визначає глибину вбудованого контролю. У найпростішому випадку визначається лише робота шифраторів та дешифраторів СО.

 Літак відповідач СО-72М призначений для роботи системи управління повітряним рухом забезпечує автоматичне повідомлення диспетчеру УВС інформації, необхідної для виконання завдань управління та контролю повітряної обстановки.

Стан наземного радіолокаційного обладнання, режими його роботи в різних аеропортах, як на траєкторії СНД, так і в зарубіжних країнах, необхідність удосконалення УВС, зажадали застосування відповідача СО-72М режимів роботи, що забезпечують використання відповідача з різними СВРЛ.

Кілька польотів на регіональних трасах України та магістральних трасах СНД передбачено роботу відповідача в режимах «УВС», «РСП» та «УВС-М».

 «УВС» – основний режим роботи відповідача на магістральних трасах України та СНД. Він призначений для роботи з автоматичними системами «старт», які не тільки визначають координати літака, а й декодують складні відповіді про бортовий номер літака, поточне значення висоти, залишок палива і т.д.

 Запитні сигнали у цьому режимі приймаються на частотах 837,5 МГц та 1030 МГц. Відповідь передається на частоті 840МГц.

«РСП» - режим призначений до роботи з наземними РЛС систем посадки пита РСП. Загалом відповідач працює так само, як і в режимі «УВС», але приймач має більшу чутливість. Запит приймається на частоті 837,5 МГц, відповідь передається на частоті 740 МГц.

 «УВС-М» - призначений перспективного розвитку систем УВС у сфері завдань, розв'язуваних переважно у режимі «УВС». Запитні сигнали у режимі приймаються на частоті 1030МГц, відповідь передається на частоті 1090МГц.

При літаках міжнародних трасах, де системи УВС відповідають стандартам ICAO (ATS RBS), у відповідачі передбачено включення режимів «А» «АС».

 У режимі «А» відповідач відповідає лише на запит про тактичний номер та висоту польоту (вираженої у футах).

У комплект відповіді входять моноблоки СО-72М, блок БПІ, приставка бланкування, пульт керування, антени АМ та А3.

 Схема розміщення основних вузлів СО72-М у блоках наведено на рис. 41. До складу приймача входить високочастотний пристрій, змішувач, підсилювач проміжної частоти та гетеродин. Передавач включає підмодулятор, два модулятори, два генератори високої частоти з високочастотним пристроєм.

 Крім того, в моноблоці розташовані високовольтний випрямляч живлення ламп генератора високої частоти, вузол низьковольтних джерел напруги, пристрій гетеродина.

 На передній панелі моноблока розташовані високовольтний випрямляч живлення ламп генератора високої частоти, вузол низьковольтних джерел напруг, пристрій контрольного гетеродина.

 На передній панелі моноблока встановлюється легкознімний вузол пристрою набору та бортового номера. Високочастотні генератори з модуляторами та високовольтним випрямлячем виділені конструктивно у герметичний конкретний вузол.

 Пристрій для набору номера служить для комутації ланцюгів у схемі кодованого бортового номера літака чи номера індивідуального позивного екіпажу.

 Блок перетворень інформації (БПІ) розташований разом із моноблоком на одній амортизаційній рамі. У ньому розміщується схема перетворення поточних значень висоти та залишку палива в паралельний двійково-десятковий код. Інформація про висоту формується барометричним висотоміром або приймачем повітряного тиску в аналоговому вигляді і через блок комутації висотомірів передається БПІ на цифрові перетворювачі.

 Інформація про залишок палива надходить у блок БПІ від паливомірів у вигляді паралельного двійково-десяткового коду.

 Приставка бланкування сприймає бланкуючі імпульси з інших систем, а як і формує свої сигнали усунення взаємного впливу різних бортових систем і відповідача друг від друга. Крім схеми бланкування в приставці розміщена схема узгодження відповідача з датчиками паливоміру, а також схеми низьковольтних джерел живлення.

 Пульт керування призначений для включення відповідача, вибору режиму роботи, індикації працездатності. У пульті розташовані комутатор набору номера рейсу для режимів «А» та «АС», а також схема захисту мережі від перевантаження.

 Антена А3 забезпечує прийом та випромінювання сигналів на частотах 837,5МГц та 740МГц.

 Відгалужувачі ОК-02 призначені для контролю потужності та частоти передавача відповідача при роботі на реальне навантаження, а також для підключення ВЧ роз'ємів контрольних приладів.

Пульт керування відповідачем та пульт керування генератором ICAO розташовуються в кабіні екіпажу.

 У хвостовій частині літака розташовується моноблок СО72-М.

Антена А3 служить прийому і передачі сигналів від СВРЛ в діапазоні 837.,5МГц і 740МГц. Це резонаторна антена. Резонатор закривається радіопрозорою кришкою та встановлюється у прорізі обшивки бічної частини кіля ПС.

 Для отримання ненаправленої антени, що розміщуються по обидва боки кіля. Антена має розміри 104×284×60,5 мм та масу 1,8кг.

Антена АМ являє собою вертикальний чвертьхвильовий плоский вібратор і встановлюється на фланці, закріпленій на обшивці нижньої частини фюзеляжу ВС.

Відгалужувач ОК-0,2

Відгалужувач ОК-0,2

Високочастотний пристрій

передавач

приймач

шифратор

Пристрой набору номера

префікс

бланкування

БПІ

(Блок перетворення інформації)

Пульт

управління

АМ

# А3

Мал.41

Розміри антени 108×108×70 мм, маса 0,3кг.

Основні параметри відповідача СО72 має такі значення:

Робочі частоти, МГц при прийомі в режимах:

«УВС» ……………………………………… 837,5

«УВС-М» та «RBS» ………………………… 740

(«А» і «АС») ………………………………… 1090

Чутливість приймача, дБ/Вт, на частотах:

837,5МГц ……………………………………… -65

837,5МГц (У режимі «РСП»)…………………-84

1030МГц ……………………………………… -10

Споживана потужність передавача, Вт……… 300…800

Тривалість імпульсу, мкс, у режимах

«УВС», «УВС-М», «РСП»…………………… 0,8+0,2

RBS («А», «АС»)……………………………… 0,35…0,55

Потужність від мережі 115В, 400Гц,

Вх, А…………………………………………… 40

27В, Вт …………………………………………100

Маса, кг:

основного моноблока ………………………… 14,7

об'єм дм3:

основного моноблока………………………… 24,2

Метод придушення бічних пелюсток

ДН антени ВРЛ……………………… триімпульсний код

Перевірка функціонування відповідача СО72-М проводиться з допомогою системи вбудованого контролю.

Управління відповідачем здійснюється з пульта керування. На пульті управління розташовані:

тумблер СО72-М – для підключення відповідача до мережі електроживлення;

тумблер "Аварія" - для передачі сигналу "Аварія" ("Біда") при роботі в режимах "РСП", "УВС", "УВС-М";

кнопка «Знак» - для передачі сигналу індивідуального виділення літака на екрані РЛС, УВС;

кнопка

 світлове табло – для індикації відповіді відповідача за наявності запиту та справності відповідача за натиснутої кнопки «Контроль». В обох випадках при справному відповідачі включається табло, що освітлюється зеленим (білим) світлом. Для індикації несправності при натиснутій «Контроль» вмикається табло з червоним підсвічуванням; перемикач режимів роботи має 6 положень;

«Готов» - режим включається під час керування літаком перед вильотом або за командою диспетчера із землі;

режими "РСП", "УВС", "УВС-М", "А", "АС" включаються при роботі з відповідними СВРЛ (вітчизняними або зарубіжними).

 Для включення відповідача необхідно: за допомогою АЗС підключити живлення до відповідача, паливоміра, системи СВС; до барометричного висотоміру УВЧД;

Встановити на датчику покажчика висоти, з яким пов'язаний відповідач, тиск аеродрому, тобто нуль висоти;

На пульті управління тумблером СО72-М включити відповідач, перемикач режимів роботи, встановити в потрібне положення, що відповідає діючому на аеродромі системі ВРЛ;

Через 1…2 хвилини після включення перевірити працездатність відповідача натисканням кнопки «Контроль» на пульті управління. Горіння мережевого табло зеленим (білим) кольором сигналізує про роботу відповідача (табло буде періодично спалахувати за наявності на аеродромі працюючих ВРЛ).