**Лекція №2 Класифікація, загальні параметри та склад РЕО. (2 години)**

І. Вступ

ІІ. Основна частина.

1. Схема класифікації РЕО, коротка характеристика елементів класифікації схеми.
2. Структура загальних властивостей РЕО. Орієнтовний склад РЕО цивільних військових судів

ІІІ. Заключення

Література: №1,2,3 стр.:

Класифікація РЕО здійснюється відповідно до виконуваних функцій, ступеня автономності та дальності дії апаратури (рис. 4)

|  |  |
| --- | --- |
| **Класифікаційна ознака** | РЭО **Нави-гация**  **Связь** Посад-каУВДРВДИССМНРНАНАНАНААУВДАСПАБНРСБСРСДСАДН |
| **Функція** |  |
| **Автономні**  **РЕУ** |  |
| **Неавтономні НА (РЕУ)** |  |
| **Ближньої**  **дії** |  |
| **Дальньої дії** |  |

Мал.4

За функціями розрізняють апаратуру зв'язку, навігації, посадки і УВС.

Апаратура зв'язку призначена для прийому та передачі інформації по каналах радіозв'язку, ведення переговорів між членами екіпажу, а також оповіщення пасажирів та трансляції розважальних програм до салонів.

Апаратура навігації служить визначення місця ЛА у просторі, його колійної чи повної швидкості, а як і визначення дальності і напрями характерні точки, звані радіонавігаційними точками (РНТ), у яких встановлюються спеціальні радіостанції чи радіомаяки.

Апаратура посадки використовується на борту ПС для отримання інформації про положення літака у просторі щодо заданої траєкторії зниження (глісад).

Апаратура УВС встановлюється на ПС для підвищення безпеки польотів, можливості регулювання їх руху та включає літаковий відповідач та систему попередження зіткнень у повітрі.

За рівнем автономності розрізняють автономні і неавтономні радіотехнічні пристрої.

Автономні пристрої не вимагають для своєї роботи зовнішніх по відношенню ВС наземних, космічних або інших пристроїв і засновані на принципі радіолокації, тобто прийомі відбитих від земної поверхні (а також гідрометеоутворень) сигналів, що випромінюються цим автономним пристроєм. До автономних пристроїв належать радіовисотоміри (РВ), доплерівські вимірювачі швидкості та кута зносу (ДІСС) та метеонавігаційні радіолокатори (МНР).

Неавтономні пристрої засновані на прийомі сигналів, що випромінюються наземними або космічними (супутниковими) РНТ. НА функціонує в межах зони дії відповідного радіообладнання на борту та у просторі між якими можливе функціонування радіоканалу зв'язку.

До неавтономних відносяться всі засоби радіозв'язку, посадки, УВС та ряд радіонавігаційних пристроїв.

Радіозасоби ближньої дії працюють у діапазоні метрових хвиль, тобто використовують електромагнітні коливання з довгою хвилі λ<10 м. Радіохвилі цього діапазону поширюються в межах прямої видимості і використовуються в радіозв'язку, радіосистемах ближньої навігації (РСБН) і посадки, а також , а в апаратурі УВС та МНР.

Радіозасоби дальньої дії працюють на коротких (радіостанції телекомунікації) або довгих і наддовгих хвилях (радіосистеми далекої навігації АДН). У цих діапазонах дальність дії залежить в основному від потужності, що випромінюється передавальної станцією (радіомаяком), стану іоносфери, рівня зовнішніх (атмосферних та промислових) перешкод, провідності земної поверхні та чутливості приймального пристрою

Розглянемо структуру загальних параметрів РЕО та дамо їх коротку характеристику.

Ефективність є функцією загальних параметрів РЕО, що характеризують бортову апаратуру незалежно від її функціонального призначення. Оцінюючи ефективності виходять із системного підходу, у якому ВС сприймається як елемент великої транспортної системи, призначеної на вирішення певних економічних завдань. Стосовно літаків і гелікоптерів такої системи є авіаційна транспортна система, призначена для перевезення пасажирів, пошти, вантажів.

До основних загальних параметрів відносяться: надійність, контролепридатність, маса, обсяг, споживана потужність від джерел бортового електроживлення та вартість життєвого циклу обладнання. Сюди можна віднести і конструктивні параметри, що характеризують компонування устаткування РЕО та її антени на ВС.

Надійність РЕО залежить від ступеня досконалості окремих РЕУ, якості технічного обслуговування та умов технічної експлуатації бортового обладнання.

Основні показники надійності: ймовірність безвідмовної роботи, тобто ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відмова об'єкта не настає;

- Інтенсивність відмов, тобто умовна щільність ймовірності виникнення відмови відновлюваного об'єкта;

- Середнє напрацювання на відмову, тобто математичне очікування напрацювання об'єкта до першої відмови.

Для більшості складних РЕУ розподіл ймовірності безвідмовної роботи визначається формулою



- Час напрацювання; λ – інтенсивність відмов.

Радикальним способом підвищення надійності РЕО є резервування апаратури. Застосовується постійне резервування та резервування заміщенням. У разі постійного резервування відбувається повна заміна об'єкта при відмові його елементів.

При резервуванні заміщенням, тобто динамічному заміщенні група основних елементів резервується елементами кожен з яких може замінити будь-який елемент, що відмовив.

Кратність резерву дозволяє отримати практично будь-яку надійність РЕА. Однак при цьому пропорційно кратності збільшується маса, обсяг, споживана потужність та вартість РЕА.

Контрольнепридатність РЕА - властивість об'єкта, що характеризує його пристосованість до проведення контролю, тобто. отримання інформації для оцінки відповідності створення об'єкта технічним нормам з метою виявлення відмови та визначення місця несправності.

Контрольпридатність спрямована на підвищення надійності РЕА, так як вона дозволяє оперативно виявляти погіршення параметрів окремих елементів або всього пристрою в цілому і запобігати виникненню відмов шляхом своєчасного ремонту або заміни обладнання.

Контрольне придатність передбачає наявність спеціальних контрольних висновків від окремих функціонально важливих елементів РЕУ. У цьому можливе застосування систем автоматичної перевірки РЕУ з допомогою тестових сигналів. Крім того, під час перевірки елементів РЕУ можливе використання технічних засобів вбудованого контролю.

Вбудовані засоби контролю (ТСК) призначені для перевірки відповідності параметрів РЕУ нормативно-технічної документації. Ці кошти потрібні при резервуванні заміщенням.

Глибина контролю – основний параметр, що характеризує якість ТСК. Він визначений виразом:



де Pk, P - ймовірності безвідмовної роботи контрольованих елементів РЕУ та всього РЕУ загалом.

Зі збільшенням глибини контролю знижується ймовірність використання екіпажем несправного пристрою чи системи. При цьому:

 .

Сучасна бортова апаратура має глибину контролю = 0.8 і більше.

Маса РЕО впливає на ефективність ПС, оскільки її збільшення призводить до скорочення дальності та тривалості польоту, зменшення корисного навантаження та погіршення її льотно-технічних характеристик.

Для оцінки впливу маси РЕО на характеристики ПС виділяють два класи ПС:

- із заданою постійною злітною масою;

- із заданими льотними характеристиками та корисним навантаженням.

Зміна маси РЕО при постійній злітній масі ЗС призводить до необхідності зміни або корисного навантаження, або запасу палива.

Якщо припустити, що зміна маси РЕО mp компенсується за рахунок зміни ∆mт запасу палива, то зменшення або збільшення маси mp супроводжується відповідно до зростання або зниження дальності польоту (або його тривалості):



де  и - дальність польоту при початковому значенні маси РЕО і після зміни останньої;  - Злітна маса ПС; - Початкова маса палива при початковому значенні маси РЕО.

Маса окремих РЕУ залежить від елементної бази, на основі якої побудовано цей пристрій.

Обсяг РЕО по-різному позначається на характеристиках ЗС при постійній злітній масі або постійним корисним навантаженням і льотними характеристиками.

Зміна обсягу РЕО при заданих корисних навантаженнях і льотних характеристиках ВС призводить до зміни злітної маси:

,

де  и  - обсяги корисного навантаження та РЕО відповідно.

Обсяг окремих РЕУ залежить від тих самих чинників, як і їх маса. Для сучасної РЕА з урахуванням конструктивних втрат питома густина становить 1кг/дм3. Питома щільність кабельної мережі на сучасних НД до 0.8 кг/дм3.

Потужність, споживана РЕО, опосередковано впливає характеристики ВС. При оцінці впливу факту можна прийняти, що маса джерел живлення приблизно дорівнює 1 кг/Вт, а їх питома щільність того ж порядку, як і у РЕО.

Вартість життєвого циклу РЕО впливає економічну ефективність ЗС т.к. є кількісною характеристикою комплексної оцінки вартості розробки, виробництва та експлуатації авіаційного обладнання. Ця характеристика складається з вартості самого обладнання, що включає витрати на розробку та виробництво та виробництво, із вартості його монтажу та технічного обслуговування РЕО.

Вартість РЕО становить значну частку вартості ПС. Аналіз РЕА, що випускається зарубіжними фірмами, показує, що вартість 1 кг апаратури становить 4500 дол/кг, що приблизно перевищує вартість 1кг конструкції ВС.

Частка вартості РЕА вартості життєвого циклу зазвичай дорівнює 20 ... 50%.

Зменшення вартості може бути досягнуто тільки за рахунок зниження вимог на параметри РЕО, що не завжди можливе і ціле.

Вартість кабельної мережі дорівнює ~ 300 дол/кг (3000 дол/км).

Вартість технічного обслуговування (вартість експлуатації) РЕО зазвичай становить основну частку вартості його життєвого циклу. Загальні витрати на ремонт та технічне обслуговування можуть у 5...10 разів перевищувати його закупівельну вартість.

Значення основних загальних параметрів РЕА, що експлуатується на літаках та вертольотах цивільної авіації, наведені в табл.1.

Табл.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| РЕА  Пара-  метри | РСБС | РСДС | РСБН | РД | АРК | ДИСС | МНР | РВ | **СОУВД** |
| Вага, кг | 5,7 | 19 | 73 | 16 | 15 | 22,6 | 30,5 | 10 | 17,9 |
| Объем дм3 | 4,13 | 25,7 | 86,8 | 9,8 | 11,6 | 29,5 | 31,5 | 13,6 | 27,5 |
| Потужність, Вт | 85 | 600 | 375 | 190 | 90 | 130 | 487 | 110 | 140 |

При збільшенні тривалості польоту для отримання необхідної надійності РЕО застосовують резервування пристроїв та систем, що табл.2 відображено двома хрестиками.

Висота крейсерського польоту впливає склад РЕО, оскільки зі зменшенням висоти польоту зменшується дальність прямий видимості і дальність дії радіозасобів МВ діапазону.

Склад екіпажу в основному впливає на ступінь автоматизації процесів обробки інформації від бортових датчиків та управління цими датчиками.

Злітна маса опосередковано впливає склад РЕО. На важких ЗС доцільно включати до складу РЕО радіонавігаційні засоби, що взаємно резервують один одного, і застосовувати дублювання РЕА. Збільшення маси РЕО за рахунок таких заходів компенсується скороченням запасу палива, а відповідні втрати льотного часу та зростання вартості РЕО відшкодовується шляхом руху ВС оптимальною траєкторією за витратами часу та палива.

Виконання міжнародних рейсів потребує встановлення на ЗС додаткової апаратури ближньої навігації, посадки та УВС, сумісної з відповідними зарубіжними системами.

До такої апаратури відносяться літаковий радіодальномір і відповідач УВС. Виконання трансконтинентальних польотів вимагає встановлення апаратури радіосистем дальньої навігації та автономних систем числення шляху. Для підвищення надійності навігації над морською поверхнею доцільно застосування інерційних систем.

Періоди переходу від одного типу системи забезпечення польотів до системи іншого типу супроводжується установкою на ЗС апаратури загальних систем. Поліпшення загальних параметрів РЕО засноване на застосуванні прогресивних методів конструювання РЕА та побудови бортових систем, що відображають основні тенденції розвитку бортового обладнання: мікромініатюризацію та комплексування апаратури.

Мікромініатюризація є засіб істотного поліпшення загальних параметрів РЕО.

Однак ступінь реального поліпшення параметрів виявляється значно нижчим від потенційно досяжної при мікромініатюризації. При цьому виникають нові проблеми, пов'язані з ускладненням тепловідводів, поганим к. п. д. генераторних приладів на напівпровідниках та інтегральних схемах та їхня мала вихідна потужність.

Комплексування обладнання дозволяє створювати системи, що володіють кращими параметрами, ніж входять до комплексу пристрою.

Основна особливість комплексної системи - її структурна та інформаційна надмірність, завдяки якій досягається не тільки підвищення точності, а й збільшення надійності.

Мінімальний склад РЕО визначається функціями, які повинна виконувати бортова РЕА на всіх ЗС незалежно від їх

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типа ВС | | Характеристики ВС | | | | | | | Аппаратура зв’язку | | | | |
| Класс ВС | Дальность полета Т. км | Скорость км/ч | Высота, км | Взлетная масса Т | Категория минимума погоды | Число членов экипажа | РСБC | РСДC | СПУ | СГУ | АЗП |
| Вертолеты | | 4 | 0,3…0,45 | 120 | 3.5 | 2 | - | 1 | + |  |  |  |  | |
| 3 | 0,4…0,6 | 150 | 3 | 2,5 | - | 1…2 | + | + | + |  |  | |
| 1 | 0,2…0,1 | 180 | 3…5 | >10 | - | 2…5 | + | +(+) | + |  | + | |
| Самолеты МВЛ | | 4 | <=1 | 180 | 4,5 | >10 | - | 1…2 | + | + | + |  | + | |
| 3 | <=1 | 450 | 8,4 | 10…30 | 1 | 3 | ++ | + | + | + | + | |
| Магистральные самолеты | Ближние | 3 | 1…2,5 | 550 | 6 | 10…30 | 1 | 2…3 | ++ | + | + | + | + |
| 2 | 1…2,5 | 850 | 10 | 30…75 | 1 | 3 | ++ | + | + | + | + |
| Средние | 2 | 2,5…6 | 850 | 10 | 30…75 | 1 | 3…4 | ++ | +(+) | + | + | + |
| 1 | 2,5…6 | 900 | 10 | >=75 | 2 | 3…5 | ++ | +(+) | + | + | + |
| Дальние | 1 | >=6 | 900 | 10 | >=75 | 2 | 5…6 | ++ | +(+) | + | + | + |
| 1 | >=6 | 2500 | 20 | >=75 | 3 | 3…4 | ++ | + | + | + | + |

Табліця 2а

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типа ВС | | Класс ВС | Апаратура навігації та УВС | | | | | | | | | | | Число РЭУЧИ | Число антенн |
| РСБН | РД | АРК | АСП/БН | РВ | РСДН | ДНС | ИНС | МНР | СОУВД | ЦВМНК |
| Вертолеты | | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |
| 3 |  |  | + |  | + |  |  |  |  |  |  | 5 | 5 |
| 1 |  |  | ++ |  | +(+) |  | + |  |  | + |  | 9…11 | 10…14 |
| Самолеты МВЛ | | 4 |  |  | ++ | (+) | + |  |  |  |  |  |  | 7…8 | 9…12 |
| 3 | (+) |  | ++ | + | + |  | (+) |  | + | (+) |  | 11…14 | 13…19 |
| Магістральні  літаки | Бліжні | 3 |  |  | ++ | + | + |  |  |  | + |  |  | 10 | 12 |
| 2 | + |  | ++ | ++ | + |  | (+) | + | + | + | (+) | 14…16 | 15…17 |
| Середні | 2 | + | + | ++ | ++ | + |  | + |  | + | + | +(+) | 16 | 17 |
| 1 | + | +(+) | ++ | ++ | + |  | +(+) | + | +(+) | + | +(+) | 18…23 | 21 |
| Дальні | 1 | + | +(+) | ++ | ++ | + | + | +(+) | + | +(+) | + | +(+) | 20…24 | 22 |
| 1 | + | +(+) | ++ | ++ | ++ | + | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | 27 | 24 |

Табліця 2б

призначення та включає: радіостанцію ближнього зв'язку та переговорне пристрій, автоматичний радіокомпас (АРК), маркерний радіоприймач системи посадки та радіовисотомір. На літаках із злітною масою 6т встановлюють відповідач УВС.

Повний склад залежить від призначення ПС. Тому на різних варіантах літака або вертольота певного може встановлюватися різне РЕО, склад якого визначається характером виконуваних даним варіантом ЗС завдань.

Розшифровка табл.2 наступна:

СПУ – літаковий переговорний пристрій;

СГУ - літаковий гучномовний пристрій;

АСП/БН – апаратура системи посадки та ближньої навігації;

ДНС – доплерівська навігаційна система;

ІНС – інерційна навігаційна система;

ЦВМНК - ЦВМ навігаційного комплексу.

Основні фактори, пов'язані з призначенням ЗС і впливають на повний склад РЕО включають дальність польоту Дп, висоту крейсерського польоту Нкр, умови виконання польоту та посадки, склад екіпажу та посадки, склад екіпажу та злітну масу НД mв.

Дальність польоту впливає склад РЕО зв'язку і навігації, що з, по-перше, обмеженням дальності дії.

Наприклад, на етапі впровадження систем посадки сантиметрового діапазону на ПС одночасно встановлюватиметься апаратура як сантиметрового, так і метрового діапазонів.

Сумарні параметри РЕО літаків та гелікоптерів ГА характеризують обладнання загалом і визначаються як сума відповідних параметрів, що входять до нього РЕУ.

Значення цих параметрів наведено у табл. 3

Табліця 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип ВС | | Класс ВС | Масса, кг | Объем аппаратуры дм3 | Потребляемая мощность кВт |
| Вертолеты | | 3 | 65 | 65 | 0,91 |
| 1 | 125…154 | 139…179 | 1,3…1,5 |
| Самолеты МЫЛ | | 4 | 82…102 | 81…91 | 1,0…1,1 |
| 3 | 147…261 | 134…279 | 1,7…2,3 |
| Магистральные ВС | Ближние | 3 | 128 | 108 | 1,1 |
| 2 | 256…311 | 266…330 | 2,4…2,7 |
| Средние | 1 | 327…430 | 330…442 | 2,9…3,5 |
| 1 | 359…446 | 358…460 | 3…3,5 |
| Дальние | 1 | 492 | 419 | 3,8 |
| Сверхзвуковые | (стс) |  |  |  |