

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА



ФАКУЛЬТЕТ ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ

КАФЕДРА ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ

Керівник заняття

завідувач кафедри кандидат технічних наук, доцент
Глухов Сергій Іванович

2016 р.

**ПРЕДМЕТ:
ОСНОВИ ПОБУДОВИ
РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ**

**ТЕМА № 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО
РАДІОЛОКАЦІЙНУ СТАНЦІЮ.**

**ЗАНЯТТЯ №1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО
РЛС. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЛС ТА
ВИМОГИ ДО НИХ.**

ГРУПОВЕ ЗАНЯТТЯ

МЕТА ЗАНЯТТЯ

НАВЧАЛЬНА МЕТА:

- 1. Вивчити загальні відомості про РЛС.**
- 2. Вивчити основні характеристики РЛС.**
- 3. Розглянути вимоги, які висуваються до РЛС.**

ВИХОВНА МЕТА:

- 1. Виховувати у студентів культуру поведінки.**
- 2. Виховувати студентів у дусі патріотизму.**

НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ І РОЗПОДІЛ ЧАСУ:

I. Вступна частина.....10 хв.

II. Основна частина.....65 хв.

**Питання 1. Місце РЛС в радіолокаційній
системі і їх класифікація.**

**Питання 2. Основні характеристики РЛС і
вимоги до них.**

III. Заклучна частина.....5 хв.

ПИТАННЯ І

МІСЦЕ РЛС

**В РАДІОЛОКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ І
ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ**

Питання 1. Місце РЛС в радіолокаційній системі і їх класифікація

Сукупність радіотехнічних засобів, певним чином розташованих на території і функціонально зв'язаних між собою для розв'язання задачі збору, обробки і видачі РЛІ, є радіолокаційною системою.

РЛ системи з'явилися наприкінці 30-х на початку 40-х років з появою радіолокаційних станцій (РЛС) для виявлення літаків. З метою спостереження достатньо великої території РЛС розміщувались на відстані близьких до їх дальності дії.

Питання 1

Координати повітряних об'єктів визначались оператором та передавались за допомогою засобів зв'язку на пункти збору та обробки інформації. Незважаючи на низькі параметри РЛС РЛ системи відіграли значну роль у протиповітряній охороні об'єктів під час другої світової війни.

Поліпшення параметрів РЛС, автоматизація процесів зйому, кодування і передачі інформації, широке впровадження обчислювальної техніки призвели до розвитку РЛ систем. Вони почали використовуватись у різних галузях науки, народного господарства та у військовій справі.

Питання 1

У відповідності з визначенням РЛ система включає:

- радіолокаційні засоби;
- засоби обробки РЛ інформації;
- засоби передачі РЛІ.

РЛ системи дозволяють розв'язувати широке коло проблем Так, наприклад, РЛ система Військ ПС здійснює:

- РЛ розвідку повітряного простору;
- контроль за польотом своїх літаків.

Слід відзначити, що параметри РЛ засобів, в свою чергу, впливають на показники якості системи. Поліпшення цих характеристик – один з шляхів вдосконалення РЛ систем.

Питання 1

До радіолокаційних засобів відносяться:

- засоби активної локації (активні РЛС з пасивною відповіддю);
- засоби з активною відповіддю (активні РЛС з активною відповіддю), котрі призначені для роботи по своїм повітряним об'єктам;
- засоби пасивної локації (пасивні РЛС).

Принцип роботи активних РЛС з пасивною відповіддю базується на опроміненні повітряних об'єктів зондуючими сигналами та прийомі відбитих від них сигналів – відлуння.

Засоби з активною відповіддю використовують сигнали спеціальних ретрансляторів або відповідачів, встановлених на борту своїх повітряних об'єктів.

Питання 1

Вищеперераховані, тобто активні і пасивні РЛ засоби, мають свої особливості побудови, зумовлені відмінностями методів радіолокації. Засоби пасивної локації приймають сигнали власного радіовипромінювання повітряних об'єктів (радіотеплового випромінювання, випромінювання власних радіотехнічних пристроїв та інші).

Питання 1

Класифікація наземних РЛС виявлення

Для класифікації РЛС необхідно розбити на групи, які володіють загальними ознаками, незважаючи на різноманітність їх конструкцій та технічних рішень.

Вибрані для класифікації ознаки мають відображати істотні риси РЛС. Їх кількість має бути невеликою, щоб класифікація не втратила сенс, та не надто малою, щоб не збіднити повноту характеристики РЛС. Найбільш повну характеристику РЛС дає класифікація, в фундамент якої покладені як тактичні, так і технічні ознаки.

Питання 1

Класифікація РЛС

До тактичних ознак відносяться:

1. Цільове призначення РЛС.
2. Ступінь мобільності.
3. Кількість координат, які вимірюються.

Найбільш істотними технічними ознаками є:

1. Метод радіолокації, використаний в РЛС.
2. Метод дальнометрії або спосіб випромінювання зондуючих сигналів.
3. Діапазон робочих хвиль.
4. Число незалежних РЛ каналів.

Питання 1

У відповідності з цільовим призначенням розрізняють наступні РЛС:

- а) дальнього виявлення повітряних об'єктів (РЛС попередження);
- б) виявлення маловисотних цілей (МВЦ);
- в) виявлення та наведення;
- г) РЛС цілевказівок ЗРК;
- д) спеціального призначення.

Детальний розгляд цих РЛС буде на майбутніх заняттях.

Як видно з раніш викладеного, цільове призначення РЛС – одна з основних тактичних ознак, яка часто визначає не лише тактичні, але і технічні характеристики РЛС.

Характеризуючи РЛС за технічними ознаками зупинимося на двох останніх.

Розподіл РЛС по діапазону частот пояснень не потребує, а про особливості радіолокаційних засобів, використовуючи різні методи радіолокації було сказано вище.

За методом дальнометрії РЛС можуть бути розбиті на наступні групи:

1. РЛС з імпульсним опроміненням.
2. РЛС з неперервним опроміненням.

Головною цінністю імпульсних РЛС є простота вимірювання відстані до цілі, а також можливість використання однієї антени для випромінювання та прийому відбитих сигналів.

До недоліків відносяться необхідність застосування передавача з високими імпульсними потужностями та складність визначення швидкості повітряного об'єкту, особливо з високою точністю.

Питання 1

РЛС з неперервним випромінюванням забезпечує селекцію повітряних об'єктів за швидкістю та однозначне визначення її у широкому діапазоні, працюють при невисоких потужностях.

До недоліків РЛС з неперервним випромінюванням потрібно віднести складність розв'язки приймального та передавального траків, складність вихідних пристроїв, особливо при необхідності спостерігати за багатьма повітряними об'єктами по багатьом параметрам.

Питання 1

По виду зондуючих сигналів імпульсні РЛС розділяються на:

- некогерентні;**
- когерентно-імпульсні;**
- з внутрішньо-імпульсною частотною модуляцією.**

В РЛС з неперервним випромінюванням можуть використовуватись:

- немодульовані незатухаючі коливання ;**
- частотно-модульовані коливання;**
- неперервні шумоподібні сигнали.**

В залежності від кількості РЛ каналів РЛС розділяють на одноканальні та багатоканальні.

Питання 1

Багатоканальні, в свою чергу, можуть бути:

- частотно-багатоканальними;
- просторово-багатоканальними;
- просторово-частотно-багатоканальними.

У частотно-багатоканальних РЛС використовується декілька прийомо-передавачів, працюючих на різних частотах, але в межах однієї і тієї ж діаграми спрямованості антени. Повітряний об'єкт опромінюється одночасно на декількох частотах, а вихідні сигнали каналів обробляються одночасно.

У просторово - багатоканальних РЛС

(рис. 2а) антени мають парціальну діаграму спрямованості. Сигнали випромінюються і приймаються на одній частоті. При цьому передавач може бути загальним для всіх парціальних каналів. Число приймальних каналів має відповідати кількості парціальних пелюстків.

Питання 1

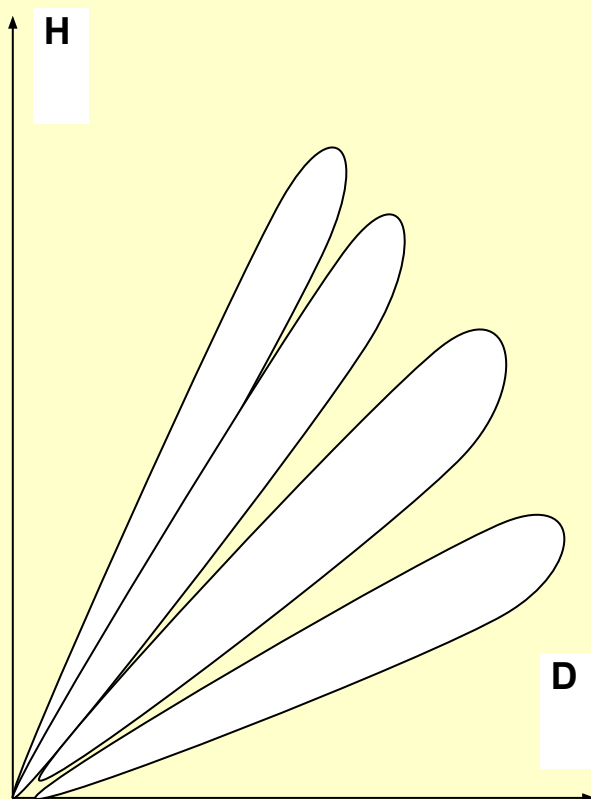


Рис. 2а

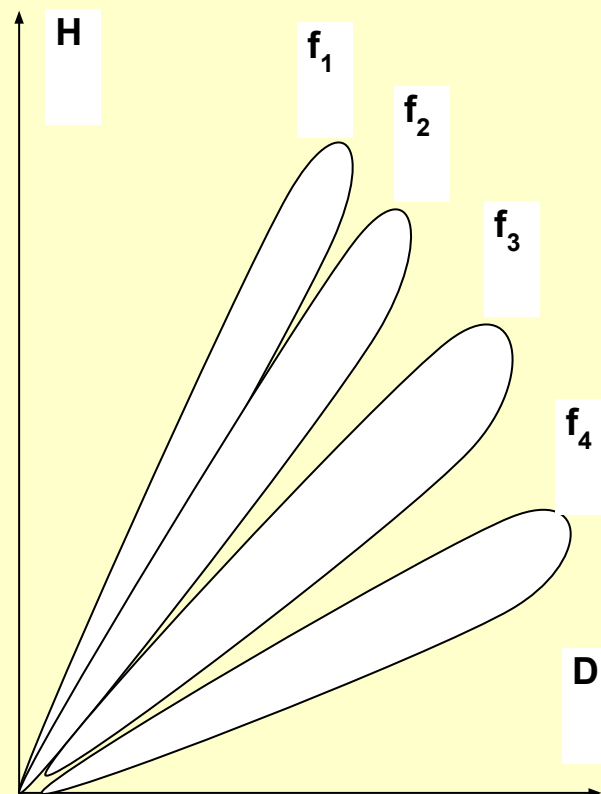


Рис. 2б

У просторово-частотно-багатоканальних РЛС

(рис. 2б) в межах кожної парціальної пелюстки сигнали випромінюються та приймаються на власній частоті. Перевагою багатоканальних РЛС є підвищена перешкодозахищеність та велика дальність дії, яка забезпечується збільшенням підсумкової потужності, яка випромінюється. До недоліків відноситься велика складність (особливо антенних систем) та мала мобільність.

Загальна структурна схема РЛС

Не дивлячись на відмінності у ТТХ, варіантах технічних рішень окремих систем і використовуємої елементної бази, РЛС мають багато спільного. Це стосується, зокрема, і функціональної схеми.

Питання 1

У відповідності з принципом роботи активні РЛС забезпечують:

- 1. Формування зондуючих сигналів заданої структури і випромінювання електромагнітної енергії у заданому напрямку.**
- 2. Прийняття рішення про наявність повітряного об'єкту (цілі), визначення його координат і параметрів руху.**

Для виконання цих задач до складу РЛС входять (рис. 3):

- 1. Система формування зондуючих сигналів.**
- 2. Антенна система, яка забезпечує направлене випромінювання зондуючих та прийом відбитих сигналів. Для створення потрібної форми зони огляду і забезпечення можливості визначення кутових координат повітряних об'єктів, здійснюється механічне або електронне сканування (зміна кута) антенного променя у відповідних площинах.**
- 3. Система обробки прийнятих сигналів, яка здійснює максимізацію якості виявлення цілей при наявності різного роду перешкод.**

Питання 1

4. Система прийняття рішення про наявність цілі, вимір її координат та параметрів руху, це - сукупність індикатор РЛС- оператор в РЛС з візуальним зйомом координат, спецобчислювач - РЛС з автоматичним зйомом координат.
5. Система синхронізації забезпечує синхронну роботу усіх трактів і систем РЛС.
6. Система управління режимами роботи РЛС дозволяє вибрати оптимальний режим в конкретній повітряно - перешкодовій ситуації.

7. Система електроживлення.

8. Ряд допоміжних систем і пристроїв, які забезпечують стабільність функціонування основних трактів і систем РЛС (система вентиляції і охолодження, система контролю, засіб захисту від перевантажень, пристрої розрядки, тощо) (рис. 3).

ПИТАННЯ II

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЛС І ВИМОГИ ДО НИХ

Питання 2. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЛС І ВИМОГИ ДО НИХ

Для ефективного виконання складних і різноманітних задач РЛС має відповідати певним вимогам. Вимоги до РЛС виражаються, як правило, у формі чисельних характеристик. Розділяють тактичні вимоги і тактико - технічні вимоги.

Під тактичними вимогами розуміють кількісні значення характеристик РЛС з урахуванням станів і перспектив розвитку засобів повітряного нападу.

**Реалізація тактичних вимог обмежується
можливостями виробництва, рівнем
розвитку техніки, технології науки.
Виходячи з цього при проектуванні нових
РЛС до них висуваються тактико-технічні
вимоги - кількісне значення основних
характеристик РЛС з урахуванням
тактичних вимог.**

Питання 2

РЛС, що перебувають на озброєнні, характеризуються тактико-технічними даними (ТТД). Це кількісні значення основних характеристик певного зразку РЛС. ТТД визначають бойові можливості РЛС і заносяться до її формуляру.

Систему показників, які використовуються для оцінки бойових можливостей РЛС і проведення тактичних розрахунків, називають тактичними характеристиками РЛС.

Основними з них є:

- 1. Склад радіолокаційної інформації, яка видається.**
- 2. Зона огляду (форма зони і її параметри).**
- 3. Точність інформації, яка видається.**
- 4. Роздільна здатність по виміряним координатам.**
- 5. Інформаційна здатність.**
- 6. Дискретність видачі даних.**
- 7. Перешкодозахищеність.**
- 8. Надійність.**
- 9. Електромагнітна сумісність.**
- 10. Маневрові характеристики (час розгортання і згортання, час вмикання і вимикання, мобільність).**

1. Склад радіолокаційної інформації

Склад інформації визначається, головним чином, вимогами споживачів інформації і задачами, які вони вирішують. Для забезпечення безпошукового захвату цілі станціями наведення ракет до складу РЛІ мають входити дані про просторові координати цілі. При вирішенні задачі наведення авіації потрібна інформація про просторові координати як цілей, так і винищувачів.

Найбільш зручною для передачі інформації про місце знаходження повітряних об'єктів є **прямокутна система координат** (x , y , H). В ній зручніше здійснюється перетворення координат у єдину систему, ототожнювання і об'єднання інформації, яку отримано від декількох джерел.

Але засоби обробки сигналів в РЛС дозволяють виміряти і відобразити інформацію у **сферичній** (a,b,c) або у **циліндричній** (r,b,H) системах координат.

Питання 2

Для оцінки повітряної ситуації і вирішення задачі бойового управління засобами ППО крім просторових координат повітряних об'єктів потрібна інформація про державну належність виявлених об'єктів, застосуванні і характері утворених противником перешкод, курсу і швидкості повітряного об'єкту.

Зондуючі сигнали і методи обробки відбитих сигналів не дозволяють по образу останніх розпізнавати виявлені об'єкти. Ця задача покладається на комплекс наземної та бортової апаратури, яка забезпечує визначення державної належності об'єктів.

У деяких випадках для успішного рішення бойової задачі потрібно мати дані про кількісний склад повітряних об'єктів.

Питання 2.

Таким чином, у загальному випадку інформація від РЛС повинна включати:

- просторові координати повітряних об'єктів;
- державну і індивідуальну належність;
- характеристику повітряного об'єкту (один чи група) і по можливості кількісний склад групи;
- види створюємих перешкод і їх інтенсивність.

2. Зона огляду.

Зоною огляду РЛС називається область простору, в межах якої РЛС забезпечує отримання РЛІ про повітряні об'єкти з заданим середнім значенням ефективної поверхні з якістю не нижче потрібної.

Під якістю РЛІ у даному випадку розуміють сукупність наступних показників:

- імовірність правильного виявлення і хибної тривоги (якість виявлення);**
- точність інформації і дискретність її видачі.**

Питання 2.

Форму зони огляду РЛС прийнято характеризувати графіком або таблицею залежності $r = f(H)$, де r - дальність до границі зони огляду; H - висота польоту повітряного об'єкту над поверхнею землі. Форму зони в кутомістній площині у РЛС виявлення і наведення часто вибирають таким чином, щоб для кута місця $\varepsilon_{\min} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0$ забезпечувалась максимально можлива дальність виявлення (ізодальнісна ділянка зони виявлення) рис. 3, а для кутів місця більш за ε_0 — максимальна висота виявлення (ізовисотна ділянка зони виявлення).

Аналітично переріз такої зони у вертикальній площині в полярній системі координат можна описати виразом:

$$r(\varepsilon) = \begin{cases} R & \text{при } \varepsilon \in [\varepsilon_{\min}, \varepsilon_0] \\ R \cos ec \varepsilon / \cos ec \varepsilon_0 & \text{при } \varepsilon \in [\varepsilon_{\min}, \varepsilon_0] \\ 0 & \text{при } \varepsilon \notin [\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max}] \end{cases}$$

Параметри зони огляду:

- розміри зони в азимутальній площині;
- мінімальний (min) і максимальний (max) кути місця зони огляду;
- максимальна висота $H_{\max}$;
- максимальна дальність $D_{\max}$.

Питання 2

Параметри зони вибираються з тактичних вимог і технічних можливостей їх реалізації. Так значення мінімального кута в РЛС сантиметрового діапазону обмежуються умовами розповсюдження сантиметрових хвиль в приземному прошарку.

З одного боку, необхідно вибрати $\varepsilon_{\min}$ як можливо більш близьким до нуля, з іншого боку – необхідно відірвати діаграму спрямованості від землі, так як опромінення земної поверхні в сантиметровому діапазоні хвиль призводить до сильної порізаності зони на малих кутах місця внаслідок інтерференції прямого і відбитого променів від нерівної поверхні.

Із-за руху під дією вітру вкриваючої поверхні (чагарники, трави) та інших причин неперервно змінюються амплітуда і фаза відбитого променя і, отже, неперервно змінюється форма зони огляду. Практично у сантиметровому діапазоні вибирають $\epsilon_{\min}$ (0,4...0,5)0. Для зниження $\epsilon_{\min}$ до нуля і до від'ємного значення, де це дозволяє позиція і висота підйому антени передбачається зміна нахилу антени у вертикальній площині. У метровому і верхній частині дециметрового діапазону хвиль зона огляду формується за участю землі, і значення $\epsilon_{\min}$ для рівної ділянки практично однозначно визначається відношенням довжини хвилі до висоти підйому фазового центру антени h_a $\epsilon_{\min} 7,2 \lambda/h_a$.

Максимальний кут місця зони $\varepsilon_{\min}$ для виключення мертвої вирви бажано було б вибрати рівним 900 або близького до нього. Але це призвело б до значного ускладнення конструкції антенної системи. Зараз вважають доцільним вибір значення $\varepsilon_{\max}$ 35..450 в сантиметровому діапазоні і 20..300 – в метровому. При цьому радіус мертвої вирви

$$R_{\text{МВ}} = H_{\text{ц}} \text{ctg } \varepsilon_{\max},$$

де $H_{\text{ц}}$ - висота польоту повітряного об'єкту. Зараз РЛС мають $R_{\text{МВ}} = (1..1,5) H_{\text{ц}}$ – в сантиметровому діапазоні і $R_{\text{МВ}} = (2..4,5) H_{\text{ц}}$ – в метровому діапазоні.

Питання 2

Верхня межа зони $H_{\max}$ повинна бути не менша висоти польоту сучасних повітряних об'єктів. Для сучасних РЛС $H_{\max} > (40..60)$ км.

Максимальна дальність виявлення повітряних об'єктів, що летять на максимальній висоті $H_{\max}$, бажано отримати рівною дальності прямої видимості.

$$r_{\text{пр}} = 4,12(+)600..800 \text{ км.}$$

Питання 2

Але отримання таких дальностей пов'язано зі значними збільшеннями потужностей передавального пристрою, а це, в свою чергу, призводить до зростання вартості і об'єму апаратури РЛС. Тому зараз забезпечують дальність виявлення, близькою до дальності прямої видимості, тільки лише маловисотних ПО і ПО з великим середнім значенням ефективної поверхні σ . По ПО з $\sigma = 1\text{м}^2$ (винищувач) в РЛС виявлення і наведення рахується прийнятним отримання дальності $R=300\dots400$ км.

Питання 2.

3. Точність вимірювання координат.

Точність вимірювання координат є важливим показником РЛС. Вона характеризує похибку вимірювання, це – різниця між дійсним і виміряним значеннями координат. Ця різниця – випадкова величина. Точність вимірювання координат істотно впливає на рішення багатьох задач ППО. Чим вищі точнісні характеристики РЛС, тим краща якість цілерозпізнавання, вища імовірність перехоплення винищувачем виявленого ПО, менше часу витрачається станцією наведення ракет на пошук і захоплення ПО.

4. Роздільна спроможність за координатами.

Під роздільною спроможністю РЛС по будь-якій координаті розуміють таку мінімальну відмінність в даній координаті у двох повітряних об'єктів якщо при співпаданні у них інших координат, ці повітряні об'єкти спостерігаються окремо.

Роздільна спроможність істотно впливає на можливості РЛС по визначенню групового складу виявлених ПО і перешкодозахищеність станції від пасивних перешкод. Розділення по дальності технічно забезпечити легше, ніж по кутовим координатам. Це пояснюється тим, що значення роздільної спроможності по азимуту при порівняно великих відстанях між повітряними об'єктами, рівних 1...2 км, складають долі градусів (на відстанях 300...500 км).

Питання 2

5. Перешкодозахищеність.

Перешкодозахищеність – це властивість РЛС виконувати свої задачі з допущеним зниженням якості в умовах перешкод. Вплив активних і пасивних перешкод на РЛС проявляються різним чином, що утруднює введення єдиного критерію оцінки перешкодозахищеності.

Серед активних перешкод найбільш ефективними є шумові маскуючі перешкоди (АШМП), структура яких близька до внутрішніх шумів приймальних пристроїв. Дія таких перешкод приводить до зменшення відношення сигнал – шум на вході приймального тракту, внаслідок чого зменшується дальність виявлення цілі.

Для РЛС 19Ж6 коефіцієнт подавлення АШМП – 23 дБ, дипольних відбивачів – 2-3 пачки на 100 м.

Найбільш розповсюдженим способом створення пасивних перешкод (ПП) є скидання з літака – постановника перешкод дипольних відбивачів у вигляді стандартних пачок і політ на малих висотах. За рахунок відбиття від диполів або підстилаючої поверхні (місцевих об'єктів) створюється перешкодовий фон, дуже заважаючий або виключаючий можливість виявлення сигналів від цілі.

Питання 2

Тому перешкодозахищеність РЛС в умовах застосування противником ДВ часто характеризують кількістю пачок на 100 м шляху (лінійною густиною ДВ), при якій забезпечується вияв цілі з потрібною якістю.

Відмінною особливістю сигналів, відбитих від місцевих предметів, є відсутність ефекту Доплера і вузький спектр флуктуацій. Тому ступінь їх подавлення практично однозначно визначається технічними можливостями апаратури захисту РЛС від ПП.

Питання 2

6. Інформаційна спроможність.

Інформаційною спроможністю РЛС називають максимальну кількість ПО, по яким РЛС може видавати інформацію заданої якості при встановленій дискретності (періоду поновлення). Для оцінки повітряної ситуації і прийняття обґрунтованого рішення потрібна інформація про всі повітряні об'єкти, які знаходяться в межах даного угруповання засобів ППО. У визначенні очікуємої кількості повітряних об'єктів, які приходяться в середньому на одну РЛС, і стоїть методика розрахунку потрібної інформаційної спроможності.

Відповідність інформаційної спроможності РЛС тактичним вимогам може бути забезпечена збільшенням кількості пристроїв знімання координат і автоматизацією процесу знімання координат в РЛС.

7. Надійність.

Надійність РЛС – це її властивість виконувати і зберігати за часом задані функції у заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонту, зберігання і транспортування. Якісно надійність РЛС оцінюється показниками безвідмовності, терміну служби, ремонтпридатності і зберігаємості.

Питання 2.

Найбільш розповсюдженим показником безвідмовності є час середнього напрацювання на відказ Т0, інтенсивність відказів і імовірність безвідмовної роботи. Термін служби кількісно оцінюють термінами служби до ремонту і до списання, ремонтоздатність - середнім часом відновлення ТВ , а збережність - часом зберігання. Для РЛС 19Ж6 час напрацювання на відказ становить 100 годин, для РЛС 5Н84 – 24 години.

8. Електромагнітна сумісність.

Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів це їх властивість функціонувати без погіршення якісних показників в заданій електромагнітній ситуації. РЛС не повинна створювати перешкоди іншим радіолокаційним засобам (РЛС системам зв'язку і управління тощо) і повинна протистояти їх впливу. В умовах великої насиченості військ радіоелектронними засобами вимоги електромагнітної сумісності для РЛС є дуже важливими. Невиконання цих вимог може привести до зриву виконання бойових задач РЛС навіть при відсутності організованих перешкод з боку противника.

9. Маневрені характеристики.

До маневрених характеристик РЛС відносять :

- час розгортання (згортання) РЛС (для РЛС 19Ж6 - 1 год 50 хв.);
- час підйому і опускання антенно-фідерного пристрою (для РЛС 19Ж6 - 50 хв.);
- час вмикання РЛС при живленні від агрегатів живлення і промислових мереж (для РЛС 19Ж6 - 2 хв. 45 сек.);
- метод транспортування (для РЛС 19Ж6 необхідно 2 тягача).

Маневрені характеристики РЛС у значній мірі визначають їх життєздатність, мобільність і оперативне виконання несподівано поставлених бойових задач.

ЛІТЕРАТУРА

1. ОСНОВИ ПОБУДОВИ РЛС РТВ
ПІД РЕДАКЦІЄЮ **Б.Ф. БОНДАРЕНКО**, КВІРТУ
ППО, 1987.
2. ОСНОВИ ПОБУДОВИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ
ТЕХНІКИ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК ППО,
1989.
3. **ТХОРЖЕВСЬКИЙ В.І.** СИСТЕМИ
РАДІОЛОКАЦІЙНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ.
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК. ЧАСТИНА 1. КИЇВ,
2007 РІК.
4. ТЕОРІЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ:
ПІДРУЧНИК / **Б.Ф. БОНДАРЕНКО, В.В.**
ВИШНІВСЬКИЙ, В. П. ДОЛГУШИН ТА ІНШІ;
ЗА ЗАГАЛЬНОЮ РЕДАКЦІЄЮ **С.В. ЛЄНКОВА**,
2008.