

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 № 6.
РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ ЗАХИСТ ЗРЛ.**

**ЗАНЯТТЯ №1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО
РАДІОПЕРЕШКОДИ. ОГЛЯД МЕТОДІВ
ЗАХИСТУ ВІД ПЕРЕШКОД.**

МЕТА ЗАНЯТТЯ:

НАВЧАЛЬНА МЕТА:

Вивчити загальні поняття про радіоперешкоди.

ВИХОВНА МЕТА:

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

НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ:

- 1. Види перешкод та їх класифікація.**
- 2. Методи захисту РЛС від активних перешкод.**
- 3. Методи захисту РЛС від пасивних перешкод.**

ПИТАННЯ І

**ВИДИ ПЕРЕШКОД ТА ЇХ
КЛАСИФІКАЦІЯ**

Питання 1. Види перешкод та їх класифікація.

В якості перешкод роботі РЕЗ можуть бути будь-які радіосигнали, які надходять на вхід приймального пристрою і заважають виділенню корисних сигналів.

Перешкоди можуть погіршувати і затрудняти обробку сигналів, викликати неправильне спрацьовування кінцевої апаратури, приводити до помилки операторів або підвищувати помилки в автоматичних пристроях.

Розглянемо класифікацію перешкод (рис.1) :

До природних перешкод відносяться атмосферні, які виникають внаслідок розрядів електрики в нижніх шарах атмосфери, іоносфери, які виникають внаслідок іоносферних утворювань, перешкоди від космічних радіовипромінювань, відбиття від місцевих предметів і гідрометеорів.

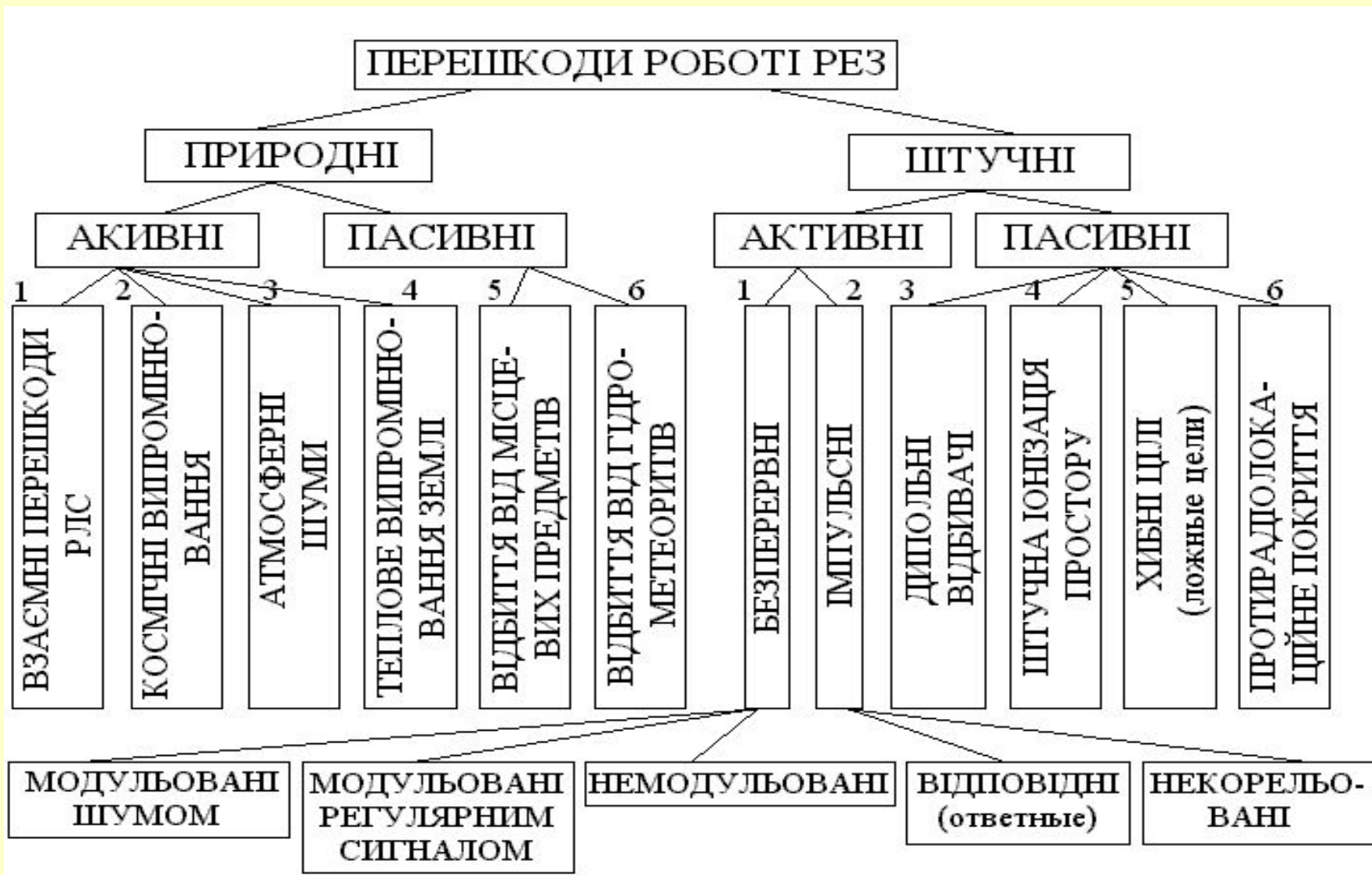


Рис.1. Класифікація перешкод

Штучні перешкоди бувають ненавмисними, т.б.т викликані сторонніми передавачами (взаємні перешкоди) або установками енергообладнання (індустріальні перешкоди); і організованими, або навмисними.

Навмисні перешкоди згідно з способом їх створення розрізняють на:

АКТИВНІ, які генеруються спеціальними передавачами.

ПАСИВНІ, які створюються за рахунок відбиття хвиль, які випромінюються РЕЗ, від різних відбивачів або шляхом штучної зміни електромагнітних властивостей середовища. Далі будуть розглянуті навмисні *активні* і *пасивні* перешкоди.

Активні перешкоди

Передавачі активних перешкод настроюють на частоти РЕЗ, які подавляються. В залежності від дії на РЕЗ активні перешкоди розділяються на маскуючі, імітуючі (дезінформуючі) і подавляючі.

Маскуючі перешкоди маскують сигнал в результаті спотворення його структури при взаємодії з заважаючим випромінюванням в приймально-підсилюючому тракті. Вони затрудняють або повністю виключають виділення корисного сигналу в приймачі.

Імітуючі перешкоди імітують сигнали РЕЗ. Їх ефективність підвищується, якщо структура спектру наближається до структури спектру сигналів. На відміну від маскуючих перешкод, які мають достатньо широкий спектр частот, імітуючі випромінюються в вузькій смузі діапазону, який відповідає ширині спектру корисного сигналу.

Подавляючі перешкоди діють в результаті значного перевищення власного рівня над рівнем корисного сигналу. Слід, для ефективного подавлення ними РЕЗ необхідні великі потужності випромінювання.

Згідно з шириною спектру перешкоди розділяються на: загороджувальні і прицільні. Загороджувальні перешкоди створюються в широкій смузі частот, яка в десятки і сотні разів перевищує смугу пропускання радіоприймального пристрою, який підлягає подавленню. Тому вони не потребують точного співпадання за частотою з сигналом РЕЗ, який подавляється. Відмінністю таких перешкод є те, що при незмінній потужності їх передавача спектральна щільність потужності перешкод $N_{\text{п}}$ зменшується по мірі розширення спектру випромінювання. Для неперервної загороджувальної перешкоди, зображеної на рис. 2

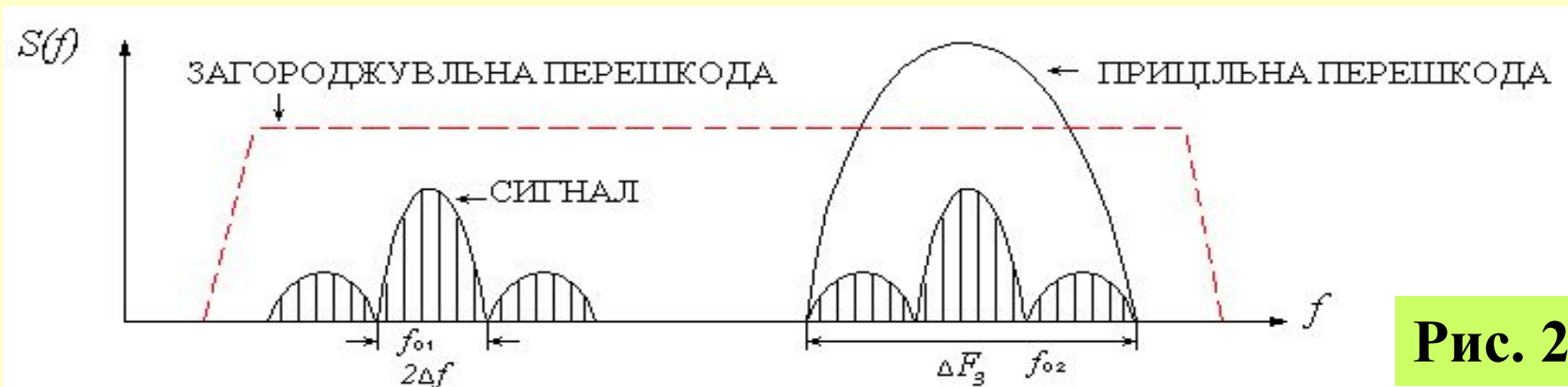


Рис. 2

Згідно з видом модуляції активні перешкоди розділяються на: немодульовані і модульовані.

Модульовані перешкоди можуть бути *неперервними* і *імпульсними*.

Неперервні перешкоди бувають:

Амплітудно-модульовані - створюються модуляцією амплітуди напруги несучих коливань Пд.Пр. гармонічними коливаннями. Їх застосовують для порушення радіозв'язку і роботи систем АСЦ.

Частотно-модульовані – створюються зміною за часом несучої частоти передавача в відповідності з законом зміни амплітуди модулюючого коливання.

Амплітудно-частотно-модульовані.

Імпульсні перешкоди

Послідовність ВЧ імпульсів. Для підвищення ефективності дії імпульси можна модулювати за амплітудою, частотою, тривалістю, інтервалом між ними або за декількома параметрами. Такі перешкоди призначені для порушення роботи РЛС, станцій імпульсного радіо-, радіорелейного зв'язку і ліній радіотелеуправління. За тривалістю і формою імпульсів ці перешкоди повинні відповідати сигналам РЕЗ, які подавляються.

Оскільки при створенні імпульсних перешкод передавач працює короткочасно, то при незначній його потужності (середній) можна одержати високий рівень перешкод на вході приймача.

Розрізняють синхронні і несинхронні імпульсні перешкоди.

Синхронні імпульсні перешкоди – у яких частота повторення імпульсів рівна або кратна частоті повторення імпульсів РЛС. На екрані індикатора спостерігаються у вигляді хибних відміток, нерухомих, або які рухаються.

Несинхронні імпульсні перешкоди – частота повторення імпульсів перешкод і сигналу не співпадають. Це послідовність імпульсів, параметри яких (τ_1 , U_m , F_{II}) змінюються хаотично.

Більш ефективними вважають шумові перешкоди, які мають нерегулярну структуру. Шумові перешкоди ефективно діють на всі РЛС (РЕЗ). Оскільки за своєю структурою вони близькі до внутрішніх флуктуаційних шумів приймачів, часто буває важко їх визначити і прийняти міри до їх послаблення. Подавлення сигналів шумовими перешкодами здійснюється в основному в результаті перевантаження приймачів.

В залежності від джерела створення розрізняють **природні і штучні пасивні перешкоди**.

Природні виникають внаслідок відбиття хвиль від місцевих предметів (хмари, грозові області, дощ, сніг, неоднорідності іоносфери).

Штучні – створюються за допомогою дипольних, кутових, діелектричних відбивачів і т.д.

Дипольні відбивачі – це тонкі пасивні вібратори, виготовлені з металізованого паперу, металізованого скляного волокна, алюмінієвої фольги і інших матеріалів. Особливу увагу при їх розробці приділяють одержанню максимальної ЕПВ при мінімальних масі і об'ємі. Для одержання резонансу струму довжину диполя скорочують до **$0,95\lambda/2$** .

Викинуті у великій кількості з літака, корабля чи ракети диполі створюють хмару. Швидкість зниження диполів залежить від маси розмірів і форми, а також від щільності і стану атмосфери. В спокійній атмосфері середня швидкість зниження складає **$60+180$** м/хв на великих висотах (**20000** м) і до **$25+70$** м/хв на малих висотах.

**В горизонтальному напрямку диполі
переміщуються приблизно з швидкістю вітру.**

**На індикаторі при цьому створюється засвічена
смуга яка маскує відмітки від повітряних об'єктів.**

ПИТАННЯ II

МЕТОДИ ЗАХИСТУ РЛС ВІД АКТИВНИХ ПЕРЕШКОД

Дія перешкод особливо інтенсивна при знаходженні декількох ПАП в головній пелюстці ДНА РЛС. В цьому випадку дальність визначення покриваючих ПАП “не шумлячих” повітряних об’єктів може знижуватись до одиниць – десятків кілометрів. Крім появи секторів ефективного подавлення (рис. 3.) виникають “стиснення” зони визначення РЛС в інших напрямках.

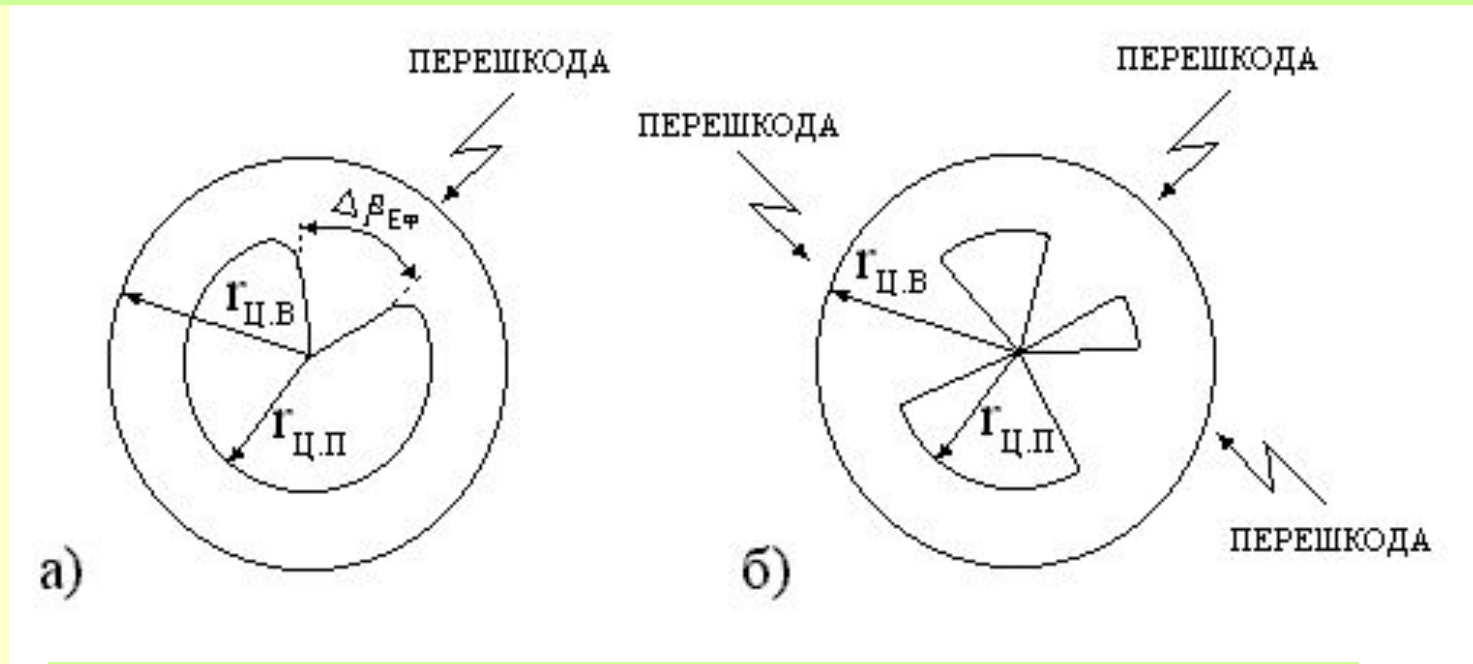


Рис. 3. Зона визначення РЛС в умовах перешкод

Зміну зони визначення РЛС при дії шумових перешкод характеризують коефіцієнтом стиснення K_r і шириною сектора ефективного подавлення $\Delta\beta_{эф}$ (рис. 3).

Коефіцієнт стиснення визначається як відношення дальності визначення нешумлячого повітряного об'єкту без перешкод і дальності його визначення при дії зовнішніх перешкод (при фіксованій висоті польоту).

При відсутності в РЛС мір захисту від шумових перешкод її зона визначення може настільки бути стисненою, що РЛС буде не в змозі виконувати свою задачу.

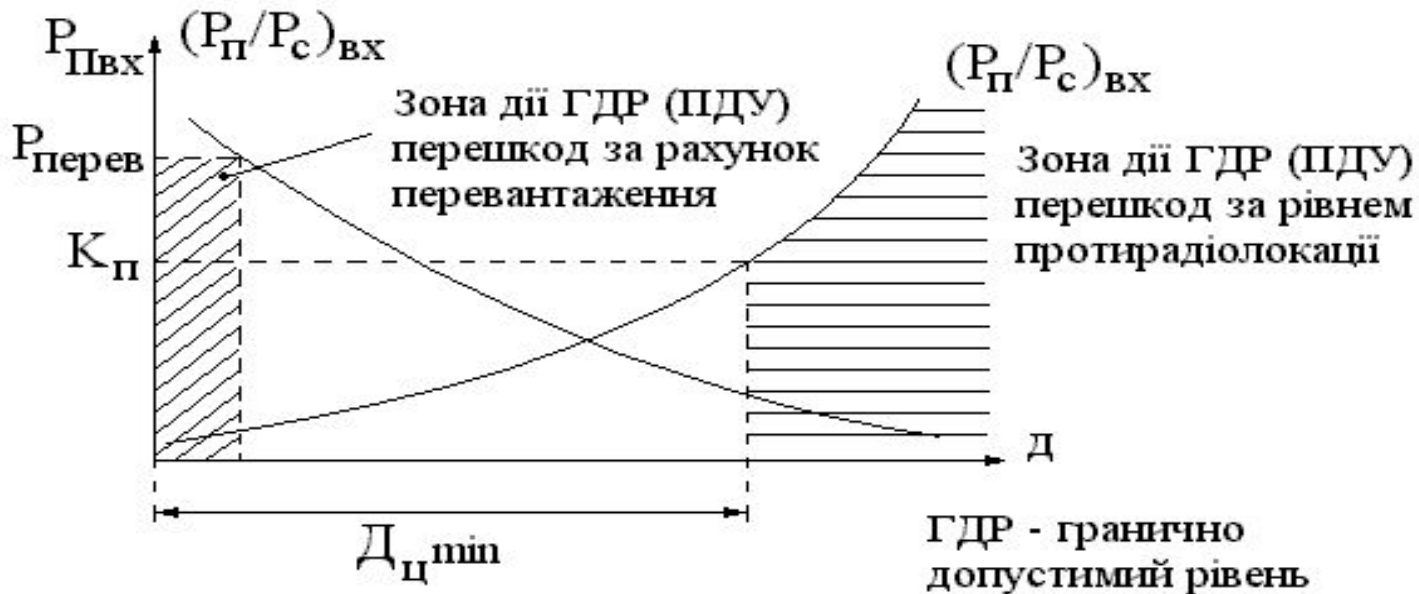


Рис. 4

Крім технічних заходів використовуються також організаційно-технічні і тактичні заходи:

1). Створення багатодіапазонного РЛ поля (це приведе до зменшення потужності P_n , перехід до загороджувальної перешкоди викличе збільшення діапазону частот Δf_i).

2). Підвищення щільності угруповання РТВ (це викличе зменшення можливостей противника з створення прицільно направлених перешкод).

3). Першочергове знищення ПАП (приводить до збільшення мінімальної дальності $r_{ПАП_i}$).

4). Багатопозиційна (рознесена) радіолокація.

В існуючих РЛС когерентні накопичувачі застосовуються рідко, тому що складні, а частіше здійснюється некогерентне накопичування пачки.

Відомі два типи пристроїв оптимальної обробки пачки: фільтрові і кореляційно-фільтрові.

При фільтровій обробці амплітудно-частотний спектр когерентної пачки має гребінчасту структуру (рис. 5) таку ж структуру повинна мати АЧХ оптимального фільтра

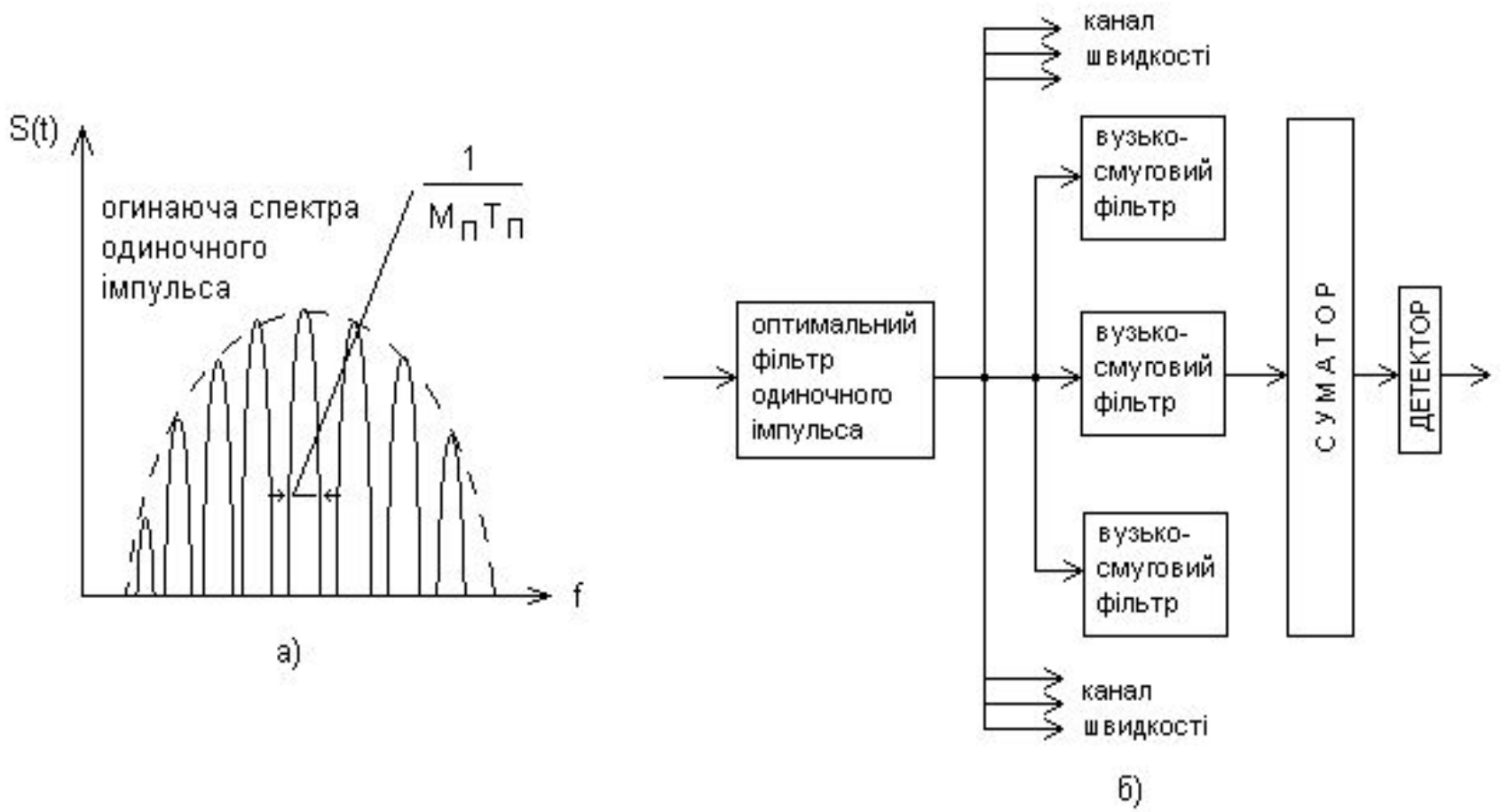


Рис. 5 Пристрій фільтрової обробки пачки

В кожному вузько хвильовому фільтрі виникають неперервні коливання, які зростають за амплітудою з приходом чергового імпульсу пачки і повільно затухають з кінцем пачки.

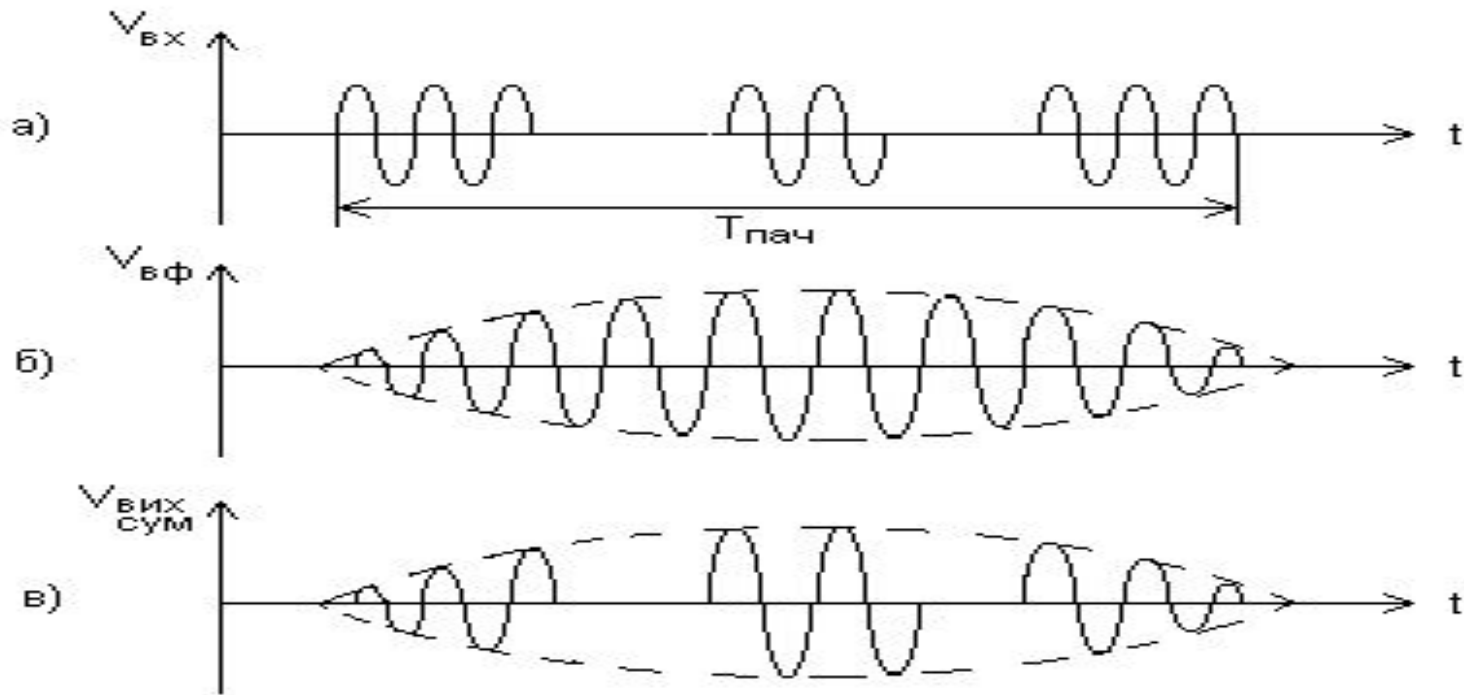


Рис. 6 Діаграми роботи пристрою фільтрової обробки

Методи забезпечення широкого динамічного діапазону тракту прийому

При роботі в перешкодах нерідко спостерігались випадки, коли відношення енергії прийнятого сигналу до спектральної щільності перешкоди більше одиниці, а цілі на фоні такої перешкоди не видно. Причиною тому є обмежений динамічний діапазон приймально-індикаторного тракту. Це пояснюється графіками (рис. 7).

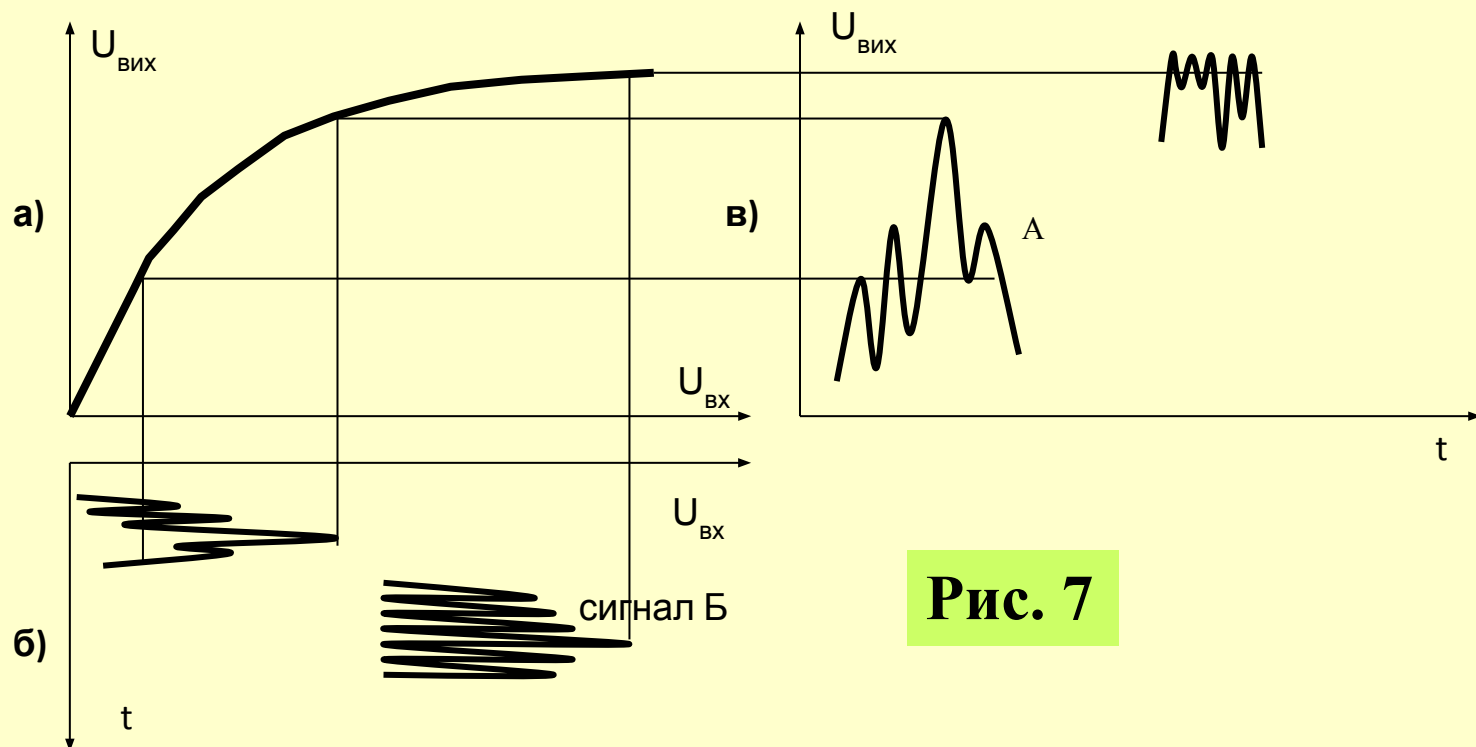


Рис. 7

Якщо рівень зовнішньої перешкоди на вході Пр. тракту такий, що забезпечується робота на лінійній ділянці амплітудної характеристики приймально-індикаторного тракту, і сигнал перевищує рівень перешкоди (рис. 7,б), то сигнал буде визначений на фоні перешкоди (рис. 7, в, ділянка А).

Якщо рівень перешкоди на вході такий, що робоча точка виходить за межі лінійної ділянки (рис. 7,б, ділянка Б), то визначення стає неможливим, не дивлячись на те, що на вході сигнал перевищував перешкоду (рис. 7,в, ділянка Б).

Діапазон зміни амплітуди вхідних сигналів, при якій в приймачі ще не здійснюється обмеження, носить назву динамічного діапазону приймача. Динамічний діапазон приймально-індикаторних трактів РЛС, якщо не прийняті міри з його розширення, невеликий (8-14 дБ), причому для окремих елементів тракту він має наступні значення: ПВЧ (УВЧ) – 60-70 дБ, ППЧ – 20-30 дБ, відео підсилювач – 10-20 дБ, ІКО – 8-14 дБ.

В сучасній РЛС 19Ж6 за рахунок застосування елементної бази з великим динамічним діапазоном, динамічний діапазон приймача становить близько 60 дБ

Розширення динамічного діапазону приймальних пристроїв

досягається трьома шляхами:

- створенням приймачів з логарифмічними амплітудними характеристиками (ЛАХ);
- застосуванням в приймачах схем ШАРП (ШАРУ);
- застосуванням обмеження в широкосмуговому тракті приймача.

Методи захисту РЛС від активних імпульсних перешкод

Метод просторової селекції – досягається шляхом звуження головної пелюстки і зменшення рівня бічних пелюсток ДНА і забезпечує послаблення прийому антеною як відповідних, так і несинхронних імпульсних перешкод, які діють з напрямку бічних пелюсток.

Неперервне перестроювання РЛС по частоті. Забезпечує захист від несинхронних імпульсних і упереджуючих відповідних перешкод.

Послаблення рівня бічного зовні смугового випромінювання наземних РЕЗ і зменшення чутливості приймачів по бічним каналам прийому.

Методи, засновані на використуванні різниці в структурі імпульсів перешкод і корисного сигналу. Ці методи засновані на використуванні різниці в напрямку приходу імпульсів перешкоди і корисного сигналу, забезпечують подавлення відповідних і несинхронних імпульсних перешкод, які приймаються бічними пелюстками ДНА. Вони одержали скорочену назву схеми ПБВ (подавлення бічної відповіді) (рис. 8).



Рис. 8

До схем подавлення імпульсних перешкод на основі різниці в структурі одиночних імпульсів перешкод і корисних сигналів відносяться наступні:

- 1.Схеми селекції з тривалості імпульсів.**
- 2.Схеми селекції за законом модуляції імпульсів.**
- 3.Схеми селекції за амплітудою.**
- 4.Схеми селекції за частотою слідування.**
- 5.Аналогові некогерентні накопичувачі.**
- 6.Когерентні накопичувачі.**

Методи захисту РЛС від активних шумових перешкод

Пристрій, який використовується з цією метою дістав назву кореляційний автокомпенсатор (рис. 9).

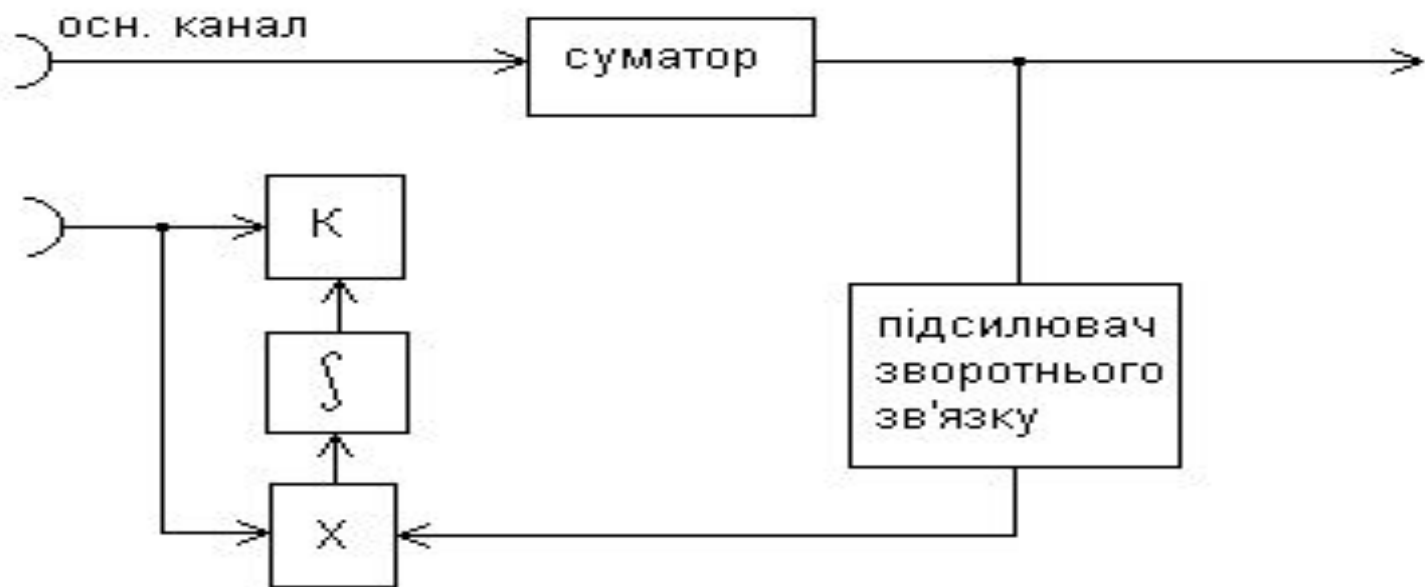


Рис. 9 Кореляційний автокомпенсатор

Для захисту РЛС від активних шумових перешкод використовуються методи просторової селекції. Перешкоду, яка надходить по бічних пелюсткам ДНА (основної) подавляють за допомогою допоміжного каналу прийому, який працює на допоміжну антену (рис. 10).

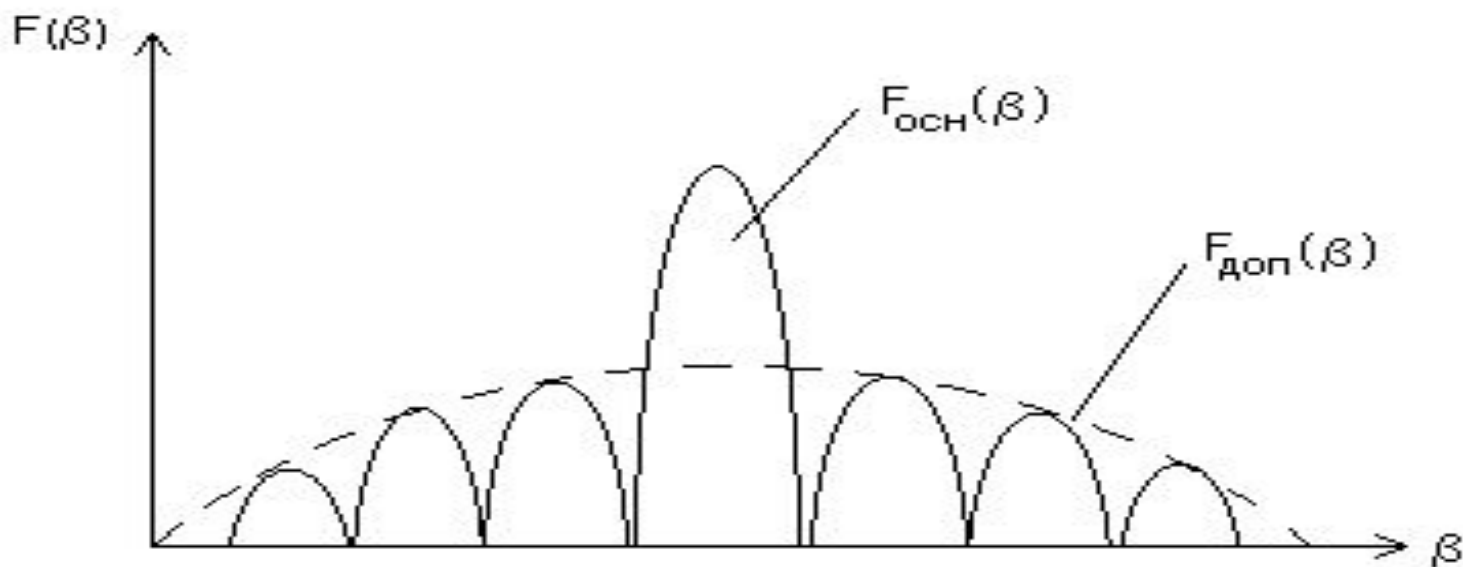


Рис. 10

Перешкода, яка прийнята основною антеною, поступає на суматор. На інший вхід суматора через підсилювач з комплексним коефіцієнтом передачі

$$\mathbf{K} = |\mathbf{K}| e^{j\psi}$$

поступає перешкода, яка приймається допоміжною антеною. В результаті корельовані складові перешкод основного і допоміжного каналів на входах суматора стають рівними за величиною і в протифазі. Автокомпенсатор формує провал в ДС основної антени тільки в напрямку на перешкодоносій.

Автокомпенсатор забезпечує подавлення перешкоди на 10-25 дБ і тим самим підвищує коефіцієнт стиснення зони визначення в 1,7-4 рази. Одноканальний (з одним допоміжним каналом) автокомпенсатор подавляє перешкоду, яка діє лише з одного напрямку. При одночасній дії в зоні визначення РЛС декількох ПАП з різних напрямків необхідний багатоканальний компенсатор.

ПИТАННЯ ІІІ

МЕТОДИ ЗАХИСТУ РЛС ВІД ПАСИВНИХ ПЕРЕШКОД

Напрямки підвищення перешкодозахищеності

1.Зменшення потужності перешкоди на вході приймача

Потужність пасивної перешкоди, яка діє на вхід приймача, дорівнює сумі потужностей відбиття від сукупності відбивачів даного дозволяючого об'єму. Чим менший дозволяючий об'єм, тим менше в ньому буде відбивачів і, слід, тим меншою буде потужність пасивної перешкоди. Тому підвищення роздільної спроможності РЛС з дальності і кутовим координатам є дійсною мірою підвищення їх захищеності від пасивних перешкод. Якщо можливості підвищення роздільної спроможності РЛС з азимуту вже практично вичерпані, то з дальності і куту місця ще достатньо великі (це короткі "гладкі" імпульси для РЛС невеликої дальності дії та інші). Високою роздільною спроможністю як з дальності так і за іншими кутовими координатами володіють трьохкоординатні РЛС.

2.Звуження спектру перешкоди

Енергетичний спектр пасивної перешкоди при когерентному періодичному зондувальному сигналі, як і спектр корисного сигналу, має гребінчасту структуру (рис. 11).

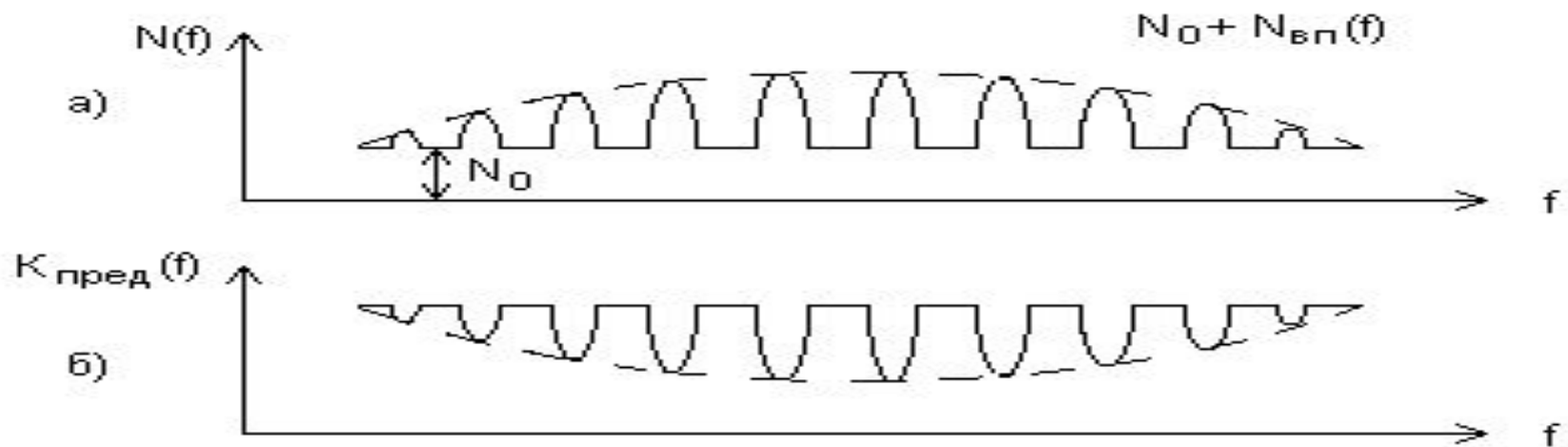


Рис. 11

Енергетичний спектр пасивної перешкоди

Інтервали між гребнями дорівнюють частоті повторення зондувальних імпульсів $F_{\text{п}}$. Ширина окремих гребенів визначається тривалістю пачки.

Нестабільність параметрів РЛС і в першу чергу частота магнетронного генератора і місцевого гетеродина обмежує перешкодозахищеність РЛС. Тому в першу чергу приймаються міри з підвищення стабільності частоти зондувального сигналу.

стабільність частоти, тому Пер.Пр. будуються за багатокаскадними схемами з незалежним збудженням з кварцовою стабілізацією та швидкодіючою електронною системою АПЧ.

В РЛС використовують системи обробки, які складаються з послідовно увімкнених неоптимального (квазіоптимального) режекторного фільтра і некогерентного накопичувача. В якості режекторних фільтрів застосовують схеми селекції рухомих повітряних об'єктів (СРЦ). Подавлення спектральних складових пасивної перешкоди в них здійснюється частіше всього шляхом черезперіодного віднімання сигналів.

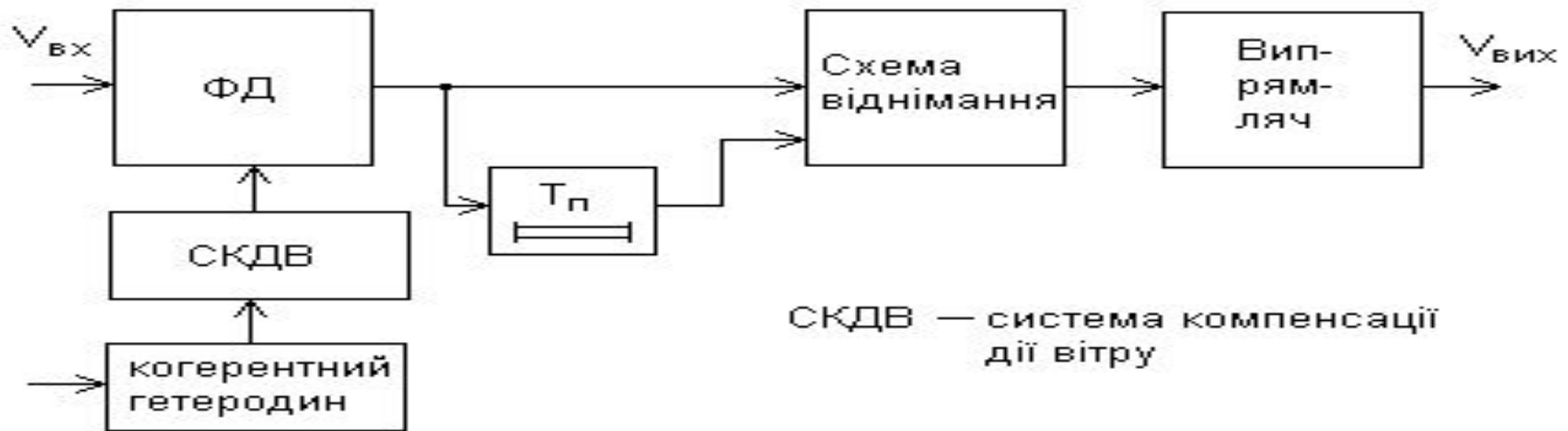
На практиці знаходять застосування різні системи СРЦ, які класифікуються за:

- способом усунення випадкової початкової фази сигналів;
- частотою сигналу, на якій здійснюється черезперіодне віднімання (ЧПВ) сигналів;
- кратністю ЧПВ;
- способом настройки параметрів (частотних характеристик):

Найбільш поширеними типами систем СРЦ є :

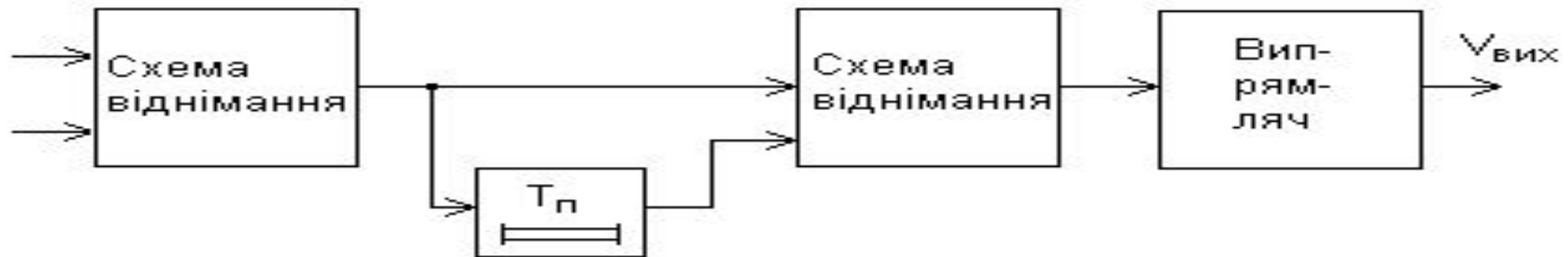
а) Системи СРЦ з еквівалентною внутрішньою когерентністю з

ЧПВ на відеочастоті (рис.12):



СКДВ — система компенсації дії вітру

а)



б)

Рис. 12

Схеми сист. СРЦ з одноразовим а) і дворазовим б) черезперіодним відніманням

б) Системи СРЦ із зовнішньою когерентністю з ЧПВ на відеочастоті (рис15):

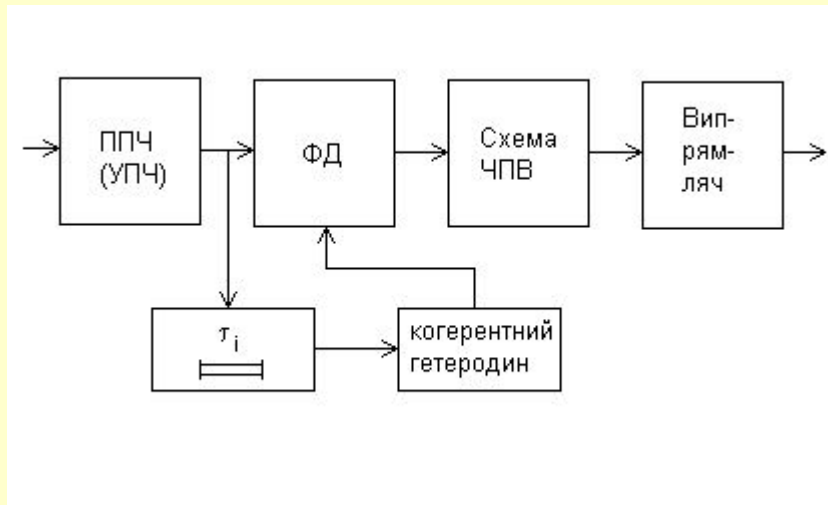


Рис. 13

в) Системи СРЦ з ЧПВ на відеочастоті в квадратурних каналах.

г) Системи СРЦ з ЧПВ на проміжній частоті.

д) Системи черезперіодної авто компенсації пасивних перешкод.

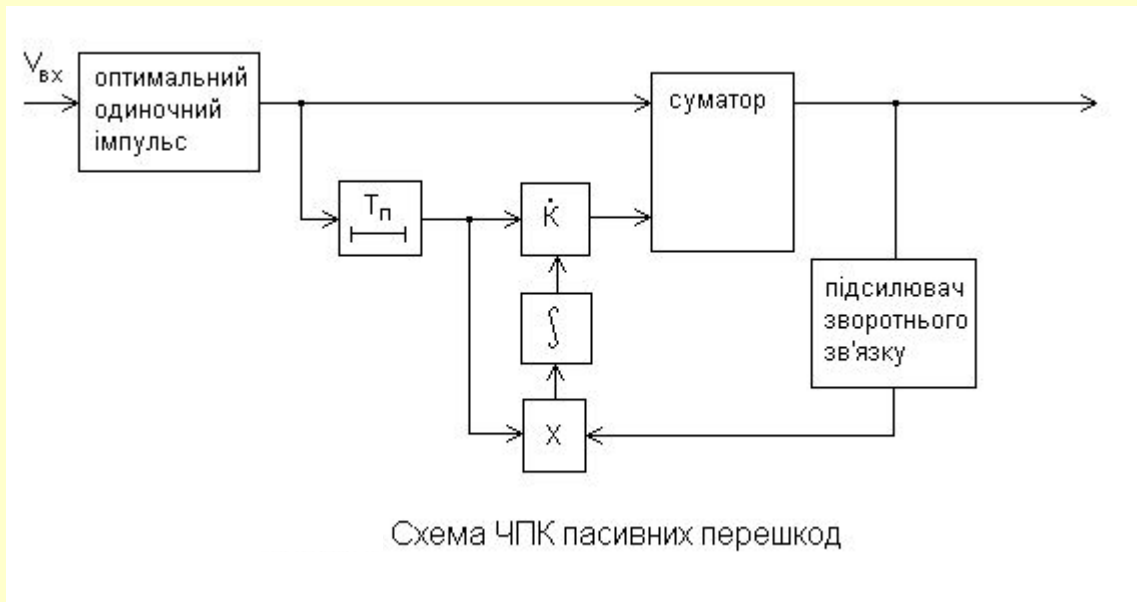


Рис. 14

Більш ефективні системи дворазового ЧПАК. Вони здійснюють дворазове ЧПВ сигналів на проміжній частоті і має частотну характеристику з більш широкими зонами режекції, чим системи одноразової ЧПАК.

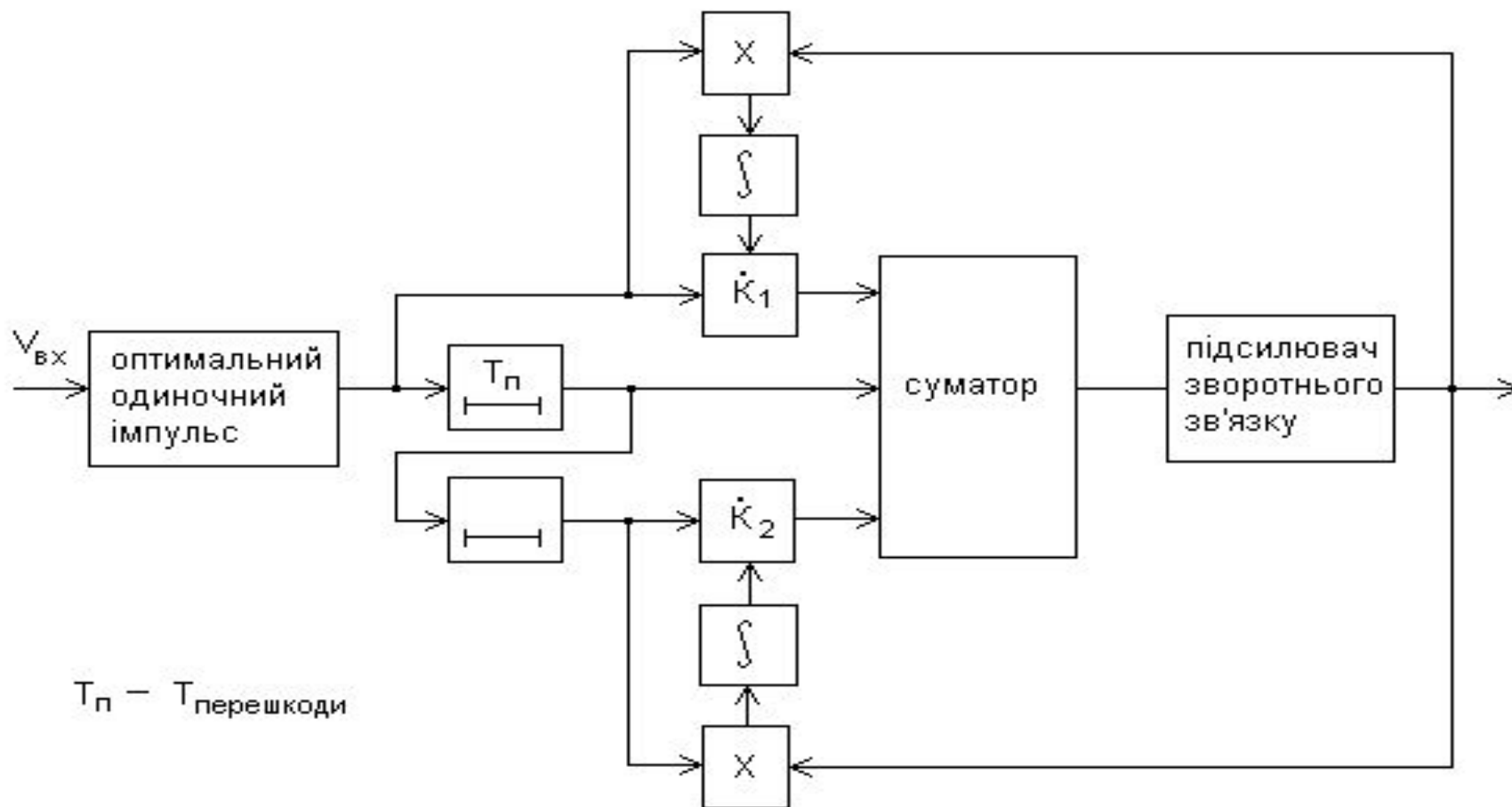


Рис. 15 Схема дворазового ЧПАК

Цифрові системи СРЦ.

В цифрових системах СРЦ в кожному періоді слідкування здійснюється перетворення прийнятих сигналів в двійкові числа і всі подальші операції міжперіодної обробки здійснюються з двійковими числами, а не з аналоговими величинами.

Переваги цифрових СРЦ:

- можливість забезпечення великого динамічного діапазону (за рахунок вибору необхідної кількості розрядів двійкових чисел);**
- можливість тривало і без викривлень зберігати в цифрових пристроях пам'яті великий об'єм інформації про вхідні сигнали;**
- гнучкість алгоритмів обробки, що дозволяє адаптувати систему обробки в перешкодовій обстановці, простота їх зміни;**
- однотипність елементів, стабільність характеристик, висока надійність;**
- зручність спряження з цифровими АСУ та інші.**

В цифрових системах обробки можна здійснювати як багаторазове черезперіодне віднімання сигналів, так і їх когерентне накопичування. В зв'язку з вказаними перевагами цифрові системи дозволяють одержати в РЛС з високою стабільністю параметрів коефіцієнт підперешкодової видимості до 50-60 дБ.

Коефіцієнтом підперешкодової видимості характеризується перешкодозахищеність РЛС від пасивних перешкод ($K_{ПВ}$), який визначається як відношення потужності перешкоди до потужності корисного сигналу на вході приймача РЛС, при якому забезпечується визначення цілі з заданою ймовірністю.

$$K_{ПВ} = \frac{\sigma_{ПП ВХ}^2}{\sigma_{С ВХ}^2}$$

Завдання на самостійну підготовку:

- 1.** Підручник - Основи побудови РЛС РТВ
ППО, вид. КНУ.
- 2.** Конспект.