



### Занятие: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

### Учебные вопросы

1. Когерентно-импульсный метод радиолокации
2. Метод череспериодной компенсации
3. Классификация систем СДЦ

### Литература:

Перевезенцев Л.Т. Огарков В.Н. Радиолокационные системы аэропортов. М; Транспорт. 1981, с. 266-275.



# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

**Когерентность** (от лат. *cohaerens* — «находящийся в связи»):

Когерентность нескольких колебательных или волновых процессов (в физике) — согласованность (скоррелированность) этих процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.

Применительно к радиолокации под когерентностью понимают степень взаимосвязи параметров пространственно-временных сигналов.

В когерентных радиолокационных системах в отличие от некогерентных используется информация об изменении не только параметров амплитуды, но и фазы отраженного от цели сигнала.

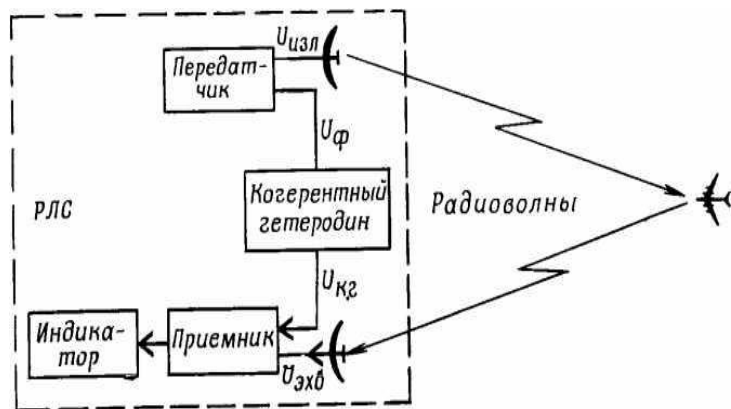
*Фаза является наиболее чувствительным параметром сигнала. Так, например, изменение расстояния до цели всего на один сантиметр приводит к изменению фазы сигнала на  $180^\circ$  (в сантиметровом диапазоне волн), в то время как амплитуда сигнала и задержка огибающей сигнала остаются практически неизменными.*

**Радиоимпульсы называются некогерентными**, если начальная фаза высокочастотных колебаний от импульса к импульсу является случайной величиной.

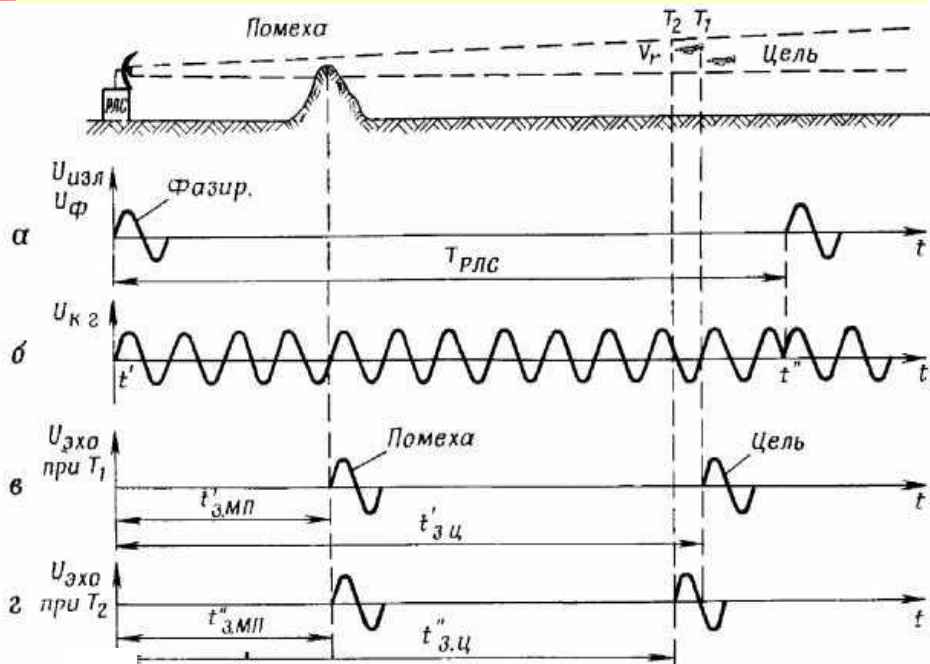
**Радиоимпульсы называются когерентными**, если начальная фаза колебаний каждого радиоимпульса одинаковая или изменяется от импульса к импульсу по определенному закону.

# Когерентно-импульсный метод радиолокации

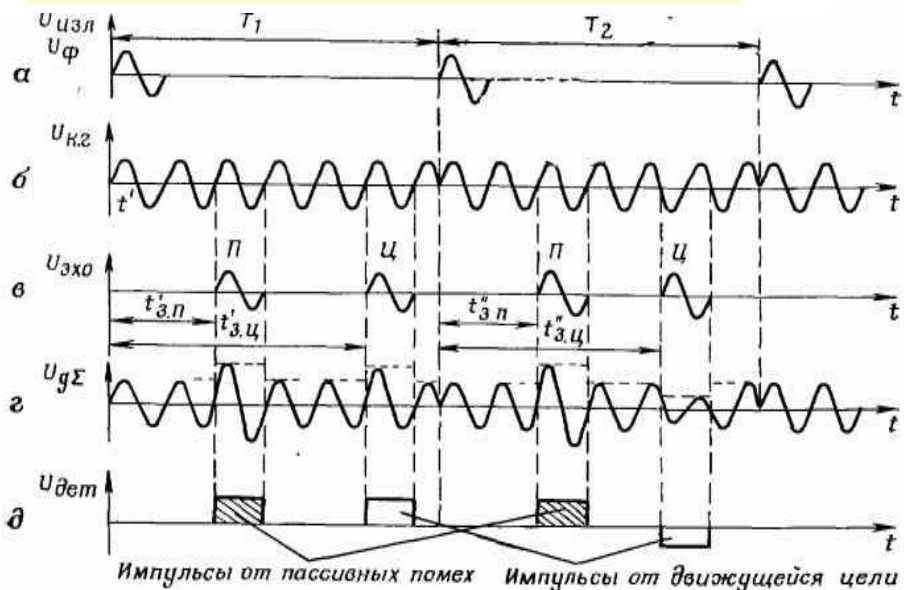
## 1. Схема РЛС, работающей когерентно-импульсным методом



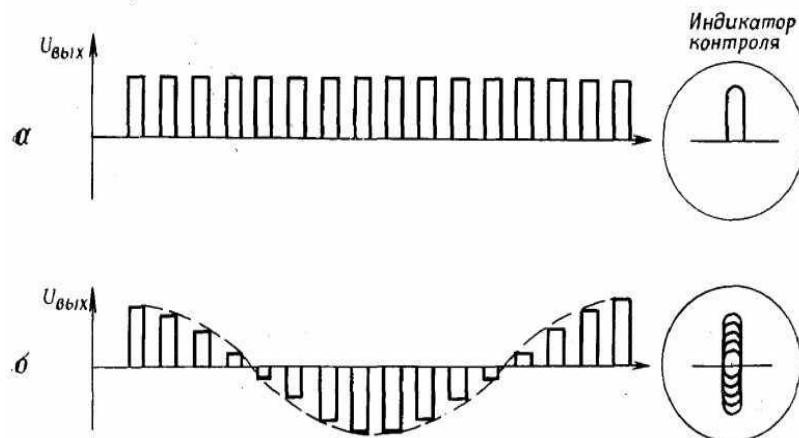
## 2. Фазовые соотношения между когерентным напряжением и эхо-импульсами



## 3. Эпюры сигналов при когерентно-импульсном методе радиолокации



## 4. Выходные сигналы фазового детектора





# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

**Когерентно-импульсный метод радиолокации** заключается в следующем.

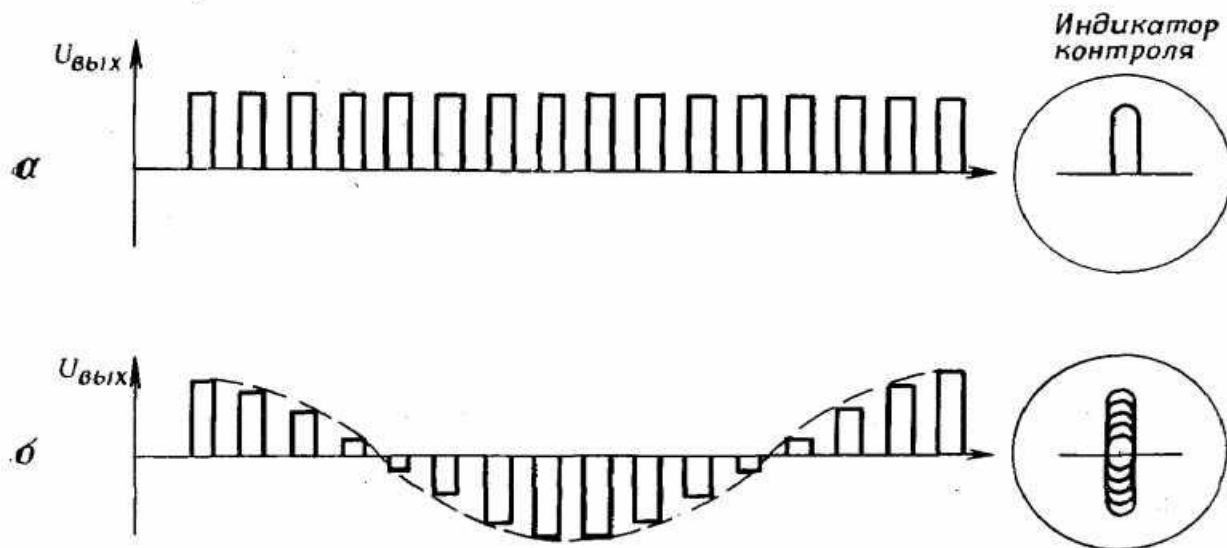
РЛС через определенные промежутки времени излучает зондирующие импульсы (**рис. 1; 2 а; 3 а**), а в паузах между ними ведет прием эхо-сигналов. Одновременно с зондирующими импульсами с передающего устройства радиоимпульсы малой мощности (фазирующие импульсы) поступают в когерентный гетеродин и навязывают колебаниям гетеродина свою фазу колебаний (**рис. 2б и 3б в моменты времени  $t'$ ,  $t''$ ,  $t'''$** ). Когерентное напряжение поступает в приемник и суммируется эхо-сигналами, принятыми антенной (**рис. 3в**). Суммарное напряжение (**рис. 3г**) детектируется в фазовом детекторе, в результате чего радиоимпульсы преобразуются в видеоимпульсы (**рис. 3д**).

Если цель неподвижна (местные предметы, дипольные отражатели), то запаздывание эхо-сигналов (**рис. 2 и 3**) в каждом периоде работы РЛС будет неизменное. Поэтому при суммировании эхо-сигналов с когерентным напряжением фазовый сдвиг между ними будет постоянным и амплитуда видеоимпульсов также будет постоянной (**рис. 3д**).

На индикаторе с амплитудной индикацией отметка от цели в этом случае наблюдается в виде неподвижного импульса (рис. 4, а). Это является отличительным признаком того, что обнаруженная цель относительно РЛС неподвижна



При радиальном (относительно РЛС) перемещении цели непрерывно изменяется расстояние между целью и станцией. Поэтому время запаздывания эхо-сигналов при каждом очередном периоде работы РЛС будет изменяться. Это приводит к изменению фазового сдвига между эхо- сигналами и когерентным напряжением. В результате амплитуда суммарного колебания будет изменяться (**рис. 3г**), а следовательно, и протектированные видеоимпульсы будут изменяться по амплитуде и знаку (**рис. 3д**). На индикаторах с амплитудной индикацией отметка от цели в этом случае наблюдается в виде «заштрихованного» импульса (**рис. 4б**). Это является признаком того, что обнаруженная цель является подвижной.



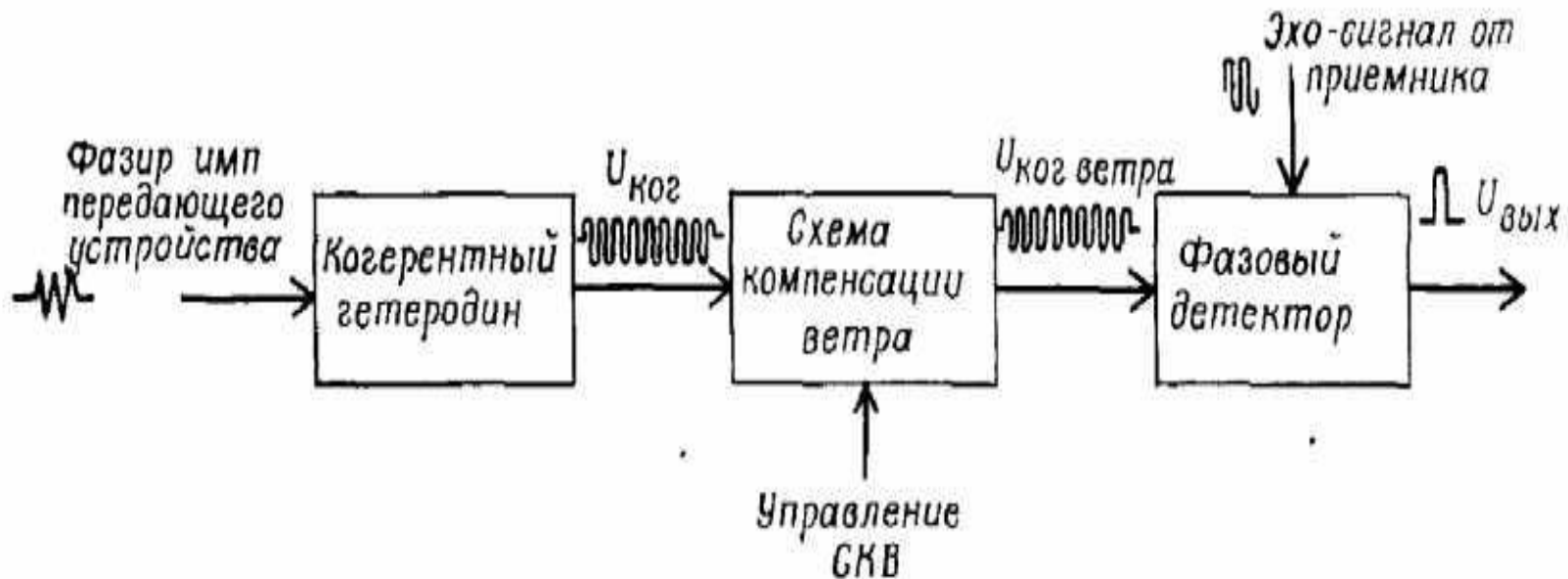
4. Выходные сигналы фазового детектора



# Теоретические основы радиолокации

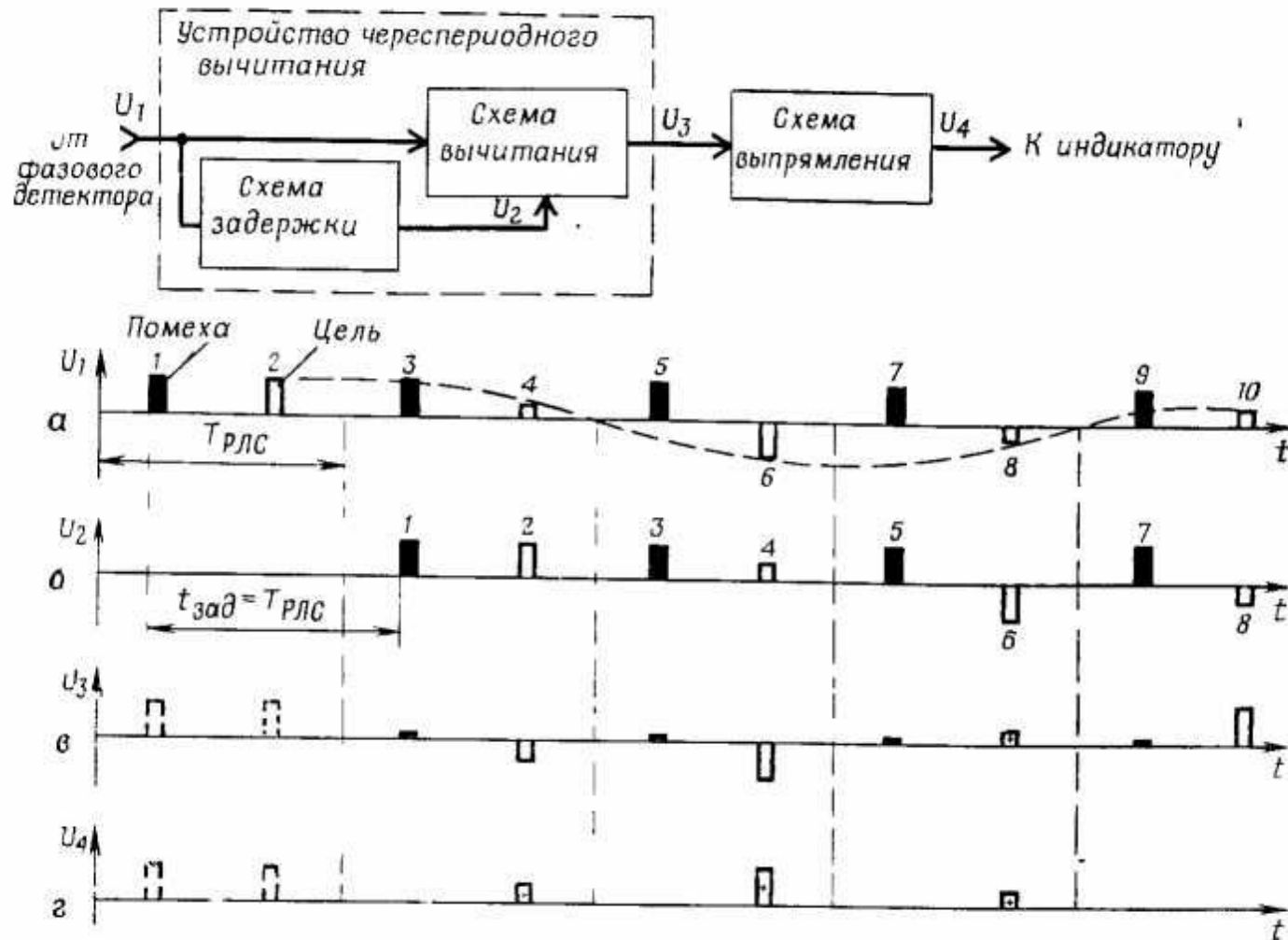
## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Облака движущиеся под действием ветра, дают некоторое (небольшое) доплеровское смещение частоты эхо-сигналов. Это приводит к изменению амплитуды сигналов на выходе когерентно-импульсного устройства, т. е. пропадает качественное различие сигналов от подвижных целей и помех. Такое проявление действия ветра может быть скомпенсировано с помощью специальной **схемы компенсации ветра (СКВ)**, которая включается между когерентным гетеродином и фазовым детектором и которая «корректирует» частоту когерентного гетеродина .

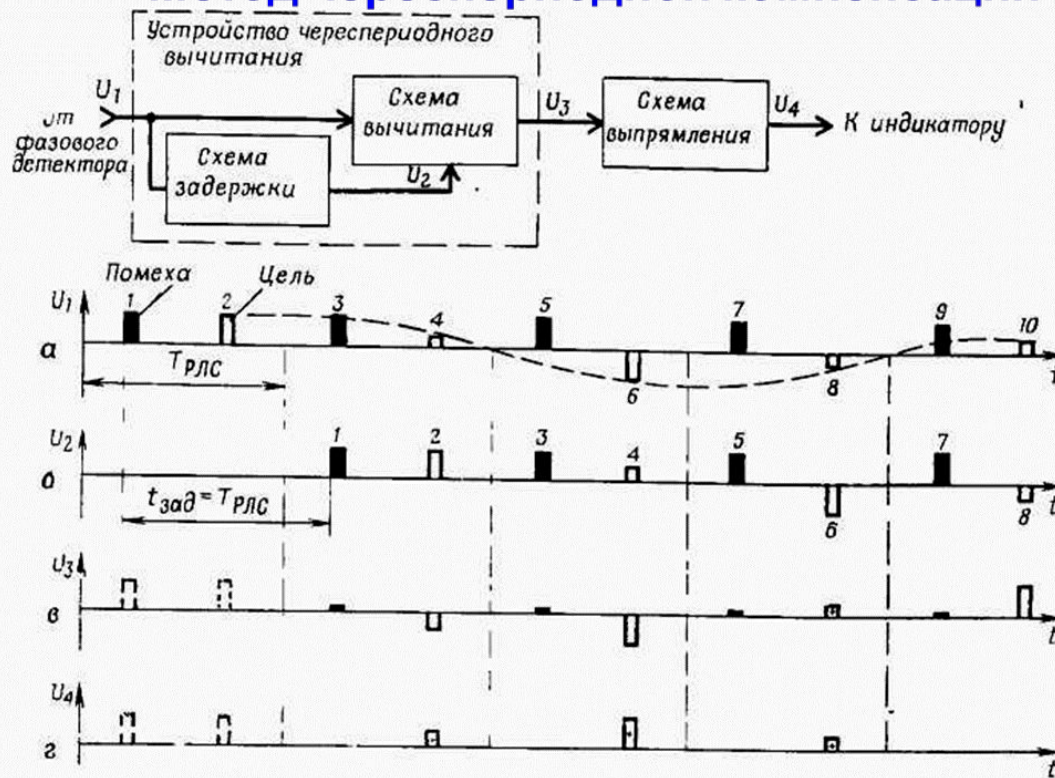


## Метод череспериодной компенсации

Тот факт, что на выходе когерентно-импульсного устройства амплитуда видеоимпульсов от движущихся целей непрерывно изменяется, а от неподвижных - остается неизменной, позволяет оставить в тракте эхо-сигналов первые и устранить вторые. Устройство череспериодной компенсации включается между когерентно-импульсным устройством и индикатором .



# Метод череспериодной компенсации



Выходные импульсы фазового детектора поступают на схему вычитания и схему задержки. Каждый эхо-сигнал, задержанный на время, равное периоду работы РЛС, также поступает на схему вычитания. В схеме вычитания из импульса данного периода работы станции вычитается импульс предыдущего периода.

В результате такого череспериодного вычитания импульсы от неподвижных целей, имеющие одинаковую амплитуду, компенсируют друг друга, а импульсы от движущихся целей, амплитуда которых непрерывно изменяется, остаются. Для использования оставшихся сигналов на индикаторах их преобразуют в однополярные.





# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Выходные импульсы фазового детектора поступают на схему вычитания и схему задержки. Каждый эхо-сигнал, задержанный на время, равное периоду работы РЛС, также поступает на схему вычитания. В схеме вычитания из импульса данного периода работы станции вычитается импульс предыдущего периода. В результате такого череспериодного вычитания импульсы от неподвижных целей, имеющие одинаковую амплитуду, компенсируют друг друга, а импульсы от движущихся целей, амплитуда которых непрерывно изменяется, остаются. Для использования оставшихся сигналов на индикаторах их преобразуют в однополярные.

**Одним из основных недостатков когерентно-импульсного метода являются так называемые «слепые» скорости цели**, т. е. такие значения радиальной составляющей скорости цели, при которых запаздывание эхо- сигналов в каждом очередном периоде работы станции будет изменяться на целое число периодов излученных колебаний (фаза эхо-сигналов изменится на  $n \times 360^\circ$ , где  $n$  - целое число). В этом случае на выходе фазового детектора амплитуда видеоимпульсов также не будет изменяться, и эхо-сигналы через устройство ЧПК не пройдут. Для борьбы со «слепыми» скоростями цели используется **несимметричный запуск** станции. При таком запуске в каждых двух соседних периодах повторения изменение расстояния до цели от РЛС будет различным, следовательно, будет различным и фазовый сдвиг, что обеспечит выделение сигналов движущихся целей.



# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

### ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Аппаратура для борьбы с пассивными помехами основана на априорном знании отличий свойств помех от свойств полезных сигналов. Основным признаком, по которому отличаются движущиеся и неподвижные объекты, является различная **величина доплеровского сдвига частоты высокочастотного заполнения отраженного сигнала.**

**Сигналы неподвижных целей**, имея малую величину доплеровского сдвига частоты и достаточно узкий частотный спектр амплитудных и фазовых флуктуаций, относятся к сильно коррелированным от периода к периоду зондирования сигналам.

**Сигналы, отраженные от движущихся целей**, имеют большой доплеровский сдвиг частоты несущего колебания.

Эту разницу в частотах Доплера в импульсных РЛС используют для селекции движущихся целей путем сравнения изменений фазовых соотношений зондирующего и отраженного сигналов.

Для того чтобы сравнить фазы отраженного и зондирующего сигналов, необходимо сформировать **опорное или когерентное колебание**, позволяющее запомнить фазу зондирующего сигнала по крайней мере на тот интервал дальности, где имеются пассивные помехи. Опорное колебание обычно формируют на промежуточной частоте, на которой происходит основное усиление сигналов.

**В когерентно-импульсных РЛС различают несколько видов фазовой когерентности опорного и зондирующего сигналов.**

**Истинная внутренняя когерентность** достигается тем, что опорное колебание на промежуточной частоте и колебание гетеродина на СВЧ создаются с помощью стабильных задающих генераторов, а зондирующий сигнал получается смешиванием этих сигналов, выделением сигнала на разностной (или суммарной) частоте с последующей импульсной модуляцией и усилением мощности с помощью СВЧ усилителя со стабильной фазовой характеристикой. Формирование всех указанных сигналов осуществляется в передающем устройстве РЛС.

**Псевдокогерентность** достигается тем, что генератор передатчика РЛС с самовозбуждением (например, магнетрон) вырабатывает некогерентную последовательность радиоимпульсов с постоянной несущей частотой и со случайными начальными фазами. В каждом периоде повторения начальная фаза высокочастотного заполнения зондирующего импульса запоминается на промежуточной частоте с помощью специального генератора, называемого когерентным гетеродином, на время приема отраженных сигналов до следующего зондирования. Когерентный гетеродин обычно составляет часть приемного устройства РЛС и фазировается каждым зондирующим импульсом, поступающим из УПЧ АПЧ.

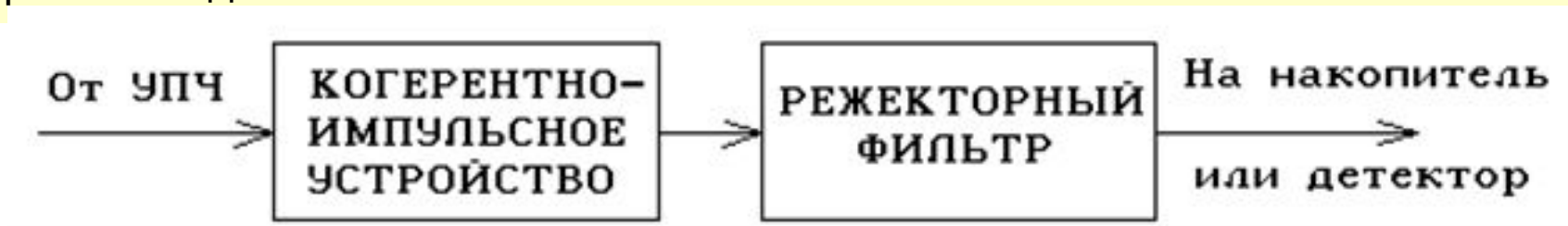
**Внешняя когерентность** достигается тем, что в качестве опорного колебания используется колебание когерентного гетеродина, фазированного принимаемым сигналом, отраженным неподвижными и малоподвижными объектами. Передатчик РЛС с внешней когерентностью может быть построен по любому из указанных способов.



# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

При использовании в РЛС истинной внутренней когерентности, когда излучается когерентная пачка, необходимость в применении специальных устройств, обеспечивающих когерентность сигналов при приеме, отпадает. Система СДЦ в этом случае состоит из режекторного фильтра (РФ) и устройства переноса спектра сигнала в область его рабочих частот. При других способах обеспечения когерентности в состав системы СДЦ кроме режекторного фильтра должно входить и так называемое когерентно-импульсное устройство (КИУ), которое обеспечивает когерентность импульсов в пачке и перенос их спектра в область рабочих частот РФ. Поэтому в общем случае структурная схема системы СДЦ имеет вид:



Упрощенная структурная схема системы СДЦ

*Истинно — когерентные РЛС обычно сложнее по построению, чем псевдокогерентные, в них обеспечивается более высокая стабильность частоты опорного колебания и зондирующего сигнала, что позволяет получить более высокую степень компенсации пассивных помех. Большинство из вновь разрабатываемых трассовых и аэроузловых РЛС является истинно-когерентными. Эксплуатируемые в настоящее время посадочные, аэродромные и частично трассовые РЛС являются псевдокогерентными с внутренней когерентностью.*



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования»

# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования»

# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования»

# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования»

# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ





Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования»

# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования»

# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования»

# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного  
оборудования»

# Теоретические основы радиолокации

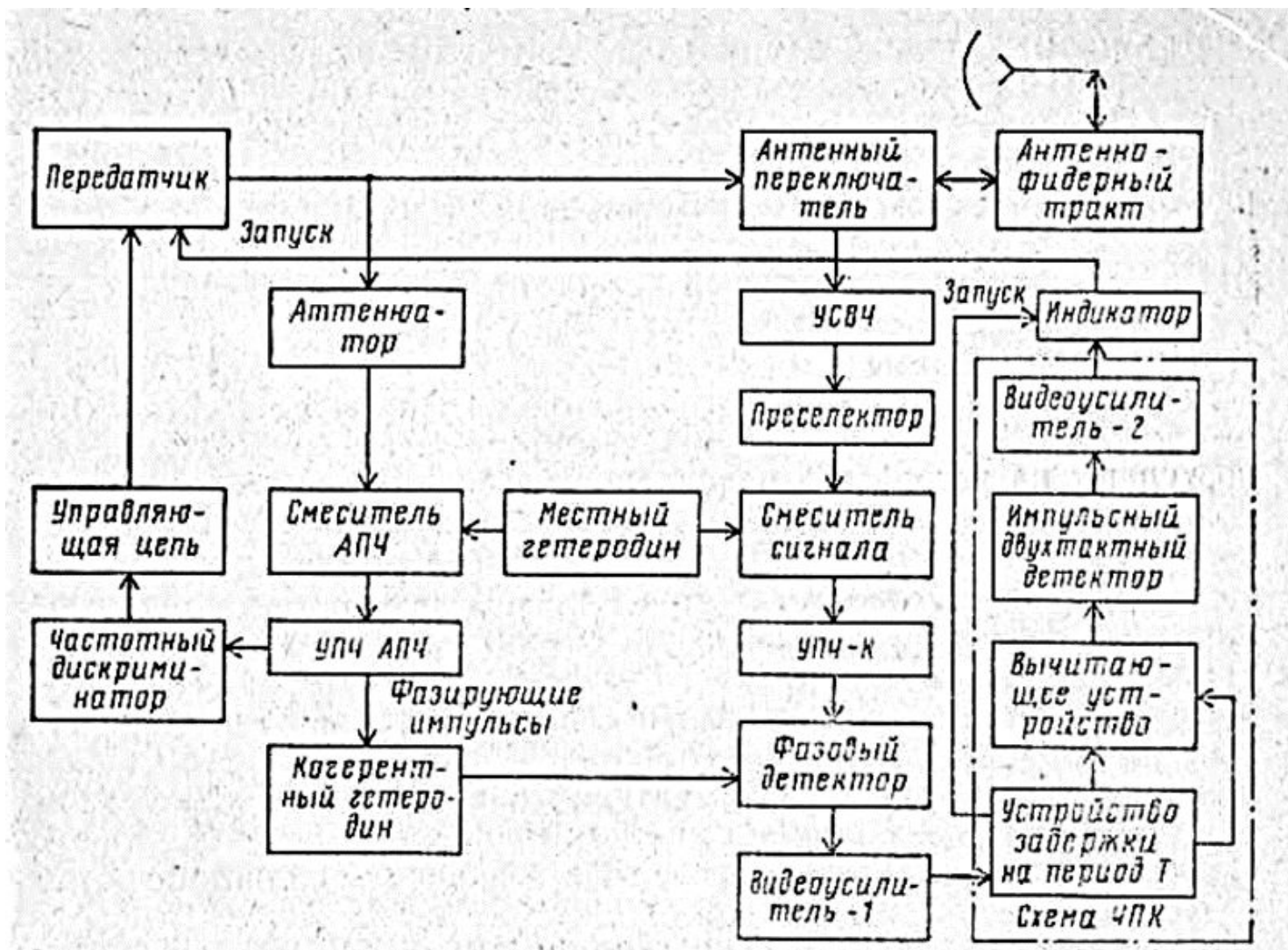
## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



# Теоретические основы радиолокации

## СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

### Селекция движущихся целей в псевдокогерентных РЛС с внутренней когерентностью



## Селекция движущихся целей в псевдокогерентных РЛС с внутренней когерентностью

Передатчик РЛС магнетронного типа излучает некогерентную последовательность коротких зондирующих радиоимпульсов со случайной начальной фазой. Для поддержания постоянства промежуточной частоты используется электромеханическая система АПЧ с подстройкой частоты передатчика и стабильным местным гетеродином.

Небольшая часть мощности при излучении отводится через аттенюатор на вход систем АПЧ. Импульсный СВЧ радиосигнал преобразуется в сигнал промежуточной частоты и после усиления в УПЧ АПЧ подается на когерентный гетеродин для фазирования его в начале каждого периода зондирования. Отраженные сигналы принимаются антенной, усиливаются в УПЧ когерентного канала и подаются на фазовый детектор. Видеоимпульсы с выхода фазового детектора через видеоусилитель поступают на устройство подавления пассивных помех, выполненное в данном случае в виде простейшей системы однократной черес-периодной компенсации (ЧПК). В системе ЧПК осуществляются задержка видеосигналов строго на период повторения зондирующих импульсов и сравнение их по амплитуде в двух соседних периодах с помощью вычитающего устройства. На выходе вычитающего устройства видеосигналы могут иметь различную полярность, а на индикаторное устройство требуется подавать импульсы одной полярности, поэтому после вычитания видеоимпульсы целей приводятся к одной полярности импульсным двухтактным детектором. С выхода видеоусилителя видеосигнал транслируется на индикатор для отображения.

