ЛЕКЦИЯ

по дисциплине «ВОЕННО -ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА»

Тема №3.Основы построения систем и устройств РЛК (РЛС) РТВ ВВС.

Занятие№3. Общие сведения о приемных устройствах РЛС

Цели занятия:

Рассмотреть возможности построения структурных схем радиоприемных устройств радиолокационных станций, а также оценить влияние структурных схем на технические характеристики РЛС.

Учебные вопросы

1. Назначение, основные функции радиолокационных приемников.
2. Основные параметры РЛ приемников.
3. Структурная схема радиолокационного приемника.

Литература:

1).Ю.А .Буланов, С.Н.Усов. Усилители и радиоприёмные устройства. Изд.Высшая школа,М.1971г.(стр.289-340)
2).Ю.Н.Седышев.
2).Приёмные устройства радиолокационных сигналов.Воениздат.М.1977г.Стр.59-108.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляет устройство защиты от высокого уровня СВЧ энергии, выполненное для коаксиальных линий?
2. Каким образом осуществляется отвод части СВЧ энергии на фидерных линиях?
3. Каким образом осуществляется измерение проходящей мощности через фидерную линию?
4. Что из себя представляет антенный переключатель на элементах коаксиальных линий?
5. Что из себя представляет цифровая фазированная антенная решётка?
6. Каким образом осуществляется сканирование лучом диаграммы направленности цифровой фазированной антенной решётки?

Вопрос№1.Назначение, основные функции радиолокационных приемников.

Радиоприемное устройство РЛС предназначено для усиления принятых антенной системой сигналов, выбора определенного сигнала, его преобразования и выделения полезной информации.

Основные функции:

-усиление полезного сигнала с шумом (помехами);

-избирательность (чаще всего частотная) - выделение сигнала из принимаемой смеси сигнала и шума (помех);

-усиление выделенного полезного сигнала до уровня, обеспечивающего заданное качество обработки и функционирования оконечных устройств;

-преобразование полезного сигнала, включающее преобразование частоты;

-демодуляцию полезного сигнала (декодирование).

Функции усиления и избирательности реализуются на различных частотах: высокой (f_c) , промежуточной $f_{пр} = |f_c - f_г|$ и низкой , линейными устройствами преобразования.

Функции, связанные с переносом спектра из одной области частот в другую, реализуются нелинейными устройствами в сочетании с линейными фильтрами высокочастотного тракта.

Вопрос№2.Основные параметры РЛ приемников.

Под техническими параметрами будем понимать, прежде всего, электрические параметры, основными из которых являются:

-предельная и пороговая чувствительности приемника или коэффициент шума;

-динамический диапазон по входу и выходу;

-диапазон рабочих частот;

-полоса пропускания и частотная избирательность.

Основные параметры радиолокационных приемников:

1.Предельная чувствительность $P_{пр.мин}$

2.Коэффициент шума $K_ш$

3.Избирательность

4.Динамический диапазон

5.Полоса пропускания *П*

6.Диапазон рабочих частот

7.Выходной сигнал по *U* или по *P* .

Сибирский федеральный университет

Чувствительность приемного устройства.

Под чувствительностью приемного устройства понимают способность приемника выполнять свои функции при приеме слабого сигнала на фоне помех.

Чувствительность современных радиолокационных приемников ограничивается в основном уровнем их собственных шумов и составляет $10^{-12}...10^{-15}$ Вт. На практике для характеристики радиолокационных приемников различают : предельную, пороговую(реальную) чувствительности.

<u>Предельной чувствительностью</u> приемника называют минимальную мощность или напряжение сигнала, наводимого в антенне, при которых отношение сигнал/шум на выходе линейной части приемника, т.е. на выходе высокочастотного тракта (ВЧТ), равно единице.

Данный параметр характеризует, мощность сигнала на входе приемника, равную эквивалентной мощности шумов приемника, пересчитанных на его вход, с учетом мощности шумов антенны, атмосферы, космоса, земли:

$$P_{пред} = k \cdot T_o \cdot П_ш \cdot (К_ш - 1 + t_A), \qquad (1)$$

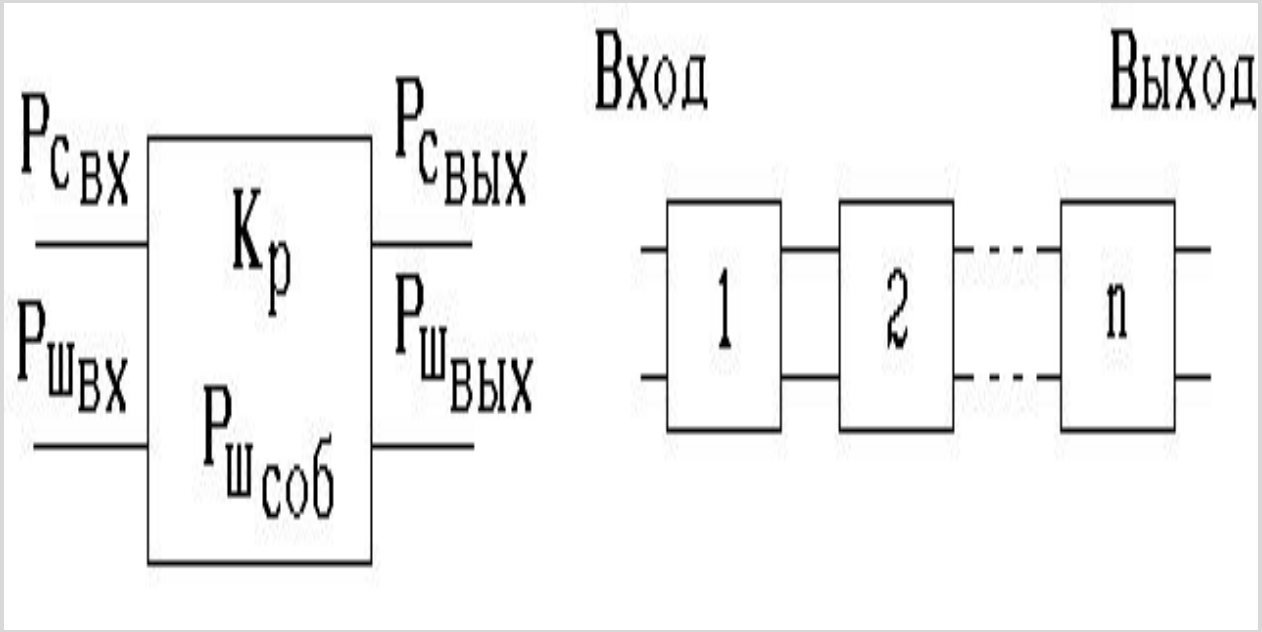
где $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К - постоянная Больцмана, T_o - относительная температура антенны в градусах по шкале Кельвина (290град), $П_ш$ - шумовая полоса пропускания приемника (обычно равна полосе пропускания УПЧ, т.е. полосе пропускания приемника), $К_ш$ - коэффициент шума приемника, $t_A = T_A/T_o$ - относительная температура антенны. Предельная чувствительность приемника применяется для сравнения шумовых свойств ВЧТ.

Под пороговой чувствительностью понимается минимальный сигнал, наводимый в антенне, при котором приемное устройство работает с заданными вероятностями правильного обнаружения и ложной тревоги. Таким образом, пороговая чувствительность определяется на выходе системы обработки (например, детектора) и используется для сравнения приемных устройств с одинаковой системой обработки.

Реальная или пороговая чувствительность $P_{пор} = P_{пред} \cdot \gamma$, где γ – коэффициент различимости, который рассчитывается из условия обеспечения значений вероятности правильного обнаружения D и ложной тревоги F с учетом суммарных потерь сигнала в реальном приемном тракте обработки и отображения. На практике γ может составлять единицы-десятки децибел.

Рассмотрим более подробно понятие коэффициента шума приемника $К_ш$, служащего для оценки шумовых свойств ВЧТ приемника.

Коэффицент шума приемника это число, показывающее во сколько раз отношение сигнал-шум на выходе приемника меньше, чем отношение сигнал-шум на его входе (рис.1,а).



А).

Рис.1. Определение коэффициента шума приемника.

$$\frac{P_{Свх}}{P_{Свых}} = \frac{P_{Швх} \cdot K_р + P_{Шсоб}}{P_{Швх} \cdot K_р} = 1 + \frac{P_{Шсоб}}{P_{Швх} \cdot K_р} \quad (2)$$

$$K_ш = \frac{P_{Свх} / P_{Швх}}{P_{Свых} / P_{Швых}}$$

где $P_{Швых} = P_{Швх} K_р + P_{Шсоб}$ - мощность шума на выходе приемника,

$K_р = P_{Свых}/P_{Свх}$ - коэффициент усиления входного сигнала по мощности. Тогда

Из формулы (2) следует два важных вывода: 1. коэффициент шума приемного устройства всегда больше единицы;

2.влияние собственных шумов на $K_ш$ тем меньше, чем больше коэффициент усиления по мощности $K_р$.

$$К_{ш} = К_{Ш1} + \frac{К_{Ш2} - 1}{К_{р1}} + \frac{К_{Ш3} - 1}{К_{р1} \cdot К_{р2}} + ... + \frac{К_{Шn} - 1}{К_{р1} \cdot К_{р2} \cdot ...К_{р(n-1)}}$$

$$Кшобщ = Кш_1 \cdot + \frac{Кш_2 - 1}{Кр_1} + ... + \frac{Кш_i - 1}{\prod_{i=1}^{N-1} Кр_i}$$

Сибирский федеральный университет

Избирательностью приемника называется его способность выделять полезный сигнал из смеси сигналов и помех. Свойство приемника выделять полезный сигнал базируется на использовании отличий сигнала от помехи, как то: частотных, временных и т.д.

Частотная избирательность обеспечивается в основном при помощи резонансных контуров, полосовых фильтров и других элементов, позволяющих получить требуемую частотную характеристику приемника.

Временная избирательность заключается в отпирании приемника только на время прихода полезного сигнала, что возможно лишь при импульсной работе передатчика.

Об избирательности приемника в первом приближении можно судить по форме амплитудно-частотной характеристики.

Сибирский федеральный университет

Коэффициент усиления приемника показывает, во сколько раз амплитуда сигнала на его выходе превышает амплитуду сигнала на его входе. В общем случае коэффициент усиления приемника равен произведению коэффициентов усиления отдельных его каскадов. Мощность сигналов, поступающих на вход приемника от удаленных целей, незначительна, а для нормальной работы оконечных устройств РЛС мощность сигналов на выходе приемника должна составлять доли или единицы Вт. Поэтому радиолокационные приемники должны иметь высокий коэффициент усиления.

Сибирский федеральный университет

Ширина полосы пропускания приемника - диапазон частот, на границах которого коэффициент усиления приемника по мощности в два раза меньше коэффициента усиления на несущей частоте. Величина полосы пропускания определяется из графика амплитудно-частотной характеристики приемного устройства на уровне 0,5Кр (рис.4.5). Для радиолокационных приемников в случае простых сигналов полоса пропускания линейной части должна быть

$$2\Delta f=(1...5)/\tau_и.$$

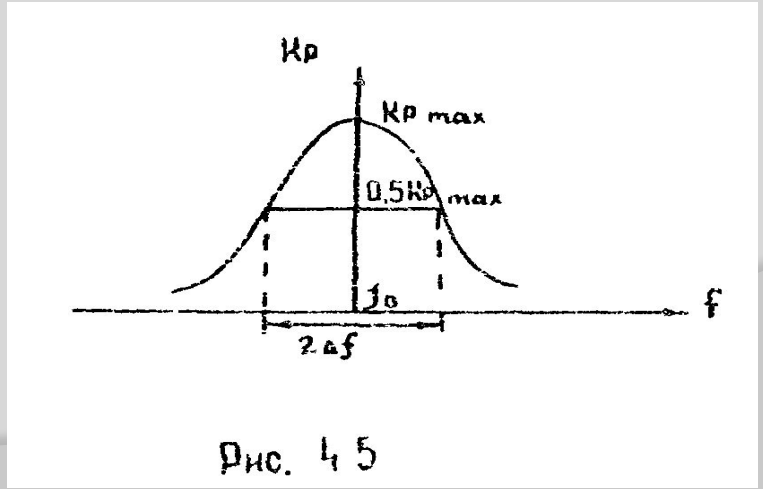


Рис. 4.5

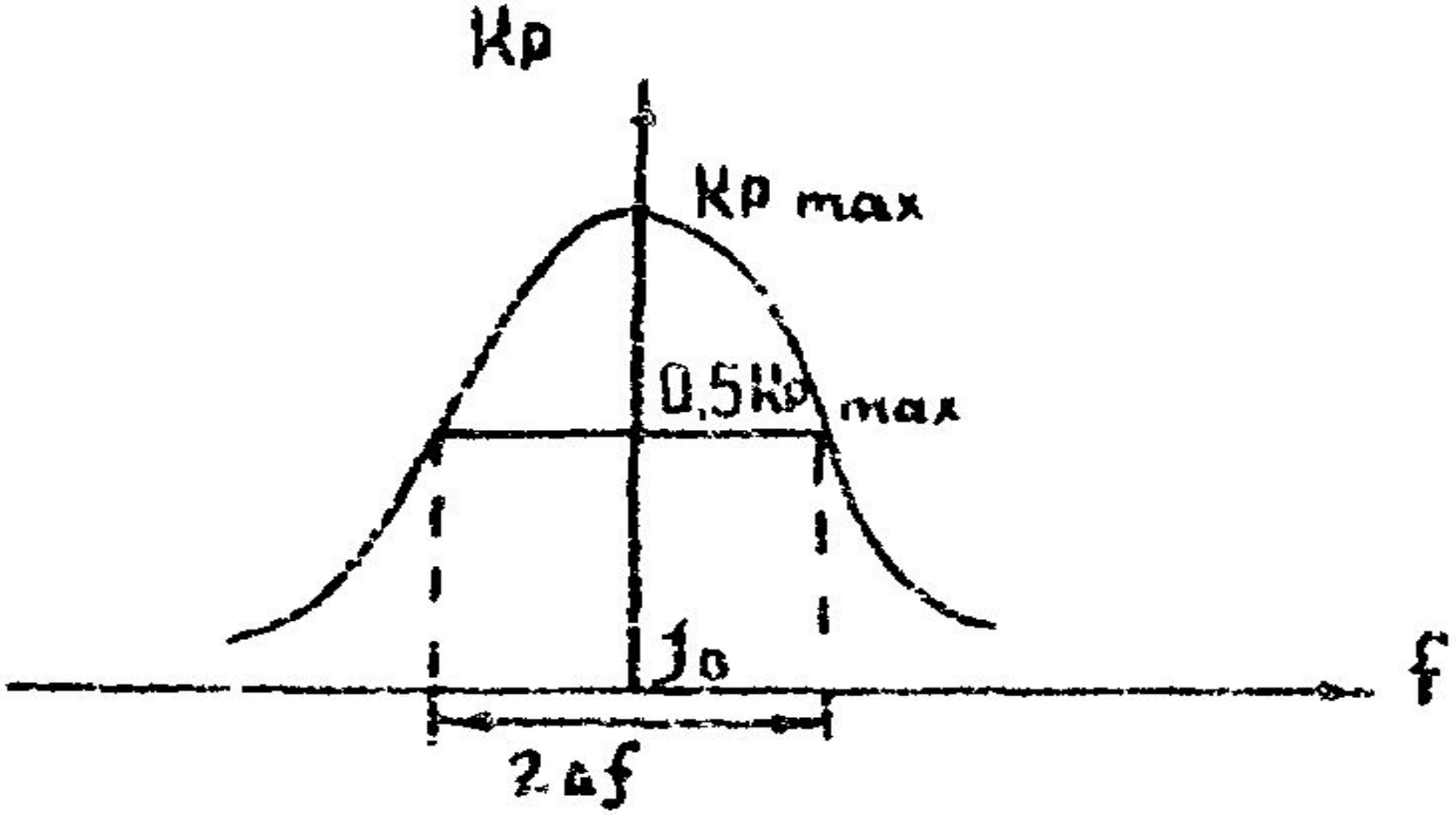


Рис. 45

- **Динамический диапазон.**
- В зависимости от расстояния до целей мощность полезных сигналов на входе приемника может различаться в несколько миллионов раз. Кроме того, на вход приемника поступают мощные отражения от местных предметов и умышленные помехи, превосходящие по интенсивности полезные сигналы. Задача состоит в том, чтобы не потерять информацию о слабых сигналах целей на фоне сильных помех.
- Радиолокационный приемник, будучи весьма чувствительным, не должен перегружаться под действием мощных сигналов.

- **Динамический диапазон Д характеризует способность приемника нормально работать при различных уровнях входных сигналов и определяется как**
- **Д = 10 · lg(Рвх.макс/Рвх.мин),**
- где Рвх.мин - минимальная, а
- Рвх.макс - максимальная мощность входного сигнала при допустимой нелинейности амплитудной характеристики

Вопрос№3.Структурная схема радиолокационного приемника.

Современные радиоприемные устройства бывают двух типов: прямого усиления и супергетеродинные. В обоих случаях приемники могут быть перестраивающимися в широком диапазоне частот.

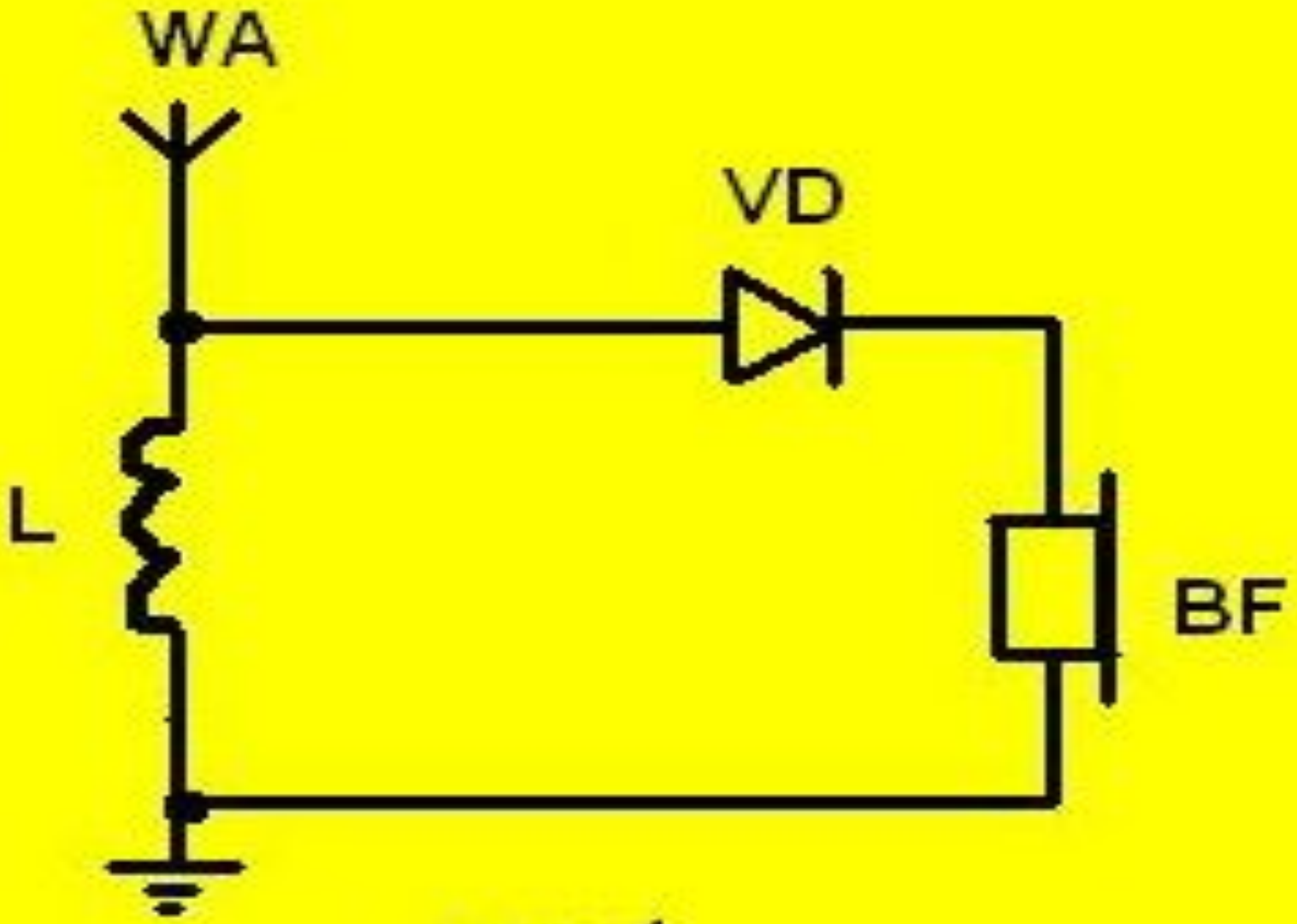
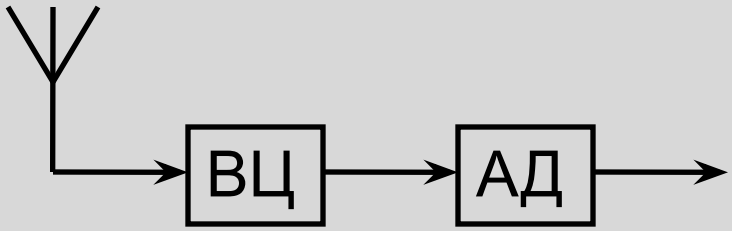


рис.1

Детекторный приемник



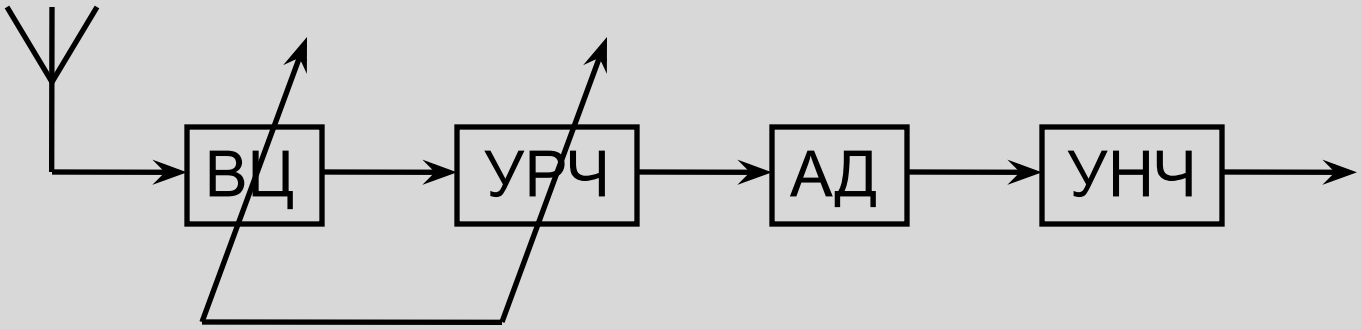
Недостатки

- Работает только при наличии сигналов большой мощности;

-Плохая избирательность;

-Низкий уровень выходных сигналов.

Приемник прямого усиления



Недостатки

-На высоких частотах из-за паразитных обратных связей происходит самовозбуждение;

-Низкая чувствительность.

-сложность перестройки контуров.

Приемник прямого усиления состоит из входных цепей, усилителя высокой частоты (УВЧ), детектора, усилителя низкой частоты (УНЧ). Колебания, принятые антенной, усиливаются в УВЧ. Далее с помощью детектора выделяется непосредственно сигнал, заложенный в модулирующей функции, а затем этот сигнал усиливается до требуемой величины по напряжению и по мощности и подается на оконечное устройство.

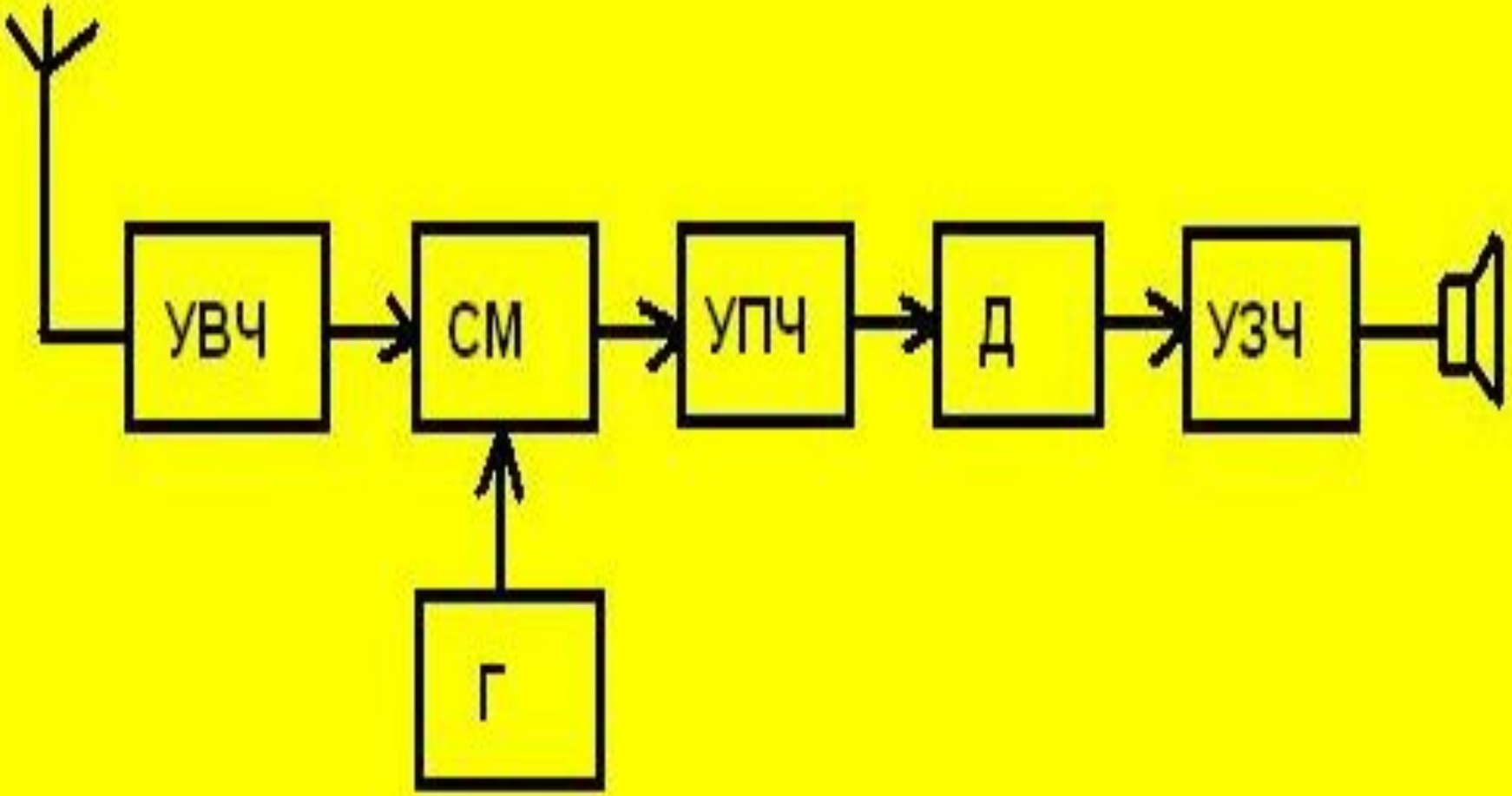
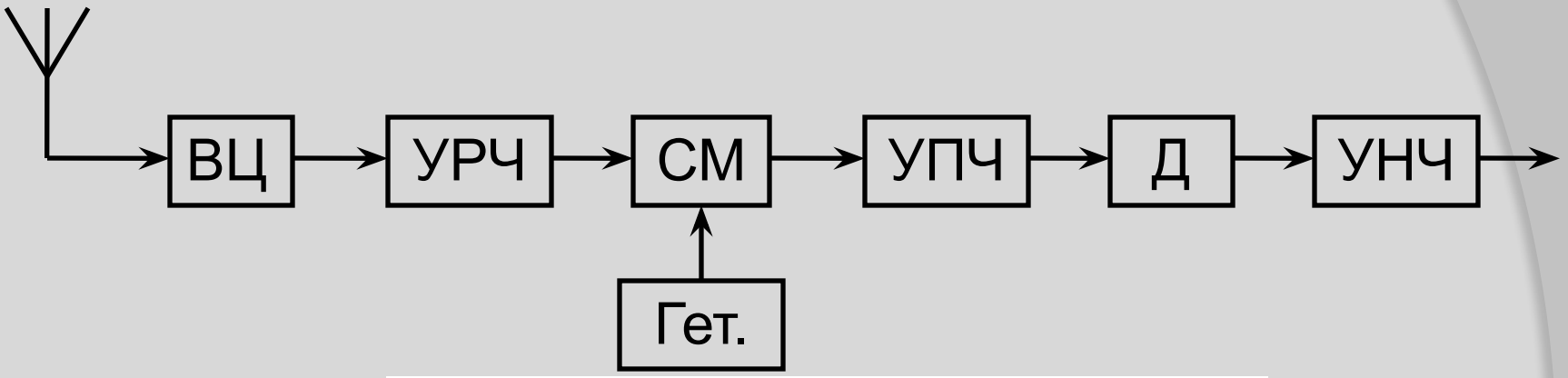


РИС. 3

Супергетеродинный приемник



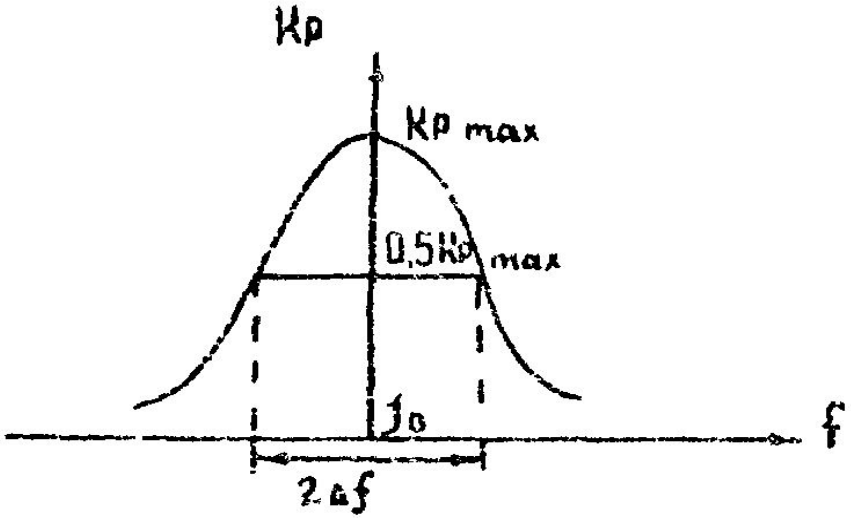


Рис. 4 5

Построение ПрУ по супергетеродинной схеме имеет ряд преимуществ.

Дело в том, что на промежуточной частоте можно обеспечить более стабильное и устойчивое усиление, чем на СВЧ. Кроме того, относительная полоса частот, занимаемая полезным сигналом на промежуточной частоте получается больше, что позволяет обеспечить высокую избирательность по соседнему каналу и упрощает согласованную фильтрацию. Следует заметить, что **частоту гетеродина** в супергетеродинном приемнике можно менять вслед за любым изменением частоты передатчика без подстройки фильтров промежуточной частоты.

Входная цепь и УВЧ обеспечивают предварительную селекцию по частоте и предварительное усиление сигнала. В качестве преселекторов используются отдельные колебательные системы или совокупности нескольких связанных колебательных систем.

Согласованная фильтрация одиночных узкополосных эхо-сигналов производится, как правило, в УПЧ, представляющем собой многокаскадный усилитель с линейными фильтрами, формирующими частотную характеристику требуемого вида.

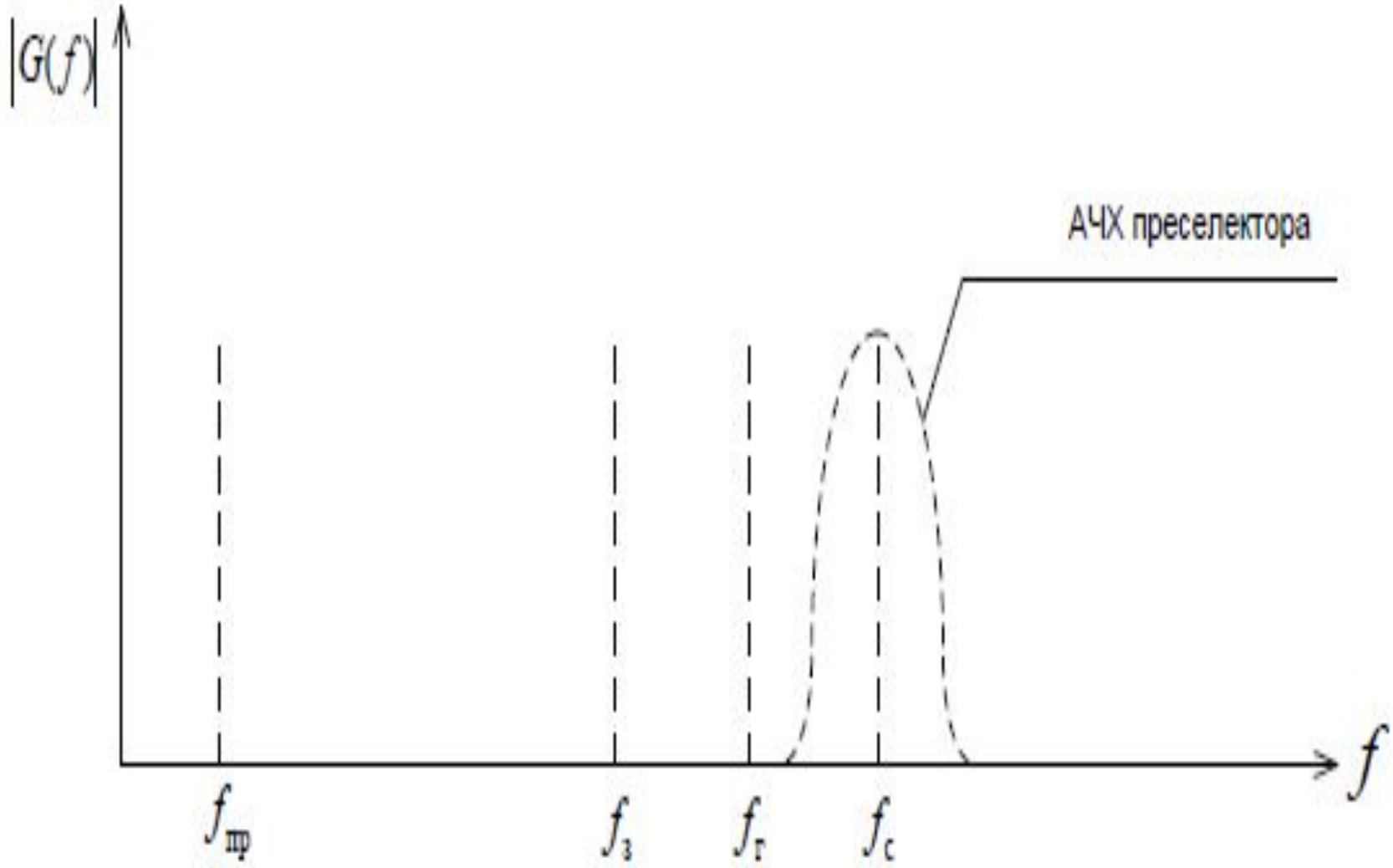
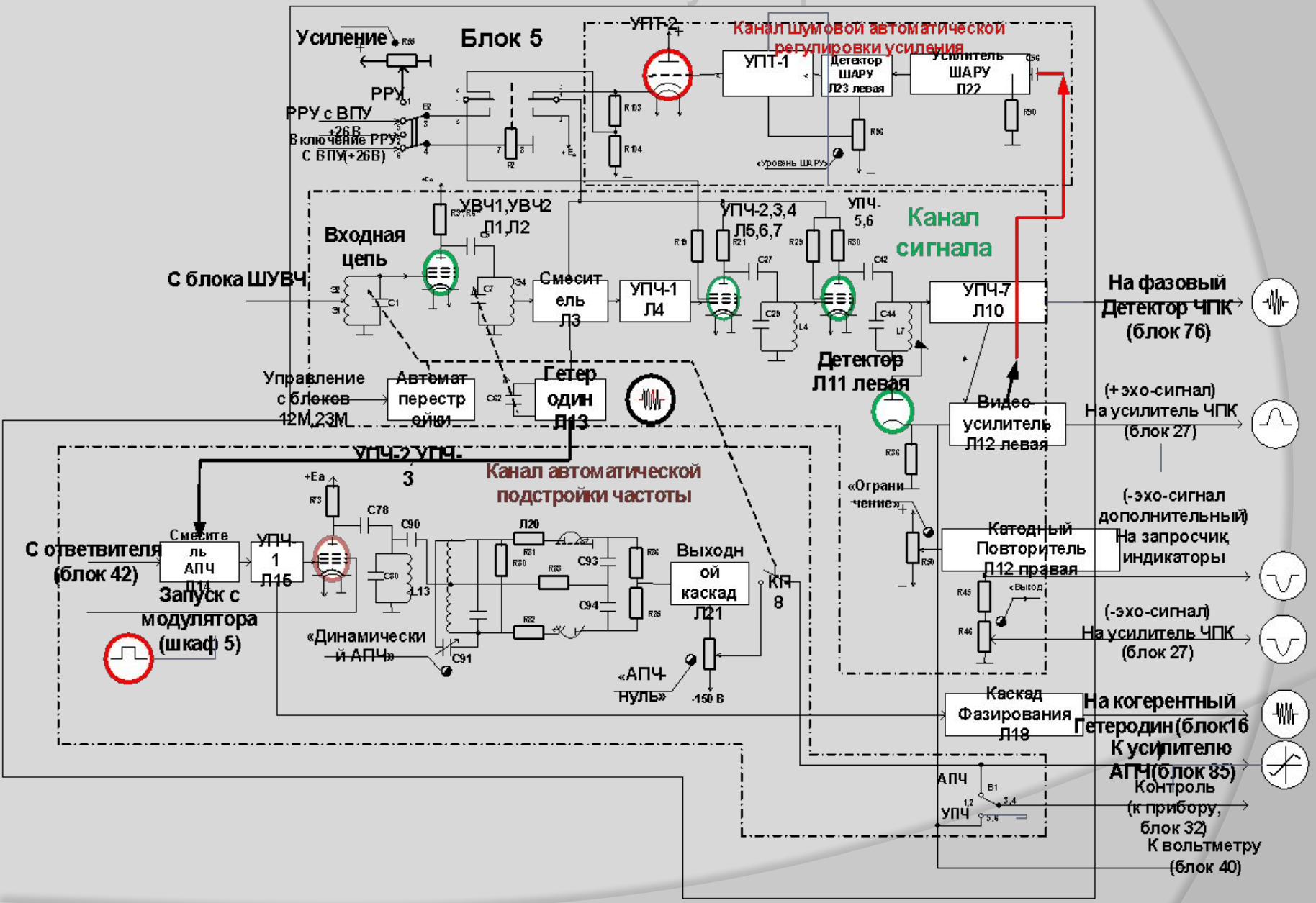
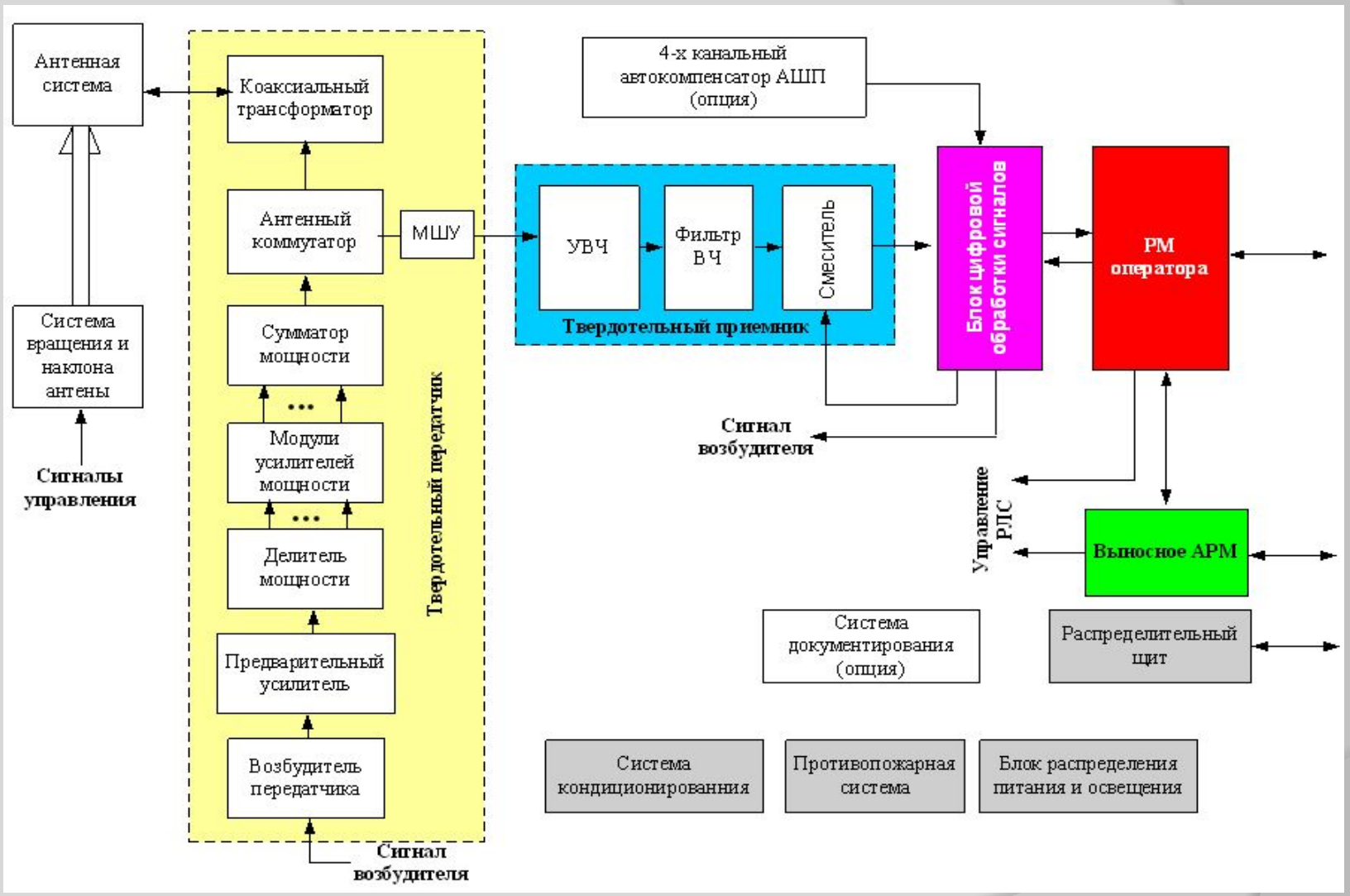


Рис. 4.5. Расстановка несущих частот в супергетеродинном приемном устройстве



Функциональная схема БЛОК №5



Приемное устройство современной РЛС(модернизация РЛС П-18)

Задание на самоподготовку

Вопросы на СП при подготовке к групповым занятиям.

Вопрос№1. Назначение входных цепей.

Вопрос№2.Преобразователи частоты. Назначение и работа.

Вопрос №3.Обоснование требуемой полосы пропускания приёмного устройства РЛС.

Вопрос №4.Назначение преселектора в приёмных устройствах.

Вопрос №5.Какова необходимость увеличивать динамический диапазон в РПрУ ?