

**Балтийская государственная академия
рыбопромыслового флота**

Кафедра СРТС

Прием и обработка сигналов

Лекция №2

**Качественные показатели
радиоприемных устройств**

1. Основные качественные

показатели РПУ

Качественные показатели РПУ характеризуют соответствие приемника своему назначению. Различают электрические, конструктивно-эксплуатационные и экономические показатели.

1. Диапазон рабочих частот – диапазон частот, в пределах которого РПУ сохраняет свои основные качественные показатели с заданной точностью при дискретной или плавной перестройке.

Диапазон рабочих частот задается нижней и верхней граничными частотами, а также коэффициентом перекрытия:

$$K_D = \frac{f_{0_{max}}}{f_{0_{min}}}$$

С целью обеспечения постоянства качественных показателей по частоте весь диапазон частот разбивают на поддиапазоны со своими граничными частотами и коэффициентом перекрытия по частоте:

$$K_{ПД} = \frac{f_{нд_{max}}}{f_{нд_{min}}}$$

Исходными данными для разбивки ДРЧ являются:

- диапазон рабочих частот, его верхняя и нижняя граничные частоты;**
- требования по равномерности чувствительности и избирательности;**

В результате разбиения ДРЧ необходимо определить:

- способ разбиения на поддиапазоны;**
- число поддиапазонов \mathcal{N} ;**

- номинальные и фактические (с учетом запаса по краям) коэффициенты $K_{\text{ПД}_i} = \frac{f_{\text{max}_i}}{f_{\text{min}_i}}$ перекрытия каждого поддиапазона:

$$\Delta f_{\text{ПД}_i} = f_{\text{max}_i} - f_{\text{min}_i}$$

- частотные границы поддиапазонов и частотные интервалы:**

Выбор способа разбиения на поддиапазоны обусловлен классом приемника и требованиями к равномерности чувствительности, усиления и избирательности.

Участок диапазона частот приемника	Допустимые значения $K_{\text{пд доп}}$ для приемников:		
	I-го класса	II-го класса	III-го класса
100...1500 кГц	2,0...3,0	2,5...3,0	2,5...3,0
1500...6000 кГц	1,5...2,5	1,7...2,5	1,8...2,8
6...30 МГц	1,1...1,7	1,4...2,0	1,5...2,5
30...300 МГц	1,05...1,2	1,05...1,4	1,1...1,5

Способы разделения ДРЧ на поддиапазоны сводят в три группы:

- 1) Способ одинаковых коэффициентов перекрытия для всех поддиапазонов;**
- 2) Способ одинаковых частотных интервалов для всех поддиапазонов;**

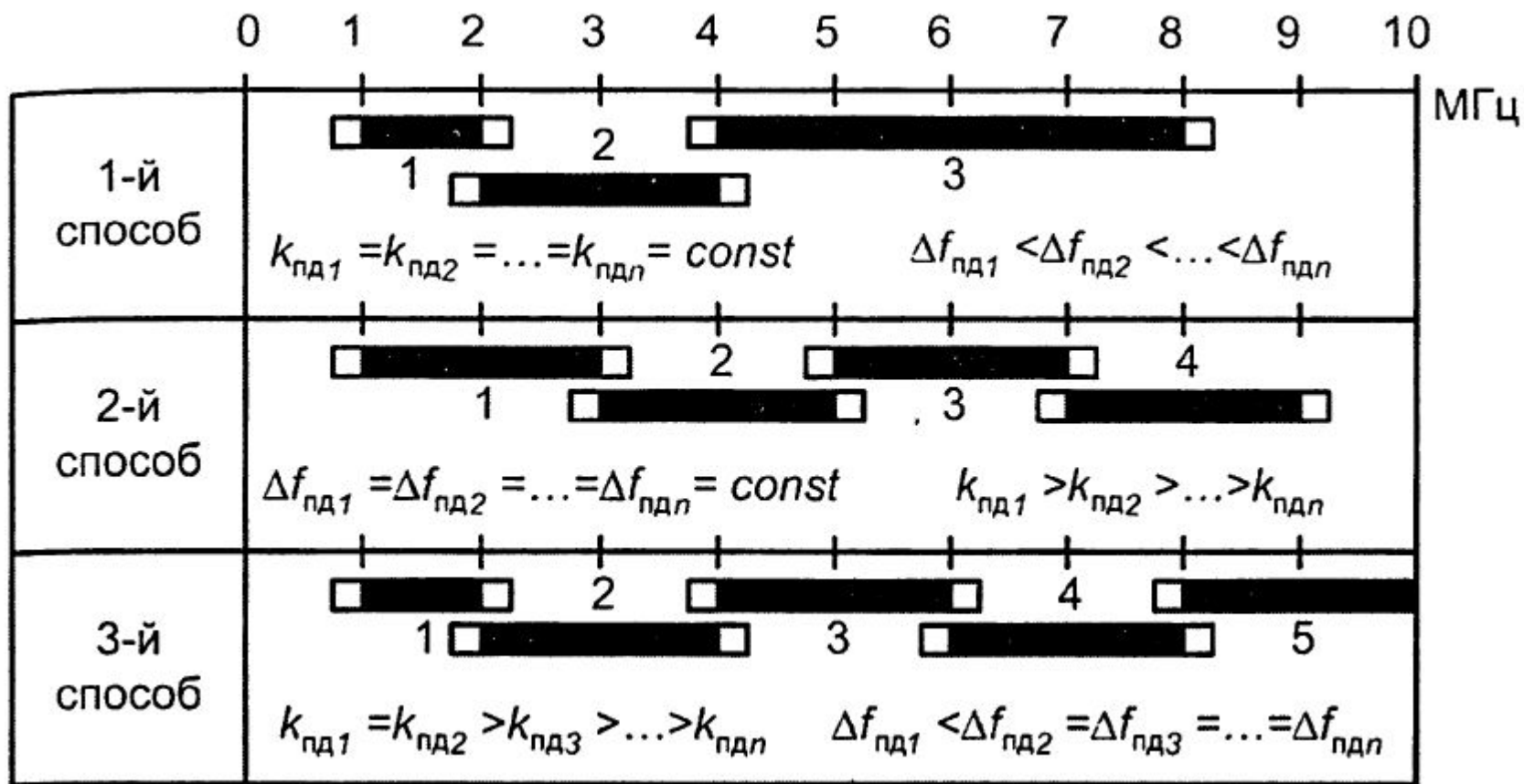


Рисунок 1 – Способы разбивки ДРЧ на поддиапазоны

1 способ используется в РПУ всех классов. Имеем минимум частотных поддиапазонов, простое схемное решение для контуров преселектора. Недостаток: неравные частотные интервалы, приходящиеся на каждый поддиапазон. Каждый следующий поддиапазон в K раз шире предыдущего

2 способ применяют в РПУ 1-ого класса с высокими требованиями к частотной точности. Идут на усложнение конструкции и схемотехнического решения. Иногда применяют в РПУ низкого класса с небольшими коэффициентами перекрытия по частоте . $K_{\text{д}} \leq 20 \div 25$

3 способ используют в РПУ с большими коэффициентами перекрытия всего диапазона , когда при первом способе разделения получаются значительные частотные интервалы на верхних поддиапазонах, а при втором способе для нижних поддиапазонов требуются коэффициенты перекрытия , превышающие допустимые.

Перестройка РПУ в ДРЧ осуществляется одним из трех способов:

1) Плавно – путем плавного изменения $f_{\text{с1}}, f_{\text{с2}}, f_{\text{с3}}$ индуктивностей входного устройства, при котором РПУ настраивается в резонанс на любую из рабочих

2. Чувствительность – мера способности РПУ принимать слабые сигналы и воспроизводить их на своем выходе с заданным качеством. Количественно чувствительность оценивают минимальным уровнем сигнала в антенне: активной мощностью на выходе антенны P_a , Вт; величиной наведенной ЭДС E_a , мкВ; интенсивностью или удельной мощностью, Вт/Гц, при котором передаваемое сообщение воспроизводится с заданной точностью. Чувствительность РПУ тем выше, чем меньше указанные величины при одном и том же отношении сигнал/шум (ОСШ) на входе РПУ.

3. Избирательность – мера способности РПУ выделить полезный сигнал из спектра колебаний, поступающих на его вход. В РПУ

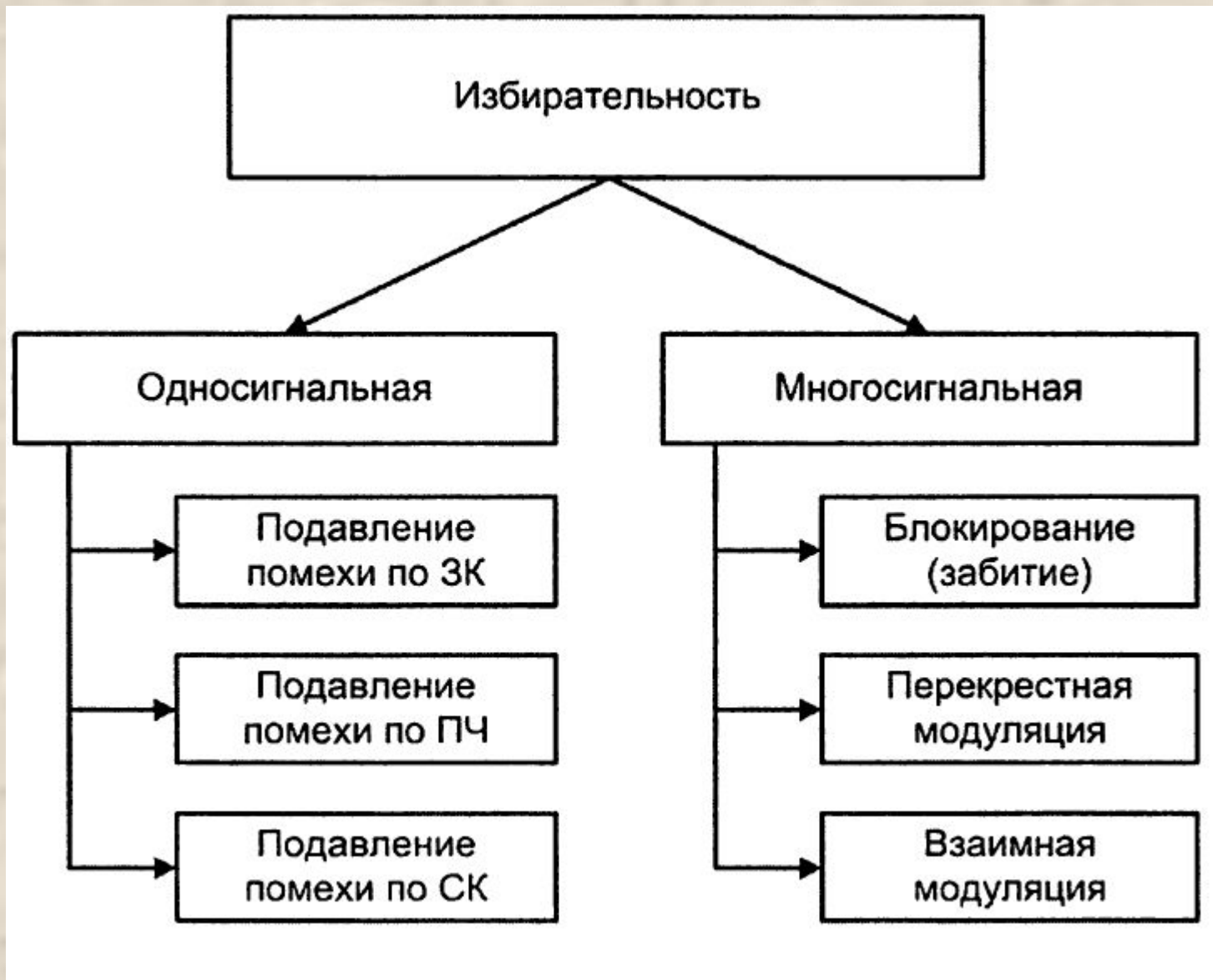


Рисунок 2 – Виды частотной избирательности РПУ

Односигнальная избирательность (ОСИ) оценивается при воздействии на вход РПУ одного или нескольких сигналов с малой амплитудой, при которых РПУ работает в линейном режиме. К характеристикам РПУ по ОСИ относят полосы пропускания по основному каналу приема и степень подавления помех по побочным и соседним каналам приема.

Многосигнальная избирательность (МСИ) определяет селективные свойства РПУ с учетом нелинейных явлений, происходящих в его каскадах при воздействии на вход мощных по амплитуде помех, затрудняющих качественный прием.

К нелинейным явлениям относят:

-блокирование (забитие) – результат взаимодействия полезного сигнала и мощной немодулированной помехи, вследствие чего уменьшается коэффициент усиления РПУ в целом;

-перекрестная модуляция – перенос амплитудной модуляции с амплитудно-модулированной внеполосной

4. Частотная точность – мера способности РПУ устанавливать и поддерживать частоту настройки приемника на заданном номинале. Количественно оценивается суммарным отклонением частоты настройки РПУ от номинала и определяется как:

$$\Delta f_{np\Sigma} = \sqrt{\Delta f_{npу}^2 + \Delta f_{npн}^2}$$

где $\Delta f_{npу}$ - первоначальная погрешность установки частоты за счет градуировки шкал и неточности отсчета по шкале $\Delta f_{npн}$ РПУ с оптическими шкалами;
 - нестабильность настройки РПУ во времени за счет перепада температур, механических воздействий, изменения питающего напряжения.

В РПУ супергетеродинного типа нестабильность частоты настройки определяется в основном нестабильностью частоты генератора $\Delta f_{г1}^2 + \Delta f_{г2}^2 + \Delta f_{г3}^2$ и нескольких преобразованиях частоты она определена в виде:

5. Помехоустойчивость – способность РПУ воспроизводить переданное сообщение с заданным качеством при воздействии внешних и внутренних помех. Для непрерывных сообщений (аналоговый сигнал) помехоустойчивость оценивают отношением сигнал/шум на выходе демодулятора, для дискретных сообщений – вероятностью правильного приема $P_{np} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{P_{np}}{N}$ ИЛИ ошибочного приема $P_{ош} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{P_{ош}}{N}$

Помехоустойчивость часто характеризуют пороговым отношением сигнал/шум – ОСШ на входе детектора, при котором достигается требуемое качество приема.

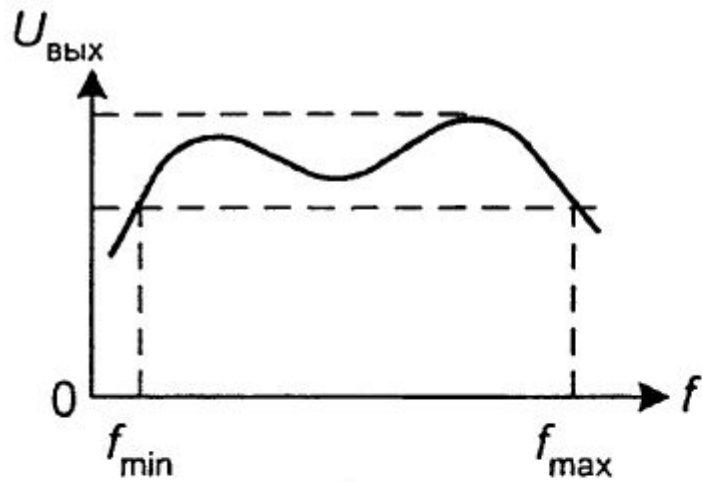
6. Степень искажения формы сигнала. Под искажениями формы сигнала понимают изменения закона, по которому промодулированы амплитуда, частота или фаза выходного сигнала по сравнению с формой входного сигнала, вызывающие ухудшение

Линейные искажения вызываются инерционностью линейных цепей в трактах РПУ (катушек индуктивности и конденсаторов), чьи комплексные коэффициенты передачи зависят от частоты, **нелинейные искажения** обусловлены нелинейностью ВАХ полупроводниковых элементов приемника.

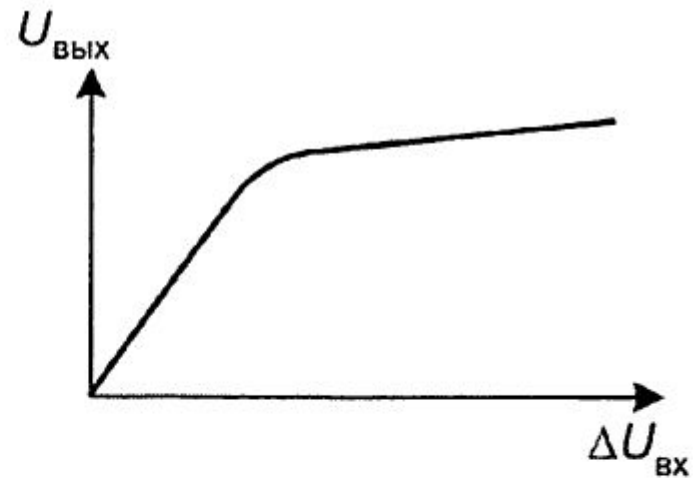
Линейные искажения делят на амплитудно и фазо-частотные.

Амплитудно-частотные искажения – искажения формы сигнала, вызванные неодинаковым усилением отдельных гармонических составляющих спектра полезного сигнала из-за неравномерности АЧХ.

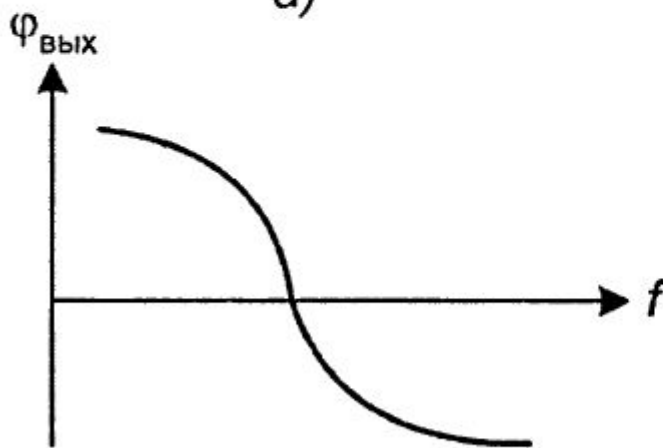
Фазо-частотные искажения – искажения формы сигнала, вызванные неодинаковой подвижкой по фазе отдельных составляющих спектра полезного сигнала при прохождении через инерционные цепи.



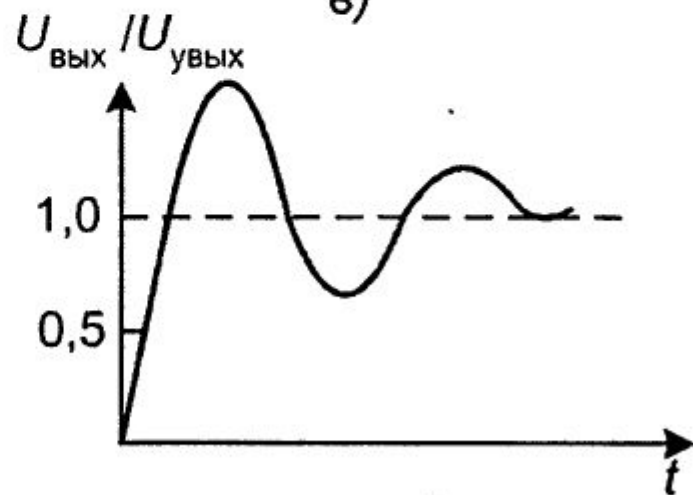
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3 – Характеристики РПУ: а) – АЧХ; б) – ФЧХ; в) – амплитудная; г) – импульсная

Нелинейные искажения проявляются в появлении на выходе приемника дополнительных гармонических составляющих в спектре, которых не было в спектре передаваемого сообщения. Их оценивают допустимым коэффициентом нелинейных искажений при заданном коэффициенте модуляции.

7. Электромагнитная совместимость (ЭМС) – обеспечение совместной работы данного РПУ с другой аппаратурой, создающей мешающее излучение. Применительно к РПУ применяют меры по уменьшению его собственного излучения и защите приемника от влияния помех других устройств по соседним и побочным каналам приема, а также от индустриальных помех. ЭМС задается допустимым уровнем напряжения гетеродина, «просачивающегося» в антенну, на выход РПУ, в цепи питания, управления, коммутации.

8. Динамический диапазон РПУ по основному каналу

$$D = \frac{U_{вх_{max}}}{E_{a0}}; \quad D_{[дБ]} = 20 \lg \left(\frac{U_{вх_{max}}}{E_{a0}} \right); \quad D_{[дБ]} = 10 \lg \left(\frac{P_{вх_{max}}}{P_{a0}} \right)$$

где $U_{вх_{max}}$ - максимально допустимый уровень
напряжения на входе ВПУ, В

$P_{вх_{max}}$ - максимально допустимая мощность на

входе, Вт
 P_{a0} - минимальная мощность на входе,

Изменение амплитуды сигналов и помех в реальных условиях может достигать 90..100 дБ и более. Для расширения динамического диапазона необходимо использовать электронные приборы с большим линейным участком ВАХ и автоматической регулировкой усиления (АРУ).

9. Параметры ручных и автоматических регулировок. Система регулировок обеспечивает:

- настройку РПУ на частоту корреспондента;

- **изменения полос пропускания и характеристик тракта с целью осуществления оптимального приема и максимального подавления помех;**
- **подстройку РПУ с учетом возможных дестабилизирующих факторов.**

Для различных видов регулировок вводят следующие параметры:

- 1. Для ручной регулировки усиления (РРУ) – пределы изменения коэффициента усиления во входном аттенюаторе, трактах до и после детектора.**
- 2. Для автоматической регулировки усиления (АРУ) – допустимые изменения уровня сигнала на выходе РПУ при изменении уровня сигнала в антенне в заданных пределах, постоянная времени системы АРУ.**
- 3. Для регулировки полосы пропускания (ПП) – пределы изменения ширины ПП и коэффициентом прямоугольности.**

5. Для систем автоматической перестройки частоты – максимальное и среднее время перестройки на одну из заданных частот с помощью системы автоматики.

10. Мощность и другие характеристики приемника.

Если источник питания имеет ограниченную мощность, то задается максимальная мощность потребления радиоприемником.

Конструктивно-эксплуатационные характеристики:

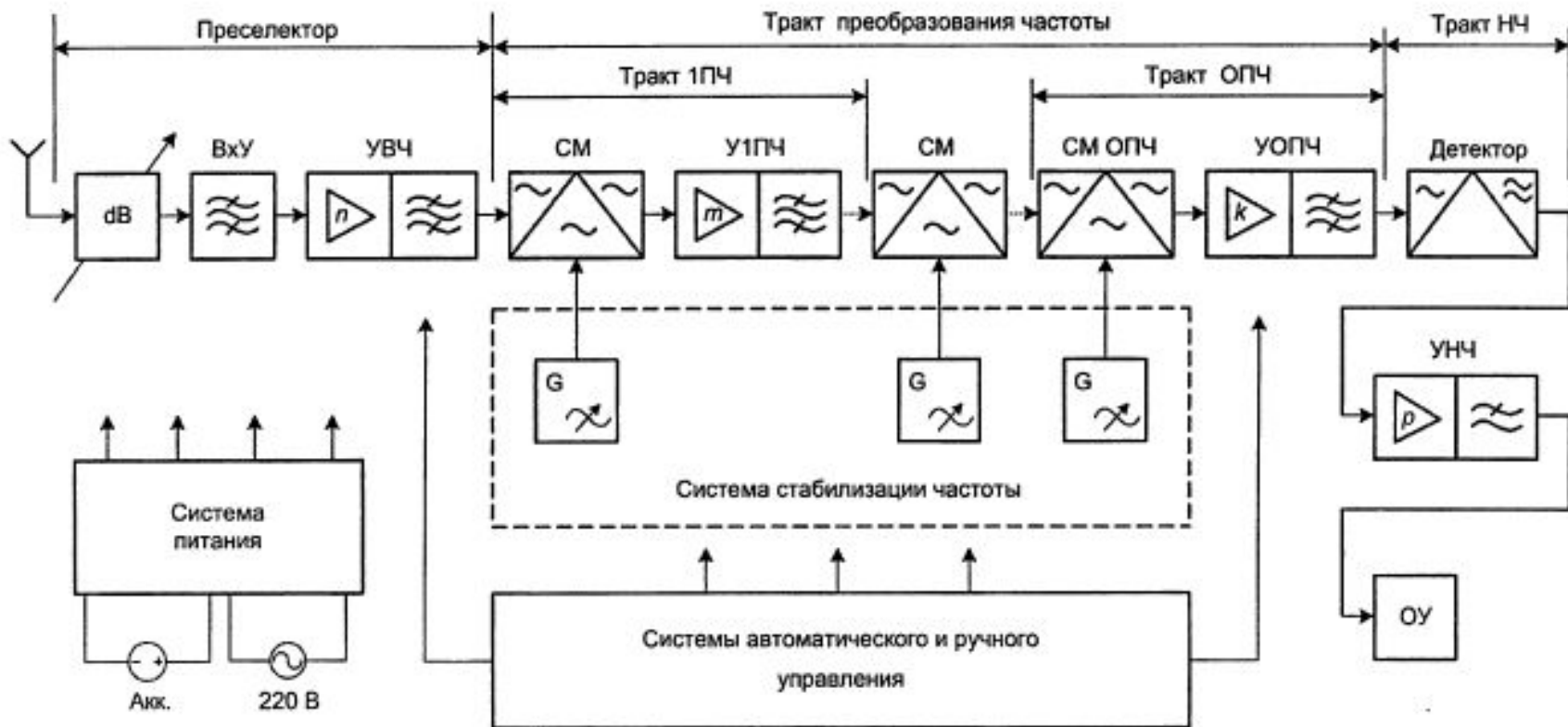
1. Надежность оценивают средним временем наработки на отказ.

2. Стабильность и устойчивость оценивают по способности РПУ сохранять свои электрические параметры с заданной точностью при воздействии окружающей среды и изменении режима работы источника питания.

3. Массо-габариты, ремонтнопригодность.

Производственно-экономические характеристики:

2. Обобщенная структурная схема РПУ



1.Тракт высокой (принимаемой) частоты или преселектор – часть схемы РПУ от входа до первого смесителя. Обеспечивает предварительное усиление и избирательность по принимаемому сигналу при

Функции преселектора:

1. Обеспечение усиления принимаемого сигнала и создание необходимого ОСШ на входе.
2. Обеспечение односигнальной избирательности – создание необходимого подавления помех по побочным каналам приема.
3. Обеспечение многосигнальной избирательности при воздействии на вход сигнала и одной или нескольких помех большой амплитуды.
4. Ослабление излучений колебаний первого гетеродина в антенну.

Назначение элементов преселектора:

1. **Аттенюатор** обеспечивает ослабление мощного сигнала и помех для реализации линейного режима работы РПУ.
2. **Входное устройство** обеспечивает согласование антенны с УВЧ, наиболее эффективную передачу энергии из антенны в УВЧ, частотную избирательность по побочным каналам приема.
3. **УВЧ** обеспечивает усиление входного сигнала до величины, необходимой для работы первого смесителя ($K_{ус} = 6..10$ дБ) и

2.Тракт преобразования частоты – часть РПУ от входа первого смесителя до входа детектора. В зависимости от числа преобразований включает в себя тракты первой, второй и т.д. ПЧ, причем один из них есть **тракт основной промежуточной частоты**. В зависимости от требований к РПУ основная промежуточная частота может быть получена на первой, второй и т.д. ступени преобразования частоты. По отношению к тракту основной ПЧ все предыдущие тракты преобразования частоты выполняют функции преселектора по подавлению побочных каналов основного преобразования. Условие выбора номинала 1ПЧ – подавление помехи по 13К в худшей точке диапазона (на верхней границе ДРЧ).

Тракт основной ПЧ – часть РПУ от входа смесителя основной ПЧ до входа детектора. Функции данного тракта: реализация основной избирательности по

3. Детектор обеспечивает извлечение информации из сигнала промежуточной частоты и преобразования его в низкочастотный сигнал. Если РПУ рассчитан на прием нескольких видов сигналов, то используется соответствующее количество детекторов.

4. Тракт низкой частоты – часть РПУ от выхода детектора до выхода приемника (вход ОУ) . **Функции:** усиление НЧ сигнала и избирательность по НЧ.

5. Система стабилизации частоты – часть РПУ , непосредственно не связанная с прохождением сигнала. **Функции:** вырабатывает необходимые для смесителей тракта преобразования сигнала напряжения гетеродинующих частот. В простейшем случае – один или несколько автогенераторов. В сложных РПУ (прием без поиска и подстройки) – высокостабильные опорные генераторы и синтезаторы частот. Синтезаторы частот формируют сетку частот с требуемым шагом. Стабильность любой частоты из сетки определяется стабильностью частоты опорного генератора.