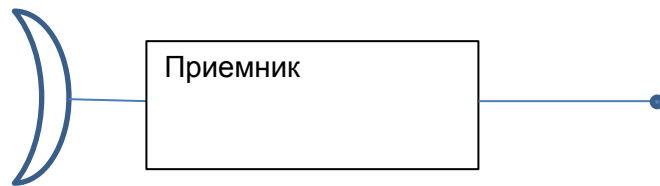


# **Показатели радиоприемных устройств**

1. Чувствительность
2. Избирательность (селективность)
3. Верность воспроизведения сообщений
4. Стабильность работы

# 1. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Чувствительность – это способность приемника принимать слабые сигналы.



## 2. Избирательность (селективность)

Избирательность – это способность РПрУ выделять полезный сигнал, ослабляя действие мешающих сигналов (помех) .

Основана на использовании различия полезных и мешающих сигналов: направления прихода и времени действия, поляризации, амплитуды, частоты, фазы.

Существует:

**1. пространственная избирательность**, достигаемая с помощью остронаправленных приемных антенн или путем электронного управления синтезированной диаграммой направленности ФАР (фазированной антенной решетки);

**2. поляризационная избирательность**, реализуемая также приемной антенной, настраиваемой на вид поляризации волны принимаемого сигнала;

**3. временная избирательность** (при приеме импульсных сигнала) достигается отпиранием приемника только на время действия полезного сигнала.

**4. основное значение имеет частотная избирательность**, так как в системах радиосвязи, радиовещания и телевидения сигналы обычно отличаются по частоте и их разделение осуществляется с помощью резонансных цепей и фильтров.

**Односигнальная избирательность** определяется **АЧХ** фильтров УТ приемника при действии на его входе только одного малого сигнала (полезного или мешающего), не вызывающего нелинейных эффектов.

**Нормированной АЧХ** называют величину  $\gamma(f) = \frac{K(f)}{K_0}$  ,

где  $K(f)$  – модуль коэффициента усиления (передачи) УТ по напряжению на произвольной частоте  $f$ ;  
 $K_0$  - резонансный коэффициент усиления на частоте настройки приемника  $f_0$ .

# Избирательность (селективность)

Количественно **односигнальная избирательность** оценивается величиной, обратной **нормированной АЧХ**  $\gamma(f)$ ,

$$\sigma(f) = \frac{K_0}{K(f)}$$

и определяет ослабление помехи при заданной ее расстройке  $\Delta f = f - f_0$  относительно  $f_0$ .

Зависимость  $\sigma(\Delta f)$  называется **характеристикой односигнальной избирательности** (рис.1).

Обычно используется оценка избирательности в децибелах (рис.2):  $\sigma(f)[\text{дБ}] = 20 \lg \left[ \frac{K_0}{K(\Delta f)_0} \right]$ .

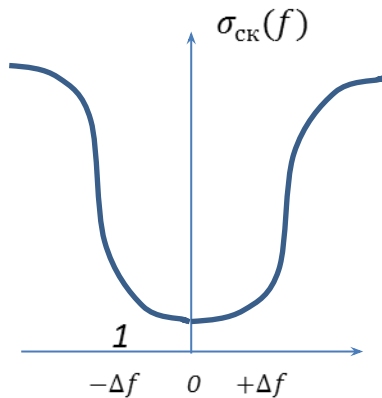


Рис. 1

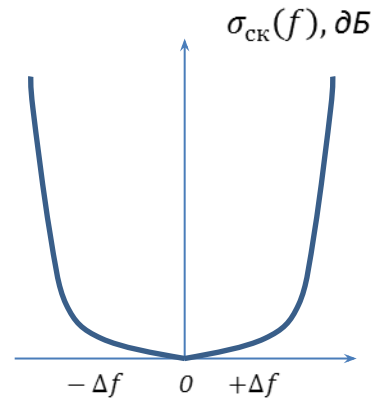


Рис. 2

**Идеальной характеристикой избирательности** является **прямоугольная** с полосой пропускания, равной ширине спектра полезного сигнала, в пределах которой  $\sigma(f) = 1$ , а за ее пределами  $\sigma(f) \rightarrow \infty$ . В пределах такой характеристики обеспечивается неискаженное воспроизведение спектра сигнала и бесконечно большое подавление любой внеполосной помехи.

Для оценки степени близости реальной характеристики избирательности к идеальной используется **коэффициент прямоугольности**

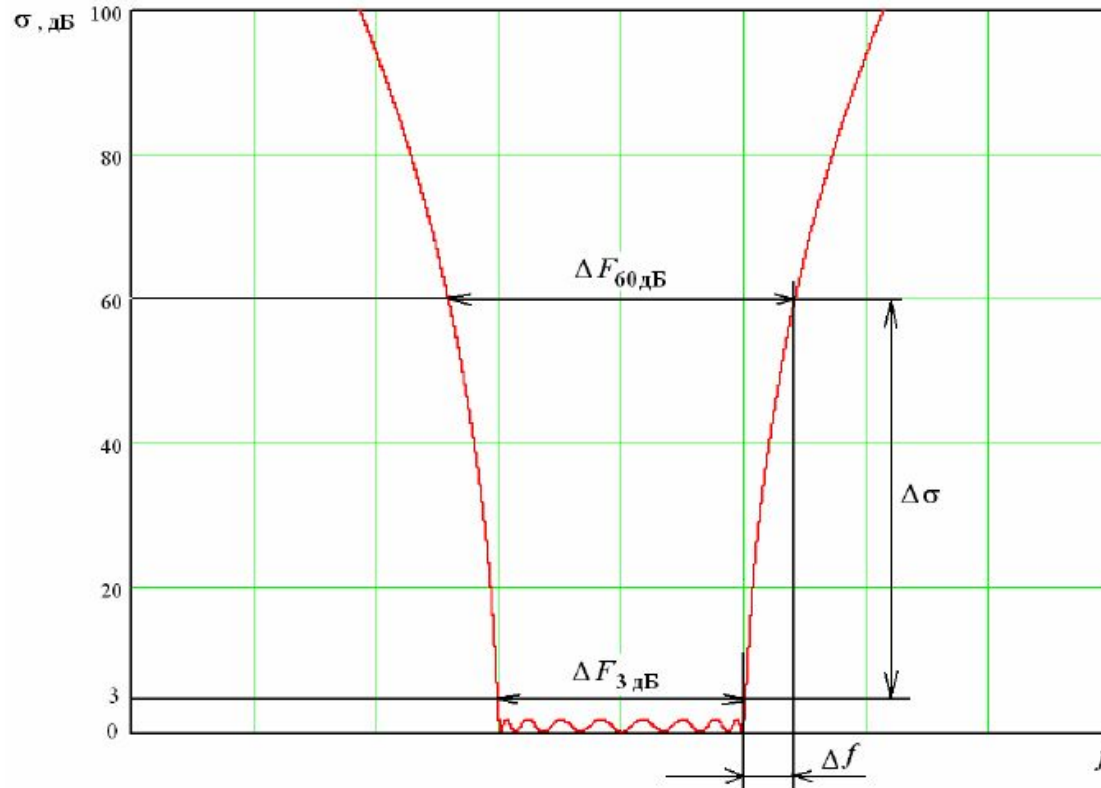
$$k_{\text{п}\gamma} = \frac{\Pi_\gamma}{\Pi_{0,7}}, \text{ где } \Pi_{0,7} - \text{полоса пропускания УТ на уровне } \frac{1}{\sqrt{2}} \cong 0,707 \text{ (3дБ)}$$

и  $\Pi_\gamma$  – полоса на заданном уровне  $\gamma$ , который выбирается равным одному из значений: 0,1; 0,01; 0,001 и т.д.

Для идеальной характеристики  $k_{\text{п}\gamma} = 1$ , т.е. избирательность тем выше, чем ближе коэффициент прямоугольности к единице.

# Избирательность (селективность)

Вблизи частоты настройки характеристику избирательности можно оценивать значениями коэффициентов прямоугольности и средней крутизны скатов (СКС)



$$K_{\text{Пур}} = \frac{\Delta F_{\text{ур}}}{\Delta F_{3\text{dB}}}$$

Например:  $K_{\text{П}60\text{dB}} = \frac{\Delta F_{60\text{dB}}}{\Delta F_{3\text{dB}}}$

$$\text{СКС} = \frac{\Delta \sigma}{\Delta f}$$

Измеряется дБ/кГц, дБ/МГц

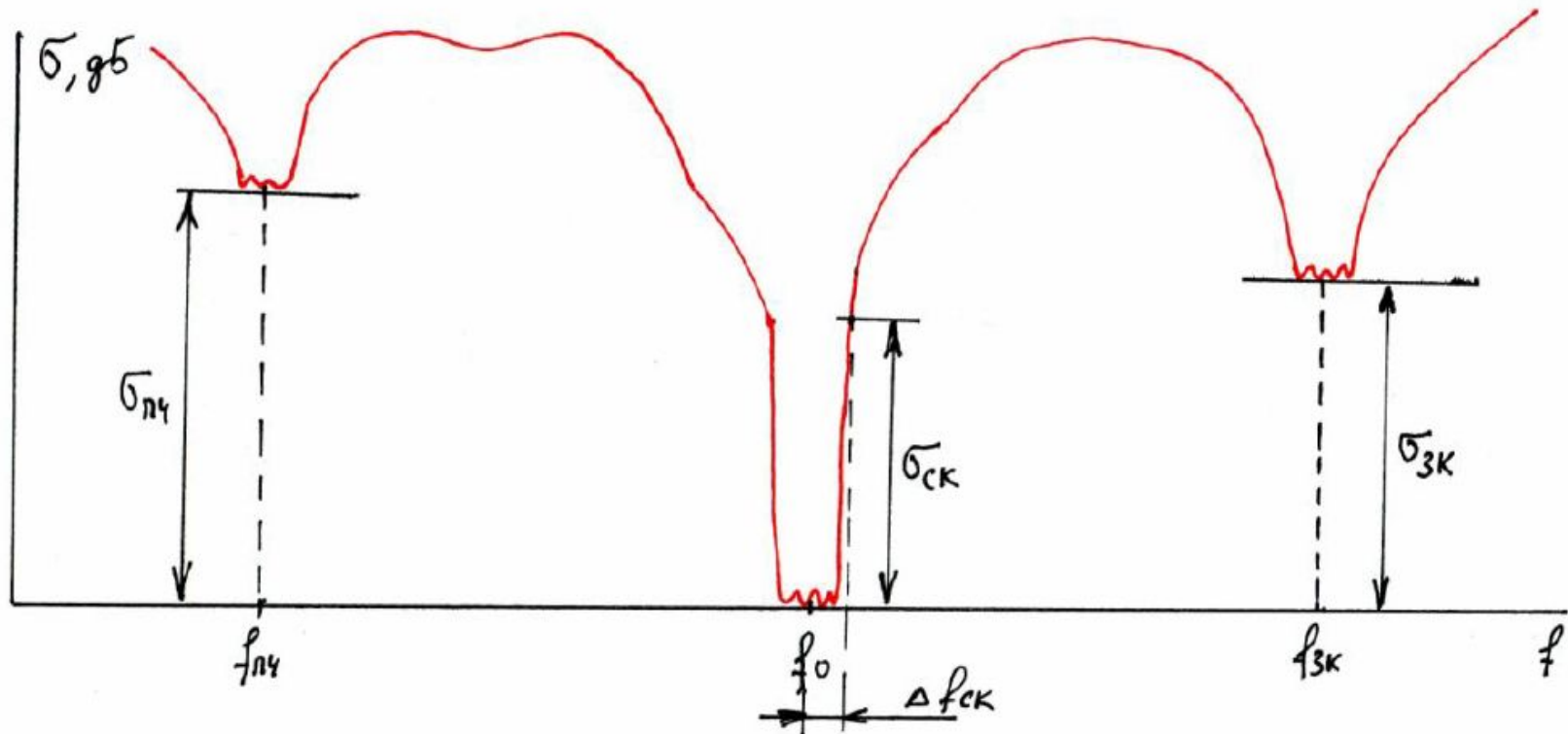
# Избирательность (селективность)

Односигмальную избирательность количественно оценивают относительным ослаблением, создаваемым додетекторным трактом приемника на частоте  $f$  по сравнению с частотой настройки  $f_0$ . Для этого определяют отношение уровня сигнала  $E_A(f)$  на частоте  $f$  к его значению на частоте настройки  $E_{A0}$  при неизменном уровне сигнала на входе.

Относительное ослабление принято оценивать в децибелах:

$$\sigma(f) = 20 \cdot \log \frac{E_A(f)}{E_{A0}}$$

Зависимость  $\sigma(f)$  называют характеристикой избирательности

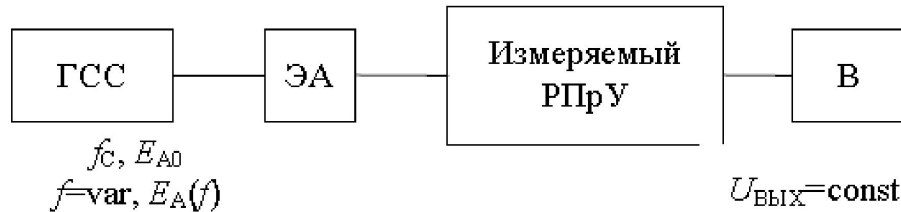


# Избирательность (селективность)

- **Измерение параметров характеристики избирательности приемника**

Односигнальную избирательность количественно оценивают относительным ослаблением, создаваемым додетекторным трактом приемника на частоте  $f$  по сравнению с частотой настройки  $f_0$ . Для этого определяют отношение уровня сигнала  $E_A(f)$  на частоте  $f$  к его значению на частоте настройки  $E_{A0}$  при неизменном уровне сигнала на выходе.

$$\sigma(f) = E_A(f) - E_{A0} \quad \text{или} \quad \sigma = 20 \lg \left( \frac{E_A(f)}{E_{A0}} \right)$$



## 1. Измерение избирательности по соседнему каналу.

Зафиксировать чувствительность  $E_{A0}$  и частоту настройки  $f_0$ .

Не изменяя настройку приемника подать от генератора колебание с частотой верхнего соседнего канала в пределах  $f \pm 9$  кГц .

Увеличивая уровень сигнала  $E_{A \text{ СК}}$ , подаваемого от генератора; добиться, чтобы напряжение на выходе приемника стало равным  $U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{СТ}}$  (0,44 В).

Рассчитать значение избирательности по соседнему каналу:

$$\sigma_{\text{СК}}(f) = E_{A \text{ СК}} - E_{A0} \quad \text{или} \quad \sigma_{\text{СК}} = 20 \lg \left( \frac{E_{A \text{ СК}}(f)}{E_{A0}} \right)$$

Избирательность приемника по соседнему каналу определяется худшим из двух измеренных значений.



# Избирательность (селективность)

2. Измерение избирательности приемника по зеркальному и другим дополнительным каналам приема:

Зафиксировать частоты настройки приемника  $f_0$  и  $f_{гет}$ .

Рассчитать частоты зеркального и других наиболее опасных дополнительных каналов приема.

$$f_{зк} = f_{г} + f_{пч}, \quad f_{доп1} = 2f_{г} \pm f_{пч}, \quad f_{доп2} = f_{г} \pm \frac{f(пч)}{2}.$$

Измерить ослабление зеркального канала в приемнике. Для этого, не изменяя частоту настройки приемника установить частоту генератора равной рассчитанному значению  $f_{зк}$ .

Увеличивая уровень входного напряжения  $E_{Азк}$ , подаваемого от генератора; добиться, чтобы напряжение на выходе приемника стало равным  $U_{ВЫХ} = U_{СТ}$  (0,44 В).

Рассчитать значение избирательности по зеркальному каналу:

$$\sigma_{зк}(f) = E_{Азк} - E_{АО}$$

или

$$\sigma_{зк} = 20 \lg \left( \frac{E_{Азк}(f)}{E_{АО}} \right)$$

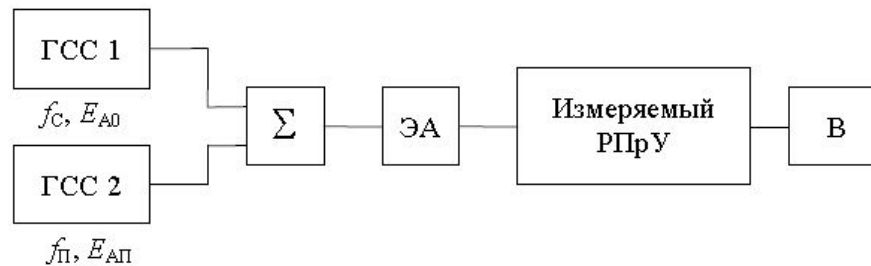
Рассчитать избирательность приемника по другим дополнительным каналам приема.

# Избирательность

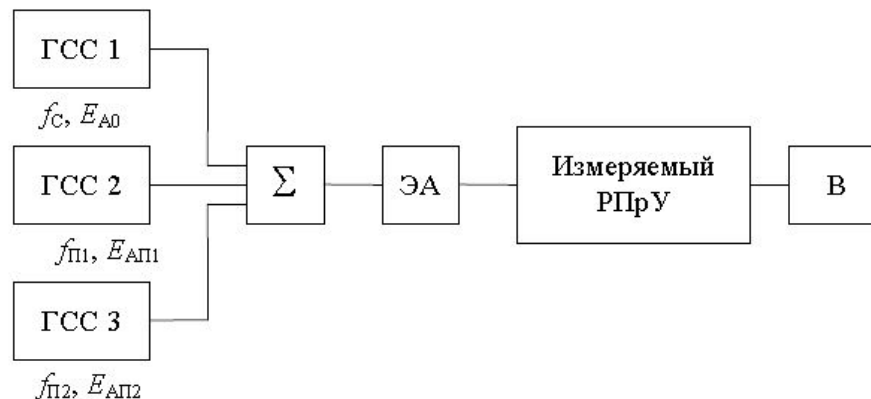
## (селективность)

В условиях действия сильных помех, приводящих к указанным эффектам, наиболее полную характеристику дает **эффективная** или **многосигнальная частотная избирательность**. Для оценки **двух** или **трехсигнальной избирательности** на вход приемника подаются соответственно два или три колебания, имитирующие сигнал и помехи с определенным соотношением частот и

Г При измерениях **многосигнальной избирательности** используют 2 или 3 ГСС. Один – источник полезного сигнала, остальные источники помех. Сигнал и помехи действуют на вход приемника **одновременно**. Многосигнальная избирательность позволяет учесть нелинейные эффекты во входных каскадах приемника (блокирование, перекрестную модуляцию, интермодуляцию).



Измерение двухсигнальной избирательности  
(Эффекты блокирования и перекрестной модуляции)



Измерение трехсигнальной избирательности  
(Эффекты интермодуляции)

# Избирательность (селективность)

● В большинстве систем радиосвязи и радиовещания полезный сигнал принимается на фоне одной или нескольких значительных по уровню помех. При этом даже незначительная нелинейность УТ приводит к таким эффектам как **перекрестная модуляция, сжатие амплитуды, блокирование, интермодуляция**.

**ПЕРЕКРЕСТНАЯ модуляция** - взаимная модуляция двух или большего числа колебаний вследствие их взаимодействия в нелинейных устройствах или при распространении в пространстве с нелинейными свойствами. Перекрестная модуляция проявляется в переносе модуляции помехи на полезный сигнал. Если колебание сигнала модулировано, то перекрестная модуляция ухудшает отношение сигнал/помеха или делает прием сигнала невозможным.

**СЖАТИЕ АМПЛИТУДЫ**, т.е нарушение линейной зависимости между амплитудами сигнала на входе и выходе УТ.

**БЛОКИРОВАНИЕ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА** возникает вследствие уменьшения коэффициента усиления УТ под воздействием сильных мешающих сигналов с частотами, отличающимися от частот основного и побочного каналов приема.

**ИНТЕРМОДУЛЯЦИЯ** — это процесс взаимодействия нескольких различных сигналов в нелинейных каскадах радиоприемного тракта. В результате возникают новые составляющие спектра, зашумляющие принимаемый сигнал (либо проявляющиеся в качестве зеркального сигнала)  $mf_{п1} \pm nf_{п2} \pm pf_{п3} \pm \dots$ , где  $m, n, p$  - целые числа.

В условиях действия сильных помех, приводящих к указанным эффектам, наиболее полную характеристику дает **эффективная** или **многосигнальная частотная избирательность**. Для оценки **двух** или **трехсигнальной избирательности** на вход приемника подаются соответственно два или три колебания, имитирующие сигнал и помехи с определенным соотношением частот и параметров модуляции.

# 3. Помехоустойчивость

**Помехоустойчивость** - это способность РПрУ обеспечивать нормальное функционирование в условиях воздействия определенной совокупности помех.

Существует 3 вида количественной оценки помехоустойчивости: **вероятностный**, применяемый при приеме дискретных сигналов; **энергетический** – при приеме аналоговых сигналов и **артикуляционный**, используемый для оценки помехоустойчивости речевых сообщений путем разборчивости передаваемых тестовых тестов.

Показатели, такие как чувствительность, избирательность и помехоустойчивость, определяют характеристику электромагнитной совместимости (ЭМС), отражающую способность (возможность) РПрУ работать как в комплексе с радиоэлектронными устройствами данной радиосистемы (внутрисистемная ЭМС), так и с другими радиосистемами (межсистемная ЭМС).

Содержащиеся в РПрУ генераторные, цифровые и иные устройства создают узкополосные и широкополосные электромагнитные излучения, которые могут быть помехами для других радиоэлектронных средств. Например, когда РПрУ размещены на самолетах, судах, космических аппаратах или при работе от общих антенн.

Передаваемые сообщения могут искажаться в приемном тракте из-за недостаточной ЭМС приемника или из-за неидеальности его характеристик.

**Способность приемника** в отсутствие помех воспроизводить на выходе закон модуляции входных сигналов с заданной точностью называется **верностью воспроизведения сообщений**.

# Верность воспроизведения сообщений

Количественно верность воспроизведения оценивается **искажениями выходного сигнала** – изменениями его формы по отношению к модулирующему сигналу (его функции).

Различают статические и динамические характеристики.

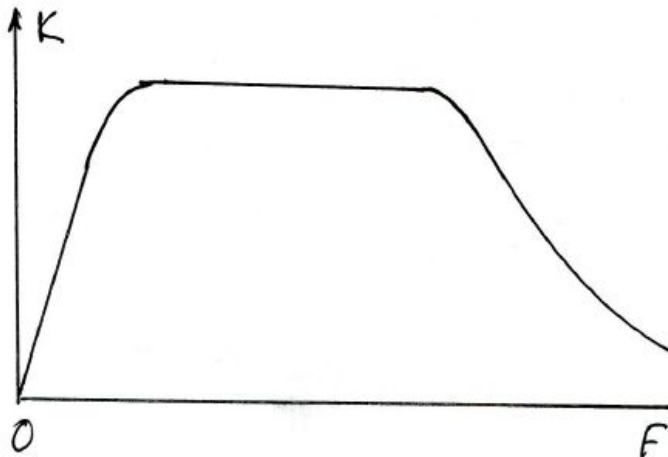
**Статические** характеристики: характеристики **линейных искажений, нелинейных искажений** и искажений, **связанных с ограничением динамического диапазона**.

## 3.1. Линейные искажения в приемнике

Линейные искажение изменяют соотношение между спектральными составляющими сигнала. При этом новых спектральных составляющих в спектр сигнала не вносится

Для отсутствия линейных искажений необходимо, чтобы в полосе сигнала АЧХ устройства была равномерной, а ФЧХ линейной

### 3.1.1. Линейные искажения в усилительных каскадах последетекторного тракта



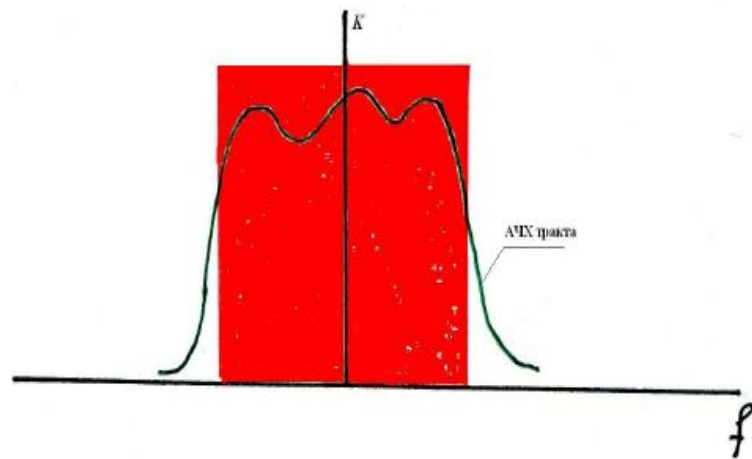
Завал нижних частот обусловлен влиянием разделительных емкостей

Завал в области верхних частот обусловлен влиянием паразитных емкостей (монтажа, входных и выходных емкостей активных приборов)

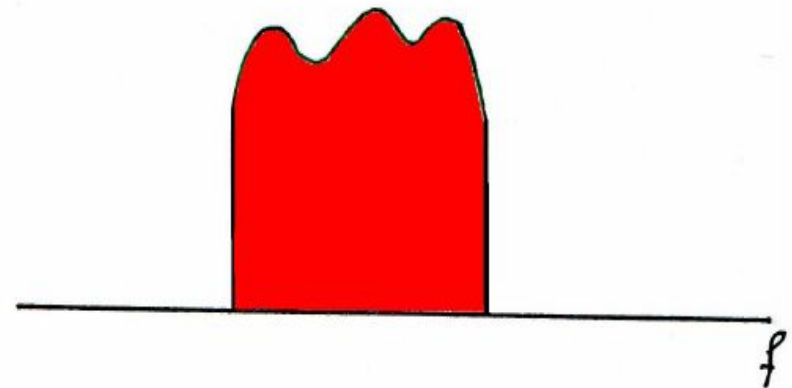
# Верность воспроизведения сообщений

## 3.1.1. Линейные искажения в усилительных каскадах додетекторного тракта

Обусловлены неравномерностью АЧХ и нелинейностью ФЧХ тракта (ФСИ) в полосе пропускания, ограниченностью полосы пропускания, нестабильностью частоты настройки (частоты гетеродина)



Спектр на входе тракта



Спектр на выходе тракта

Линейные искажения радиосигнала могут приводить к нелинейным искажениям продетектированного сигнала

# Верность воспроизведения сообщений

4

## 3.2. Нелинейные искажения в усилительных каскадах додетекторного тракта

### 3.2.1. Анализируемая модель

Нелинейные искажения сопровождаются появлением новых спектральных составляющих, которых не было в исходном сигнале.

Нелинейные искажения обусловлены нелинейностью транзисторов, диодов. При больших уровнях сигналов может проявиться нелинейность катушек индуктивности с ферритовыми сердечниками.

В активных приборах может быть несколько источников нелинейных искажений:

- Нелинейная зависимость выходного тока от входного напряжения
- Нелинейная зависимость выходных проводимости и емкости от выходного напряжения
- Нелинейная зависимость входных проводимости и емкости от входного напряжения
- Нелинейная зависимость проходной емкости от выходного напряжения

Ограничения анализа:

- Полагаем, что единственным источником нелинейности является нелинейная зависимость выходного тока  $i_2$  от входного напряжения  $u_1$



- Зависимость  $i_2(u_1)$  является монотонной функцией
- Анализируемый усилительный каскад не содержит обратных связей
- Представляют интерес относительно малые нелинейные искажения
- Представляют интерес только те спектральные составляющие, которые попадают в полосу пропускания приемника (ФСЧ)

Спасибо за внимание