

**Балтийская государственная академия  
рыбопромыслового флота**

**Кафедра СРТС**

**Прием и обработка сигналов**

**Лекция №8**

**Односигнальная избирательность**

**Непрерывный рост числа источников излучения привел к возникновению сложной проблемы – электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств. В решении данной проблемы важную роль играет повышение частотной избирательности, в частности односигнальной. Изучение факторов подавления побочных каналов приема в приемниках супергетеродинного типа, методики оценивания зон ослабления частотной избирательности дают возможность выработать конкретные практические рекомендации по выбору структуры тракта принимаемой частоты с точки зрения обеспечения односигнальной избирательности.**

## **1 Односигнальная избирательность**

**Избирательность приемника – мера его способности выделять полезный сигнал из**

## Односигнальная избирательность –

селективные свойства, определяемые при воздействии на вход колебаний одной частоты с относительно малой амплитудой, которая характеризует свойства приемника в области его линейной работы.

Односигнальный метод оценки избирательности имеет ограничение, т.к. позволяет определять селективные свойства в области только линейного режима работы приемника.

С учетом указанного ограничения односигнальным методом оценивают избирательность приемника по отношению к соседним и побочным каналам приема.

**Характеристика избирательности** есть зависимость отношения чувствительности приемника на текущей частоте к чувствительности приемника на частоте настройки от частоты возмущающего колебания

$$D(f) = \frac{E_a(f)}{E_{a0}(f_0)}; D(f)_{\text{дБ}} = 20 \lg \left( \frac{E_a(f)}{E_{a0}(f_0)} \right)$$

где  $E_a(f)$  - чувствительность приемника на частоте  $f$ ;  
 $E_{a0}(f_0)$  - чувствительность приемника на постоянной частоте настройки

Чувствительность  $f = \text{const}$  максимальна на частоте настройки сигнала  $f_0$  и ухудшается по мере удаления частоты сигнала от частоты настройки, т.е. по мере увеличения величины абсолютной расстройки частоты

. Поэтому величина  $D(\Delta f)$  характеризует

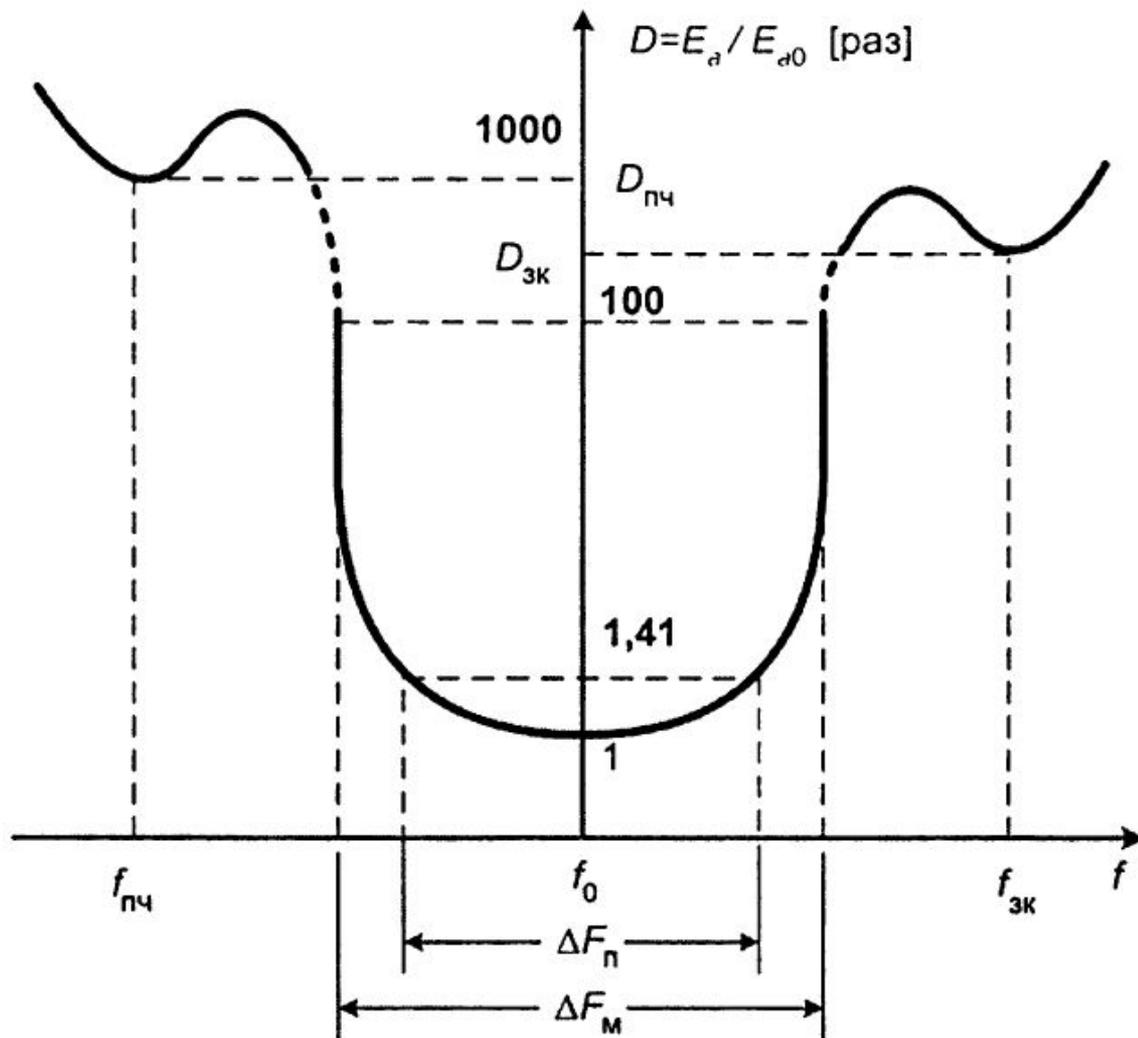
**Используя кривую ОСИ можно численно установить величину подавления помехи, расстроенной относительно частоты настройки приемника:**

$$D(f_n) = \frac{E_a(f)}{E_{a0}(f_0)}; D(f_n)_{\text{дБ}} = 20 \lg \left( \frac{E_n(f)}{E_{a0}(f_0)} \right)$$

**Как и для любой частотной избирательной системы для РПУ могут задаваться такие параметры как:**

**1. Ширина полосы пропускания** – интервал частот, в котором частотные характеристики изменяются в допустимых пределах, например, чувствительность приемника ухудшается не более, чем в 1,41 раза. При этом величина характеристики избирательности составляет  $D_{\text{дБ}} = 3$ .

**2. Ширина полосы мешания** – полоса частот, вне которой подавление не меньше заданного. Обычно



**Рисунок 1 – Кривая ОСИ**

3. Коэффициент прямоугольности – отношение ширины полосы пропускания к ширине полосы мешания:

$$K_n = \frac{\Delta F_n}{\Delta F_m}$$

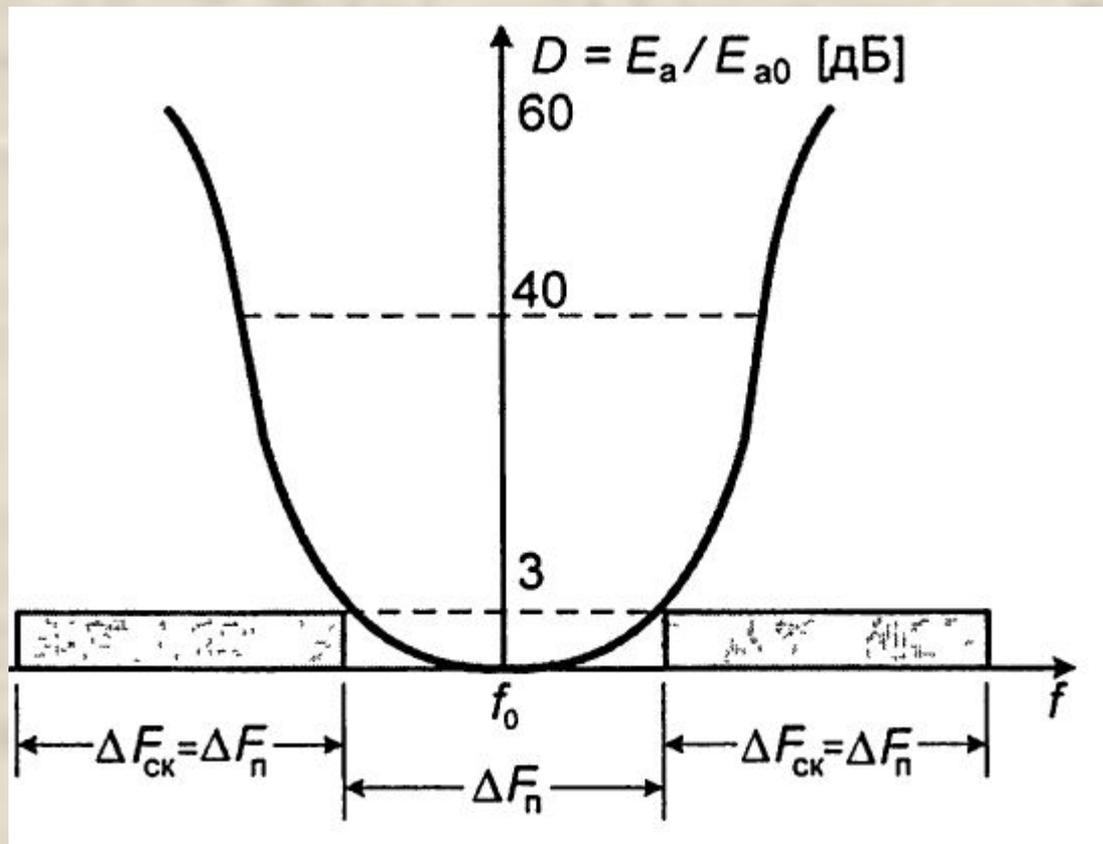
характеризует близость кривой ОСИ к прямоугольной форме.

Эти параметры характеризуют избирательные свойства РПУ в областях частот, соседних с полосой пропускания приемника, т.е. подавление соседних каналов приема.

Под соседними каналами приема понимают полосы частот, примыкающие к полосе пропускания слева и справа и равные по ширине полосе пропускания

(рисунок 2). Избирательность приемника по соседнему каналу есть величина равная:

$$D(f_{\text{св}}) = \frac{E_{\text{акк}}(f)}{E_{\text{а0}}(f_0)} \cdot D(f_{\text{ав}})_{\text{нв}} = 20 \lg \left( \frac{E_{\text{скк}}(f)}{E_{\text{а0}}(f_0)} \right)$$



**Рисунок 2**

**Избирательность по соседнему каналу** – величина, показывающая во сколько раз чувствительность приемника на частоте соседнего канала  $f_{\text{СК}}$  хуже чувствительности приемника на частоте настройки  $f_0 = f_c$  при заданной расстройке частоты

**Нормы по ослаблению чувствительности по соседним каналам приема определяются требованиями к качеству радиосвязи и загруженностью спектра радиочастот. Техническими условиями задаются величина ослабления  $D_{СК}$  и расстройка частоты  $\Delta f_{СК}$ .**

**Обычно величина расстройки соизмерима с полосой пропускания приемника. Величина избирательности по соседнему каналу  $D_{СК}$  находится по результирующей характеристике избирательности тракта сигнальной частоты приемника при заданной расстройке частоты  $\Delta f_{СК}$ .**

**В предположении линейности всех трактов РПУ результирующая характеристика избирательности определяется как результат перемножения величин ослабления отдельных трактов. В супергетеродинном приемнике определяющим трактом в отношении соседних каналов приема**

**Кривая ОСИ характеризует также степень подавления побочных каналов приема, существующих в супергетеродинном приемнике за счет наличия преобразований частот.**

**Побочный канал приема – полоса частот, равная или меньшая полосы основного канала в целое число раз и не совпадающая с ним, в которой вследствие неидеального преобразования возможен прием мешающих сигналов. Наличие ПК значительно ухудшает избирательность и создает дополнительные помехи приему полезного сигнала.**

**В супергетеродинных приемниках используют различные способы преобразования частот:**

**-разностное или суммарное;**

**-с повышением или понижением частоты сигнала после преобразования (преобразование «вверх» и «вниз» соответственно);**

**-нижняя или верхняя настройки гетеродина**

**Промежуточная частота на выходе преобразователя может быть получена как за счет основного преобразования частот сигнала и гетеродина, так и за счет побочного преобразования частот помехи и гетеродина или любого сочетания их гармоник.**

**Основное преобразование частоты можно охарактеризовать уравнением:**  
 $f_{ПЧ} = f_C + k \times f_{Г}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  (1)  
**где  $k$  – целые положительные и отрицательные числа, определяющие частоты гармоник гетеродина.**

**Но промежуточная частота может образовываться и за счет преобразования помехи. Тогда уравнение такого преобразования имеет вид:** (2)

**Т.е. в общем виде выражения (1) и (2) равны друг другу:**

$$m \times f_{П} + n \times f_{Г} = f_C + k \times f_{Г} = f_{ПЧ} \quad (3)$$

**Отсюда частота помехи, возникающая в ПК равна:**

$$f_{\Pi} = f_{\text{ПК}} = \pm \frac{1}{m} f_C + \frac{k-n}{m} f_{\Gamma} \quad (4)$$

**Для случая разностного преобразования :  
-при нижней настройке гетеродина ( $f_c > f_{\Gamma}$ ):**

$$k_{\text{ПК}} = \frac{1}{m} f_C - \frac{n+1}{m} f_{\Gamma}, \quad = -1 \quad (5)$$

**-при верхней настройке гетеродина ( $f_c < f_{\Gamma}$ ):**

$$k_{\text{ПК}} = -\frac{1}{m} f_C - \frac{n-1}{m} f_{\Gamma}, \quad = 1 \quad (6)$$

**Величина  $|m|+|n|$  называется **порядком побочного канала**. Наиболее опасными являются каналы **первых порядков**.**

**Рассмотрим частные случаи ПК (наиболее опасные).**

**1. Зеркальный канал – побочный канал приема с частотой, отличающейся от частоты сигнала на величину  $2f_{ПЧ}$ . При  $m=-1; n=1$  для разностного преобразования при нижней настройке гетеродина:**

**частота первого зеркального канала равна:**

$$\begin{aligned} f_{ЗК} &= -f_C - \frac{2}{-1} f_\Gamma = -f_C + 2f_\Gamma = -(f_C - f_\Gamma) + f_\Gamma = \\ &= f_\Gamma - f_{ПЧ} = (f_C - f_{ПЧ}) - f_{ПЧ} = f_C - 2f_{ПЧ} \end{aligned} \quad (7)$$

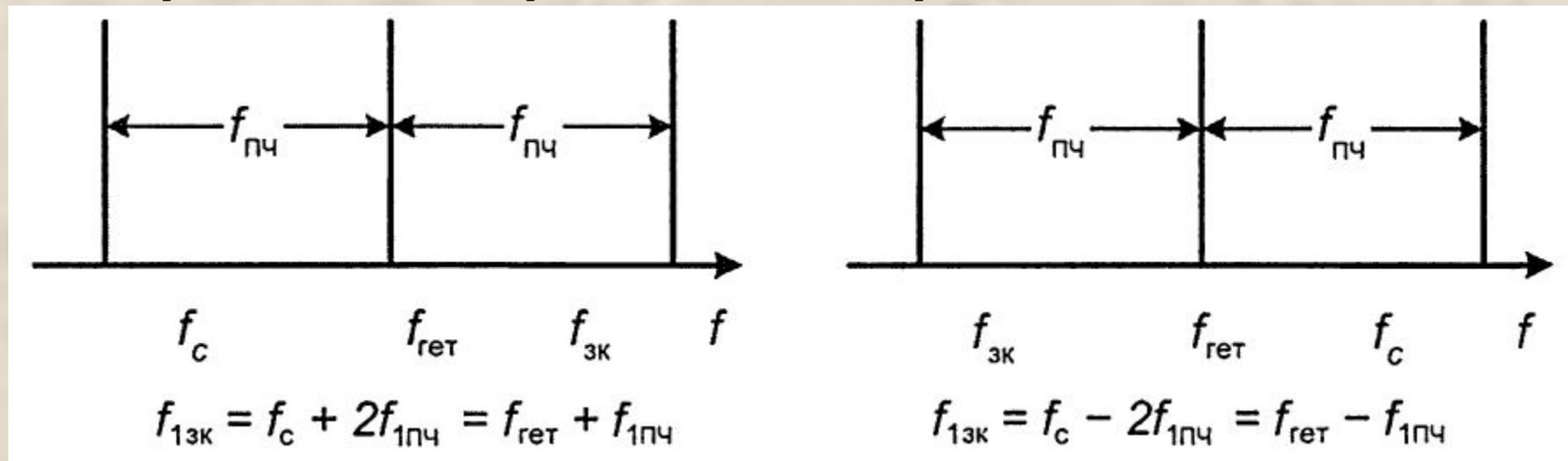
**При верхней настройке гетеродина  $m=1; n=-1$**

$$f_{ПЧ} = f_\Gamma - f_C$$

**частота первого зеркального канала равна:**

$$\begin{aligned} f_{ЗК} &= -f_C + 2f_\Gamma = (f_\Gamma - f_C) + f_\Gamma = \\ &= f_{ПЧ} + f_\Gamma = f_{ПЧ} + (f_C + f_{ПЧ}) = f_C + 2f_{ПЧ} \end{aligned} \quad (8)$$

**Взаимное расположение частот сигнала, гетеродина и первого зеркального канала при нижней и верхней настройках гетеродина имеет вид,**



**Рисунок 3 – Принцип образования помехи по первому зеркальному каналу**

**Современные приемники могут иметь многократные преобразования частоты. При втором преобразовании частоты также образуются побочные каналы, причем:**

$$f_{\Pi} = f_{\Pi\text{К}} = \pm \frac{1}{m} f_{1\Pi\text{Ч}} + \frac{k-n}{m} f_{2\Pi\text{Ч}} \quad (9)$$

**Наиболее опасными являются помехи по зеркальной и промежуточной частотам второго преобразования частоты. Подавление их должно быть не меньше, чем подавление соответствующих помех первого преобразования. Ослабление побочных каналов приема второго преобразования частоты осуществляется во всех избирательных системах приемника, стоящих до входа второго преобразователя частоты.**

**Зеркальная помеха  $f_{23K} = f_C \pm f_{2HЧ}$  (10) второго преобразования действует на вход приемника с частотой:**

**Знак в формуле определяется в зависимости от настроек как первого так и второго гетеродина:**

Настройка гетеродинов		Знак в формуле (10)
первого	второго	
Верхняя	Верхняя	-
Нижняя	Нижняя	
Верхняя	Нижняя	+
Нижняя	Верхняя	

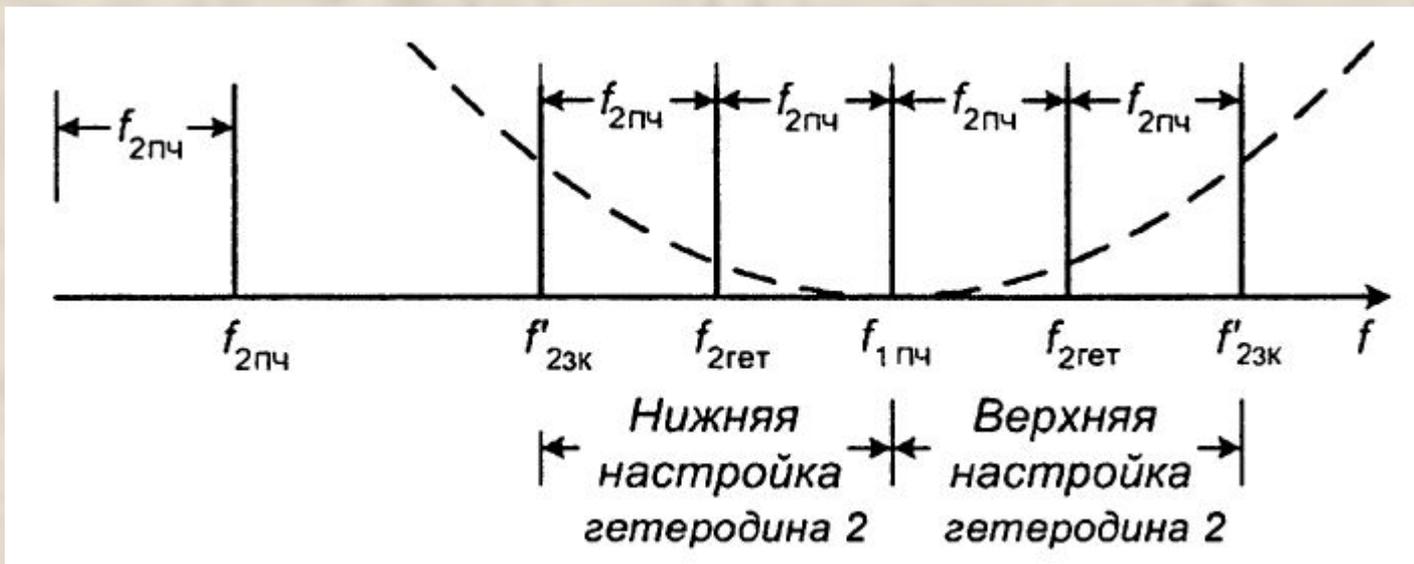


**Рисунок 4 – Расположение помехи по второму зеркальному каналу в тракте принимаемой частоты при верхней и нижней настройках гетеродина**

**В тракте первой промежуточной частоты после первого преобразования зеркальный канал второго преобразования расположен на частоте :**

$$f_{23к} = f_{1пч} \pm 2f_{2пч} \quad (11)$$

**Знак «-» берется при нижней, а «+» при верхней настройке второго гетеродина относительно первой ПЧ.**



**Рисунок 5 – расположение помехи по второму зеркальному каналу в тракте первой промежуточной частоты**

**Ослабление помехи по второму зеркальному каналу трактом 1 ПЧ определяется в наихудшей точке, где**

$$\frac{f_{\text{ПЧ}}}{f_{\text{ПЧ}}}$$

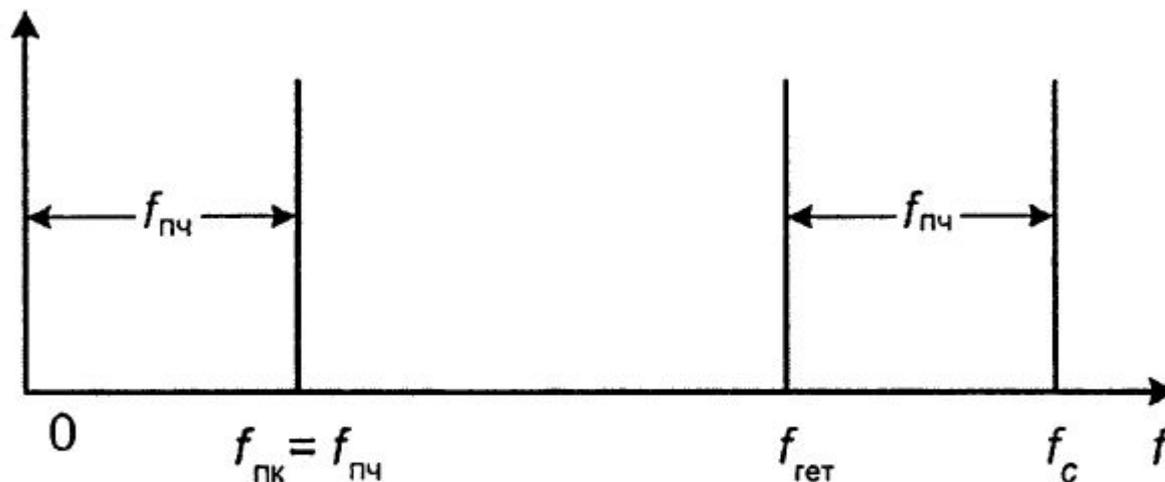
**Помеха на этой частоте будет дополнительно ослаблена избирательными системами тракта первой промежуточной частоты.**

## 2. Канал приема по промежуточной частоте.

Канал приема по промежуточной частоте возникает в результате побочного преобразования при  $nf_C \pm 1; mf_{\Gamma} = f_{\text{ПЧ}}$

или 
$$f_{\text{ПК}} = f_{\Gamma} - f_C = f_{\text{ПЧ}}$$

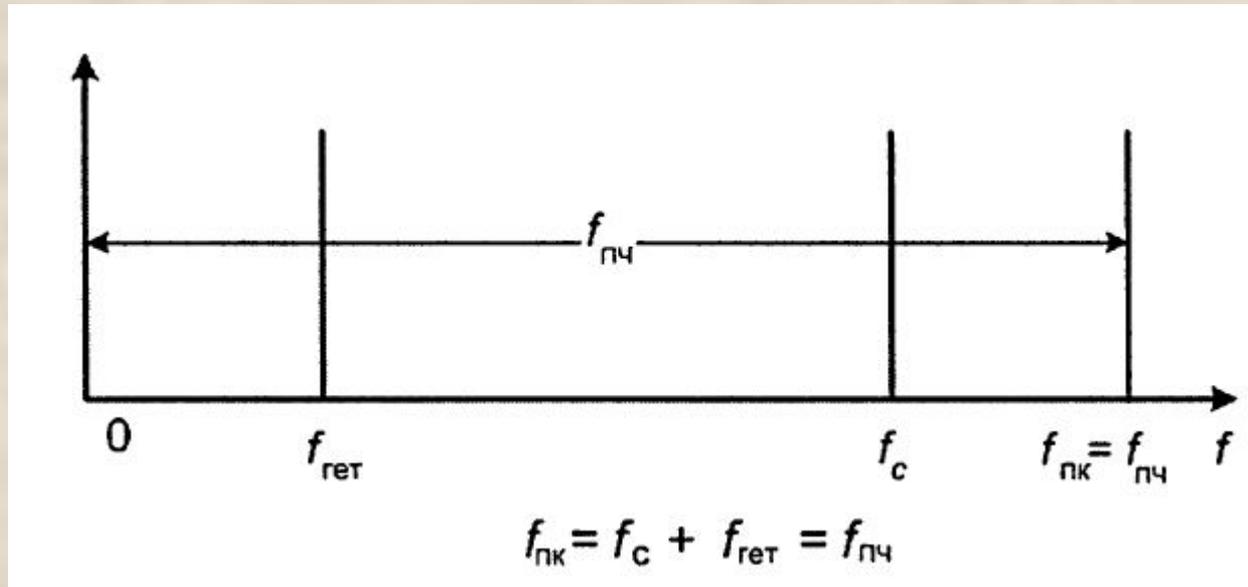
То есть частота побочного канала совпадает с частотой настройки тракта промежуточной частоты. Для случая разностного преобразования это



$$f_{\text{ПК}} = f_c - f_{\text{гет}} = f_{\text{ПЧ}}$$

**Рисунок 6**

**Для случая суммарного преобразования взаимное расположение частот показано на рисунке 7.**



### **Рисунок 7 – Принцип образования помехи по ПЧ**

**(преобразование вверх)**

**Помехи, действующие на частотах побочных каналов приема, могут оказать существенное влияние на прием основного канала. Только в том случае, если расстройка между частотой ПК и частотой настройки приема на основной канал достаточна велика, чувствительность приемника к**

**Для обеспечения достаточного ослабления помех по ПК необходимо:**

- **выбирать усилительный и смесительный элементы с высокой степенью усиления и преобразования;**
- **использовать гетеродины с высокой чистотой спектра сигнала;**
- **увеличивать относительную расстройку частоты ПЧ и сигнала;**
- **увеличивать количество резонансных систем в тракте до первого смесителя;**
- **выбирать резонансные системы с высокой добротностью;**
- **рационально распределять усиление между каскадами преселектора.**

**Однако полностью избавиться от помех, действующих на частотах ПК, практически не удается. В рабочем диапазоне частот имеют место**

$$f_{0\phi} = f_{ном} = f_c \quad (12)$$

На данной частоте невозможно отделить ПК от основного.

**Следовательно, фокусом** побочного канала приемника является частота настройки приемника  $f_{0\phi}$ , на которой как основное, так и побочное преобразования за счет гармоник приводят к возникновению промежуточной частоты, равной номинальному значению.

**Число фокусов** зависит от диапазона рабочих частот приемника и от выбора номинальных частот гетеродина и ПК:

$$k f_{0\phi} + m f_{Г} = f_{0\phi} + \Gamma \Rightarrow 0\phi = \Gamma \frac{k-m}{m-1} \quad (13)$$

В предположении (1) число фокусов ПК определяется исходя из соотношения. Вблизи фокусов наблюдается ухудшение избирательности приемника.

Рассмотрим частный случай основного преобразования по первым гармоникам частот

$$f_{ПК} = \pm f_c \pm f_{Г}$$

**Для разностного преобразования по первой гармонике гетеродина  $f_{\Gamma} = const$  имеем:**

$$mf_{0\phi} + nf_{\Gamma} = \begin{cases} f_{0\phi} - f_{\Gamma} = f_{ПЧ} \\ f_{\Gamma} - f_{0\phi} = f_{ПЧ} \end{cases} \quad (14)$$

**Фокус побочного канала определяется по формуле:**

$$f_{0\phi} = f \frac{-n-1}{m-1} f_{ПЧ} \quad 0 > \Gamma \quad (15)$$

$$f_{0\phi} = f \frac{1-n}{m+1} f_{ПЧ} \quad 0 < \Gamma$$

**Для случая, когда постоянной является не частота гетеродина, а номинал ПЧ используя уравнение основного преобразования имеем:**

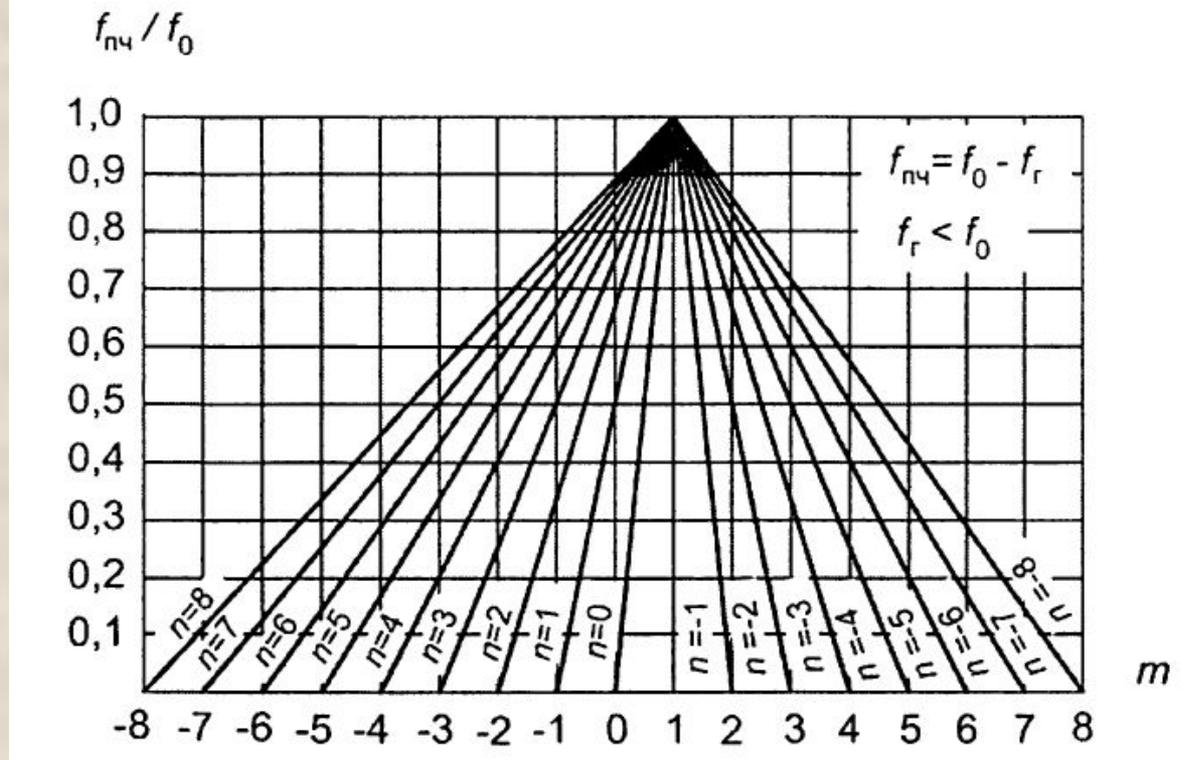
$$\begin{cases} f_{0\phi} - f_{\Gamma} = f_{ПЧ} \\ f_{\Gamma} - f_{0\phi} = f_{ПЧ} \end{cases} \quad (15a)$$

$$f_{\text{дл}} = f \frac{n+1}{m+1} f_{\text{ПЧ}} \quad 0 > \Gamma \quad (16)$$

$$f_{\text{дл}} = f \frac{1-n}{m+1} f_{\text{ПЧ}} \quad 0 < \Gamma$$

**Формулы (15) и (16) определяют все возможные побочные каналы приема при преобразовании по первым гармониками частоты сигнала и гетеродина. Для определения вида побочного канала приема и фокусов ПК можно воспользоваться графоаналитическим методом, с помощью которого по специальным номограммам можно определить число фокусов ПК в диапазоне рабочих частот приемника при выбранной промежуточной частоте. Для нижней настройки гетеродина номограмма имеет вид (рисунок 8).**

**Из всех возможных комбинаций  $m$  и  $n$  выбирают только те, которые образуют побочные каналы**



**Рисунок 8**

На номограммах наносятся две горизонтальные прямые на уровнях  $f_{nч}/f_0$  соответствующих нижней  $f_{0min}$  и верхней  $f_{0max}$  границам диапазона рабочих частот. Между этими горизонталями оказываются области значений  $m$  и  $n$ , с помощью которых определяются фокусы ПК в пределах диапазона. Действительно, точки пересечения линий с

**Таким образом, выбор ПЧ** имеет принципиальное значение с точки зрения числа и порядка опасных комбинаций в диапазоне рабочих частот приемника. Наименьшее количество фокусов получается при преобразовании вверх и при верхней настройке гетеродина. Для уменьшения влияния фокусов необходимо выбирать усилительные элементы с высокой линейностью.

ПК являются следствием использования преобразования частоты в супергетеродине. Применение в качестве гетеродинующего напряжения второй, третьей и т.д. гармоник, ведет к увеличению числа ПК.

Избирательность по ПК определяется резонансными системами, включенными до входа соответствующего преобразователя частоты.

Таким образом, при известных значениях частот побочных каналов можно таким образом рассчитать