

---

## Комплексы и средства специальной радиосвязи

**Тема 2. Основы построения систем передачи и приема информации.**

**Занятие 2. Основные виды аналоговой модуляции.**

---

---

## УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1. Первичный телефонный сигнал. Ширина спектра телефонного сигнала.**
  - 2. Амплитудная модуляция. Общие сведения о частотной модуляции. Типовая структура тракта передачи сигналов с АМ и ЧМ.**
-

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бетин Б.М. «Радиопередающие устройства», М. «Высшая школа», 1972 г.
  2. Супрун Б.К., Шерепа В.Ф. «Радиопередающие и радиоприемные устройства», М. Изд. комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1968 г.
  3. Верхолин И.В. «основы распространения радиоволн и РЭС» учебное пособие ВГТУ 2003 г.
-

## *1. Первичный телефонный сигнал. Ширина спектра телефонного сигнала.*

Первичный телефонный сигнал формируется на выходе микрофона при передаче речи. Речь – это процесс, частотный спектр которого находится в пределах от 50... 100 до 8000...10 000 Гц.

Частота основного тона речи лежит в пределах от 50... 80 Гц (очень низкий голос – бас) до 200...250 Гц (женский и детский голоса).

Спектр звукового сигнала занимает полосу частот 20...20 000 Гц.

Для достаточно высокого качества вещания (каналы вещания первого класса) полоса частот должна составлять 50...10000 Гц, для безукоризненного воспроизведения программ вещания (каналы высокого класса) – 30...15000 Гц.

В зависимости от требований к качеству воспроизведения ширина спектра сигнала вещания может быть ограничена. Установлено, что качество речи остается вполне удовлетворительным, если ограничить спектр внизу и сверху частотами 300 и 3400 Гц. Эти частоты приняты Международным союзом электросвязи (МСЭ) в качестве границ эффективного спектра речи.

---

2. *Амплитудная модуляция. Общие сведения о частотной модуляции.  
Типовая структура тракта передачи сигналов с АМ и ЧМ.*

Модуляция - это процесс наложения сообщения на переносчик сообщения.

Амплитудной называется модуляция, при которой в соответствии с видом и характером передачи изменяется амплитуда несущего колебания.

Переносчик сообщения - это гармоническое колебание вида

$$U(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi),$$

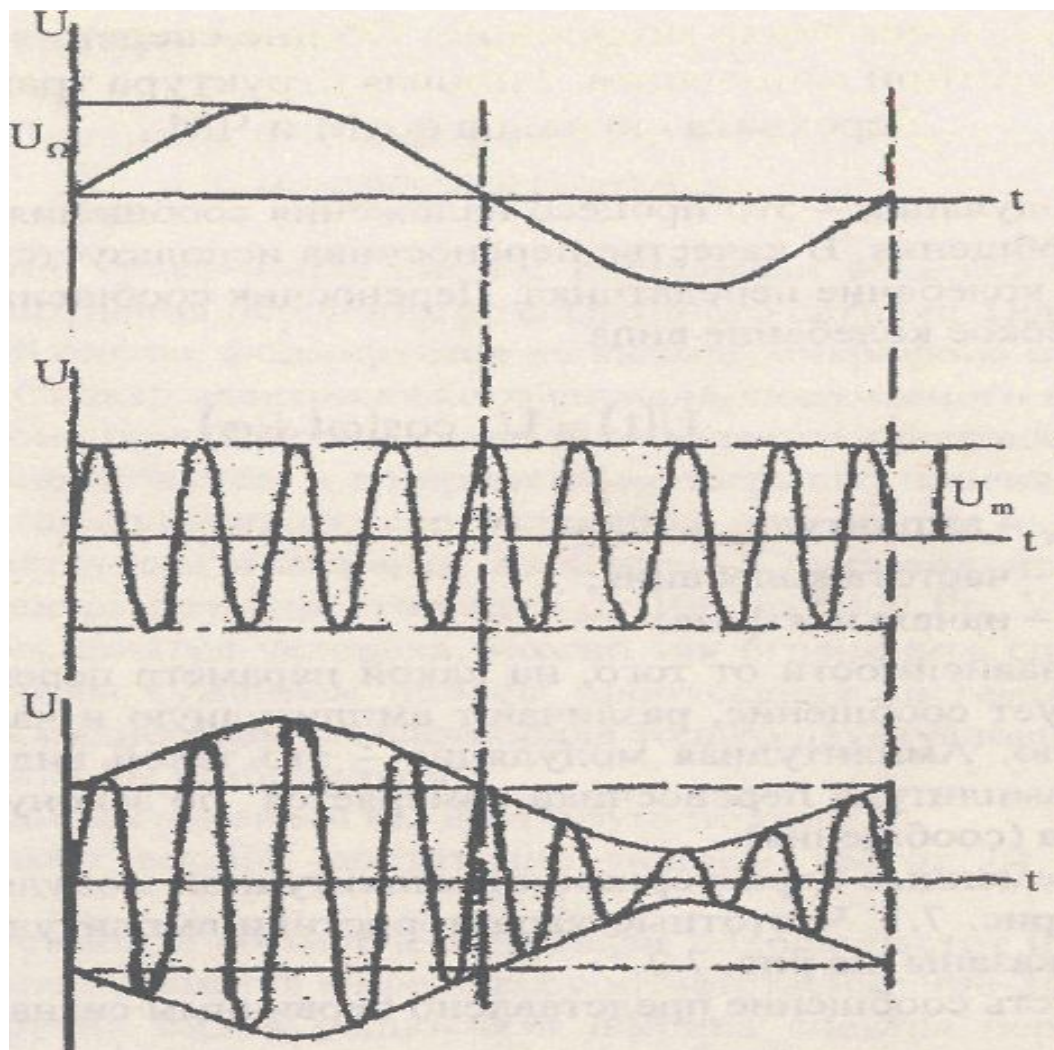
где  $U_m$  – амплитуда;

$\omega$  - частота колебания;

$\varphi$  - начальная фаза.

---

*Временные характеристики амплитудной модуляции.*



---

## *Коэффициент модуляции.*

**Глубина модуляции** оценивается **коэффициентом модуляции  $m$** , представляющим собой отношение изменения амплитуды при модуляции к амплитуде несущей частоты:

Коэффициент модуляции  $m$  выражается в относительных единицах или в процентах.

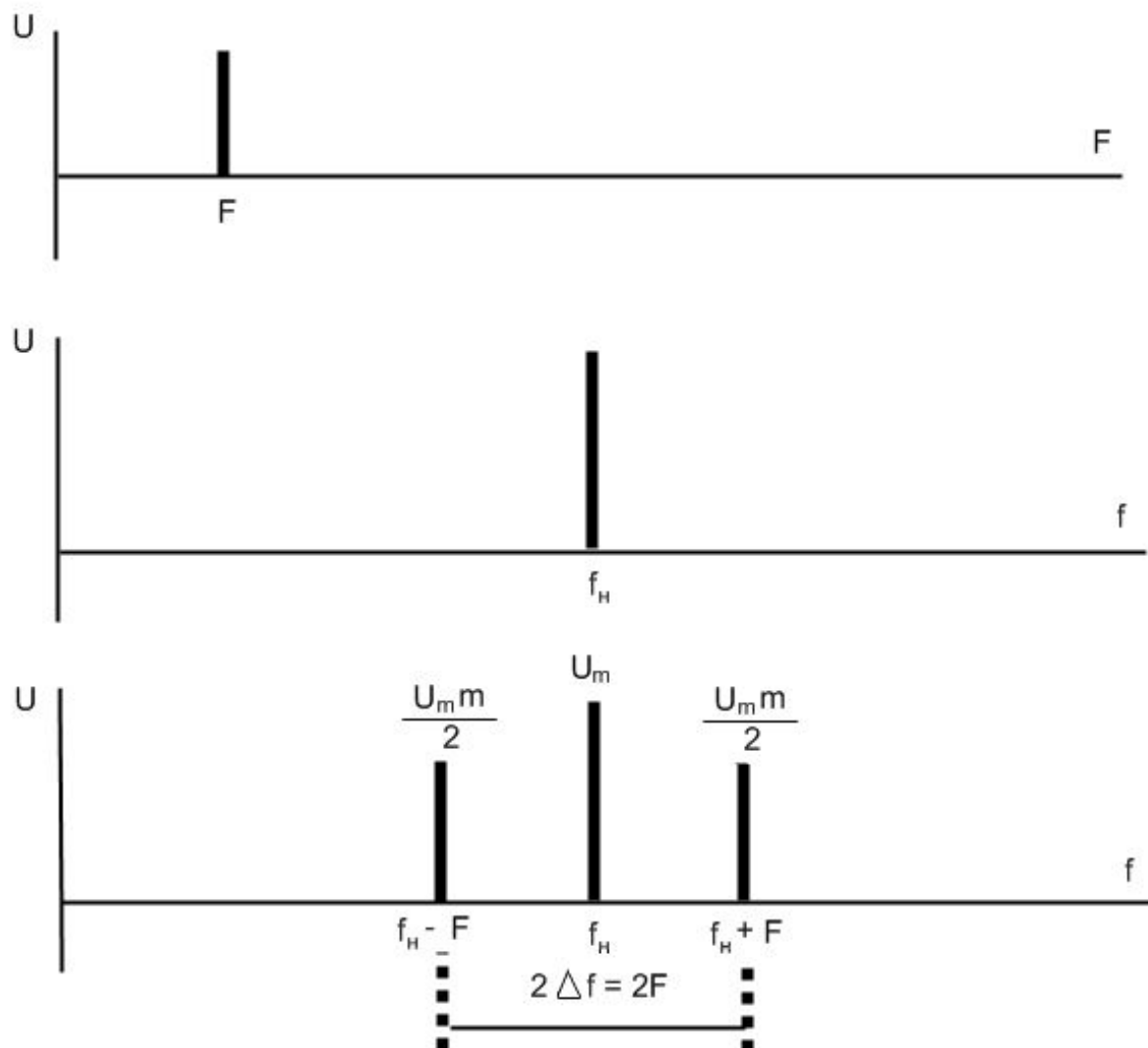
Если  $m > 1$ , то модуляция будет с искажениями, что недопустимо для передатчика.

Если  $m \ll 1$ , то получаются сигналы с очень малой глубиной модуляции, что энергетически невыгодно.

Для неискаженной передачи  $0 \leq m \leq 1$ .

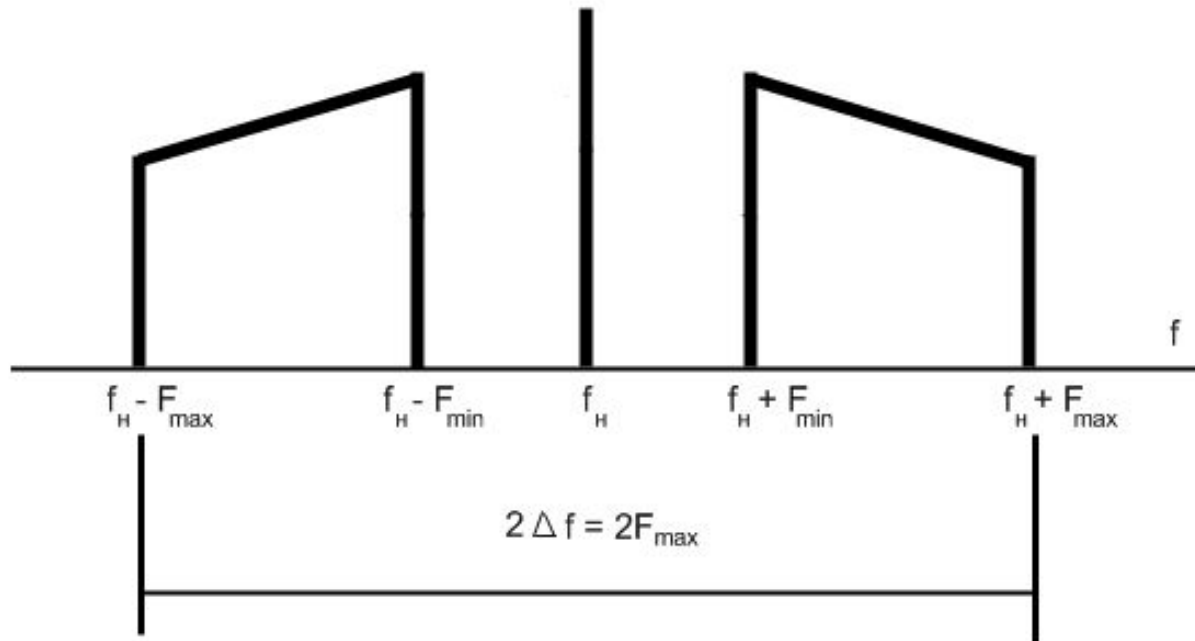
---

## Спектр радиосигнала при АМ.



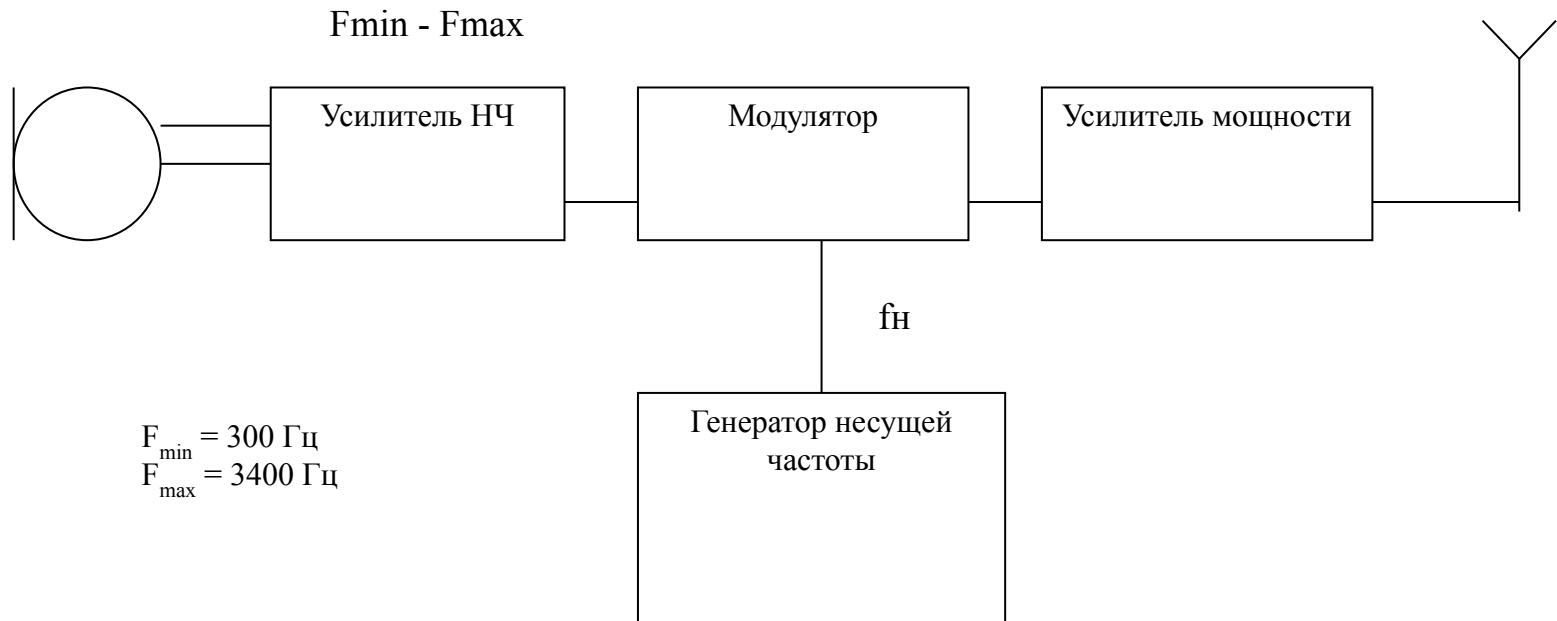


## *Спектр радиосигнала при АМ.*



**Боковая полоса частот** (ГОСТ 24375-80) - полоса частот, расположенная выше или ниже несущей частоты, которую занимают спектральные составляющие, создаваемые в процессе модуляции несущей.

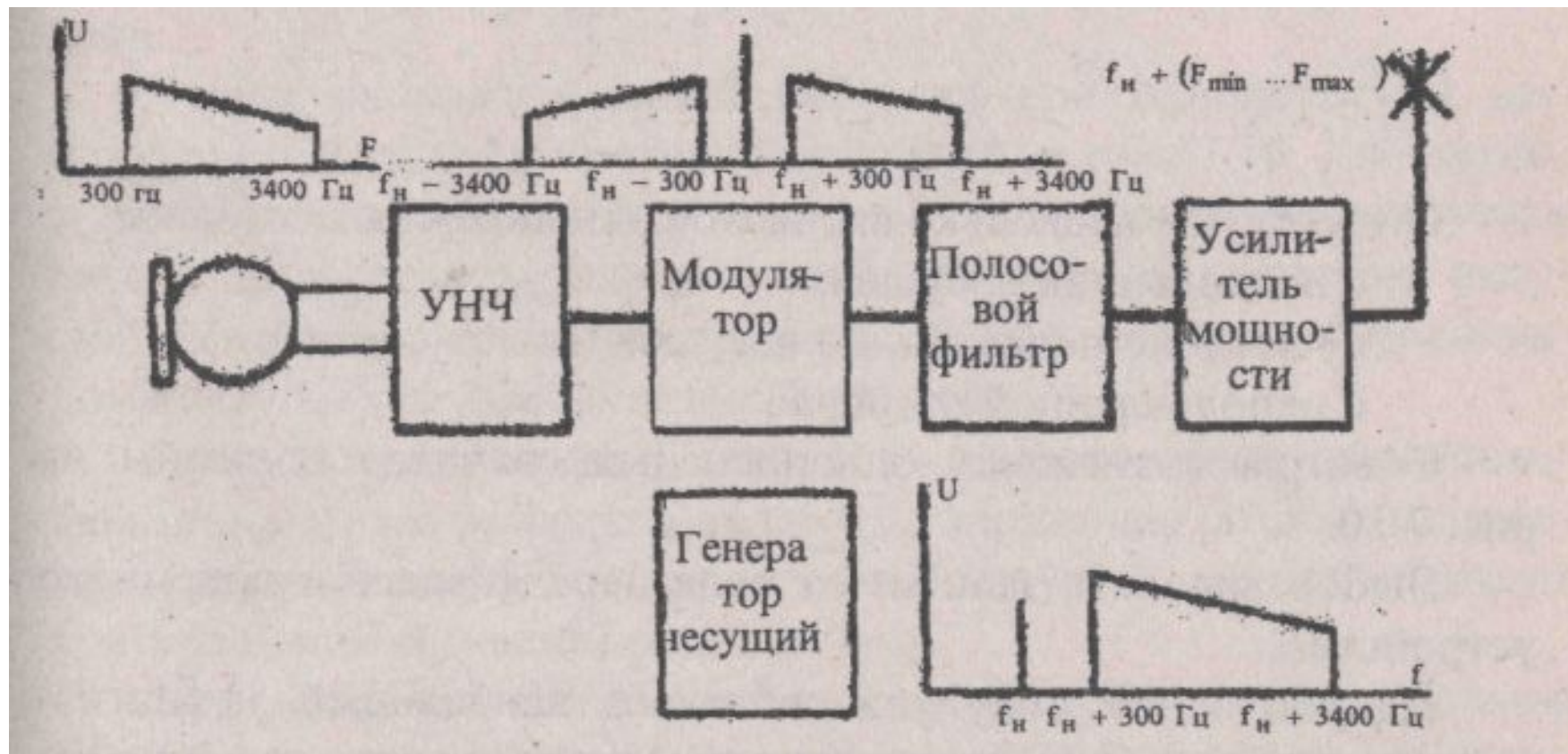
## Типовая структура тракта передачи сигналов с АМ



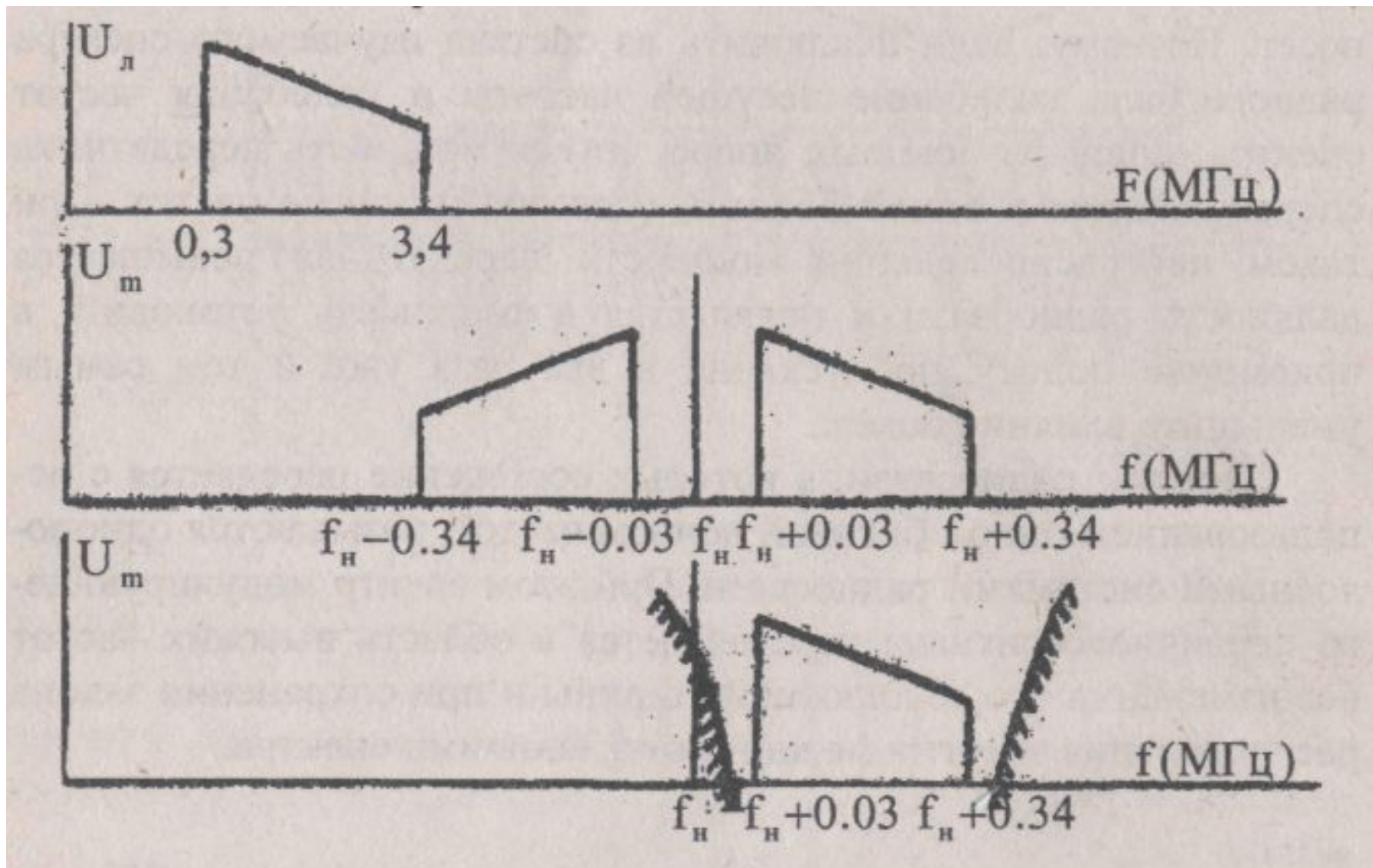
## *Типовая структура тракта приема сигналов с АМ*



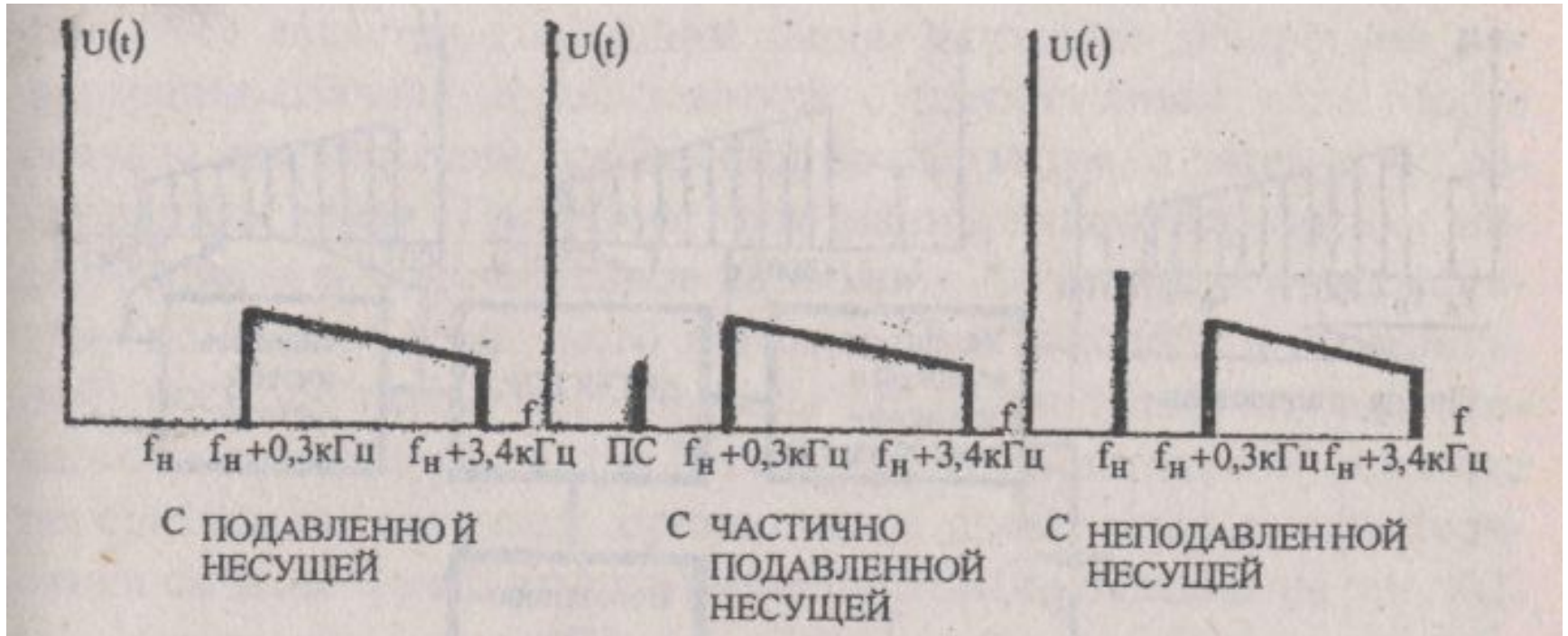
# Типовая структура тракта передачи сигналов с однополосной АМ.



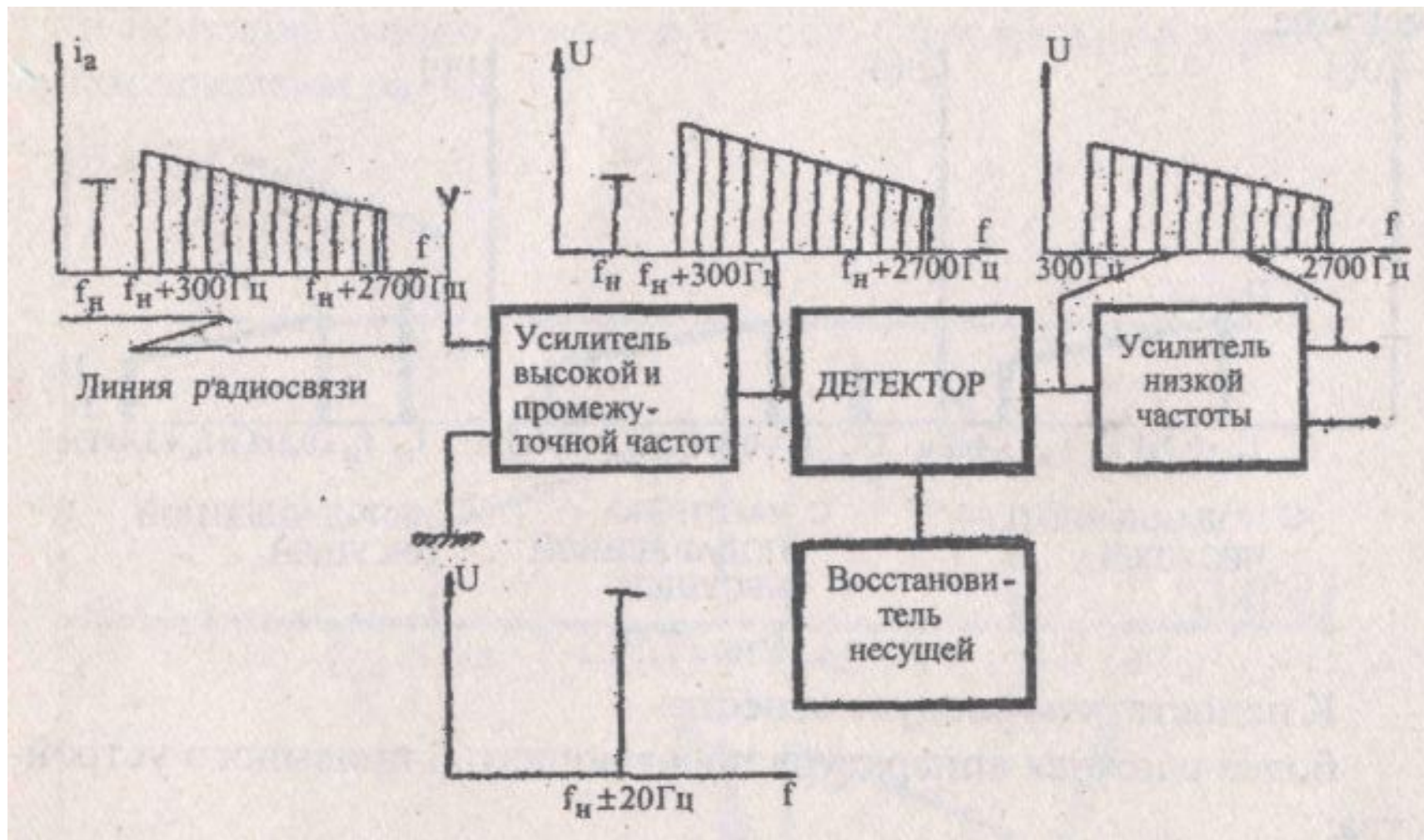
*Спектральные характеристики однополосного сигнала.*



## Спектры возможных однополосных сигналов.



# Структура тракта приема сигнала при однополосной амплитудной модуляции



## Частотная модуляция.

Частотной модуляцией называется такой вид модуляции, при которой несущая частота передатчика изменяется по закону изменения амплитуды первичного сигнала. Выражение для частотно-модулированного колебания можно представить формулой

$$U(t) = U_i \cos\left(\omega t + \frac{F_s}{F_{mog}} \sin \Omega t\right)$$

где  $\omega$  - несущая частота передатчика;

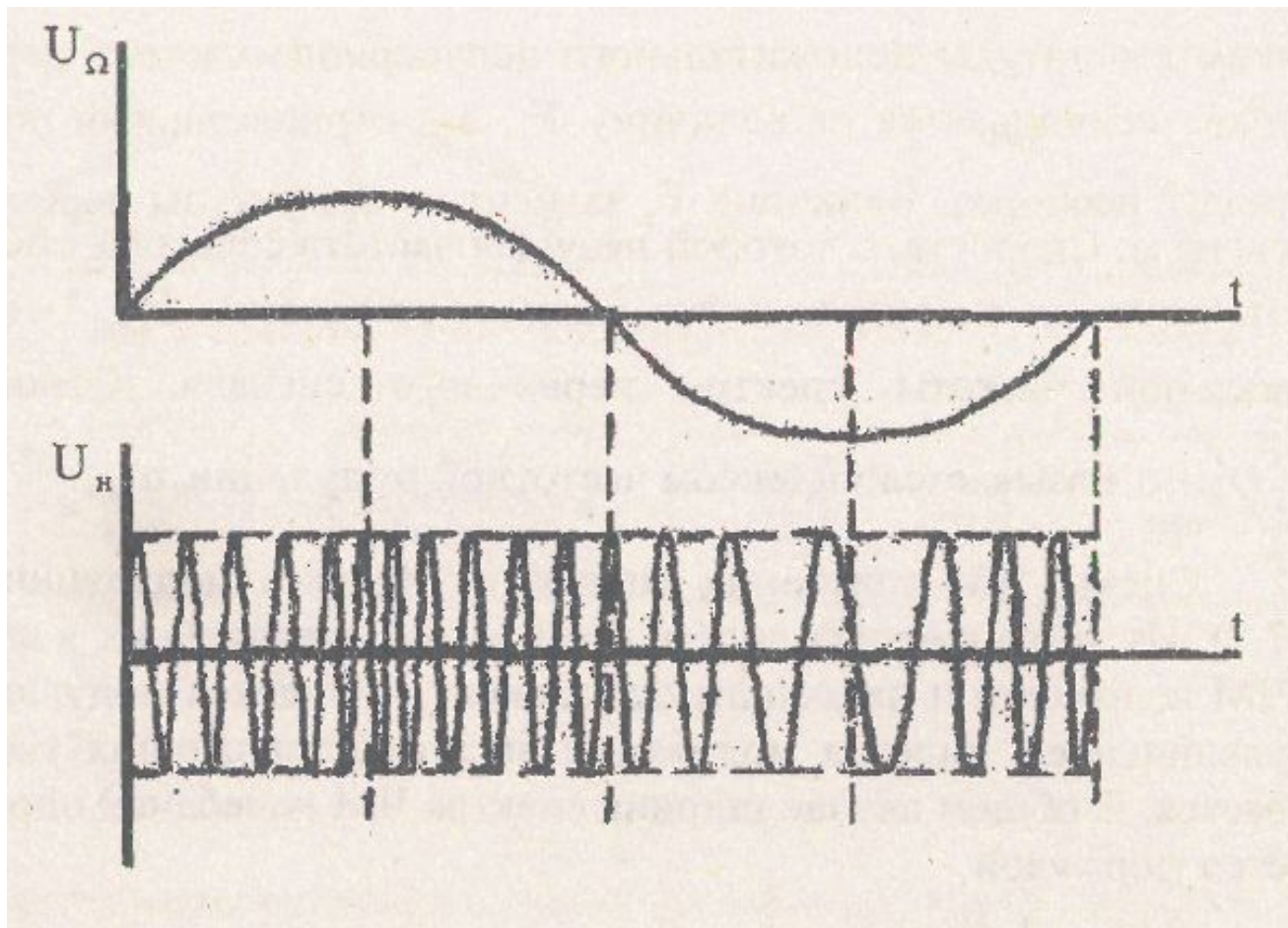
$F_s$  - частота девиации характеризует максимальное отклонение несущей частоты передатчика от своего среднего значения. Зависит от амплитуды первичного сигнала;

$F_{mog}$  - максимальная частота спектра первичного сигнала.

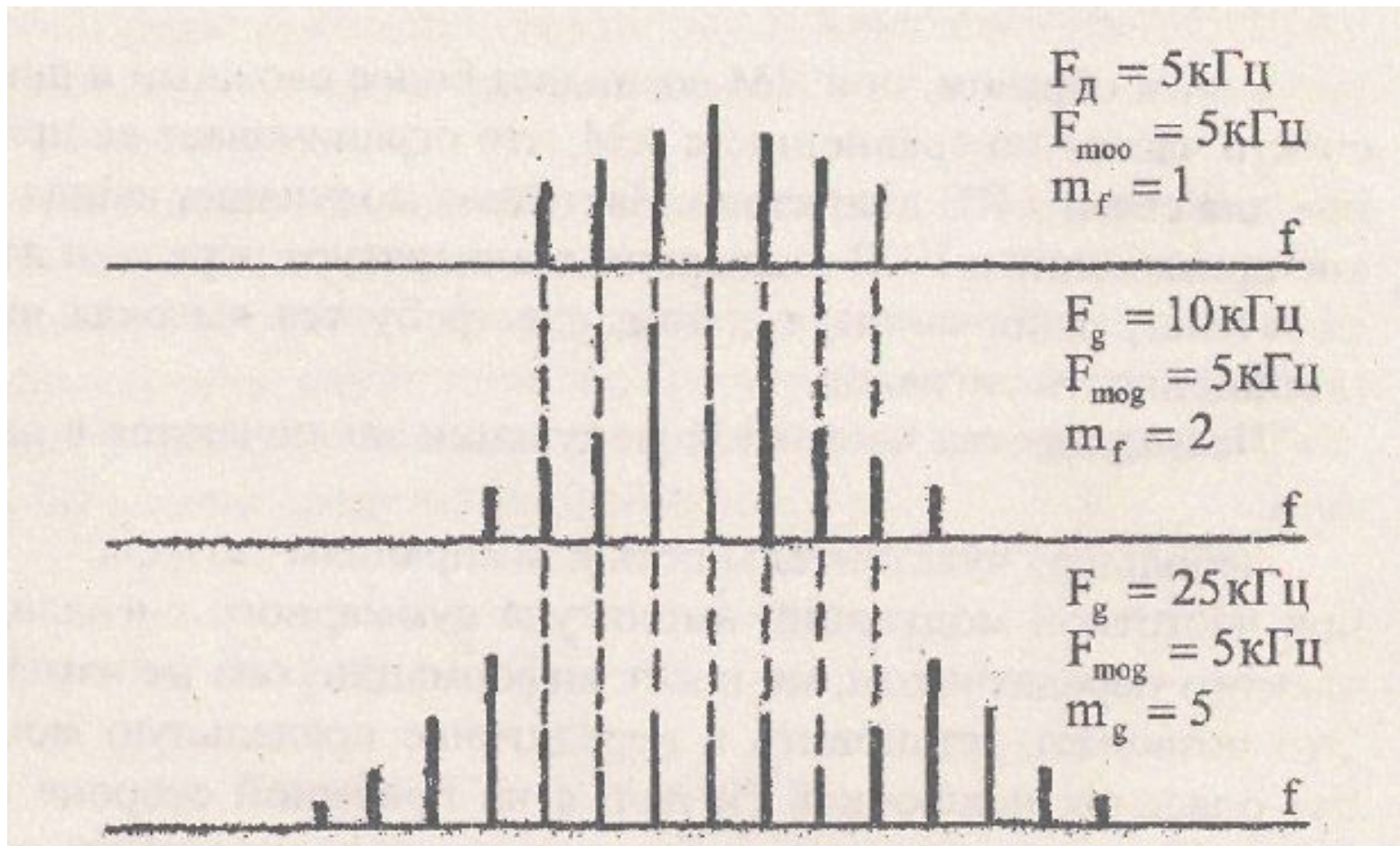
Отношение  $F_s / F_{mog}$ , называется индексом частотной модуляции  $mf$ .



*Временные характеристики частотно-модулированного сигнала.*



## Зависимость спектра ЧМ колебаний от индекса модуляции



$$2\Delta f = 2(F_s + F_{\text{мог}}).$$

## *Индекс частотной модуляции.*

Отношение  $F_s / F_{\text{mod}}$ , называется индексом частотной модуляции  $m_f$ .

Согласно рекомендациям МСЭ для одноканальных приемников реальная ширина спектра ЧМ колебания определяется:

$$\Delta F_{\text{ЧМ}} = 2 F_{\text{mod}} \cdot (1 + m_{\text{чМ}} + \sqrt{m_{\text{чМ}}}) \quad - \text{ при } m_{\text{чМ}} \leq 1,$$

$$\Delta F_{\text{ЧМ}} \approx 2 F_{\text{mod}} \cdot m_{\text{чМ}} \quad - \text{ при } m_{\text{чМ}} \gg 1,$$

$$\Delta F_{\text{ЧМ}} \approx 2 F_{\text{mod}} \quad - \text{ при } m_{\text{чМ}} \leq 0,5$$

Для многоканальных приемников ЧМ сигнала:

$$\Delta F_{\text{ЧМ}} = 2 F_{\text{mod}} \cdot N \cdot (1 + m_{\text{чМ}} + \sqrt{m_{\text{чМ}}}),$$

где  $N$  – количество каналов.

---

## *Задание на самоподготовку.*

1. Повторить материал учебного занятия по конспекту и указанной литературе.
  2. Тема следующего занятия 2/3 «Дискретная модуляция в системах СВЯЗИ.»
-