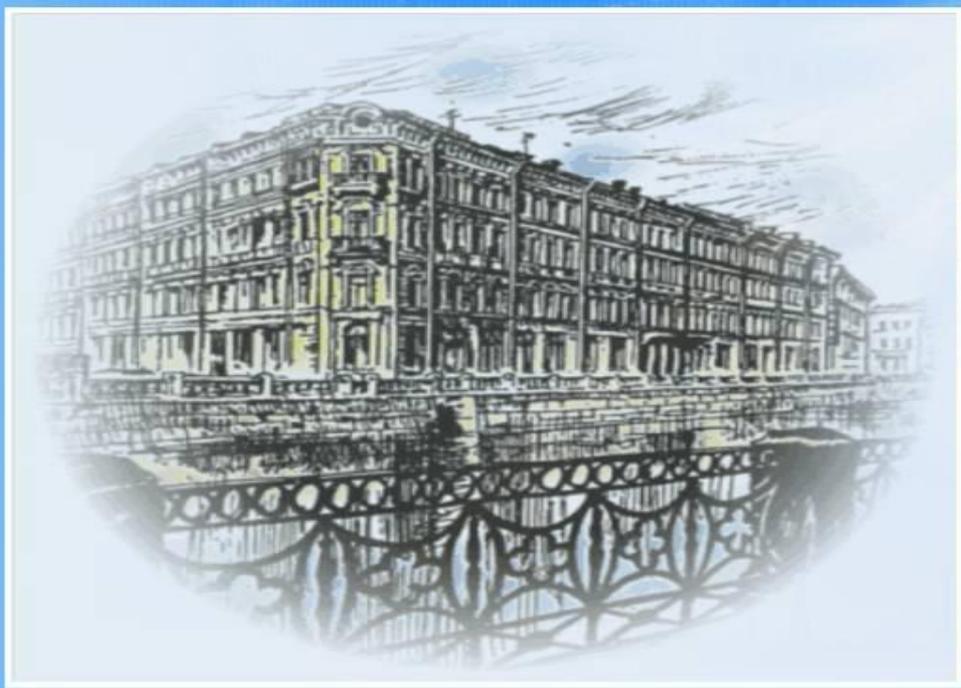




# Технологии измерений и мониторинга в сетях мобильной связи

## 2. Электромагнитная совместимость



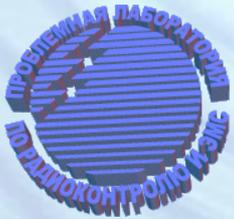
Антипин Борис Маврович,  
к.т.н., доцент кафедры  
«Телевидения и метрологии»  
(СПбГУТ).



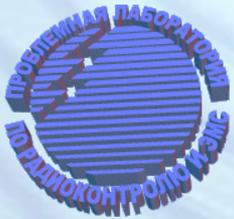
# Основные понятия и определения

**Электромагнитная совместимость технических средств – способность технического средства функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых помех другим техническим средствам.**

**ГОСТ Р50397-92**



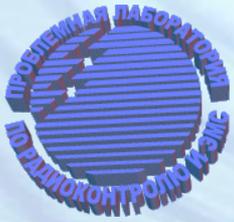
***Радиоэлектронные средства –***  
**технические средства, предназначенные**  
**для передачи и (или) приема радиоволн,**  
**состоящие из одного или нескольких**  
**передающих**  
**и (или) приемных устройств либо**  
**комбинации таких устройств и**  
**включающие в себя вспомогательное**  
**оборудование.**



***Высокочастотные устройства*** - оборудование или приборы, предназначенные для генерирования и использования радиочастотно энергии в промышленных, научных, медицинских, бытовых или других целях, за исключением применения в области электросвязи.



**Электромагнитная совместимость – способность радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств функционировать с установленным качеством в окружающей электромагнитной обстановке и не создавать недопустимые радиопомехи другим радиоэлектронным устройствам.**



**Электромагнитная обстановка (ЭМО)**  
– совокупность электромагнитных явлений,  
процессов в заданной области пространства,  
частотном и временном диапазонах.

**ГОСТ Р 50397 -92, ГОСТ 30372-95**



# Классификация источников непреднамеренных электромагнитных помех

Источник электромагнитных помех

Естественные

Искусственные

Внеземные    Земные

Радиоэлектронные

Системы зажигания

Аппаратура промышленная и широкого потребления

- Солнце
- Космические объекты
- Радиозвезды

- Атмосфера
- Разряды в осадках
- Среда распространения

- Средства радиовещания
- Радиорелейные линии
- Средства навигации
- РЛС
- Средства радиосвязи
- Аппаратура ИСЗ

- Двигатели
- Транспортные средства
- Станки и инструменты

- Сварочные аппараты
- Ультразвуковые устройства
- Медицинское оборудование
- Системы контроля производства
- Осветительные устройства
- Бытовые электроприборы



# Классификация излучений радиопередающего устройства

Излучения передатчиков

Основное излучение

Нежелательные излучения

Внеполосные

Побочные

Сигнальное

Шумовое

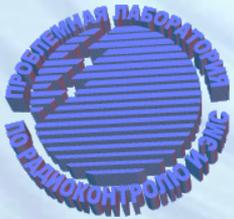
На гармониках

На субгармониках

Комбинационные

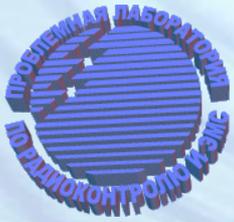
Паразитные

Интермодуляционные

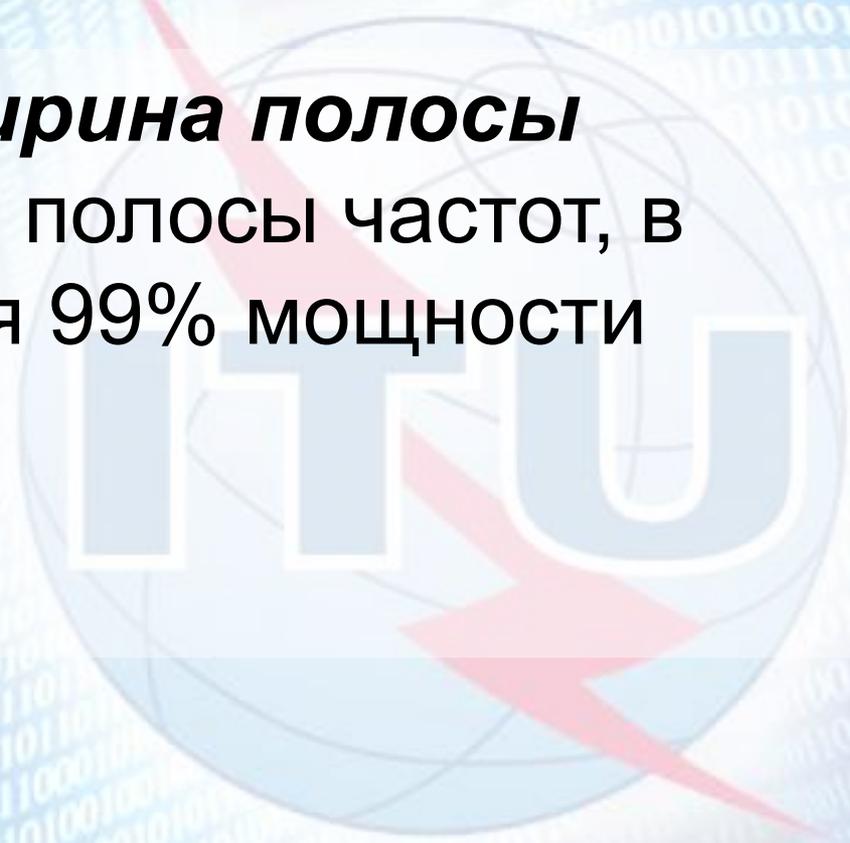


***Необходимая ширина полосы частот*** - ширина полосы частот, которая достаточна при данном классе излучения для обеспечения передачи сообщений с необходимой скоростью и качеством при определенных условиях.

Обозначения : H005= 5 Гц, 180K=180 кГц,  
16K0=16 кГц, 1M25=1,25 МГц, 5G65=5,65ГГц.

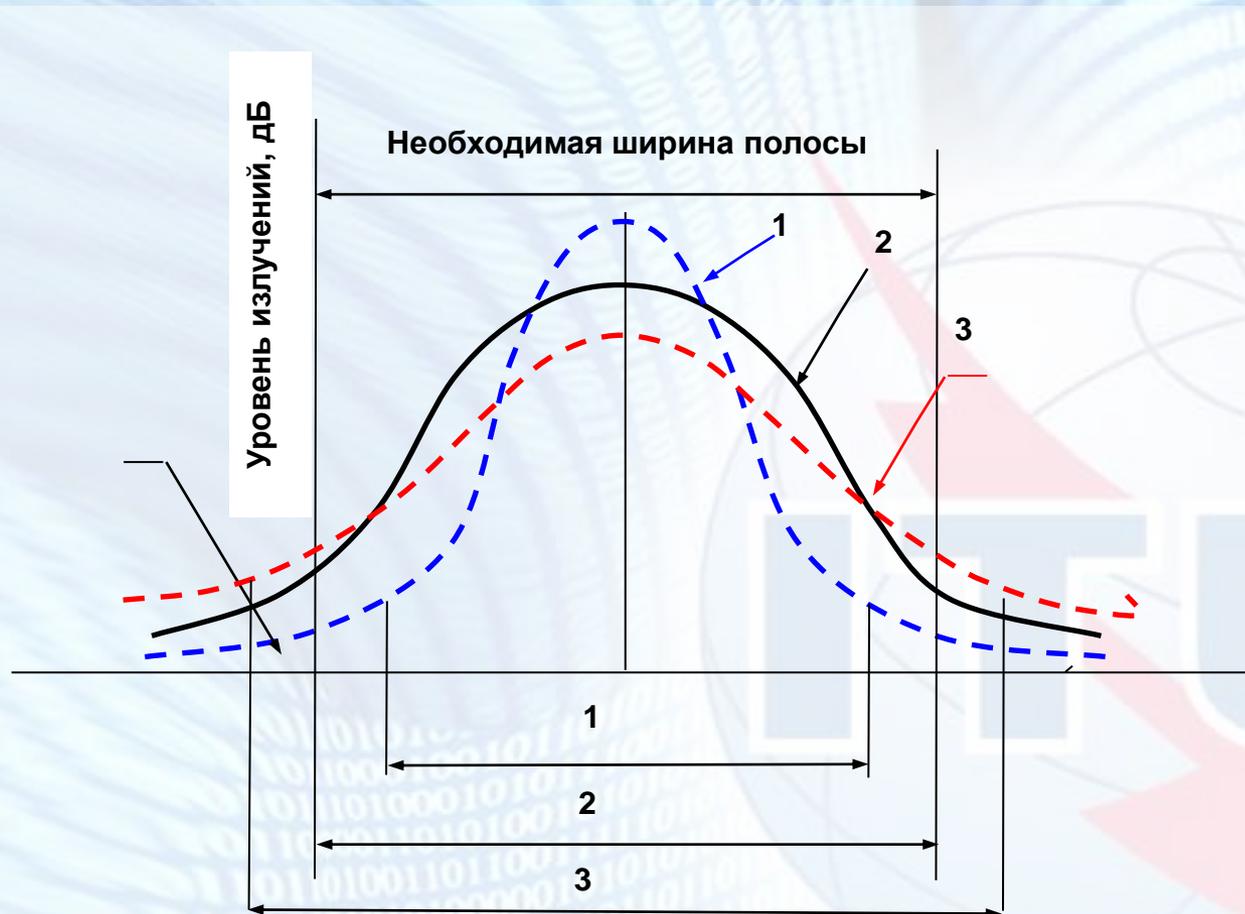


***Занимаемая ширина полосы частот*** - ширина полосы частот, в которой содержится 99% мощности излучения.

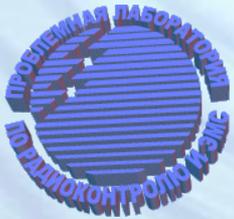




# Иллюстрация понятия «необходимая полоса частот»



- 1 – ширина занимаемой полосы меньше необходимой;**
- 2 – ширина занимаемой полосы равна необходимой;**
- 3 – ширина занимаемой полосы больше необходимой.**



## ***Класс излучения*** -

последовательность из трех-пяти символов, обозначающих совокупность характеристик излучения:

1 символ - тип модуляции основной несущей.

2 символ - характер сигнала, модулирующего основную несущую.

3 символ - тип передаваемой информации.

4 символ - подробные данные о сигнале.

5 символ - характер уплотнения.

Примеры: F3EGN, F8E, A1D, J3E, H2BFN, G7D

# Основные характеристики класса излучения:

- Первое обозначение - Тип модуляции основной несущей:
- Излучение немодулированной несущей N
- Излучения, при которых основная несущая модулируется по амплитуде :
  - Двухполосная A
  - Однополосная с полной несущей H
  - Однополосная с ослабленной несущей или с переменным уровнем несущей R
  - Однополосная с подавленной несущей J
- Излучения, при которых основная несущая имеет угловую модуляцию:
  - Частотная модуляция F
  - Фазовая модуляция G

# Основные характеристики класса излучения:

Прочие случаи, отличные от указанных выше, при которых излучение состоит из основной несущей, модулированной либо одновременно, либо в заранее установленной последовательности сочетанием двух или более из следующих методов модуляции:

амплитудной, угловой, импульсной W

Прочие случаи X



# Основные характеристики класса излучения:

Второе обозначение - Характер сигнала (сигналов), модулирующего основную несущую:

- Отсутствие модулирующего сигнала 0
- Один канал, содержащий квантованную или цифровую информацию без пользования модулирующей поднесущей 1;
- Один канал, содержащий квантованную или цифровую информацию при использовании модулирующей поднесущей 2;
- Один канал, с аналоговой информацией 3;
- Два и более каналов, содержащих квантованную или цифровую информацию 7;
- Два или более каналов с аналоговой информацией 8;
- Сложная система с одним или несколькими каналами, содержащими квантованную или цифровую информацию, совместно с одним или несколькими каналами, содержащими аналоговую информацию 9;
- Прочие случаи X

# Основные характеристики класса излучения:

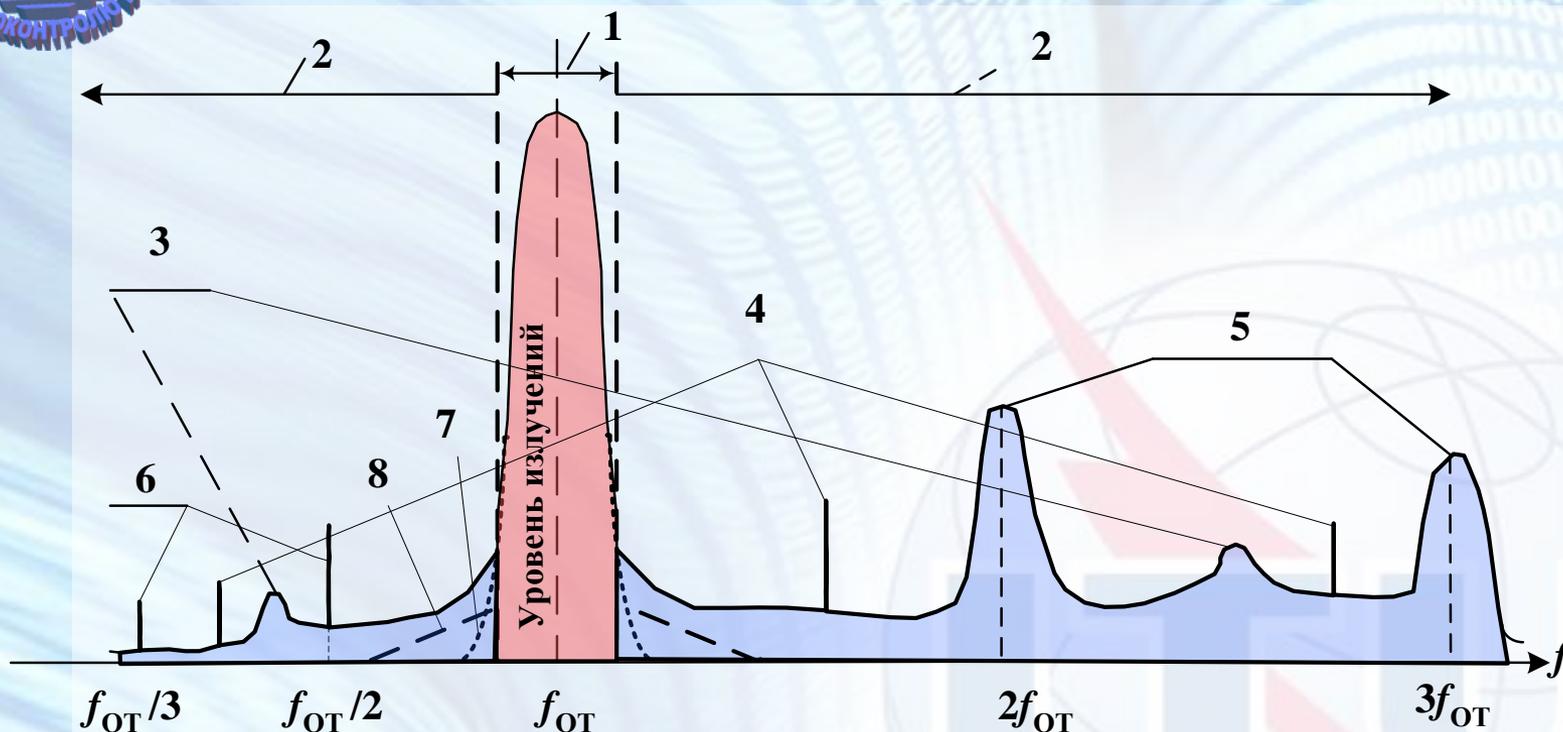
## Третье обозначение - Тип передаваемой информации

- Отсутствие передаваемой информации N
- Телеграфия для слухового приема A
- Телеграфия для автоматического приема B
- Факсимиле C
- Передача данных, телеметрия, телеуправление D
- Телефония З (включая звуковое радиовещание) E
- Телевидение (видео) F
- Сочетание указанных выше типов W
- Прочие случаи X

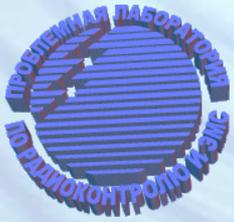
Примеры: 10M0G7W, 3M84G7W, 252KF7W



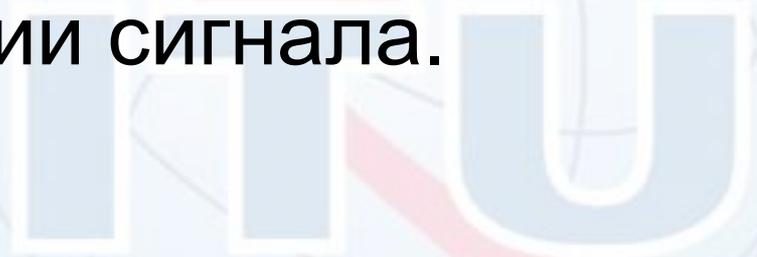
# Спектр излучения передатчика

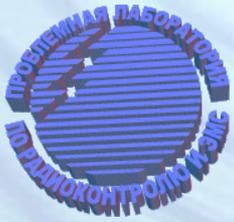


- 1- основные излучения;
- 2 - нежелательные излучения;
- 3 - паразитные излучения;
- 4 - комбинационные излучения;
- 5 - излучения на гармониках;
- 6 - излучения на субгармониках;
- 7 - внеполосные сигнальные излучения;
- 8 - внеполосные шумовые излучения

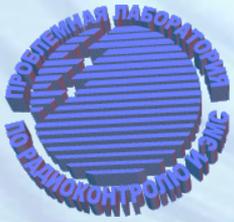


***Внеполосные излучения*** -  
нежелательные излучения в полосе  
частот, непосредственно примыкающей к  
необходимой полосе, являющиеся  
результатом модуляции сигнала.





***Побочные излучения*** -  
нежелательные излучения, вызванные  
нелинейными процессами,  
происходящими в передатчике при  
формировании несущей частоты и  
усилении высокочастотных колебаний.



***Комбинационные излучения*** -  
нежелательные излучения, возникающие  
в передатчике, когда основное излучение  
формируется путем преобразования  
вспомогательных колебаний.

ИГУ



***Паразитные излучения*** - побочные излучения , возникающие в результате самовозбуждения передатчика из-за паразитных связей в генераторных или усилительных приборах или в его каскадах.

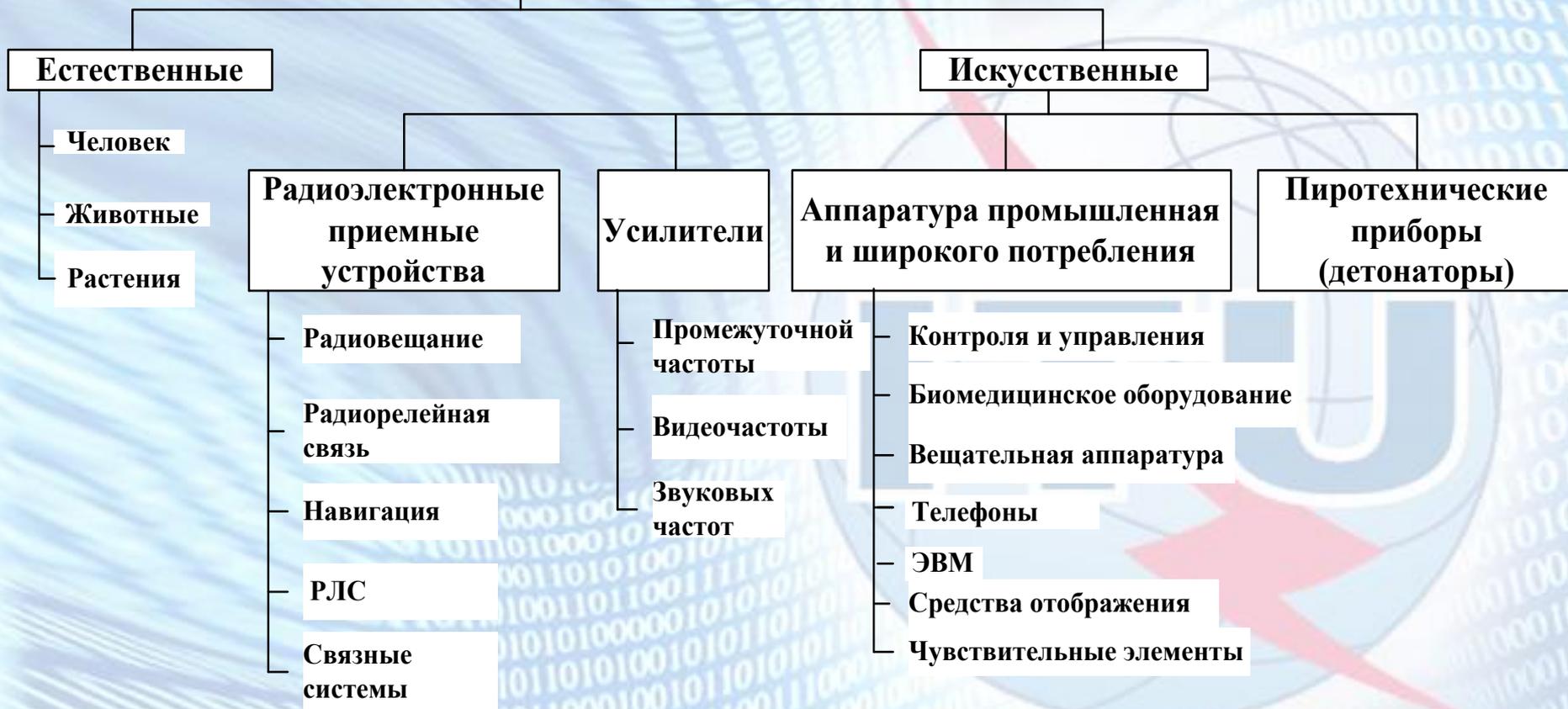


***Интермодуляционные излучения*** - побочные излучения , возникающие в результате воздействия на нелинейные элементы высокочастотного тракта передатчика генерируемых колебаний и внешнего электромагнитного поля.

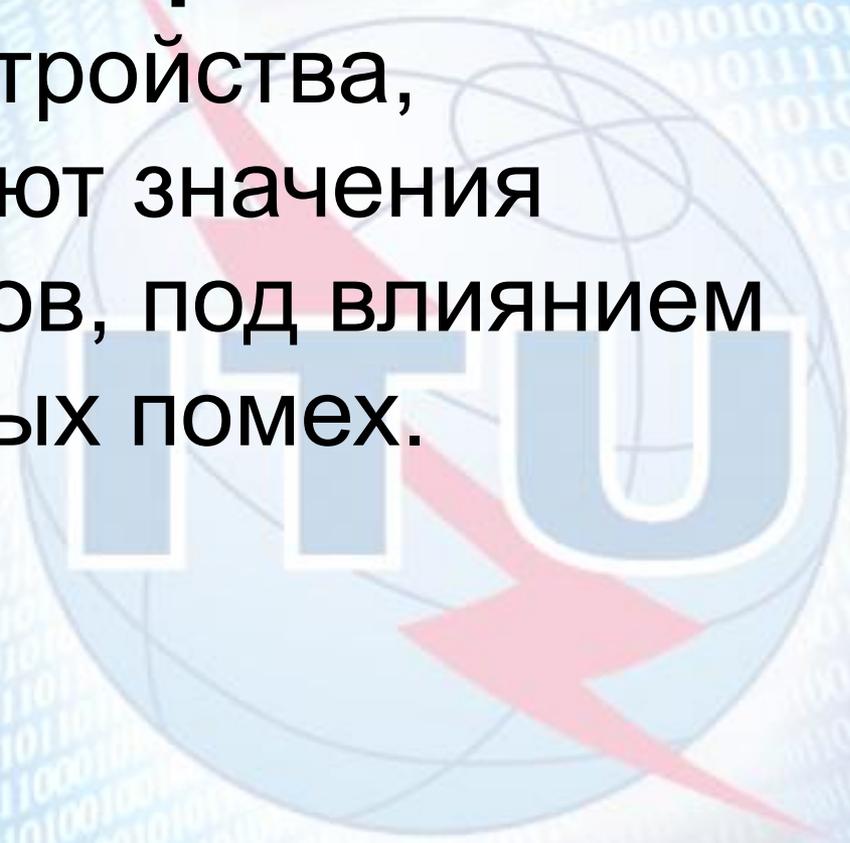


# Классификация рецепторов электромагнитных помех

## Рецепторы электромагнитных помех



**Рецепторы электромагнитных помех – устройства, которые изменяют значения своих параметров, под влиянием электромагнитных помех.**





# Каналы проникновения помех в радиоприёмник

## Каналы проникновения помех

**основной**

**нежелательные**

**внеполосный**

**побочный**

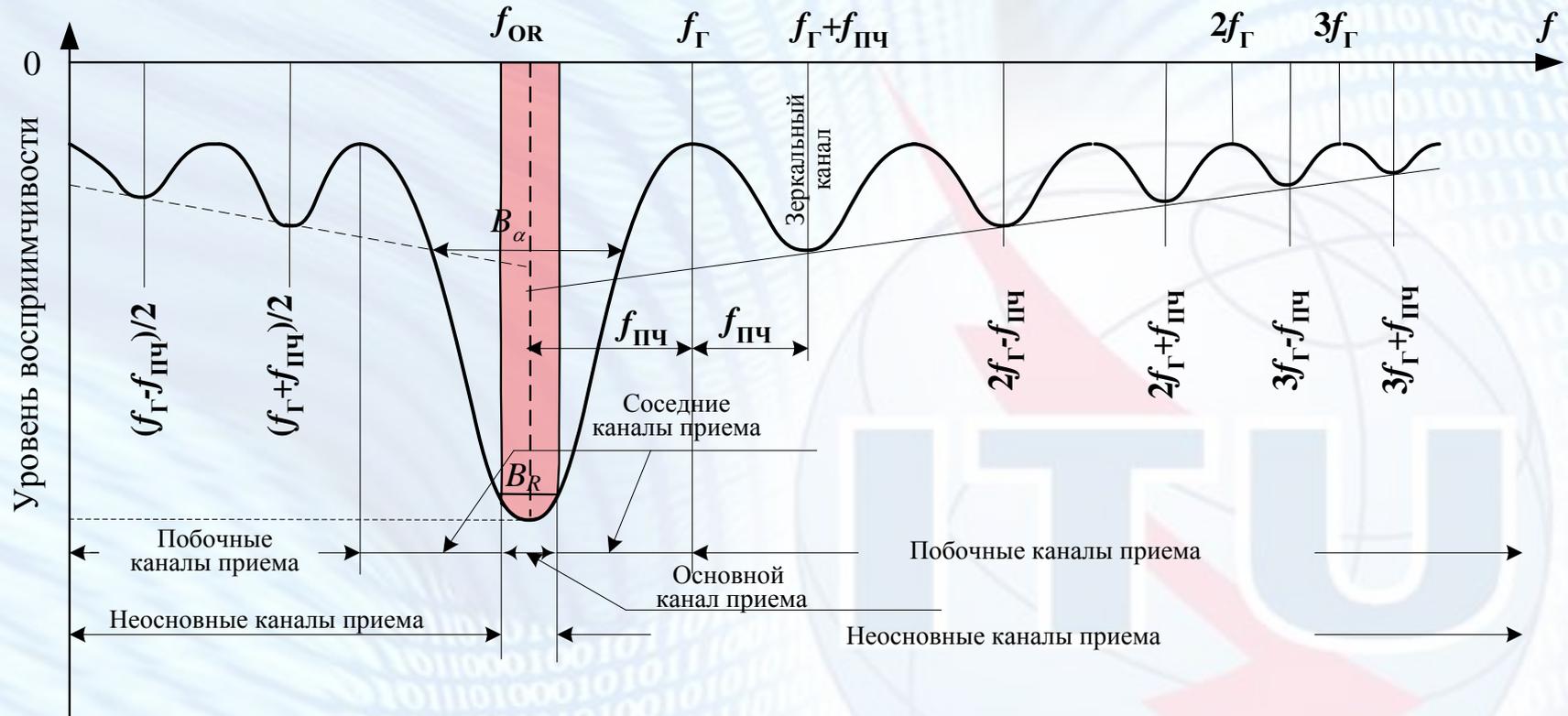
**Интермодуляционный  
канал**

**Промежуточная  
частота**

**Комбинационный  
канал**



# Характеристика частотной избирательности супергетеродинного приемника



$f_{0R}$  - частота сигнала (настройки) приемника;  
 $f_{\Gamma}$  - частота гетеродина;  
 $f_{ПЧ}$  - промежуточная частота



# Методы обеспечения ЭМС

## Классификация

### Организационные

- распределения частоты
- временная регламентация работы
- пространственный разнос
- регулировка мощности
- выбор поляризации
- выбор кода (стр-ры)

### Технические

- экранирование
- фильтрация
- заземление
- спец. методы защиты



# Контрольные вопросы

- 1. Основные причины возникновения проблемы электромагнитной совместимости.**
- 2. Основные источники помех.**
- 3. Назвать причины возникновения внеполосных излучений радиопередатчиков.**
- 4. Перечислить побочные излучения передатчиков.**
- 5. Дать определение необходимой полосы частот.**
- 6. Дать определение занимаемой полосы частот.**
- 7. Побочные каналы приёма супергетеродинного приёмника. Внеполосные каналы приёма.**
- 8. Методы обеспечения электромагнитной совместимости.**