

## Методические материалы кафедры (основные)

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**  
Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**Московский технический университет связи и информатики**  
Кафедра радиооборудования и схемотехники

Логвинов В.В.

Учебно-методическое пособие на курсовой проект  
по дисциплине

### **РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ И РАДИОДОСТУПА (1.2.16)**

Для студентов 3 и 4 курсов заочной формы обучения  
Направление подготовки: 11.03.02 Информационные технологии и системы связи  
Профиль подготовки: Системы радиосвязи и радиодоступа

Москва 2019

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**  
Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**Московский технический университет связи и информатики**  
Кафедра радиооборудования и схемотехники



Логвинов В.В.

Учебно-методическое пособие  
и задания на курсовой проект  
по дисциплине

### **РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ**

для студентов – заочников 4 курса  
(направление 210700 - Информационные технологии и системы связи), 11.03.02  
(профиль – Системы мобильной связи)

Москва 2016

Федеральное агентство связи  
Ордена трудового красного знамени федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И  
ИНФОРМАТИКИ**  
Кафедра радиооборудования и схемотехники

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
«КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОПРИЕМНЫХ  
УСТРОЙСТВ ДЛЯ ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ»**  
по дисциплине «Радиоприемные устройства для телерадиовещания» для  
студентов направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи», профиль «Цифровое телерадиовещание»

Москва 2018

# Методические материалы (дополнительные)

МИНИСТЕРСТВО ИНФОРМАТИЗАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И  
СВЯЗИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский технический университет связи и  
информатики

---

С.И. Дингес

## СХЕМОТЕХНИКА РЧ БЛОКОВ СИСТЕМ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Учебное пособие

Москва 2005/2014

Федеральное агентство связи

Ордена Трудового Красного Знамени  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский технический университет связи и  
информатики»

---

С.И. Дингес

## Оборудование систем мобильной связи

Учебное пособие

Москва 2016

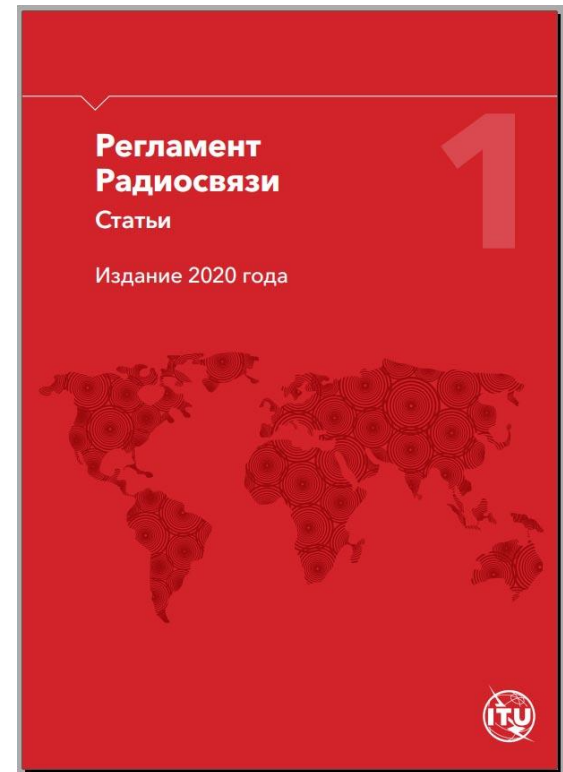
# Нормативные документы



## Регламент радиосвязи (PP)

**Регламент радиосвязи  
(договорной статус)**  
*объединяет в себе решения  
Всемирных конференций  
радиосвязи, в том числе все  
приложения, резолюции и  
Рекомендации МСЭ-R,  
включенные посредством  
ссылки*

- Распределения частотных блоков определенным службам радиосвязи (Статья 5)
- Обязательные или добровольные регламентарные процедуры (координация, изменение плана, заявление, регистрация), которые адаптированы к структуре таблицы распределения частот



## Регламент радиосвязи (РР) МСЭ



- Распределение полос частот радиослужбам
- Обязательные технические параметры, которым должны соответствовать радиостанции, особенно передатчики
- Процедуры, которым необходимо следовать для получения прав на использование спектра/орбиты
  - Во избежание вредных помех
- Определение конкретных полос частот для согласованного использования, например для международной подвижной электросвязи (ИМТ)
  - В целях обеспечения возможности эффекта масштаба, функциональной совместимости и роуминга.

Европейский институт стандартов в связи **ETSI** ([www.etsi.org](http://www.etsi.org)), партнёрство **3GPP** ([www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)) - всё о стандартах GSM, UMTS, LTE, TETRA

UMTS Форум ([www.ums-forum.org](http://www.ums-forum.org)) – стандарты 3 и 4 поколений

Ассоциация промышленности связи США TIA ([www.tiaonline.org](http://www.tiaonline.org))

Стандарты **IEEE 801....., IEEE 802.** - беспроводного доступа IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers - институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике)

Интернет-сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций

РФ: <http://www.minkomsvjaz.ru>.

**ГОСТы РФ**



# РЭС гражданского назначения

Протокол ГРЧ №06-18 от 11.12.2006

## TETRA

Протокол ГРЧ №06-15 от 26.06.2006

## IMT-TC-450 (CDMA)

Радиолубители P < 10 мВт

Не используются операторами

Мегатон  
МТС  
Билайн

SKY LINK  
CDMA-2000  
полоса 1,23 МГц  
f=2116,25/1926,25  
f=2120,00/1930,00  
f=2159,75/1969,75  
f=2164,00/1974,00

Скартел (Йота)  
P=160мВт, 60мВт, 10М00G(D)7W

Comstar WiMAX  
P=1,5Вт, 2Вт -> 6M00G(D)7W  
P=160мВт -> 5M00G(D)7W  
Comstar WiMAX  
P=160мВт -> 10M00G(D)7W

P=125мВт -> 16M6D4D;  
20M0G1D  
P=100мВт -> 22M0G1D;  
20M0G1D  
P=100мВт, 1Вт -> 11M6G1D  
P=7-15Вт -> 7M60G1D

Супер реальности  
P=100мВт, 20M0G1F  
Супер реальности  
P=500мВт, 10M0G1F  
ИнтерПроект  
P=100мВт, 5M00G(D)7W

## WIMAX или LTE

Решение ГРЧ 08-24-02-001  
Полоса 30-40 МГц

## 802.11b,g,n

Решение ГРЧ 07-20-03-001  
P=100мВт, DSSS, 14 каналов по 22 МГц, 3 непересекающихся.

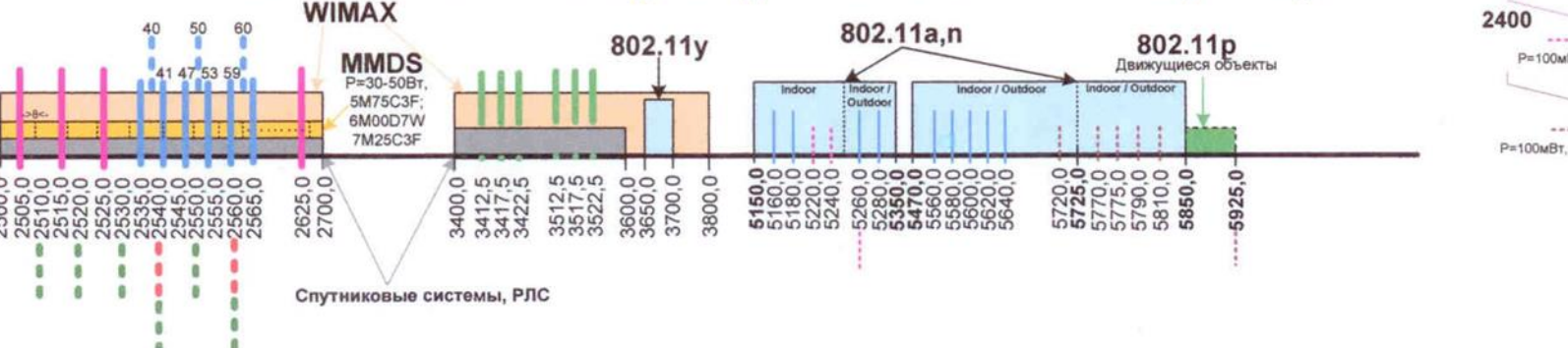
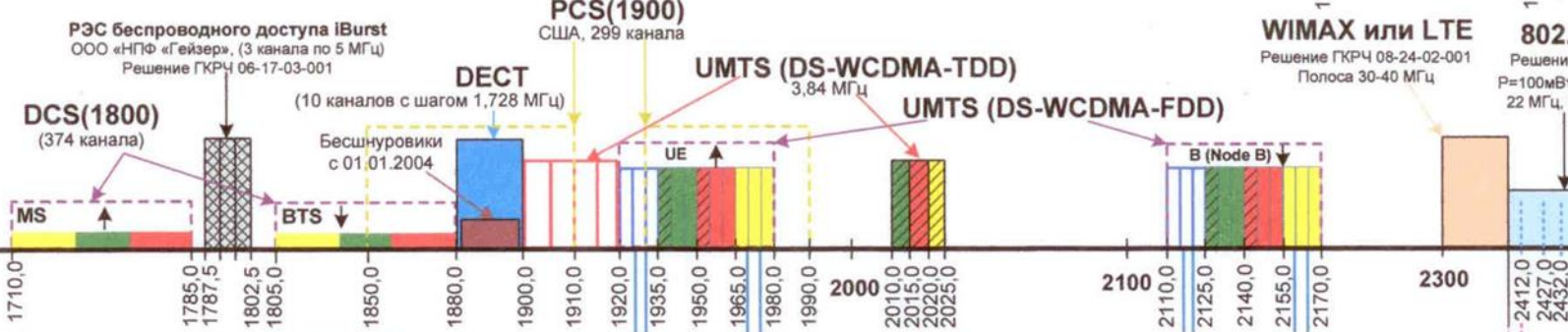
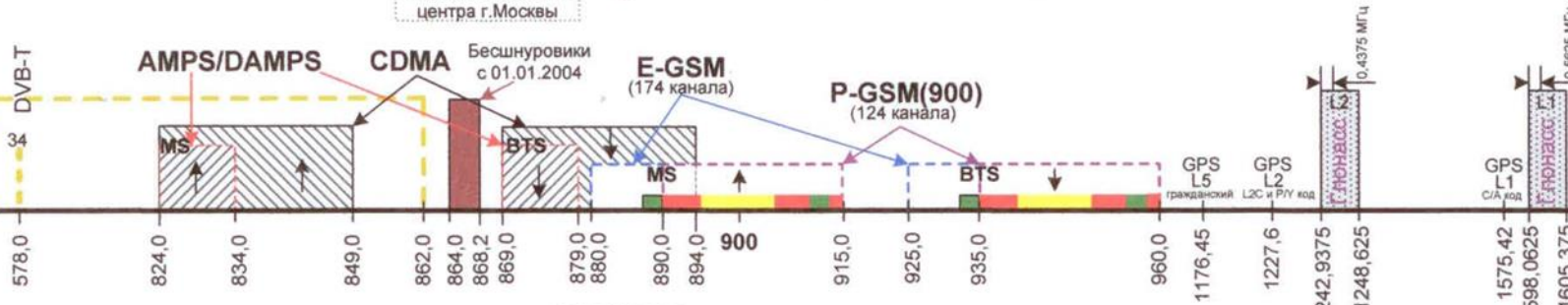
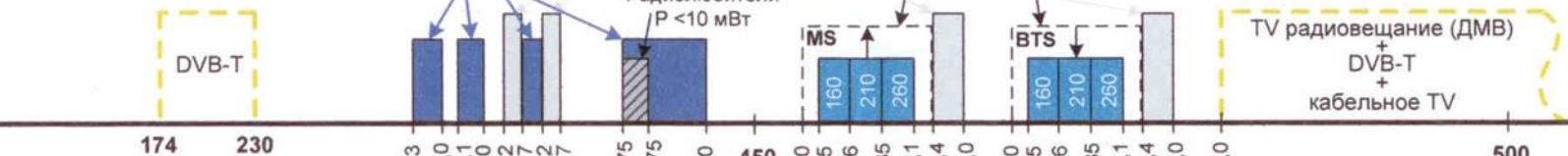
## Bluetooth

P=100мВт, FHSS, 79 каналов по 1МГц

## 802.11a,n

Движущиеся объекты

Дайком  
P=100мВт, 20M0G7D, 22M0G1D  
Таском  
P=100мВт, 1M00F1D, 15M0G7D, 20M0F1D - (5 Гц)



## *Информационные ресурсы по элементной базе*

### **Сайты фирм-производителей комплектующих изделий радиотракта радиоприемных устройств**

#### **ИМС и электроника**

<http://www.analog.com/>  
<http://www.mkp.com/>  
<http://www.maxim-ic.com/>  
<http://www.avagotech.com/>  
<http://www.ti.com/>  
<http://www.toko.com/>  
<http://www.rfmd.com/>  
<http://www.skyworksinc.com>  
<http://www.Philips>

#### **Пассивные компоненты**

<http://www.alphaind.com>  
<http://www.ctscorp.com/>  
<http://www.mobilcom.narod.ru>  
<http://www.epcos.com/>  
<http://www.fujitsumicro.com/>  
<http://www.kimicrowave.com/>  
<http://www.macom.com/>  
<http://www.microtech-inc.com/>  
<http://www.mdc-inc.net>  
<http://www.murata.com;>  
<http://www.murata.co.jp>  
<http://www.rfm.com/>  
[Semiconductor.com](http://Semiconductor.com)  
<http://www.sawtek.com/>  
<http://www.sigtech.com/>  
<http://www.toko.com/>  
[http://www.Spectrum Microwave.com](http://www.SpectrumMicrowave.com)  
[http://www.TriQuint Semiconductor.com](http://www.TriQuintSemiconductor.com)  
<http://www.butis-m.ru>

<https://www.mini-circuits.com>



УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ  
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА

Телефоны: (495) 957-7745, 361-0904  
Электронная почта: sales@radiocomp.ru

О нас Партнеры Разработки Информация Магазин



## Новости

Новые разработки компании «Радиокомп» на форуме по СВЧ-технике и телекоммуникационным технологиям

7 октября 2021. Новые разработки компании «Радиокомп» на форуме по СВЧ-технике и телекоммуникационным технологиям.

Компания «Радиокомп» на международной выставке систем безопасности «Интерполитех – 2021» (стенд 8С3-4)

1 октября. Компания «Радиокомп» на международной выставке систем безопасности «Интерполитех – 2021».

Квадратурные делители/сумматоры мощности компании «Радиокомп»

28 сентября 2021. Квадратурные делители/сумматоры мощности компании «Радиокомп»

## Наши разработки

### Фильтры ВЧ/СВЧ и устройства на их основе



Фильтры



Диплексеры



Фазовращатели



Направленные ответвители

### Отладочные платы



Отладочная плата  
для микросхемы  
1508ПЛ8Т



Отладочная плата  
для микросхемы  
1508ПЛ9Т



Отладочная плата  
для микросхемы  
ФАПЧ 1288ПЛ1У

### Устройства формирования сигналов



## **Для разработки РПрУ из нормативных документов определить:**

- Принцип дуплексирования (приём/передача)
- Полосу частот принимаемого сигнала
- Полосу частот передаваемого сигнала (своего оборудования)
- Вид (виды модуляции)
- Шаг (дискретность) перестройки по частоте
- Допустимая нестабильность частоты (принимаемого сигнала)
- Предельные показатели качества приёма (BER,  $E_b/N_0$ )
- Чувствительность
- Максимальный уровень входного сигнала
- Избирательность по соседнему каналу
- Избирательность по побочным каналам приёма
- Динамический диапазон (блокирование)



# Пример работы со стандартами

3GPP TS 05.05 V8.20.0 (2005-11)

3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group **GSM/EDGE**  
Radio Access Network; **Radio transmission and reception**

## Диапазоны частот и шаг сетки частот

2 Frequency bands and channel arrangement

i) GSM 450 Band:

- for GSM 450, the system is required to operate in the following band:
- 450,4 MHz to 457,6 MHz: mobile transmit, base receive;
- 460,4 MHz to 467,6 MHz: base transmit, mobile receive.

viii) PCS 1 900 Band:

- for PCS 1 900, the system is required to operate in the following band:
- 1 850 MHz to 1 910 MHz: mobile transmit, base receive;
- 1 930 MHz to 1 990 MHz: base transmit, mobile receive.

Operators may implement networks that operate on a combination of the frequency bands above to support **multi band mobile terminals**.

The carrier spacing is **200 kHz**.

## Полоса частот модулированного сигнала

### Annex A (informative):

Spectrum characteristics (spectrum due to the modulation)

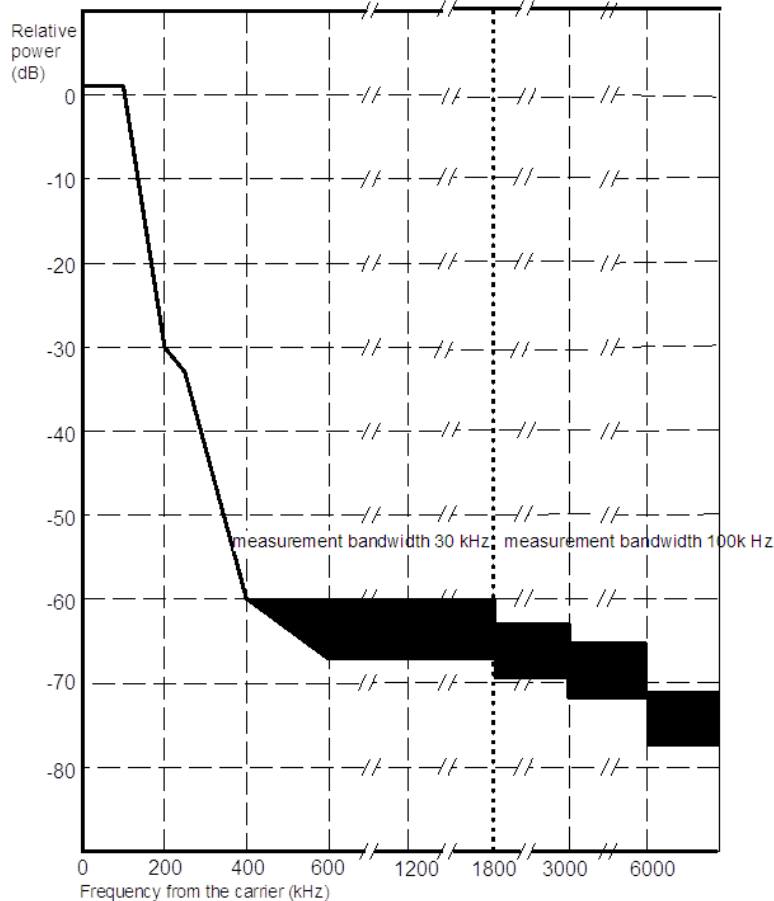


Figure A.1a: GSM 400, GSM 900 and GSM 850 MS spectrum due to **GMSK** modulation

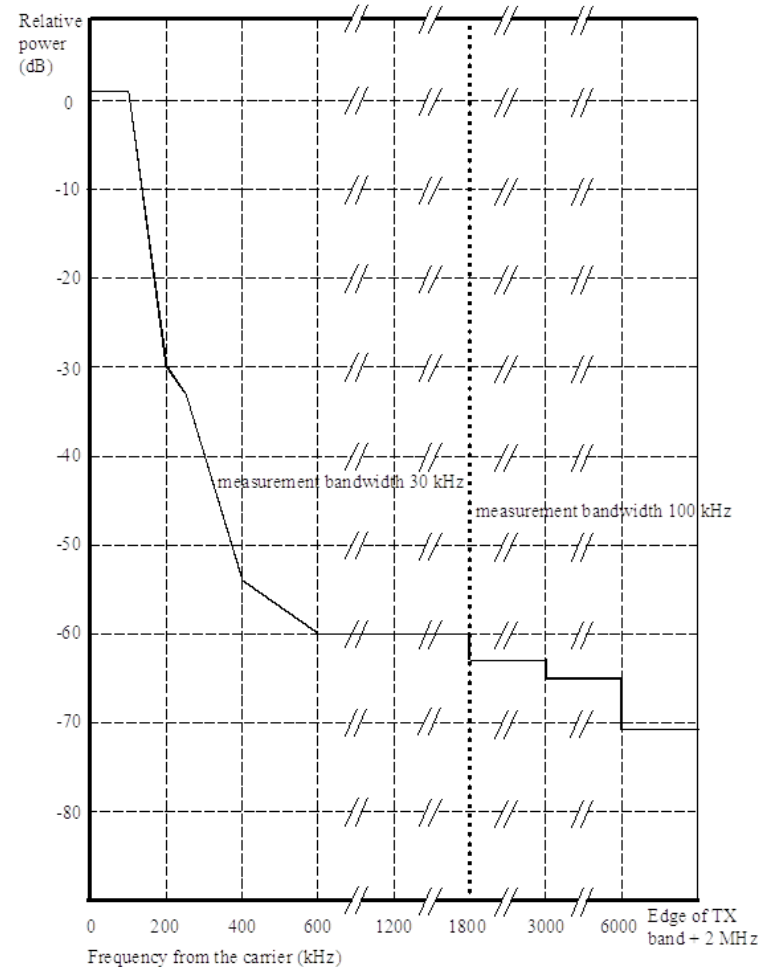


Figure A.1b: GSM 400, GSM 900 and GSM 850 MS spectrum due to **8-PSK** modulation

# Модуляция

## 4.6 Modulation accuracy

### 4.6.1 GMSK modulation

.....

### 4.6.2 8-PSK modulation

When measuring the error vector a receive filter at baseband shall be used, defined as a **raised-cosine filter** with roll-off 0,25 and single side-band 6 dB bandwidth 90 kHz.

#### 4.6.2.1 RMS EVM

.....

## 5 Receiver characteristics

### Эталонная чувствительность

The **reference sensitivity** performance as specified in **tables 1, 1a, 1b, 1c, 1d and 1e** according to the type of **channel and the propagation condition**.

### 6.2 Reference sensitivity level

The **actual sensitivity level** shall be **less** than a **specified limit**, called the **reference sensitivity level**.

## Примеры:

### GSM 900 MS

-	for GSM 900 small MS	-102 dBm
-	for other GSM 900 MS	-104 dBm

### GSM 900 BTS, GSM 850 BTS and MXM 850

-	for normal BTS	-104 dBm
-	for micro BTS M1	-97 dBm
-	for micro BTS M2	-92 dBm
-	for micro BTS M3	-87 dBm
-	for pico BTS P1	-88 dBm

The reference performance shall be: (качество приёма)

- for data channels (E-TCH/F), transparent services (T)

**BER ≤ 0,1%**

- for data channels (E-TCH/F), non-transparent services (NT))

**BLER ≤ 10%**



# 5.1      Blocking characteristics (характеристики блокирования)

нужны для определения селективности – выбора фильтров

**Пример:** область измерений для  
a useful signal, modulated with the relevant supported modulation (GMSK or 8-PSK), at  
frequency fo, **3 dB above the reference sensitivity level**

Frequency band	Frequency range (MHz)			
	GSM 900		E-GSM 900	R-GSM 900
	MS	BTS	BTS	BTS
in-band	915 - 980	870 - 925	860 - 925	856 - 921
out-of-band (a)	0,1 - < 915	0,1 - < 870	0,1 - < 860	0,1 - < 856
out-of-band (b)	N/A	N/A	N/A	N/A
out-of band (c)	N/A	N/A	N/A	N/A
out-of band (d)	> 980 - 12,750	> 925 - 12,750	> 925 - 12,750	> 921 - 12,750

**Пример:** при этих отстройках и уровнях помех (**sine wave signal (f)**) РПрУ должно обеспечивать чувствительность только на **3 дБ хуже эталонной**. Остаток неподавленной помехи добавляется к **N0** и уменьшает отношение **Eb/N0**

Frequency  band	GSM 400, P-, E- and R-GSM 900						DCS 1 800 & PCS 1 900			
	other MS		small MS		BTS		MS		BTS	
	dBμV (emf)	dBm	dBμV (emf)	dBm	dBμV (emf)	dBm	dBμV (emf)	dBm	dBμV (emf)	dBm
<b>in-band</b>										
600 kHz $\leq  f-f_0  < 800$ kHz	75	-38	70	-43	87	-26	70	-43	78	-35
800 kHz $\leq  f-f_0  < 1,6$ MHz	80	-33	70	-43	97	-16	70	-43	88	-25
1,6 MHz $\leq  f-f_0  < 3$ MHz	90	-23	80	-33	97	-16	80	-33	88	-25
3 MHz $\leq  f-f_0 $	90	-23	90	-23	100	-13	87	-26	88	-25
<b>out-of-band</b>										
(a)	113	0	113	0	121	8	113	0	113	0
(b)	-	-	-	-	-	-	101	-12	-	-
(c)	-	-	-	-	-	-	101	-12	-	-
(d)	113	0	113	0	121	8	113	0	113	0

### F.2.5 Frequency error

The increase in frequency error of a GSM input signal, which meets the frequency accuracy requirements of 3GPP TS 05.10, shall be no greater than **0,05 ppm**. To есть -  $0,05 \cdot 10^{-6} \approx 10^{-7}$

### F.3.1 Gain

With a GSM input signal at any level in the range **-102 dBm** to **-20 dBm** for a GSM 400 and GSM 900 AFLC and **-100 dBm** to **-20 dBm** for a DCS 1 800 AFLC, the gain shall be 0 dB with a tolerance of  $\pm 1$  dB.

For test purposes, it is sufficient to use a CW signal to test this requirement.

### F.3.2 Noise figure

The noise figure shall be less than **7 dB** for a GSM 400 and GSM 900 AFLC and less than **7 dB** for a DCS 1 800 AFLC.

### F.3.4 Intermodulation performance

The **output third order intercept point** shall be greater than **-10 dBm**.