ITUПубликации

Международный союз электросвязи
Сектор радиосвязи

ОТЧЕТ МСЭ-R SM.2048-1

(06/2023)

Серия SM: Управление использованием спектра

Использование критерия для ширины полосы в *x* дБ для определения спектральных свойств передатчика во внеполосной области

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: https://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Отчетов МСЭ-R

(Представлены также в онлайновой форме по адресу: https://www.itu.int/publ/R-REP/ru.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	**Управление использованием спектра**
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот

Примечание. – *Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке Исследовательской комиссией в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.*

Электронная публикация
Женева, 2024 г.

© ITU 2024

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

ОТЧЕТ МСЭ-R SM.2048-1

Использование критерия для ширины полосы в *x* дБ для определения спектральных свойств передатчика во внеполосной области

(2004-2023)

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1 Описание подхода, используемого некоторыми администрациями 2

2 Термины и определения 2

3 Классы излучения 2

4 Требования, касающиеся контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и внеполосных излучений 2

5 Метод измерения контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы ООВ-спектров 35

6 Метод измерения внеполосных излучений передатчиков морской подвижной службы в классах излучения R3EJN, H3EJN, H2BBN, J3EJN 42

7 Метод измерения ширины полосы ООВ-спектров бортовых передатчиков воздушной подвижной службы 43

Приложение 1 – Преобразование данных по ООВ-спектрам передатчика, выраженных через смещение от центра необходимой ширины полосы 44

Приложение 2 – Внесение поправки в необходимую ширину полосы при пониженном значении коэффициента ошибок канала связи 45

Приложение 3 – Общие требования к измерительным приборам 46

Приложение 4 – Пример графика пределов ООВ-излучений, иллюстрирующего проверку соответствия излучений нормативным требованиям администрации 47

Приложение 5 – Условные обозначения и сокращения 48

1 Параметры и переменные 48

2 Список сокращений, обозначающих типы модуляции, используемые в настоящем Отчете 50

1 Описание подхода, используемого некоторыми администрациями

1.1 Описан метод, используемый некоторыми администрациями для определения и измерения следующих спектральных свойств передатчиков в области внеполосных излучений (ОоВ) (см. пункт 1.2 Рекомендации МСЭ-R SM.1541): ширина полосы излучения передатчика, за пределами которой начинается излучение ОоВ, и излучение ОоВ как таковое.

Разные администрации могут использовать разные методы измерения спектральных свойств передатчиков в области ОоВ.

1.2 Спектральные свойства передатчика, указанные в пункте 1.1, определяются и измеряются на основе единого критерия – ширины полосы на уровне *x* дБ (см. пункт 1.8 Рекомендации МСЭ-R SM.328).

1.3 Ширина полосы излучения передатчика[1] описывается и измеряется на основе контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ ($B_{c–30}$). Для каждого класса излучений или для группы классов излучений, в зависимости от ситуации, имеются формулы, связывающие эту контрольную ширину полосы с необходимой (см. раздел 2 Рекомендации МСЭ-R SM.328).

1.4 Внеполосные излучения определяются и измеряются с использованием значений ширины полосы их спектров, полученных на уровнях –40 дБ ($B_{–40}$), –50 дБ ($B_{–50}$) и –60 дБ ($B_{–60}$), а также на других уровнях для определенных классов излучений, и сравниваются с соответствующим значением контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $Bc_{–30}$, и через него с необходимой шириной полосы B_n.

1.5 Для некоторых классов радиолокационных сигналов в настоящее время доступны только полосы ОоВ, начиная с $B_{–40}$. С другой стороны, для некоторых классов радиолокационных сигналов дополнительно представлены полосы внутриполосного спектра на уровне –20 дБ ($B_{–20}$) для лучшего представления спектральных свойств излучений в пограничной области между внутриполосными и внеполосными спектрами. В других случаях для той же цели используются и другие уровни *x* дБ.

1.6 Данные, приведенные в таблицах 1–3, также могут использоваться для целей радионаблюдения с помощью процедур, описанных в Рекомендации МСЭ-R SM.443.

2 Термины и определения

Термины и определения, используемые в настоящем документе, соответствуют терминам и определениям, приведенным в Регламенте радиосвязи (РР) и Рекомендации МСЭ-R SM.328.

3 Классы излучения

Классы излучения приведены в Приложении **1** к РР.

4 Требования, касающиеся контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и внеполосных излучений

4.1 Основой для определения контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и внеполосных излучений служит необходимая ширина полосы B_n; она определяется по формулам из таблицы 1 на основе значений, приведенных в Рекомендациях МСЭ-R SM.328, МСЭ-R SM.853 и МСЭ-R SM.1138. При расчете необходимой ширины полосы следует использовать параметры модуляции, предусмотренные в настоящих требованиях для рассматриваемого класса излучения и типа передатчика. Символы и сокращенные обозначения типов модуляции, используемые в настоящем Отчете, поясняются в Приложении 5. Цифры, единицы измерения и примечания в таблице 1 основаны

[1] В контексте настоящего Отчета контрольная ширина полосы – это измеренная ширина полосы, которая может оказаться полезной для сравнения измерений различных сигналов или обеспечения соответствия нормативным требованиям. В некоторых администрациях выражение "контрольная ширина полосы" эквивалентно выражению "оценочная ширина полосы".

на опыте администраций, упомянутых в разделе 1. Примеры расчетов необходимой ширины полосы для ряда классов излучений, указанных в таблице 1, приведены в Рекомендации МСЭ-R SM.1138.

4.2 Требования по ширине полосы излучений определяются с использованием формул, приведенных в таблице 1, и соответствуют значениям контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, B_{c-30}, указанным и измеренным относительно определенного уровня 0 дБ (опорного), см. пункт 5.27.

4.3 Требования по внеполосным излучениям приведены в виде ширины полосы их спектров по фиксированным уровням *x* дБ, где значения *x* составляют –40, –50 и –60 дБ (а соответствующие полосы – это B_{-40}, B_{-50} и B_{-60}) относительно определенного уровня 0 дБ (опорного). Способ определения опорного уровня описан в пункте 5.27. Для некоторых классов излучения используются и другие уровни. Для указания значений ширины полосы на этих уровнях *x* дБ используются формулы, приведенные в таблице 1. В пункте 4.7 приведен пример построения маски внеполосного излучения по таблице 1.

4.4 Также может потребоваться, чтобы измеренные значения контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и значения ширины полосы спектров ОоВ, определенные в пункте 4.3, не превышали указанных значений этих параметров более чем на 10%; эта цифра учитывает погрешность измерения, связанную с методом, описанным в разделе 5.

4.5 В таблице 2 приведены требования по внеполосным излучениям ВЧ-передатчиков на борту воздушных судов, работающих в классах излучения H2BBN, H3EJN, J3EJN, J7BCF и JXX--[1].

4.6 В таблице 3 приведены требования по внеполосным излучениям передатчиков морской подвижной службы, работающих в классах излучения H2BBN, H3EJN, J3EJN и R3EJN.

---

[1] Для указания неиспользуемых дополнительных параметров в обозначении класса излучения используются дефисы (см. Приложение 5).

ТАБЛИЦА 1

Расчет контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы ООВ-спектров

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1 Амплитудная модуляция				
1.A Сигнал с квантованной или цифровой информацией				
Телеграфия, непрерывная волна **A1AAN**, **A1BBN**	Передатчики фиксированной службы Передатчики наземной и морской подвижной службы > 100 Вт	$B_n = K_{fade}\,B$ K_{fade} = 5 для линий с затуханием K_{fade} = 3 для линий без затухания	$B_{c–30} = B_n$ $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}6B_{c–30}$ $B_{–60} = 2B_{c–30}$	Коэффициент K_{fade} определяется в технических инструкциях для различных типов передатчиков в зависимости от назначения передатчика и используемого диапазона частот
	Передатчики наземной и морской подвижной службы ≤ 100 Вт	$B_n = 5B$	$B_{c–30} = 7B$ $B_{c–30} = 1{,}4B_n$ $B_{–40} = 1{,}86B_{c–30}$	
	Бортовые передатчики воздушной подвижной службы	$B_n = 5B$	$B_{c–30} = 7B$ $B_{c–30} = 1{,}4B_n$ $B_{–40} = 1{,}86B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}3B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}8B_{c–30}$	Требования применяются для скоростей манипуляции ниже 20 бод; для скоростей выше 20 бод вводятся ограничения по согласованию с заказчиком
Двоичная амплитудно-смещенная несущая **A1D**		$B_n = 5B$	$B_{c–30} = 1{,}4B_n = 7B$ $B_{–40} = 1{,}4B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}5B_{c–30}$ $B_{–60} = 4{,}5B_{c–30}$	$B_{–25} = B_n$
	Радиоканал	$B_n = K_{fade}\,B$ K_{fade} = 3 для линий без затухания K_{fade} = 5 для линий с затуханием	$B_{c–30} = 1{,}05B_n$ $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}6B_{c–30}$ $B_{–60} = 2B_{c–30}$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
Тональная телеграфия **A2AAN**, **A2BBN**		$B_n = 2F_U + 5B$	$B_{c–30} = 2F_U + 6{,}8B$ $B_{–40} = 2F_U + 13B$	
Многоканальная телеграфия **A7B**, **A7D**		$B_n = 2B_{ch}$	$B_{c–30} = B_n$ $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}6B_{c–30}$ $B_{–60} = 2B_{c–30}$	
Тональная телеграфия, одна боковая полоса, полная несущая **H2BBN** **H2BFN**		$B_n = 2F_U + 5B$	$B_{c–30} = B_n$ $B_{–40} = 1{,}25B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}55B_{c–30}$ $B_{–60} = 2B_{c–30}$	Не распространяется на передатчики воздушной и морской подвижной службы, требования к которым приведены соответственно в таблицах 2 и 3
	Сигнал избирательного вызова с использованием последовательного одночастотного кода	$B_n = F_U$	$B_{c–30} = B_n$ $B_{–40} = 1{,}25B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}55B_{c–30}$ $B_{–60} = 2B_{c–30}$	
Однополосная телеграфия, подавленная несущая **J2A--**(1)		$B_n = 5B$	$B_{c–30} = B_n$ $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–60} = 2B_{c–30}$	
Узкополосная тональная телеграфия **J2B**, **J2D**	Морская подвижная служба NBPM	$B_n = 1{,}1B$	$B_{c–30} = 2{,}5B$ $B_{–40} = 2B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}8B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}6B_{c–30}$	
Тональная телеграфия, одна боковая полоса, подавленная несущая **J2BBN**	Вторичное мультиплексирование канала, образованного однополосным передатчиком с подавленной несущей и голосовыми пакетами на поднесущей 1 кГц или 1,6 кГц	$B_n = 5B$	$B_{c–30} = B_n$ $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}6B_{c–30}$ $B_{–60} = 2B_{c–30}$	
		$B_n = 5B$	$B_{c–30} = 1{,}36B_n = 6{,}8B$ $B_{–40} = 1{,}9B_{c–30}$	Применимо к передатчикам наземной подвижной службы мощностью ≤ 100 Вт

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	Дополнительные характеристики	Расчет		Примечания
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)	
Тональная телеграфия, одна боковая полоса, подавленная несущая **J2BBN**	Двухпозиционный код без исправления ошибок, передатчики наземной подвижной службы мощностью ≤ 100 Вт	$B_n = 5B$	$B_{c–30} = 1{,}36B_n = 6{,}8B$ $B_{–40} = 1{,}25B_{c–30}$	
Тональная телеграфия, одна боковая полоса, подавленная несущая **J2BCN**	Двухпозиционный код с исправлением ошибок, передатчики наземной подвижной службы	$B_n = 5B$	$B_{c–30} = B_n$ $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}6B_{c–30}$ $B_{–60} = 2B_{c–30}$	
		$B_n = 5B$	$B_{c–30} = 1{,}36B_n = 6{,}8B$ $B_{–40} = 1{,}9B_{c–30}$	Применимо к передатчикам наземной подвижной службы мощностью ≤ 100 Вт
Многоканальная тональная телеграфия, одна боковая полоса, ослабленная несущая **R7BCF**, **R7BCN**, **R7DCN**		$B_n = F_U$, где F_U – верхняя частота канала SSB	$B_{c–30} = 1{,}2B_n = 1{,}2F_U$ $B_{–40} = 1{,}75B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}33B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}75B_{c–30}$	
Многоканальная тональная телеграфия, одна боковая полоса, подавленная несущая **J7BCF**		$B_n = F_{uc} – F_{lc}$, где: F_{uc}: верхняя частота канала SSB; F_{lc}: нижняя частота канала SSB	$B_{c–30} = 1{,}2B_n = 1{,}2(F_{uc} – F_{lc})$ $B_{–40} = 1{,}75B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}33B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}75B_{c–30}$	
Узкополосная тональная телеграфия **J7B**	Морская подвижная служба NBPM	$B_n = 1{,}1B$	$B_{c–30} = 2{,}3B_n = 2{,}5B$ $B_{–40} = 2B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}8B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}6B_{c–30}$	
Многоканальная телеграфия **J7B**	Исключая передатчики морской подвижной службы	$B_n = F_{uc} – F_{lc}$	$B_{c–30} = 1{,}4B_n$ $B_{–40} = 1{,}6B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}2B_{c–30}$ $B_{–60} = 2{,}9B_{c–30}$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1.B Телефония (не звуковое вещание)				
Телефония, две боковые полосы, одноканальная **A3EJN**	Передатчики фиксированной службы без коррекции частотной характеристики	$B_n = 2F_U$	$B_{c–30} = 1{,}9B_n = 3{,}8F_U$ $B_{–40} = 1{,}74B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}16B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}53B_{c–30}$	
	Передатчики фиксированной службы с коррекцией частотной характеристики и передатчики подвижной службы	$B_n = 2F_U$	$B_{c–30} = 2{,}5B_n = 5F_U$ $B_{–40} = 1{,}8B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}12B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}52B_{c–30}$	
	Бортовые передатчики воздушной подвижной службы	$B_n = 2F_U$	$B_{c–30} = 2{,}5B_n = 5F_U$ $B_{–40} = 1{,}8B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}2B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}6B_{c–30}$	
Однополосная телефония, полная несущая **H3EJN** Ослабленная несущая **R3EJN**	Передатчики фиксированной службы	$B_n = F_U$	$B_{c–30} = 1{,}15B_n = 1{,}15F_U$ $B_{–35} = 1{,}09B_{c–30}$ $B_{–40} = 1{,}39B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}52B_{c–30}$ $B_{–60} = 4{,}7B_{c–30}$	
	Передатчики наземной подвижной службы мощностью > 100 Вт	$B_n = F_U$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n = 1{,}2F_U$ $B_{–40} = 1{,}75B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}33B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}75B_{c–30}$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
Однополосная телефония, полная несущая **H3EJN** Ослабленная несущая **R3EJN**	Передатчики наземной подвижной службы мощностью ≤ 100 Вт	$B_n = F_U$	$B_{c–30} = 1{,}8B_n = 1{,}8F_U$ $B_{–40} = 1{,}9B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}33B_{c–30}$ $B_{–60} = 6{,}11B_{c–30}$	
Два или более телефонных каналов с частотным мультиплексированием **A8EJN**	Радиолинии фиксированной службы	$B_n = 2F_U$ F_U : верхняя частота групповой полосы	$B_{c–30} = 5F_U = 2{,}5B_n$ $B_{–40} = 1{,}8B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}2B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}6B_{c–30}$	
Два или более телефонных каналов, объединяющих различные типы передачи **A8W**	Телевизионная ретрансляция	$B_n = 2F_{sc} + 2F_U + 2D$	$B_{c–30} = 2{,}5B_n$ $B_{–40} = 1{,}8B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}2B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}6B_{c–30}$	
Однополосная телефония, подавленная несущая **J3EJN**	Передатчики фиксированной службы	$B_n = F_{uc} – F_{lc}$	$B_{c–30} = 1{,}15B_n = 1{,}15(F_{uc} – F_{lc})$ $B_{–35} = 1{,}09B_{c–30}$ $B_{–40} = 1{,}39B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}52B_{c–30}$ $B_{–60} = 4{,}7B_{c–30}$	
	Передатчики наземной и морской подвижной службы мощностью > 100 Вт	$B_n = F_{uc} – F_{lc}$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n = 1{,}2(F_{uc} – F_{lc})$ $B_{–40} = 1{,}91B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}33B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}75B_{c–30}$	
	Передатчики наземной и морской подвижной службы мощностью ≤ 100 Вт	$B_n = F_{uc} – F_{lc}$	$B_{c–30} = 1{,}8B_n = 1{,}8(F_{uc} – F_{lc})$ $B_{–40} = 1{,}9B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}3B_{c–30}$ $B_{–60} = 6{,}1B_{c–30}$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
Телефония, передача в независимых боковых полосах, ослабленная или подавленная несущая **B8EJN**	Телефония в двух независимых полосах	$B_n = 2F_U$	$B_{c–30} = 1{,}05B_n = 2{,}1F_U$ $B_{–40} = 1{,}43B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}57B_{c–30}$ $B_{–60} = 4{,}67B_{c–30}$	
	Телефония в четырех независимых полосах	$B_n = 4F_U$	$B_{c–30} = 1{,}05B_n = 4{,}2F_U$ $B_{–40} = 1{,}43B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}57B_{c–30}$ $B_{–60} = 4{,}67B_{c–30}$	
Телефония, передача в независимых полосах **B9WWF**		$B_n = N_p F_U$, где N_p – количество независимых полос	$B_{c–30} = 1{,}8B_n$ $B_{–40} = 1{,}2B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}2B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}7B_{c–30}$	
Два или более каналов, одна боковая полоса **J8EKF**	Телефония с поддержкой конфиденциальности	$B_n = N_p(F_{uc} – F_{lc})$, где N_p – количество независимых полос частот	$B_{c–30} = 1{,}2B_n$ $B_{–40} = 1{,}83B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}33B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}83B_{c–30}$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1.C Звуковое вещание				
Звуковое вещание, две боковые полосы **A3EGN**		$B_n = 2F_{uc}$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n = 2{,}4F_{uc}$ $B_{–40} = 1{,}13B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}42B_{c–30}$ $B_{–60} = 2{,}75B_{c–30}$	F_{uc} можно изменить с 4 кГц на 10 кГц для достижения требуемого качества
Звуковое вещание, одна боковая полоса, ослабленная несущая **R3EGN**		$B_n = F_{uc}$	$B_{c–30} = 1{,}15B_n = 1{,}15F_{uc}$ $B_{–40} = 1{,}22B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}09B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}83B_{c–30}$	
Звуковое вещание, одна боковая полоса, подавленная несущая **J3EGN**		$B_n = F_{uc} – F_{lc}$	$B_{c–30} = 1{,}15B_n$ $B_{–40} = 1{,}22B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}09B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}83B_{c–30}$	
Звуковое вещание, передача в независимых боковых полосах, ослабленная или подавленная несущая **B8EGN**		$B_n = 2F_{uc}$	$B_{c–30} = 1{,}05B_n = 2{,}1F_{uc}$ $B_{–40} = 1{,}43B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}57B_{c–30}$ $B_{–60} = 4{,}29B_{c–30}$	
Однополосное радиовещание **H3EGN**		$B_n = F_{uc}$	$B_{c–30} = 1{,}15\ B_n$ $B_{–40} = 1{,}22\ B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}1\ B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}83\ B_{c–30}$	F_{uc} можно изменить с 4 кГц на 10 кГц для достижения требуемого качества

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1.D Факсимильная связь				
Факсимильная связь с модуляцией несущей, частотно-модулированная поднесущая, две боковые полосы **A3C--**(1)		$B_n = 2F_{sc} + 3F_U$, где F_{sc} – частота поднесущей	$B_{c–30} = B_n$ $B_{–35} = B_n + 2F_U$	
Факсимильная связь с модуляцией несущей, частотно-модулированная поднесущая, одна боковая полоса, ослабленная несущая **R3C**, **R3CMN**		$B_n = F_{sc} + 1{,}5F_U$	$B_{c–30} = B_n + F_U = F_{sc} + 2{,}5F_U$ $B_{–40} = B_{c–30} + F_U$ $B_{–50} = B_{c–30} + 2F_U$ $B_{–60} = B_{c–30} + 3F_U$	
1.E Сложные излучения				
Сложные излучения в двух независимых полосах, подавленная или ослабленная несущая **B9WWX**	Для SSB-телефонии – однополосная, для многоканальной тональной телеграфии – другая	$B_n = 2F_U$ или $B_n = 2B_{ch}$, где B_{ch} – общая скорость передачи данных в канале	$B_{c–30} = 1{,}1B_n$ $B_{c–30} = 2{,}2B_{ch}$ $B_{–40} = 1{,}8B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}36B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}8B_{c–30}$	B_n, если верхняя частота F_U канала SSB больше скорости передачи данных тональной телеграфии; в противном случае вместо B_n используется B_{ch}

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, B_{c-30}, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
2 Частотная модуляция				
2.A Телеграфия				
Частотно-сдвиговая телеграфия, одноканальная **F1B**, **F1D**		$B_n = 2{,}4B\sqrt{m'}$ для $0{,}5 \le m_p < 1{,}5$ $B_n = 1{,}2B + 2{,}4D$ для $1{,}5 \le m_p < 5{,}5$ $B_n = 1{,}9B + 2{,}1D$ для $5{,}5 \le m_p \le 20$	$B_{c-30} = 2{,}3B_n/(m_p + 12)^{1/6}$ $B_{-40} = B_{c-30}[2{,}86 - (m_p + 12)^{1/6}]$ $B_{-50} = B_{c-30}[4 - (m_p + 8)^{1/4}]$ $B_{-60} = B_{c-30}[4{,}8 - (m_p + 5)^{1/3}]$	$m_p = 2D/B$
Узкополосная буквопечатающая телеграфия с исправлением ошибок **F1BCN**		$B_n = 2B + 2{,}4D$ $D = 85$ Гц		
Частотная манипуляция поднесущих **F2B**		$B_n = (N_f - 1)\Delta F + B_{nF1B}$ N_f : количество поднесущих; ΔF : разделение поднесущих (Гц); B_{nF1B} : необходимая ширина полосы, рассчитанная для $F1B$	$B_{c-30} = B_n$ $B_{-40} = 1{,}3B_{c-30}$ $B_{-50} = 1{,}6B_n$ $B_{-60} = 3B_n$	
Многоканальная частотная телеграфия **F7B**, **F7D**		$B_n = 2{,}4B\sqrt{m'}$ для $0{,}5 \le m_p < 1{,}5$ $B_n = 1{,}2B + 2{,}4D$ для $1{,}5 \le m_p < 5{,}5$ $B_n = 1{,}9B + 2{,}1D$ для $5{,}5 \le m_p \le 20$	$B_{c-30} = 2{,}3B_n/(m_p + 12)^{1/6}$ $B_{-40} = B_{c-30}[2{,}86 - (m_p + 12)^{1/6}]$ $B_{-50} = B_{c-30}[4 - (m_p + 8)^{1/4}]$ $B_{-60} = B_{c-30}[4{,}8 - (m_p + 5)^{1/3}]$	$m_p = 2D/B$, где B – максимальная скорость передачи в каналах

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
Четырехчастотная дуплексная телеграфия **F7BDX**	Передатчики фиксированной и подвижной службы	a) $B_n = B + 2{,}2D$ для синхронизированных каналов b) $B_n = 4B + 2{,}2D$ для несинхронизированных каналов, где B – максимальная скорость передачи в каналах	$B_{c–30} = B_n$ $B_{–40} = (4m_p + 13)B$ $B_{–50} = (4{,}6m_p + 26)B$ $B_{–60} = (5{,}1m_p + 47)B$	$m_p = 2D/3B$
	Бортовые передатчики воздушной подвижной службы		$B_{c–30} = B_n$ $B_{–40} = 13m_p^{2/3}B$ $B_{–50} = 18\ m_p^{2/3}B$ $B_{–60} = 37\ m_p^{2/3}B$	$m_p = 2D/3B$ для $(1{,}3 < m_p < 5)$
2.B Телефония				
Коммерческая телефония **F3EJN**		$B_n = 2F_U + 2D$	$B_{c–30} = B_n = 2F_U + 2D$ $B_{–40} = (7{,}8m_p + 3)F_U$ для $0{,}25 \le m_p \le 1{,}3$ $B_{–40} = (7{,}8m_p + 4)F_U$ для $m_p > 1{,}3$ $B_{–50} = (8{,}4m_p + 4{,}4)F_U$ для $0{,}25 \le m_p \le 1{,}3$ $B_{–50} = (8{,}4m_p + 6)F_U$ для $m_p > 1{,}3$ $B_{–60} = (9m_p + 6)F_U$ для $0{,}25 \le m_p \le 1{,}3$ $B_{–60} = (8{,}8m_p + 8)F_U$ для $m_p > 1{,}3$	$m_p = D/3F_U$

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	Дополнительные характеристики	Расчет		Примечания
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)	
2.C Звуковое и телевизионное вещание				
Звуковое вещание (монофоническое) **F3EGN**	D = 50 кГц, D = 75 кГц	$B_n = 2F_U + 2D$ для $1 \le m_p \le 1{,}7$	$B_{c–30} = (6{,}7m_p + 2)F_U$ $B_{–40} = (7{,}8m_p + 3)F_U$ $B_{–50} = (8{,}4m_p + 4{,}4)F_U$ $B_{–60} = (9m_p + 6)F_U$ для $1 \le m_p \le 1{,}7$	$m_p = D/3F_U$ *F_u может изменяться до величины 15 кГц*
Телевизионная передача с ЧМ **F3FM**, **F3FN**, **F3FW**		$B_n = 2F_U + 2D$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n = 2{,}4F_U + 2{,}4D$ $B_{–60} = 1{,}67B_{c–30}$	
Звуковое вещание (стереоканал) **F8EHN**	D = 50 кГц, D = 75 кГц	$B_n = 2{,}4F_U + 2{,}4D$ для $0{,}3 \le m_p \le 1{,}7$	$B_{c–30} = (8m_p + 2{,}4)F_U$ $B_{–40} = (9{,}36m_p + 3{,}6)F_U$ $B_{–50} = (10m_p + 5{,}28)F_U$ $B_{–60} = (10{,}8m_p + 7{,}2)F_U$ для $0{,}3 \le m_p \le 1{,}7$	$m_p = D/3F_U$ *F_u может изменяться до величины 53 кГц*
Звуковое вещание, ЧМ **F8E**, **F9E**, **F9W**		$2F_U + 2D$	$B_{c–30} = 2F_U + 2{,}3D$ $B_{–60} = 6F_U + 3D$	*F_u может изменяться до величины 76 кГц*
Звуковое вещание с дополнительным каналом **F8EHF**	D = 75 кГц	$B_n = 2F_U + 2D$ для $0{,}3 \le m_p \le 0{,}5$		$m_p = D/3F_U$ *F_u может изменяться до величины 76 кГц*

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
2.D Факсимильная связь				
Факсимильная связь с частотной модуляцией несущей импульсным сигналом изображения **F1CMN** **F3CMN** (монохромный сигнал) **F3C**, **F1CNN**, **F3CNN** (цветной сигнал)	Передача черно-белых факсимильных (текстовых) изображений	$B_n = 2F_U + 2{,}2D$, $F_U = Z/2$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n = 2{,}4F_U + 2{,}64D$ $B_{–40} = 1{,}33B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}75B_{c–30}$ $B_{–60} = 2{,}25B_{c–30}$	
	Передача полутоновых и цветных изображений	$B_n = 2F_U + 2{,}2D$, $F_U = Z/2$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n = 2{,}4F_U + 2{,}64D$ $B_{–40} = 0{,}83B_{c–30}\cdot 10^{5{,}1/(11{,}8+3{,}2m_p)}$ $B_{–50} = 0{,}83B_{c–30}\cdot 10^{8{,}1/(11{,}8+3{,}2m_p)}$ $B_{–60} = 0{,}83B_{c–30}\cdot 10^{11{,}1/(11{,}8+3{,}2m_p)}$	$m_p = D/F_U$
2.E Сложные излучения				
Частотная модуляция двумя или более частотами **F8B**, **F9B** **F8BBT**, **F8BBN**, **F9BBT**, **F9BBN**		$B_n = 2B + 2D$, при $D = 0{,}25B$, где B – максимальная скорость передачи в каналах	$B_{c–30} = 2{,}5B_n$ $B_{–60} = 2{,}8B_{c–30}$	
ЧМ-колебание, модулированное сигналом от системы передачи FDM **F8EJF**	Ретрансляция в пределах прямой видимости и тропосферы	$B_n = 2F_U + 2D$, где D определяется по таблице 1A	$B_{c–30} = 0{,}3B_n$ для $60 \le N_C \le 600$ $B_{c–30} = 0{,}7B_n$ для $N_C \ge 720$	Для систем с пилот-сигналом вместо F_U используется F_{ps}

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	Дополнительные характеристики	Расчет		Примечания
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)	
ЧМ-колебания, модулированные поднесущими телевизионного и звукового сигналов **F8WWN**, **F8W**	Системы ретрансляции прямой видимости	$B_n = 2F_U + 2D_{MAX.TV}$, где: $D_{MAX.TV}$: максимальная девиация частоты, создаваемая видеосигналом (Гц); F_U : частота верхней поднесущей звукового сигнала	$B_{c–30} = 0{,}7B_n$	Для систем с пилот-сигналом вместо F_U используется F_{ps}
Частотная MSK (без фильтрации) **F9E**, **F9D** **F9EBT**, **F9EBN** **F9DBT**, **F9DBN**		$B_n = 1{,}18B$, для $D \approx B/4$	$B_{c–30} = 1{,}18B_n = 1{,}4B$ $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}56B_{c–30}$ $B_{–60} = 1{,}74B_{c–30}$	
Частотная MSK с гауссовым фильтром **F9E**, **F9D**	С нормализованной полосой пропускания гауссова фильтра, $\varphi = \Delta F_G T$	Если $\varphi = 1$, то $B_n = 1{,}14B$ Если $\varphi = 0{,}7$, то $B_n = 1{,}1B$ Если $\varphi = 0{,}5$, то $B_n = 1{,}07B$ Если $\varphi = 0{,}3$, то $B_n = 0{,}93B$	Если $\varphi = 1$, то $B_{c–30} = 1{,}34B$ $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$, $B_{–60} = 1{,}74B_c$ Если $\varphi = 0{,}7$, то $B_{c–30} = 1{,}21B$ $B_{–40} = 1{,}2B_{c–30}$, $B_{–60} = 1{,}51B_{c–30}$ Если $\varphi = 0{,}5$, то $B_{c–30} = 1{,}16B$ $B_{–40} = 1{,}14B_{c–30}$, $B_{–60} = 1{,}4B_{c–30}$ Если $\varphi = 0{,}3$, то $B_{c–30} = 0{,}95B$ $B_{–40} = 1{,}1B_{c–30}$, $B_{–60} = 1{,}3B_{c–30}$	Если $T = 1/B$ и $D \cong B/4$
ЧМ-колебания с FDM **F9WWF**	FDM-FM, релейная линия прямой видимости	$2F_U + 2D_m$, где D_m определяется по таблице 1A	$B_{c–30} = 0{,}3B_n$ для $60 \le N_C \le 600$ $B_{c–30} = 0{,}7B_n$ для $N_C \ge 720$	Для систем с пилот-сигналом вместо F_U используется F_{ps}

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

ТАБЛИЦА 1A

Расчет максимальной девиации частоты многоканального сообщения, $D = 3{,}76\ \Delta f_{ch} \cdot 10^{0{,}05 P_{load}}$

Количество голосовых каналов, N_c	**Эффективная девиация частоты, создаваемая измеренным уровнем одного голосового канала, Δf_{ch} (МГц)**	**Средняя мощность многоканального сообщения (P_{load}) (дБм)**	**Средняя мощность одного голосового канала $\lambda(P_{ch.mean})$ (дБм)**
$12 \le N_c < 60$	0,1	$2{,}6 + 2 \log N_c$	
$60 \le N_c \le 240$	0,2	$\approx 5{,}5 \log N_c - 1{,}5$	
$240 < N_c \le 1020$	0,2	$P_{ch.mean} + 10 \log N_c$	–13
$N_c > 1020$	0,14	$P_{ch.mean} + 10 \log N_c$	–13

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
2 Частотная модуляция (продолжение)				
2.F Фазовая модуляция				
Одноканальная телеграфия, фазовый сдвиг **G1B**, **G1D**	$K_{fade} = 3$ для линий без затухания, $K_{fade} = 5$ для линий с затуханием	$B_n = K_{fade}B$	$B_{c–30} = 1{,}4B_n = 1{,}4K_{fade}B$ $B_{–40} = 1{,}86B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}29B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}7B_{c–30}$	
Телеграфия с непрерывной фазовой манипуляцией **G1BCN**		$B_n = 11B$	$B_{c–30} = B_n = 11B$ $B_{–40} = 1{,}7B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}7B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}5B_{c–30}$	
	Узкополосная относительная фазовая манипуляция; рекомендуемая скорость передачи 100 или 200 бод NBPM	$B_n = 1{,}1B$	$B_{c–30} = 2{,}4B_n = 2{,}64B$ $B_{–40} = 1{,}5B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}12B_{c–30}$ $B_{–60} = 2{,}75B_{c–30}$	СЧ и ВЧ передатчики морской подвижной службы

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	Дополнительные характеристики		Расчет		Примечания
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
3 Цифровая передача (2)					
3.A Амплитудно-фазовая манипуляция (3)					
Амплитудная и фазовая модуляция несущей **D1D**, **D7D**, **D1W**, **D7C**, **D7E**, **D7W**, **D9W**, **DXD**			$B_n = R/\log_2 S$, где: R: скорость передачи в бит/с; S: количество состояний	$B_{c–30} = 1{,}5B_n = 1{,}5R/\log_2 S$ $B_{–40} = 1{,}13B_{c–30}$ B_n при $S = 4$	Для сигналов с $\alpha \approx 0{,}5$ (см. таблицу 1B)
	QPSK, кодирование с исправлением ошибок	CDMA	$B_n = 1{,}5\ K_{red}\ R$ K_{red}: коэффициент избыточности при кодировании с исправлением ошибок	$B_{c–30} = 1{,}8\ K_{red}\ R$ $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 2B_{c–30}$ $B_{–60} = 4B_{c–30}$	ψ – избыточность $K_R = 1 + \psi$
	QPSK	TDMA, FDMA	$B_n = KR$ $K = 1{,}25 \div 2$	$B_{c–30} = 1{,}2RK$ $B_{–40} = 1{,}17B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}67B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}33B_{c–30}$	
D8E, **D9E**	*M*-разрядн. PSK (M = 4, 8, 16)		$B_n = 1{,}25\ R/\log_2 S$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n$ B_n при $S = 4$ $B_{–40} = 1{,}17B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}67B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}33B_{c–30}$	
K7D, **K7WWT**	APSK	Фильтр типа квадратный корень из косинуса	$B_n = 2K_\alpha\ (\alpha)/\tau$ K_α – см. таблицу 1B	$B_{c–30} = 1{,}2B_n$ $B_{–40} = 1{,}7B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}3B_{c–30}$ $B_{–60} = 3\ B_{c–30}$	
K7E	32 APSK	DBS	$B_n = 1{,}25\ R/\log_2 S$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n$ B_n при $S = 4$ $B_{–40} = 1{,}7B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}3B_{c–30}$ $B_{–60} = 3B_{c–30}$	Система цифрового вещания DMW

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

ТАБЛИЦА 1B

Зависимость коэффициента *K*α (α) для сигналов, использующих фильтры формирования импульсов типа квадратный корень из косинуса

α	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
K_α (α)	0,51	0,537	0,567	0,6	0,634	0,669	0,705	0,742	0,779	0,816

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
3 Цифровая передача (2) (*продолжение*)					
3.B Частотная манипуляция (3)					
Одноканальная ЧМ-телеграфия и кодирование с цифровой передачей **F1B**, **F1E**, **F1D**, **F1W**, **F7B**, **F7D**, **F7E**, **F7W**			$B_n = 2{,}4R\sqrt{m'}$ для $0{,}5 \le m_p < 1{,}5$ $B_n = 1{,}2R + 2{,}4D$ для $1{,}5 \le m_p < 5{,}5$ $B_n = 1{,}9R + 2{,}1D$ для $5{,}5 \le m_p \le 20$	$B_{c–30} = 2{,}3B_n/(m_p + 12)^{1/6}$ $B_{–40} = B_{c–30}[2{,}86 – (m_p + 12)^{1/6}]$ $B_{–50} = B_{c–30}[4 – (m_p + 8)^{1/4}]$ $B_{–60} = B_{c–30}[4{,}8 – (m_p + 5)^{1/3}]$	$m_p = 2D/R$
F1WD-, **F7DD-**, **F7WD-**	CPFSK	CDMA	$B_n = 0{,}5R + 1{,}78D$	$B_{c–30} = 1{,}4B_n$ $B_{–40} = 1{,}9B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}3B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}7B_{c–30}$	
Частотная модуляция, многоканальная передача **F7D**, **F7W** **F7DD**, **F7WD**	Частотная модуляция с гауссовым фильтром	GMSK (несущая)	$B_n = R/\log_2 S + 2DK$ $S = 2$ $D = 0{,}25$R для 99% спектра $K = –0{,}28$ для 99% спектра	$B_{c–30} = 1{,}2K_G R$ $B_{–40} = 1{,}2B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}4B_{c–30}$ $B_{–60} = 1{,}6B_{c–30}$	
F9D, **F9E**, **F9W (G8W**, **G9D**, **G9E**, **G9W)**		FMSK (поднесущая)	$B_n = K_G R$ K_G (BT) – см. таблицу 1C $B_n = R/\log_2 S + KD$ при $0{,}4 < K < 0{,}6$	$B_{c–30} = 1{,}2 \div 1{,}4B_n$ $B_{–40} = 1{,}2B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}4B_{c–30}$ $B_{–60} = 1{,}6B_{c–30}$	Вторая формула B_n для систем с частотно-фазовой модуляцией

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

ТАБЛИЦА 1C

Зависимость коэффициента *KG* (*BT*)

BT – нормированная полоса пропускания фильтра, определяемая произведением ширины полосы на уровне –3 дБ на время передачи одного кодированного элемента (субимпульса).

BT	∞	1	0,7	0,5	0,3	0,25	0,15	Примечания
K_G (*BT*)	1,28	1,14	1,1	1,07	0,93	0,86	0,70	Среднее
	0,94			0,80	0,70	0,67	0,53	Интервал 95%
	1,28			1,03	0,91	0,86	0,70	Интервал 99%
	2,81			1,20	1,06	1,00	0,83	Интервал 99,8%
Примеры систем				DECT	GSM, DCS, PCS	TETRA		
Тип модуляции	MSK	GMSK						

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
3 Цифровая передача (2) (*продолжение*)					
3.C Фазовая манипуляция (3)					
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
Одноканальная передача, фазовая манипуляция **G1D**, **G1E**, **G1F**, **G1W**		Предельное значение коэффициента *K* определяется в зависимости от используемого метода модуляции сигнала	$B_n = KR/\mathrm{Log}_2 S$, где: *R*: скорость передачи в бит/с, *K*: коэффициент *S*: число состояний	$B_{c–30} = 1{,}4B_n$ $B_{c–30} = 2{,}8KR/\log_2 S$ (3) $B_{–40} = 1{,}86B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}28B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}7B_{c–30}$	$4 < K < 20$ для BPSK без фильтрации; $1{,}5 < K < 4$ для BPSK с фильтрацией

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
Одноканальная передача, фазовая модуляция **G1E**	π/4QPSK, π/4DQPSK	TDMA, FDMA; фильтр типа приподнятый косинус	$B_n = K_\beta R$ $0,6 < K_\beta < 1$	$B_{c–30} = 1,05B_n$ $B_{–40} = 1,1B_{c–30}$ $B_{–50} = 4B_{c–30}$ $B_{–60} = 8B_{c–30}$	
	QPSK	TDMA, FDMA	$B_n = KR$ $K = 1,25 \div 2$	$B_{c–30} = 1,2B_n$ $B_{–40} = 1,17B_{c–30}$ $B_{–50} = 1,67B_{c–30}$ $B_{–60} = 3,33B_{c–30}$	
Относительный сдвиг фаз поднесущих **G2B, G2D, G2W**			$B_n = (N_f – 1)\Delta F + 5R$	$B_{c–30} = (N_f – 1)\Delta F + 7R$ $B_{–50} = 1,6(N_f – 1)\Delta F + 8R$ $B_{–60} = 3(N_f – 1)\Delta F + 15R$	ΔF: разделение поднесущих N_f : количество поднесущих
Многоканальная передача **G7B, G7D, G7E, G7F, G7W, G7X**	M-разрядн. PSK (M = 8, 16)		$B_n = 2,5\ R/\log_2 S$	$B_{c–30} = 1,2B_n$(3) $B_{–40} = 1,17B_{c–30}$ $B_{–50} = 1,67B_{c–30}$ $B_{–60} = 3,33B_{c–30}$	
	M-разрядн. QAM, M-разрядн. PSK, кодирование с исправлением ошибок		$B_n = K_{red}\ R/\log_2 S$ K_{red} – коэффициент избыточности при кодировании с исправлением ошибок	$B_{c–30} = 1,4B_n$ $B_{–40} = 1,4B_{c–30}$ $B_{–50} = 1,8 \div 2,3B_{c–30}$ $B_{–60} = 2,5 \div 3B_{c–30}$	Если избыточность ψ задана в %, то $K_R = 1 + \psi//100$

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	Дополнительные характеристики		Расчет		Примечания
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)	
1	2a	2b	3	4	5
G7D, G7E, G7F, G7W	BPSK с фильтрацией BPSK без фильтрации		$B_n = KR$ $K = 1,5 \div 2$ $B_n = KR$ $K = 4$ (95%) $\div$ 20 (99%)	$B_{c–30} = 1,4B_n$ $B_{–40} = 2,6B_{c–30}$ $B_{–50} = 4,6B_{c–30}$ $B_{–60} = 8,2B_{c–30}$	
	π/4QPSK, π/4DQPSK	TDMA, FDMA фильтр типа приподнятый косинус	$B_n = K_\beta R$ $0,6 < K_\beta < 1$	$B_{c–30} = 1,05B_n$ $B_{–40} = 1,1B_{c–30}$ $B_{–50} = 4B_{c–30}$ $B_{–60} = 8B_{c–30}$	
G9D	*M*-разрядн. QAM 4-, 16- (M = 4, 16)	TDMA	$B_n = KR/\log_2 S$ $1,5 < K < 1,7$	$B_{c–30} = 1,4B_n$ (3) $B_{–40} = 1,4B_{c–30}$ $B_{–50} = 1,8 \div 2,3B_{c–30}$ $B_{–60} = 2,5 \div 3B_{c–30}$	
G9D	*M*-разрядн. PSK (M = 8, 16)	TDMA	$B_n = KR/\log_2 S$ $K = 2,5$	$B_{c–30} = 1,2B_n$ (3) $B_{–40} = 1,17B_{c–30}$ $B_{–50} = 1,67B_{c–30}$ $B_{–60} = 3,33B_{c–30}$	
	M-разрядн. QAM, кодирование с исправлением ошибок		$B_n = K_{red} R/\log_2 S$ K_{red} – коэффициент избыточности при кодировании с исправлением ошибок	$B_{c–30} = 1,2B_n$ (3) $B_{–40} = 1,3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1,7B_{c–30}$ $B_{–60} = 2,2B_{c–30}$	
	QPSK	Радиолиния	$B_n = R$	$B_{c–30} = 1,2\ R = 1,2B_n$ $B_{–40} = 1,17B_{c–30}$ $B_{–50} = 1,7B_{c–30}$ $B_{–60} = 3,3B_{c–30}$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
G9W **G9WDN,** **G9WDT**	QPSK *M*-разрядн. PSK (*M* = 8, 16)	TDMA, FDMA	$B_n = KR$ $K = 1{,}25 \div 2$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n$ $B_{–40} = 1{,}17B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}67B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}33B_{c–30}$	
G9W	QPR, QPR AZD		$B_n = K_C R$ K_C – см. таблицу 1D	$B_{c–30} = 1{,}4B_n$ $B_{–40} = 1{,}4B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}8–2{,}3B_{c–30}$ $B_{–60} = 2{,}5–3B_{c–30}$	
3.D Шаговая квадратурная и кодовая модуляция (3)					
D7D, D7W, D9E ***C-, **D-,T-, F(4)-**	*M*-разрядн. QAM		$B_n = R/\log_2 S$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n$(3) $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}7B_{c–30}$ $B_{–60} = 2{,}2B_{c–30}$	
	M-разрядн. QAM, кодирование с исправлением ошибок		$B_n = K_{red} R/\log_2 S$ K_{red} – коэффициент избыточности при кодировании с исправлением ошибок		
	M-разрядн. QAM с кодовой модуляцией		$B_n = K_C R/\log_2 S$ K_C – см. таблицу 1D		
G7C, G7W, G9D ***C-, **D-, T-, F(4)-**	*M*-разрядн. QAM		$B_n = R/\log_2 S$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n$(3) $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}7B_{c–30}$ $B_{–60} = 2{,}2B_{c–30}$	
	M-разрядн. QAM, кодирование с исправлением ошибок		$B_n = K_{red} R/\log_2 S$ K_{red} – коэффициент избыточности при кодировании с исправлением ошибок		
	M-разрядн. QAM с кодовой модуляцией		$B_n = K_C R/\log_2 S$ K_C – см. таблицу 1D		

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
K7D, K7E, K7W	4-, 16-, 32-, 64-QAM		$B_n = KR/\log_2 S$ $K = 1 \div 2$	$B_{c–30} = 1{,}4B_n$(3) $B_{–40} = 1{,}4B_{c–30}$ $B_{–50} = 2{,}3B_{c–30}$ $B_{–60} = 3B_{c–30}$	
Q7D, Q7E, Q7W ***C-, D-,T-, F(4)-	*M*-разрядн. QAM		$B_n = R/\log_2 S$	$B_{c–30} = 1{,}2B_n$(3) $B_{–40} = 1{,}3B_{c–30}$ $B_{–50} = 1{,}7B_{c–30}$ $B_{–60} = 2{,}2B_{c–30}$	
	M-разрядн. QAM, кодирование с исправлением ошибок		$B_n = K_{red}\, R/\log_2 S$ K_{red} – коэффициент избыточности при кодировании с исправлением ошибок		
	M-разрядн. QAM с кодовой модуляцией		$B_n = K_C\, R/\log_2 S$ K_C – см. таблицу 1D		

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

ТАБЛИЦА 1D

Кодовая модуляция данных (*BCM, TCM, MLCM*) в цифровых системах радиопередачи в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R F.1101

Метод модуляции (полное обозначение)	K_C
16 BCM-8D (одноэтапная QAM)	0,267
96 BCM-4D, 88 BCM-6D, 80 BCM-8D (все – одноэтапная QAM)	0,167
128 BCM-8D (двухэтапная QAM)	0,167
16 TCM-2D	0,333
32 TCM-2D	0,250
128 TCM-2D	0,167
512 TCM-2D	0,125
32 MLCM	0,222
9-QPR	0,5
25-QPR	0,33
64 TCM-4D, 64 MLCM	0,182
128 TCM-4D, 128 MLCM	0,154
512 TCM-4D	0,118

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

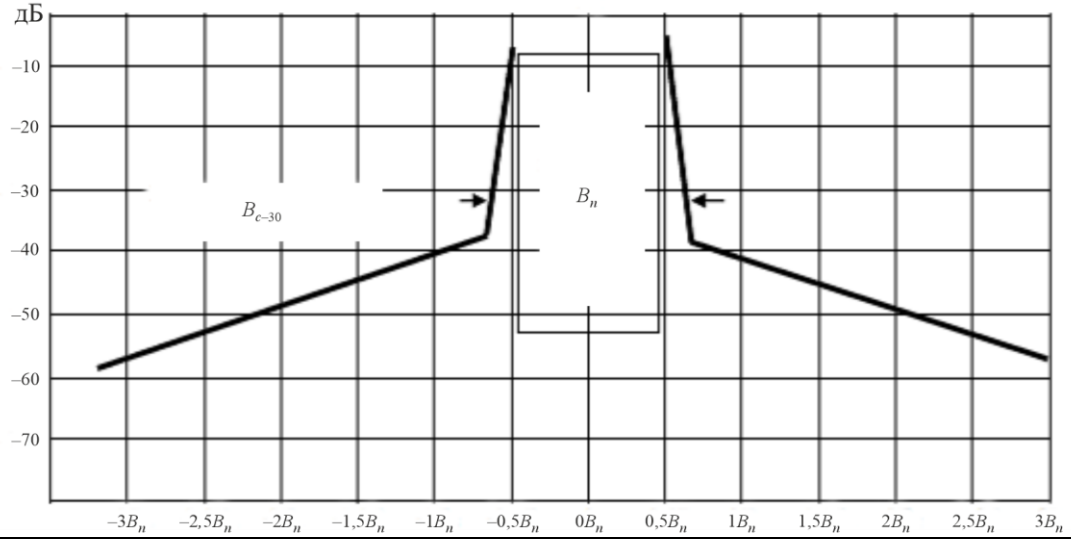
3E. COFDM				
Класс излучения	**Дополнительные характеристики**	**Расчет**		**Примечания**
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1	**2**	**3**	**4**	**5**
X7EWX	**COFDM (DRM)**	*B_n от {4,5 кГц; 5 кГц; 9 кГц; 10 кГц; 18 кГц; 20 кГц}*	$B_{c–30} = 1{,}2B_n$ $B_{–60} = 2{,}7B_{c–30}$	
				

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
4 Импульсная модуляция					
4.A Амплитудно-модулированная несущая					
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
Амплитудно-модулированная несущая **K1N**, **K1D**, **K1W**	PAM, PACM	Выходной электронный/вакуумный блок с сетевым управлением	$B_n = 2F_U + 4/\tau$ B_n, F_U (MHz), τ (мкс)	$B_{c–30} = 4B_n = 8F_U + 16/\tau$ $B_{–40} = 1{,}4B_{c–30}$ $B_{–50} = 2B_{c–30}$ $B_{–60} = 3{,}75B_{c–30}$	
4.B Широтно-импульсная модуляция несущей					
Широтно-импульсная модуляция, импульсно-кодовая модуляция (*M*-разрядн.) **L1N**, **LXN**(5)	PDM, PCM, PNM	Импульсы с крутым передним фронтом, то есть $\tau_r \leq 0{,}008\ t$	$B_n = 6{,}36/\tau\delta$	$B_{–20} = 6{,}36/\tau$ $B_{c–30} = 9{,}14/\tau$ $B_{–40} = 63{,}6/\tau = 7B_{c–30}$	
Широтно-импульсная модуляция, импульсно-кодовая модуляция (*M*-разрядн.) **L1N**, **LXN**(5)	PDM, PCM, PNM	Трапециевидный импульс с $\tau_r > 0{,}008\ t$	$B_n = 1{,}79/(\tau\ \delta)^{½}$	РЛС с импульсной мощностью > 100 Вт $B_{–20} = 1{,}8/(\tau\ \delta)^{1/2}$ $B_{c–30} = 2{,}17/(\tau\ \delta)^{1/2}$ $B_{–40} = 6{,}2/(\tau\ \tau_r)^{1/2} = 2{,}9B_{c–30}$ $B_{–60} = 17{,}9/(\tau\ \delta)^{1/2} = 8B_{c–30}$ РЛС с импульсной мощностью ≤ 100 кВт $B_{–20} = 1{,}8/(\tau\ \delta)^{1/2}$ $B_{c–30} = 2{,}2/(\tau\ \delta)^{1/2}$ $B_{–40} = 7{,}6/(\tau\ \tau_r)^{1/2} = 3{,}5B_{c–30}$ $B_{–60} = 18/(\tau\ \delta)^{1/2} = 8B_{c–30}$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
4.C Импульсно-позиционная модуляция					
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
Сдвинутая по фазе несущая с кодом Баркера **M0N**, **MXN**	PPM	РЛС	$B_n = 2/\tau_d\delta_d$ где τ_d – длина выборки	$B_{c–30} = 3{,}6/(\tau_d\ \delta_d)^{1/2}$ $B_{–40} = 1{,}77B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}16B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}6B_{c–30}$	Для кодированных импульсов используется длина выборки (субимпульс)
Импульсно-фазовая модуляция **M7EJT**	PPM	Радиорелейные линии (код FXR)	$B_n = 3{,}2/\tau\ \delta$ B_n (МГц), τ (мкс)	$B_{c–30} = 1{,}12B_n\ (\tau/\delta)^{1/2}$ $B_{–40} = 1{,}79B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}18B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}64B_{c–30}$	
4.D Непрерывное излучение					
Немодулированное непрерывное излучение **N0N**	Немодулированная несущая	РЛС "Ястреб" (стоячая волна)	$B_n = 2K_d\ F_0$, где K_d – величина допустимой девиации частоты от F_0	$B_{c–30} = B_n = 2K_d\ F_0$ (K_d для станций с кварцевой стабилизацией) $B_{–40} = 0{,}0003F_0$	
Непрерывное излучение **M0N**	Частотно-модулированная несущая	РЛС "Ястреб" (стоячая волна)	$B_n = 2D$	$B_{–40} = 2D + 0{,}0003F_0$	
ЛЧМ **W0N**, **Q0N**	Частотно-модулированная несущая		$B_n = 2D$	$B_{–40} = 2D + 0{,}0003F_0$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
4.E Немодулированная импульсная несущая					
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
Немодулированная импульсная несущая (5) **P0N, P0NAN**		Импульсы с крутым передним фронтом, то есть $\tau_r \leq 0{,}008\ t$	$B_n = 6{,}36/\tau$	$B_{–20} = 6{,}36/\tau$ $B_{c–30} = 9{,}14/\tau$ $B_{c–30} = 1{,}44 B_n$ $B_{–40} = 63{,}6/\tau$	
		Трапециевидные импульсы с $\tau_r > 0{,}008\ t$	$B_n = 1{,}79/(\tau\ \delta)^{½}$	РЛС с импульсной мощностью > 100 Вт $B_{–20} = 1{,}8/(\tau\ \delta)^{1/2}$ $B_{c–30} = 2{,}17/(\tau\ \delta)^{1/2}$ $B_{–40} = 6{,}2/(\tau\ t_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 18/(\tau\ \delta)^{1/2}$	
				РЛС с импульсной мощностью ≤ 100 кВт Радионавигационные РЛС, работающие в диапазонах 2,9–3,1 ГГц и 9,2–9,5 ГГц $B_{–20} = 1{,}8/(\tau\ \delta)^{1/2}$ $B_{c–30} = 2{,}2/(\tau\ \delta)^{1/2}$ $B_{–40} = 7{,}6/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 18/(\tau\ \delta)^{1/2}$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
4.F Частотно-модулированная несущая					
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
Линейная и нелинейная ЧМ импульсная несущая (6) **Q1N, QXN, Q1D, Q1W**	PDM-FM, PCM-FM, SFM, LFM	Импульсы с крутым передним фронтом, то есть $\tau_r \leq 0{,}008t$	$B_n = 2D + 6{,}36/\tau$	РЛС с импульсной мощностью > 100 Вт $B_{–40} = 2(D + 0{,}105/\tau_r) +$ $+ 6{,}2/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 2D + 63{,}6/\tau$	
				РЛС с импульсной мощностью ≤ 100 кВт Радионавигационные РЛС, работающие в диапазонах 2,9–3,1 ГГц и 9,2–9,5 ГГц $B_{–40} = 2(D + 0{,}065/\tau_r) +$ $+ 7{,}6/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 2D + 63{,}6/\tau$	
		Трапециевидный импульс с $\tau_r > 0{,}008\ t$	$B_n = 2D + 1{,}79/(\tau\ \delta)^{1/2}$	РЛС с импульсной мощностью > 100 Вт $B_{–40} = 2(D + 0{,}105/\tau_r) +$ $+ 6{,}2/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 2D + 18/(\tau\ \delta)^{1/2}$	
				РЛС с импульсной мощностью ≤ 100 кВт Радионавигационные РЛС, работающие в диапазонах 2,9–3,1 ГГц и 9,2–9,5 ГГц $B_{–40} = 2(D + 0{,}065/\tau_r) +$ $+ 7{,}6/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 2D + 18/(\tau\ \delta)^{1/2}$	

ТАБЛИЦА 1 (*продолжение*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
Импульсная несущая с внутриимпульсной частотной модуляцией **Q1N, QXN**	PFM		$B_n = 2D + 2/\tau_d$	$B_{–20} = 2(D + 1/\tau_d)$ $B_{c–30} = 2(D + 2{,}5/\tau_d)$ $B_{–40} = 2(D + 3{,}5/\tau_d)$ $B_{–50} = 2(D + 5/\tau_d)$ $B_{–60} = 2(D + 7/\tau_d)$	
4.G Импульсная модуляция со скачкообразной перестройкой частоты					
Импульсная модуляция со скачкообразной перестройкой частоты **VXN**	PDM-FM, PCM-FM, SFM, LFM, PFM		$B_n = B_s + 2D + 2/\tau_d$ B_s – максимальный сдвиг несущей частоты	$B_{–20} = 2(D + 1/\tau_d) + B_s$ $B_{c–30} = 2(D + 2{,}5/\tau_d) + B_s$ $B_{–40} = 2(D + 3{,}5/\tau_d) + B_s$ $B_{–50} = 2(D + 5/\tau_d) + B_s$ $B_{–60} = 2(D + 7/\tau_d) + B_s$	
Частотно-импульсная модуляция со скачкообразной перестройкой частоты **VXN**		РЛС с импульсной мощностью > 100 кВт	$B_n = 2D + B_s + 1{,}79/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ B_s – максимальный сдвиг несущей частоты	$B_{–40} = 2(D + 0{,}105/\tau_r) + B_s +$ $+ 6{,}2/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 2D + B_s + 17{,}9/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$	
		РЛС с импульсной мощностью > 100 кВт и РЛС радионавигационной службы, работающие в диапазонах 2,9–3,1 и 9,2–9,5 ГГц	$B_n = 2D + B_s + 1{,}79/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$	$B_{–40} = 2(D + 0{,}065/\tau_r) + B_s +$ $+ 7{,}6/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 2D + B_s + 17{,}9/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$	

ТАБЛИЦА 1 (*окончание*)

Класс излучения	**Дополнительные характеристики**		**Расчет**		**Примечания**
			необходимой ширины полосы B_n (Гц)	**контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектров (Гц)**	
1	**2a**	**2b**	**3**	**4**	**5**
Импульсно-кодовая, амплитудно-импульсная и широкополосная модуляция со скачкообразной перестройкой частоты **VXN**		РЛС с импульсной мощностью >100 кВт	$B_n = B_s + 1{,}79/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$	$B_{–40} = B_s + 6{,}2/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 2D + B_s + 17{,}9/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$	
		РЛС мощностью ≤ 100 кВт и РЛС радионавигационной службы, работающие в диапазонах 2,9–3,1 и 9,2–9,5 ГГц	$B_n = B_s + 1{,}79/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$	$B_{–40} = B_s + 7{,}6/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$ $B_{–60} = 2D + B_s + 17{,}9/(\tau\ \tau_r)^{1/2}$	

(1) Для указания неиспользуемых дополнительных параметров в обозначении класса излучения используются дефисы (см. Приложение 5).

(2) Для цифровых систем передачи, использующих цифровые фильтры формирования импульсов, необходимо учитывать коэффициент спада фильтра (аппроксимированный косинус).

(3) Для расчета огибающей спектра (значения $B_{c–30}$, $B_{–40}$, $B_{–50}$, $B_{–60}$) используется B_n при $S = 4$.

(4) Три звездочки перед символом указывают, что дополнительные символы относятся к классам излучения, указанным в данном пункте, включая дополнительные.

(5) Для РЛС, использующих различные формы импульсов, ширина полосы рассчитывается отдельно для каждой формы импульса, а затем берется наибольшее из полученных таким образом значений.

(6) Для РЛС, использующих различные формы импульсов, ширина полосы рассчитывается отдельно для каждой формы импульса, а затем берется наибольшее из полученных таким образом значений. Для кодированных импульсов используется длина выборки (субимпульс).

ТАБЛИЦА 2

Требования по ширине полосы внеполосных спектров бортовых ВЧ-передатчиков воздушной подвижной службы, работающих в классах излучений H2BBN, H3EJN, J3EJN, J7BCF и JXX

Полоса (кГц)	**Минимальное значение, на которое должна быть ослаблена мощность спектральных составляющих по сравнению с уровнем, соответствующем мощности на пиках огибающей (дБ)**
От f_{tx} ± 1,5 до f_{tx} ± 4,5	30
От f_{tx} ± 4,5 до f_{tx} ± 7,5	38
f_{tx} ± 7,5 и выше	43

Примечание. – Назначенная частота передатчика f_{tx} на 1400 Гц выше несущей или остаточной несущей.

Необходимая ширина полосы рассчитывается по формулам, приведенным в таблице 1.

ТАБЛИЦА 3

Требования по ширине полосы внеполосных спектров передатчиков морской подвижной службы, работающих в классах излучений H2BBN, H3EJN, J3EJN и R3EJN

Ширина полосы (кГц)	**Порядок спектральных составляющих двухтонального сигнала, попадающих в заданные полосы частот для классов излучений H3EJN, J3EJN, (H2BBN)**	**Уровень внеполосных составляющих на заданной частоте дискретизации, измеренный в дБ относительно**	
		уровня, соответствующего мощности на пиках огибающей	**уровня одной из основных спектральных составляющих модулирующего двухтонального сигнала**
От f_{tx} ± 1,5 до f_{tx} ± 4,5	3	31	25
От f_{tx} ± 4,5 до f_{tx} ± 7,5	5 или 7	38	32
f_{tx} ± 7,5 и выше	9	43(1)	37(1)

(1) Абсолютная мощность не должна превышать 50 мВт.

Примечание. – Назначенная частота передатчика f_{tx} на 1400 Гц выше несущей или остаточной несущей.

Необходимая ширина полосы рассчитывается по формулам, приведенным в таблице 1.

4.7 Данные по ширине полосы на уровнях от –30 дБ до –60 дБ из таблицы 1 (а также на других уровнях) представляют собой точки излома масок внеполосного излучения. Соединив эти точки отрезками прямых, получим графическое представление масок.

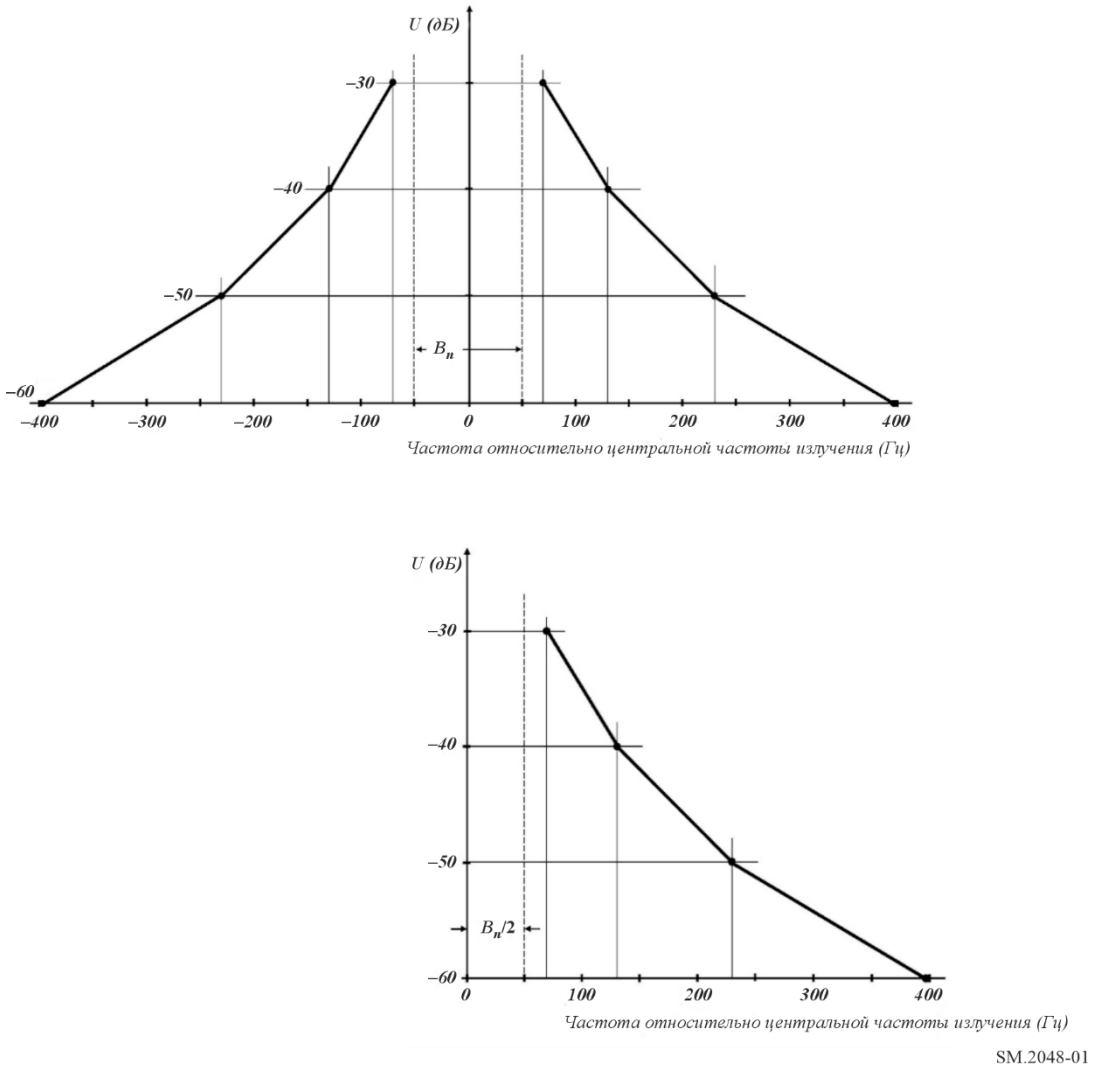
Ниже показаны маски для двух случаев, а именно для излучений G1B и G1D. Таблица 1 для этих случаев приведена ниже.

Класс излучения	Дополнительные характеристики	Расчет		Примечания
		необходимой ширины полосы B_n (Гц)	контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ, $B_{c–30}$, и ширины полосы ООВ-спектра (Гц)	
2 Частотная модуляция (продолжение)				
2.F Фазовая модуляция				
Одноканальная телеграфия, фазовый сдвиг **G1B**, **G1D**	K_{fade} = 3 для линий без затухания, K_{fade} = 5 для линий с затуханием	$B_n = K_{fade}B$ **При K_{fade} = 5 и B = 20 бод B_n = 100 Гц**	$B_{c–30} = 1{,}4B_n = 1{,}4K_{fade}B$ $B_{–40} = 1{,}86B_{c–30}$ $B_{–50} = 3{,}29B_{c–30}$ $B_{–60} = 5{,}7B_{c–30}$	**$B_{c–30}$ = 140 Гц** **$B_{–40}$ = 260 Гц** **$B_{–50}$ = 461 Гц** **$B_{–60}$ = 798 Гц**

Полученная маска в двух форматах показана на рисунке 1. Примечательно, что для управляющей маски используются только четыре точки излома.

РИСУНОК 1

Маски внеполосного излучения для классов излучения G1B и G1D



Положения, касающиеся границ областей внеполосных и побочных излучений, приведены в Рекомендации МСЭ-R SM.1539.

5 Метод измерения контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы ООВ-спектров

Общие требования к измерениям

5.1 На результаты измерений не должны влиять излучения промышленных источников радиопомех или других радиосистем.

5.2 В измерительных передатчиках с коэффициентом перекрытия частот больше двух измерение производится на трех частотах внутри полосы – на нижней и верхней границах и в середине полосы.

Если коэффициент перекрытия меньше двух, измерение проводится на одной частоте, близкой к середине полосы.

5.3 Оборудование, используемое для измерений, должно соответствовать требованиям, указанным в Приложении 3.

5.4 Номенклатура классов излучения приведена в Приложении **1** к РР.

5.5 В отношении передатчиков, работающих в классах излучений R3EGN, R3EJN, J3EJN, H3EJN, R7BCF и J7BCF, измерения на соответствие настоящим требованиям необходимы только для класса J3EJN.

Для передатчиков, работающих в классах излучения B8EJN, B8EGN и B9WWX, измерения ограничиваются классом B8EJN.

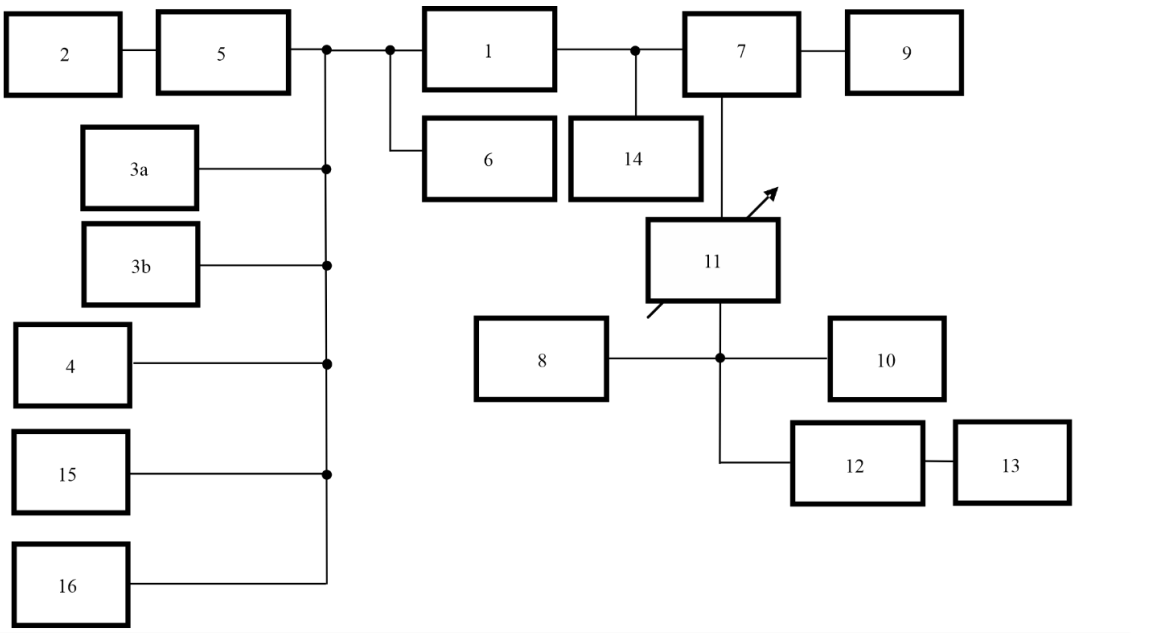
5.6 Измерение контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и полос ООВ-спектров передатчиков проводится на установке, изображенной (в упрощенном виде) на рисунке 2.

Отдельные части установки применяются только к конкретным методам измерения, используемым для определенных классов излучения, и не используются для других методов.

Для передатчиков, работающих в классах излучения F9B, F9E и F9D, измерения проводятся в каждом канале с разными типами передаваемой информации с использованием методов, применимых для данного типа информации.

РИСУНОК 2

Измерительная установка для определения ширины полосы передатчика и внеполосных излучений



5.7 Если в спецификациях конкретной радиосистемы указана ширина полосы ООВ на основе уровня измерения ООВ, отличного от уровня –30 дБ, то ширину полосы следует привести к уровню B_{c-30} с помощью таблицы 4.

ТАБЛИЦА 4

Уровень, используемый в спецификации (дБ)	–24	–26	–28	–35	–40
Коэффициент перевода в B_{c-30}	$B_{c-30} = 1{,}25B_{-24}$ $B_{-24} = 0{,}8B_{c-30}$	$B_{c-30} = 1{,}15B_{-26}$ $B_{-26} = 0{,}87B_{c-30}$	$B_{c-30} = 1{,}07B_{-28}$ $B_{-28} = 0{,}93B_{c-30}$	$B_{c-30} = 0{,}86B_{-35}$ $B_{-35} = 1{,}17B_{c-30}$	$B_{c-30} = 0{,}73B_{-40}$ $B_{-40} = 1{,}37B_{c-30}$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Это преобразование основано на предположении, что средний наклон огибающей спектра ООВ составляет 12 дБ на октаву.

Коэффициенты пересчета B_n/B_{c-30} для данного (указанного) класса излучения могут использоваться для определения необходимой ширины полосы излучения и проверки ее соответствия указанной ширине полосы, установленной в требованиях.

Пример. В заявке по классу излучения G1B указано, что ширина полосы для внеполосных спектров на уровне –28 дБ составляет 23 кГц, то есть B_{-28} = 23 кГц.

Из таблицы 4 получаем формулу пересчета $B_{c-30} = 1{,}07B_{-28}$, поэтому B_{c-30} = 23 кГц × 1,07 = 24,6 кГц.

В настоящих требованиях указано, что для G1B $B_{c-30} = 1{,}4B_n$. Следовательно, необходимая ширина полосы для данной заявки составляет B_n= 24,6/1,4 = 17,6 кГц.

Испытательные сигналы для измерения ширины полосы передатчика

5.8 Применительно к передатчикам, работающим в классах излучений A1AAN, A1BBN, A2AAN, H2BBN, J2BBN, F1BCN, G1BCN, FID, FIE, F2B, F7E, AIBBN, F7B, F8B, GIB, GIE, GIF, GIW, G2B, G2D, G7D, G7E, G7F и G7W, измерения проводятся при модуляции сигнала передатчика испытательным сигналом ортогональных телеграфных точек.

Для передатчиков, работающих в классах излучений A1AAN, A1BBN, A2AAN, H2BBN, J2BBN, F1BCN, G1BCN, G1D, G2B, G1E, G1F, G1W, G2D, G7D, G7E, G7F и G7W, измерения проводятся на максимальной скорости модуляции, предусмотренной в технических условиях испытываемого передатчика.

Для передатчиков морской подвижной службы, работающих в классе излучения G1BCN в режиме передачи с узкополосной фазовой манипуляцией, измерения проводятся при частоте модуляции $B = 0{,}88\ B_{max}$, где B_{max} – максимальная частота модуляции в канале.

Для передатчиков, работающих в классах излучений F1BCN, FID, FIE и F2B, измерения проводятся при максимальных номинальных значениях девиации частоты при максимальной частоте модуляции и с использованием наиболее часто встречающихся комбинаций девиации и модуляции.

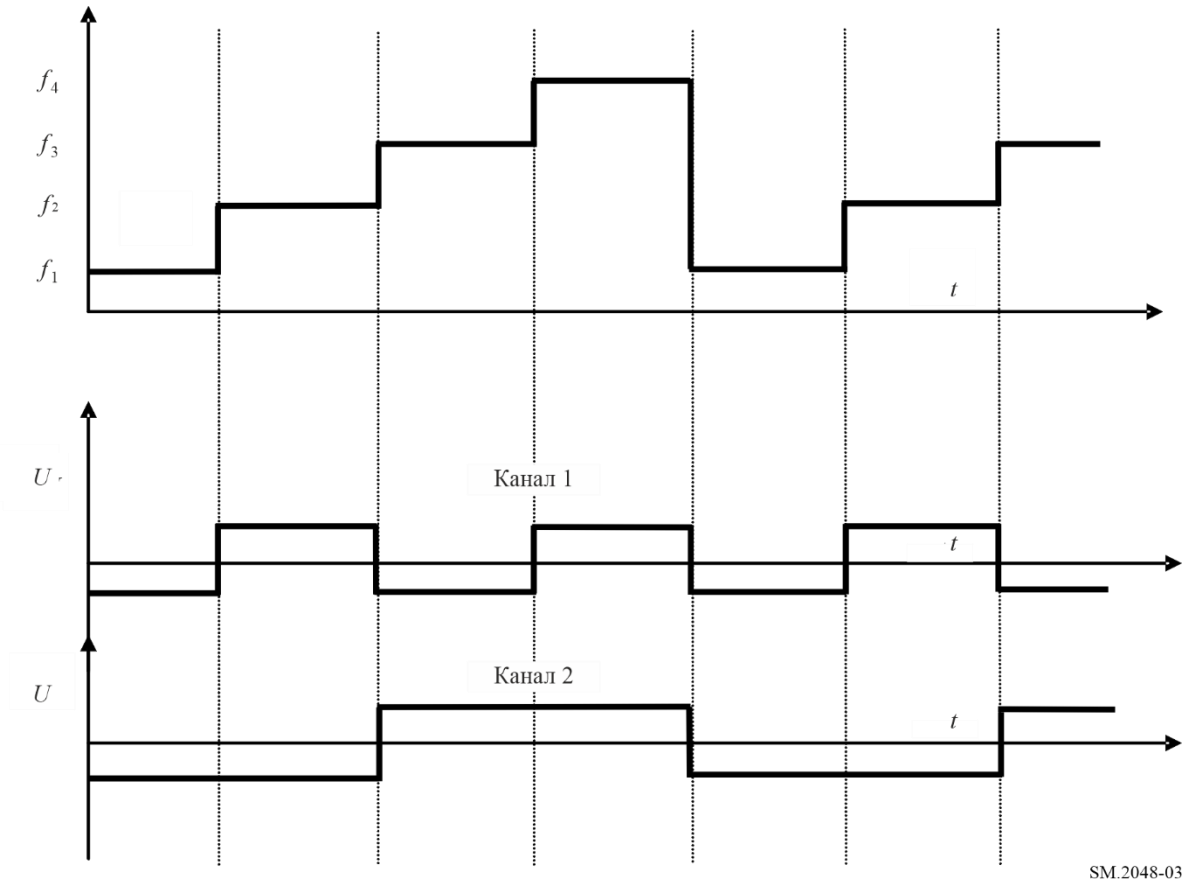
5.9 Применительно к передатчикам, работающим в классах излучений F7BDX, F7D, F7E и F8B, испытательный сигнал формируется путем модуляции обоих каналов передатчика телеграфными точками, скорость и синхронизация которых выбираются таким образом, чтобы мгновенная частота (фаза) передатчика проходила все четыре значения через равные промежутки времени (см. рисунок 3).

Для передатчиков, работающих в классе излучения F7BDX, измерения проводятся при максимальном разнесении частот и максимальной скорости модуляции (в одном из каналов).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если измерение с использованием описанных сигналов модуляции показывает, что передатчик удовлетворяет требованиям (см. раздел 4) для синхронной работы каналов, то считается, что он также удовлетворяет требованиям для асинхронной работы.

РИСУНОК 3

Форма испытательного сигнала для передатчиков, работающих в классе излучения F7BDX



f_1: частота, соответствующая состоянию "ключ поднят" в обоих каналах

f_2: частота, соответствующая состоянию "ключ опущен" в первом канале и "ключ поднят" во втором канале

f_3: частота, соответствующая состоянию "ключ поднят" в первом канале и "ключ опущен" во втором канале

f_4: частота, соответствующая состоянию "ключ опущен" в обоих каналах

U: модулирующий потенциал

t: время

5.10 Применительно к передатчикам, работающим в классах излучений F1C-- или F3C--, испытательный сигнал представляет собой амплитудно-модулированный синусоидальный сигнал частотой 1,9 кГц с коэффициентом модуляции 90% и частотой модуляции 1,1 кГц. Измерения ширины полосы проводятся при девиации частоты на выходе передатчика 1500 Гц.

5.11 Применительно к передатчикам, работающим в классах излучений A3C-- или R3C--, испытательный сигнал представляет собой синусоидальный сигнал 1,9 кГц, модулированный синусоидальным сигналом частотой 550 Гц с девиацией 400 Гц (имитирующий передачу черных и белых полос). Глубина модуляции на выходе передатчика составляет 90%.

5.12 Применительно к передатчикам, работающим в классе излучения F3EGN, испытательный сигнал имеет синусоидальную форму с частотой, равной максимальному значению модулирующей частоты, с коэффициентом нелинейных искажений не более 1%. Измерения проводятся при максимальной девиации частоты. Неопределенность девиации не должна превышать 5%.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Требования в отношении контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ для частот излучения широковещательных передатчиков с каскадом широкополосной линейной модуляции считаются выполненными, если не превышена указанная в технических условиях максимальная девиация частоты и соблюдаются требования по нелинейным искажениям, шуму и собственному шуму передатчика.

5.13 В передатчиках, работающих в классах излучений A3EJN, A3EGN, H3EJN, J3EJN, R3EJN, R3EGN, R7BCF, J7BCF, F3EJN, B8EJN и B9WWX, измерения проводятся с использованием испытательных сигналов, сформированных фильтрами.

Для передатчиков, работающих в классах излучений A3EGN или R3EGN, применяется фильтр формирования широковещательного сигнала (см. Приложение 3, раздел 12).

Для передатчиков, работающих в классах излучения R7BCF, J7BCF или B9WWX, и передатчиков подвижной службы, работающих в классах излучения A3EJN, R3EJN, H3EJN, J3EJN или F3EJN, формирующим фильтром может быть любой фильтр с полосой пропускания телефонного канала, используемого в данной службе.

Во всех остальных случаях используется обычный фильтр формирования телефонного сигнала (см. Приложение 3, раздел 11). Для передатчиков, работающих в классах излучения B8EJN или B9WWX, испытательный шумовой сигнал подается через формирующие фильтры в каждый из каналов.

5.14 Применительно к передатчикам, работающим в классе излучения F8EJF, в качестве испытательного сигнала используется шумовой сигнал, генерируемый анализатором перекрестных помех.

5.15 Применительно к передатчикам, работающим в классе излучения D7W, испытательный сигнал подается от генератора псевдослучайной последовательности импульсов.

5.16 Применительно к передатчикам, работающим в классах излучения F3F или F8WWN, испытательный сигнал подается от генератора телевизионных испытательных сигналов.

5.17 Применительно к передатчикам, работающим в классах излучения M7E, PONAN, K1B-- или Q1B--, измерения проводятся в режиме модуляции передатчика некодированными импульсами минимально возможной длительности в соответствии с техническими характеристиками испытываемого передатчика. Если передатчик не может работать в режиме исключительно коротких импульсов, то измерения можно проводить в рабочем или испытательном режиме модуляции.

5.18 В отношении тех классов излучения, для которых данными стандартами не установлены правила измерения контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы ООВ-спектров, применяются общие правила, предусмотренные Рекомендациями МСЭ-R.

Определение уровней испытательных сигналов

5.19 Для применения в передатчиках, работающих в классах излучения A1AAN, A1BBN, A2AAN, H2BBN, J2BBN, F1BCN, G1BCN, FID, FIE, F2B, F7E, AIBBN, F7B, F8B, GIB, GIE, GIF, GIW, G2B, G2D, G7D, G7E, G7F и G7W, уровень испытательного сигнала соответствует уровню непосредственной (несмещенной) несущей (или поднесущей) для класса излучения R3C--.

5.20 Применительно к передатчикам, работающим в классах излучения A3EJN, A3EGN, R3EJN, R3EGN, B8EJN, H3EJN, J3EJN, R7BCF, J7BCF, B9WWX и F3EJN, уровень испытательного шумового сигнала определяется следующим методом.

С помощью генератора низкой частоты вход передатчика модулируется синусоидальным сигналом частотой 600 Гц при использовании фильтра формирования телефонного сигнала, 1000 Гц при использовании фильтра с полосой пропускания канала телефонного типа или 300 Гц при использовании фильтра формирования широковещательного сигнала.

Уровень синусоидального входного сигнала регулируется для обеспечения 100%-ной модуляции для передатчиков, работающих в классах излучения A3EJN и A3EGN, номинальной пиковой мощности для передатчиков, работающих в классах излучения R3EGN, R3EJN, B8EJN, H3EJN, J3EJN, R7BCF, J7BCF и B9WWX, и номинальной девиации частоты для передатчиков, работающих в классе излучения F3EJN.

Отмечается среднеквадратичное значение напряжения этого сигнала U_{sin}. В случае передатчиков, работающих в классах излучения A3EJN, A3EGN, R3EGN, R3EJN, H3EJN, J3EJN, R7BCF, J7BCF, B8EJN или B9WWX, шумовой сигнал затем подается через тот же формирующий фильтр, и его уровень регулируется таким образом, чтобы создать эффективное напряжение шума, измеряемое тем же измерителем $U_N = K_s U_{sin}$.

Если невозможно достичь коэффициента модуляции, равного 100% (для класса излучения A3EJN или A3EGN), среднеквадратичное значение напряжения шума можно скорректировать с помощью формулы $U_N=2K_sU'_{sin}$, где U'_{sin} – эффективный уровень сигнала, приводящий к коэффициенту модуляции 50%. Значения K_s для различных описанных случаев приведены в таблице 5.

В случае классов излучения R3EJN, R3EGN, J3EJN, B8EJN и J7BCF необходимый уровень шумового сигнала можно регулировать через выходную мощность передатчика таким образом, чтобы при подаче шумового сигнала средняя выходная мощность передатчика составляла ровно 0,25 от его номинальной пиковой мощности.

ТАБЛИЦА 5

Значение коэффициента K_s

Класс излучения	Описание	K_s
A3EGN, A3EJN	Радиовещание и телефония Бортовые передатчики воздушной подвижной службы	0,35 0,47
H3EJN, R3EJN, R3EGN, J3EJN, J7BGF, F3EJN, R7BCF	Радиовещание и телефония, включая передатчики подвижной службы, многоканальная тональная телеграфия	0,47
B8EJN	Телефония второго канала Телефония четвертого канала	0,33 0,23

Для передатчиков, работающих только с определенными типами электроакустических преобразователей (например, микрофонами или ларингофонами) и использующих ограничение динамического диапазона входного сигнала, уровень шумового сигнала на входе передатчика регулируется таким образом, чтобы $U_N = K_sU_{sin\ nom}$, где $U_{sin\ nom}$ – среднеквадратичное значение номинального выходного напряжения, указанное в технических характеристиках преобразователя, а K_s – значение коэффициента в таблице 5.

Для передатчиков с входным напряжением модуляции, нормализованным по среднеквадратичному значению, среднеквадратичное значение шумового сигнала должно быть отрегулировано таким образом, чтобы оно равнялось этому значению.

5.21 Применительно к передатчикам, работающим в классе излучения F8EJF, уровень испытательного шумового сигнала, подаваемого на вход оконечного оборудования телефонного канала, регулируется так, чтобы $P_{n.test} = P_{ch.in} + P_{load}$, где $P_{ch.in}$ – номинальная мощность на входе оконечного оборудования группового канала TF для одного тонального канала, а P_{load} – средний уровень мощности мультиплексного сообщения, определяемый в соответствии с таблицей 1A.

5.22 Применительно к передатчикам, работающим в классе излучения F8WWN, уровень испытательного сигнала (амплитуда яркостного сигнала, подаваемого на вход оконечного оборудования телевизионной радиорелейной линии) должен составлять 1 Вт.

5.23 Применительно к передатчикам, работающим в классе излучения D7D или D7W, параметры испытательного сигнала устанавливаются в соответствии с пунктом 5.18.

Измерения контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы ОоВ-спектров

5.24 Измерения контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы ОоВ-спектров передатчиков проводятся с помощью установки, изображенной на рисунке 2.

При необходимости для косвенного (полевого) измерения передатчика также можно использовать анализатор спектра. В этом случае необходимо применять антенны, отвечающие требованиям широкополосности для этих измерений.

При необходимости измерительная аппаратура размещается внутри экранированной камеры.

Допустимо измерять уровни контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы ОоВ-спектров с помощью параметров плотности потока мощности электромагнитного поля, если это не вносит неопределенность, связанную с методом измерения.

5.25 Измерительный прибор в установке, изображенной на рисунке 2, должен соответствовать требованиям, изложенным в Приложении 3.

5.26 Анализатор спектра настраивается с использованием следующих критериев.

Разрешение анализатора спектра по ширине полосы на уровне –3 дБ (Δf) устанавливается на уровне одной трети частоты модуляции для периодических испытательных сигналов, или приблизительно 1/10τ; применительно к классам импульсных излучений форма частотной характеристики каскада ПЧ анализатора спектра должна быть близкой к колоколообразной.

При использовании шумовых испытательных сигналов значение Δf не должно превышать 0,05 $B_{c–30}$.

Диапазон измерения анализатора спектра (и полоса пропускания приемника, если анализатор подключен к каскаду ПЧ приемника) настраивается на 1,5–2-кратную ширину полосы, полученную по данным из таблицы 1.

Постоянная времени видеофильтра и время развертки анализатора спектра зависят от класса излучения передатчика:

– для измерения излучений классов A1AAN, A1BBN, A2AAN, H2BBN, J2BBN, F1BCN, G1BCN, F3EGN, F1C--, F3C--, F7BDX, FIE, FID, F7D, F7E, F8B, F9B, GID, GIE, GIF, GIW, G7D, G7E, G7F, G2B и G2D должно быть установлено наименьшее возможное значение постоянной времени анализатора спектра, а время развертки T должно соответствовать условию

$$T \geq SPAN/\Delta f^2; \tag{1}$$

– могут использоваться анализаторы спектра с линейным или логарифмическим детектором;

– для измерения излучений классов A3EJN, A3EGN, R3EJN, R3EGN, B8EJN, H3EJN, J3EJN, R7BCF, J7BCF, B9WWX, F3EJN, F8EJF и D7W могут использоваться анализаторы спектра с линейными, квадратичными или логарифмическими детекторами с постоянной времени τ', удовлетворяющей условию

$$\tau' \geq 16/\Delta f. \tag{2}$$

Время развертки выбирается исходя из следующих условий: если Q – наклон огибающей спектра в точке измерения меньше 30 дБ/октава, то время развертки рассчитывается по одной из формул (3) в зависимости от того, оснащен ли прибор линейным, квадратичным или логарифмическим детектором:

$$\left.\begin{aligned} T_{lin} &\geq 132{,}8 SPAN[3{,}4\left(1+\tfrac{3}{Q}\right)]^{-2}/(\Delta f * B_{c-30}) \\ T_{quad} &\geq 188{,}8\ SPAN[3{,}4(1+3/Q)]^{-2}/(\Delta f * B_{c-30}) \\ T_{log} &\geq 18\,880\tau \quad [(Q)]^{-2}/(\Delta f * B_{c-30}) \end{aligned}\right\}. \tag{3}$$

Если время развертки, полученное с использованием формулы (3), больше максимального времени развертки анализатора спектра, то измерение необходимо проводить в режиме ручной развертки.

Для определения значения Q при подготовке к точному измерению контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ используется следующая процедура.

Диапазон измерения анализатора спектра устанавливается примерно в три-четыре раза шире, чем $B_{c–30}$, и затем Q либо считывается непосредственно с экрана анализатора (если он оснащен логарифмическим детектором), как показано на рисунке 4, или рассчитывается по разнице показаний аттенюатора 0 дБ при $B_{c–30}$ и при $2B_{c–30}$.

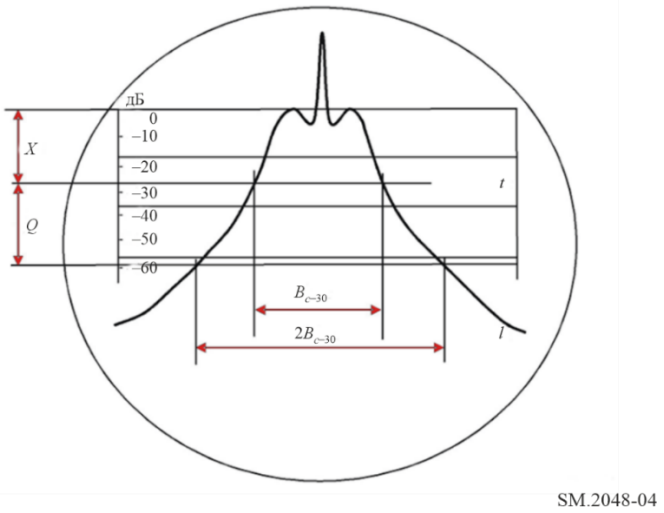
Для измерения излучения классов PONAN, K1B-- и Q1B-- постоянная времени видеофильтра должна устанавливаться на минимально возможное значение анализатора спектра.

Время развертки выбирается из условия $T \geq 50/F_{rep}$, где F_{rep} – частота повторения импульсов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Q также можно оценить по Q' – разнице в уровнях между $B_{c–30}$ и $1{,}5B_{c–30}$. В этом случае Q рассчитывается по формуле $Q = 1{,}7\ Q'$.

РИСУНОК 4

Оценка наклона огибающей



5.27 Нулевой уровень мощности, служащий эталоном, относительно которого проводятся измерения на уровне *x* дБ с помощью анализатора спектра, определяется следующим образом:

– для измерения излучения классов A1AAN, A1BBN, A2AAN, H2BBN, H2BFN, J2A, J2BBN, J2BCN, F1B, F1BCN, G1BCN, F3EGN, F1C--, F3C--, F7BDX, FID, FIE, F2B, F7E, F7B, F7D, F8B, F8D, GIB, GIE, GIF, GIW, G2B, G2D, G7D, G7E, G7F и G7W: уровень немодулированной несущей;

– для измерения излучения классов A3C-- и R3C--: уровень немодулированной поднесущей;

– для измерения излучения классов PONAN, K1B-- и Q1B--: уровень наиболее сильно выраженной спектральной составляющей выходного каскада передатчика при модуляции испытательным сигналом;

– для измерения излучения классов A3EJN, A3EGN, R3EJN, R3EGN, B8EJN, B8EGN, D7W, H3EJN, J3EJN, R7BCF, J7BCF, B9WWX, F3EJN, F3EHN, F3F, F8EJF, F8WWN, F9D и F9E: максимальный уровень спектральной огибающей (при определении нулевого уровня) в области боковой полосы, то есть та часть показаний анализатора спектра, которая соответствует несущей частоте, не учитывается.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При измерении класса излучения A3EGN, если максимальная спектральная плотность мощности в области боковой полосы маскируется показанием несущей, то огибающая спектра на экране анализатора настраивается таким образом, чтобы ширина полосы излучения на уровне –10 дБ составляла 4 кГц.

Амплитуда соответствующей спектральной составляющей совмещается с отметкой 0 дБ на экране. Если это невозможно, то ее можно совместить с любой фиксированной горизонтальной линией в верхней трети экрана анализатора спектра. Этот уровень становится точкой отсчета, относительно которой можно измерять другие стандартные уровни: –30, –40, –50 и –60 дБ.

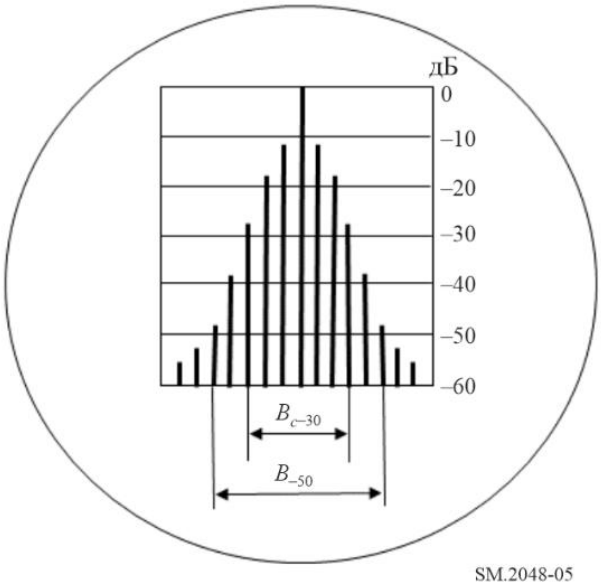
Между установкой нулевого уровня и фактическим измерением контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы OoB-спектров параметры настройки анализатора спектра, то есть разрешение по ширине полосы, время развертки и постоянная времени видеофильтра, изменяться не должны.

5.28 Когда нулевой уровень установлен, следующим шагом является измерение контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы OoB-спектров.

Если анализатор спектра имеет логарифмический детектор, то контрольную ширину полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы OoB-спектров можно считывать непосредственно со шкалы анализатора спектра по разности частот между наибольшей спектральной составляющей и наименьшей, едва превышающей заданный уровень (см. рисунок 5). Для этого необходимо, чтобы погрешность анализатора спектра по логарифмической шкале не превышала 2 дБ. Если это не так, то показания получают с помощью линейного детектора.

РИСУНОК 5

Получение значения контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы ООВ-спектров с помощью анализатора спектра с логарифмическим детектором



Если измеренная ширина полосы излучения выходит за пределы шкалы анализатора спектра, так что диапазон измерения необходимо увеличить, то калибровку анализатора спектра придется повторить для немодулированной несущей (чтобы установить нулевой уровень, как описано в пункте 5.27). После этого можно повторить описанную выше процедуру.

6 Метод измерения внеполосных излучений передатчиков морской подвижной службы в классах излучения R3EJN, H3EJN, H2BBN, J3EJN

6.1 Уровни дискретных спектральных составляющих выходного сигнала в области ООВ для передатчика, модулируемого двухтональным испытательным сигналом, обеспечивающим модуляцию до номинальной мощности на пиках огибающей, не должны превышать пределов, указанных в таблице 3.

6.2 Измерение ООВ-спектров передатчиков, работающих в классе J3EJN, выполняется с помощью установки, показанной на рисунке 2.

6.3 Один из генераторов используется для подачи на вход передатчика сигнала с частотой 470 Гц и амплитудой, при которой выходная мощность передатчика равна:

$$P'_{mean} = P'_{peak} = 0{,}25\ P_{p.r.},$$

где:

$P_{p.r.}$: номинальная мощность на пиках огибающей.

Не отключая сигнал от первого НЧ-генератора, с помощью другого НЧ-генератора подают на передатчик второй сигнал частотой 2550 Гц, регулируя уровень сигнала так, чтобы выходная мощность передатчика составила:

$$P''_{mean} = 0{,}5\ P_{p.r.}; \qquad (4)$$

$$P''_{peak} = 0{,}25 P_{p.r.}.$$

6.4 Диапазон измерения анализатора спектра настраивается не менее чем на 20 кГц, а полоса пропускания ПЧ – на 50–150 Гц. Скорость (время развертки) определяется, как описано в пункте 5.26.

6.5 Спектральные составляющие модулирующего сигнала регулируются по горизонтальной оси таким образом, чтобы они находились в центре шкалы анализатора спектра.

Если спектральные составляющие, соответствующие модулированному сигналу, равны по величине, то коэффициент передачи анализатора спектра настраивается таким образом, чтобы они совпадали с отметкой 0 дБ или с какой-либо другой отметкой в верхней трети шкалы анализатора спектра. Если уровни составляющих не одинаковы, то уровни модулирующего сигнала немного корректируют, чтобы сделать их равными, не выходя за рамки уравнения (4). Затем их выравнивают с отметкой 0 дБ или другой отметкой на шкале анализатора спектра.

6.6 Уровни объединенных составляющих третьей–девятой степени и любых других составляющих, попадающих в полосу, показанную в таблице 3, можно считывать напрямую, если используется анализатор спектра с логарифмической шкалой. Если анализатор спектра имеет линейную шкалу, то это делается с помощью аттенюаторов анализатора спектра в соответствии с инструкцией к нему. Результаты измерения уровня должны ослабляться относительно спектральных составляющих модулированного сигнала по крайней мере на величины, указанные в таблице 3. Полученные таким образом показатели ослабления спектральных составляющих в полосе f_{tx} ±7,5 кГц используются для расчета уровней мощности. Мощность любой отдельной составляющей не должна превышать 50 мВт в соответствии с таблицей 3.

6.7 Измерение OoB-спектров передатчиков, работающих в классе H3EJN, выполняется с помощью установки, показанной на рисунке 2.

Уровень несущей частоты передатчика регулируется таким образом, чтобы мощность на выходе соответствовала значению, указанному в уравнении (3). Затем на передатчик с помощью НЧ-генератора подается сигнал частотой 2000 Гц с таким уровнем сигнала, чтобы мощность на выходе передатчика соответствовала уравнению (4).

Показания уровня снимаются в соответствии с инструкциями в пунктах 6.4–6.6.

6.8 Измерение OoB-спектров передатчиков, работающих в классе H2BBN, выполняется, когда передатчик находится в режиме "ключ опущен", в соответствии с процедурой, описанной в пункте 6.7.

6.9 Измерение OoB-спектров передатчиков, работающих в классе R3EJN, выполняется, когда передатчик настроен на режим J3EJN или H3EJN. Измерение выполняется согласно процедуре, описанной соответственно в пунктах 6.2–6.4 или 6.7.

7 Метод измерения ширины полосы OoB-спектров бортовых передатчиков воздушной подвижной службы

7.1 Уровни составляющих спектральной плотности мощности внеполосных спектров, подаваемых на антенну или эквивалент антенны, при модуляции передатчика шумовым испытательным сигналом для получения номинальной пиковой мощности не должны превышать пределов, указанных в таблице 2.

7.2 Измерение полосы пропускания внеполосных спектров передатчиков выполняется только в классе излучения J3EJN с использованием установки, изображенной на рисунке 2.

7.3 Генераторы НЧ-сигналов 3a и 3b используются для подачи на вход передатчика двух синусоидальных сигналов частотой соответственно 1100 Гц и 1500 Гц; оба сигнала имеют одинаковый уровень U_s, который настраивается для подачи номинальной пиковой мощности на эквивалент антенны 9.

Используя анализатор спектра 12, НЧ-уровни двух составляющих модуляции точно регулируются таким образом, чтобы сделать эти составляющие равными, а входные или промежуточные аттенюаторы анализатора спектра или внешнего аттенюатора 11 настраиваются так, чтобы довести этот уровень до –6 дБ. В этой конфигурации уровень 0 дБ соответствует пиковой мощности излучения передатчика класса J3EJN.

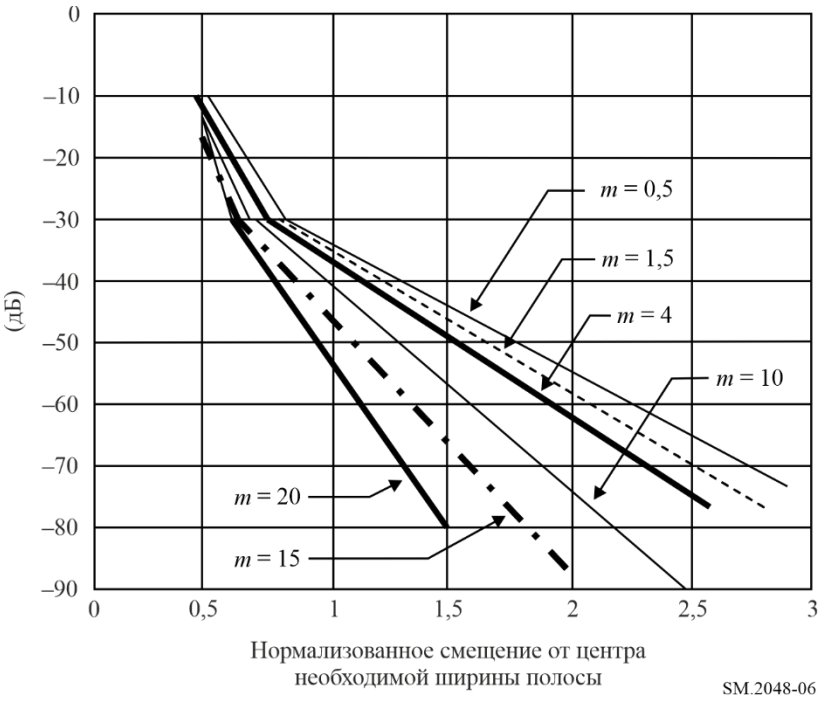
7.4 Далее НЧ-генераторы 3a и 3b отключаются, а генератор шума 2 подключается к передатчику через фильтр формирования телефонного сигнала 5. Сигнал от генератора шума 2 настраивается так, чтобы вольтметр среднеквадратичных значений 6 показывал 0,47 U_s. Значения контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ и ширины полосы ООВ-спектров измеряются на уровнях –38 дБ и –43 дБ относительно нулевого уровня, установленного в пункте 7.3. Значения ширины полосы не должны превышать пределов, указанных в таблице 2.

Приложение 1

Преобразование данных по ООВ-спектрам передатчика, выраженных через смещение от центра необходимой ширины полосы

РИСУНОК 6

График, иллюстрирующий связь между огибающей ООВ и индексом модуляции для классов излучения F1B, F1D, F1W, F7B, F7D и F7W

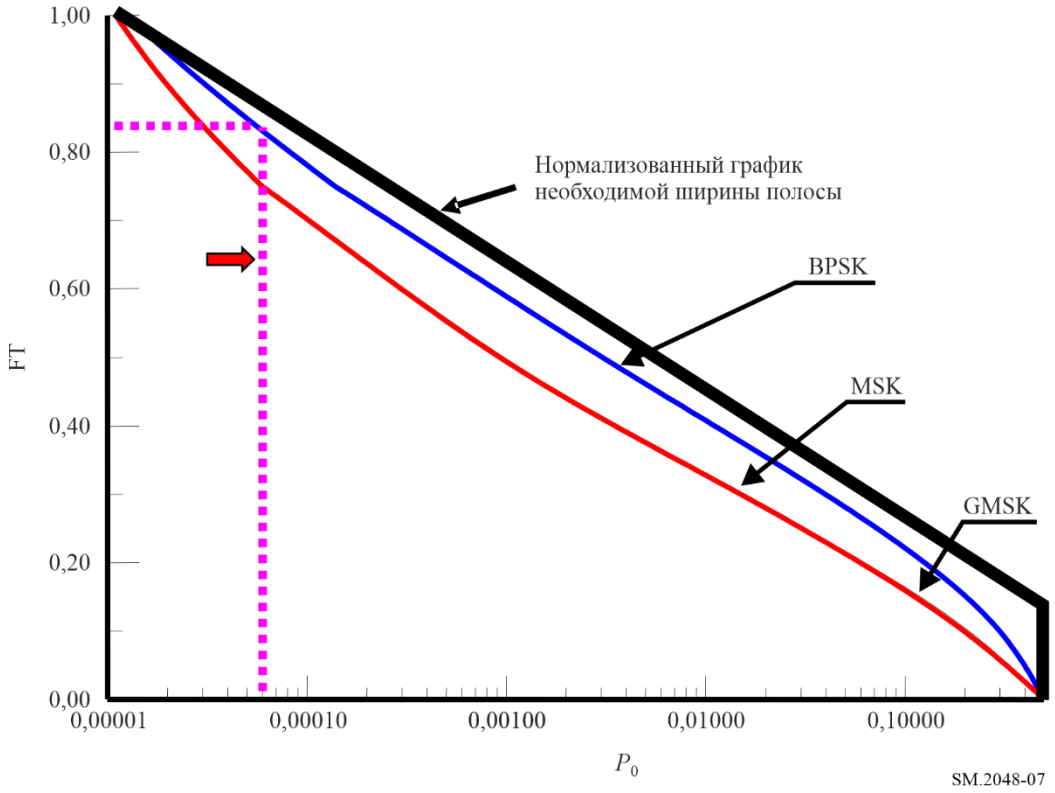


Приложение 2

Внесение поправки в необходимую ширину полосы при пониженном значении коэффициента ошибок канала связи

РИСУНОК 7

Соотношение, согласно критерию Найквиста, между необходимой шириной полосы FT и достоверностью полученной цифровой информации P_0 независимо от способа кодирования информации и избыточности кода



Пример. Для системы BPSK коррекция ошибок снижает требования к надежности информации в канале до 5×10^{-4}. В этом случае необходимая ширина полосы, рассчитанная по таблице 1, может быть уменьшена до 82%.

1 В случае сильно загруженной полосы, а также для радиосистем, особенно восприимчивых к помехам или предъявляющих очень высокие требования к надежности информации, необходимая ширина полосы рассчитывается с учетом качества передачи сообщений.

2 Для цифровых систем связи качество передачи характеризуется вероятностью P_{err}, соответствующей коэффициенту ошибок по битам. Если известна требуемая вероятность ошибки, то можно определить необходимую ширину полосы полезного сигнала, которая обеспечит требуемую надежность передачи информации, то есть ширину полосы, необходимую для достижения этой вероятности по всей системе радиосвязи. Полученные таким образом цифры могут существенно отличаться от значения необходимой ширины полосы, рассчитанной на основе параметров модуляции и, соответственно, контрольной ширины полосы на уровне –30 дБ.

Приложение 3

Общие требования к измерительным приборам

Анализаторы спектра

1 Диапазон частот используемого анализатора спектра должен охватывать рабочий спектр тестируемого передатчика.

Для измерения различных участков рабочего спектра могут использоваться анализаторы спектра разных типов.

2 Анализатор спектра должен охватывать всю огибающую спектра сигнала в полосе частот, соответствующей самому низкому уровню измерения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если анализатор спектра с необходимым диапазоном измерения отсутствует, огибающую спектра можно определять по сегментам.

3 На уровне –3 дБ анализатор спектра должен иметь полосу пропускания:

– в одну треть частоты манипуляции, если используются периодические испытательные сигналы;

– $0{,}1/\tau$ для импульсных излучений;

– $0{,}05B_{c-30}$, если используются шумовые испытательные сигналы.

В этом случае анализатор спектра должен иметь последетекторный усредняющий каскад с постоянной времени $\tau' \geq 16/\Delta f$.

4 Динамический диапазон измерения анализатора спектра должен обеспечивать точность измерения ±2 дБ на самом низком уровне измерения, то есть –60 дБ.

5 Частотная характеристика анализатора спектра в заданном диапазоне частот должна быть плоской с точностью в пределах 3 дБ.

6 Максимальная общая погрешность измерения уровня составляет 10%.

Генераторы шума

7 Спектральная плотность мощности шума в измеряемой полосе частот должна быть одинаковой с точностью в пределах 2 дБ.

8 Уровень мощности шума на выходе генератора должен быть достаточным для нормальной модуляции. Если выходная мощность генератора слишком мала, то его можно использовать с усилителем. В этом случае частотная характеристика усилителя должна быть плоской с точностью в пределах 1 дБ (в диапазоне от $0{,}9F_{lc}$ до $1{,}2F_{uc}$, где F_{lc} и F_{uc} – соответственно нижняя и верхняя частоты модулирующего сигнала).

Коэффициент нелинейных искажений усилителя не должен превышать 3% (при последовательной подаче на вход усилителя синусоидальных сигналов частотой 300, 600 и 1000 Гц).

9 Максимальная неопределенность настройки выходного сигнала составляет 6%.

Источники телеграфного сигнала

10 Максимальные краевые искажения для телеграфных точек составляют 3%. Максимальное относительное время нарастания импульса составляет 2%. Должна поддерживаться стандартная скорость манипуляции (от 47 до 2400 бод) при максимальном относительном коэффициенте ошибок 10^{-5}. Источник сигнала должен иметь два канала, обеспечивающих уровень напряжения выходного сигнала, необходимый для нормальной работы передатчика.

Формирующие фильтры

11 Электрическая схема и график, иллюстрирующий частотную характеристику формирующего фильтра, используемого для генерации телефонных сигналов из белого шума, приведены в пункте 5.2 Рекомендации МСЭ-R SM.328.

12 Электрическая схема и график, иллюстрирующий частотную характеристику формирующего фильтра, используемого для генерации широковещательных сигналов из белого шума, приведены в пункте 6.2 Рекомендации МСЭ-R SM.328.

13 Частотные характеристики реальных фильтров для некоторых участков диапазона могут отклоняться от кривых, приведенных в пунктах 5.2 и 6.2 Рекомендации МСЭ-R SM.328, не более чем на 2 дБ.

14 Используемые формирующие фильтры должны быть официально откалиброваны.

Аттенюаторы

15 Аттенюаторы должны обеспечивать ослабление сигнала на уровне a дБ во всем измеряемом спектре. Значение a должно составлять $P_0 - P_{LL} - |X| \geq a \geq P_0 - P_{UL}$, а допустимая мощность рассеяния P_{aTT} должна составлять $P_{aTT} \geq P_0$, где P_0 – средняя мощность (дБ/мкВт) на входе аттенюатора, а P_{UL} и P_{LL} – соответственно верхний и нижний пределы (дБ/мкВт) измерений средней мощности с помощью прибора.

16 Коэффициент стоячей волны (КСВ) на входе (выходе) аттенюатора не должен превышать 1,4.

17 Максимальная погрешность настройки аттенюатора составляет 1 дБ.

18 КСВ по напряжению для любого отдельного вспомогательного элемента в составе ВЧ-каскада не должен превышать 1,5.

Другие приборы

19 Приборы для измерения мощности должны иметь точность измерения не хуже ±5% для данного диапазона частот и типа мощности.

20 Цифровые частотомеры должны обеспечивать показания частоты с максимальной погрешностью 10^{-9} (как минимум на порядок лучше допуска частоты для тестируемой радиосистемы).

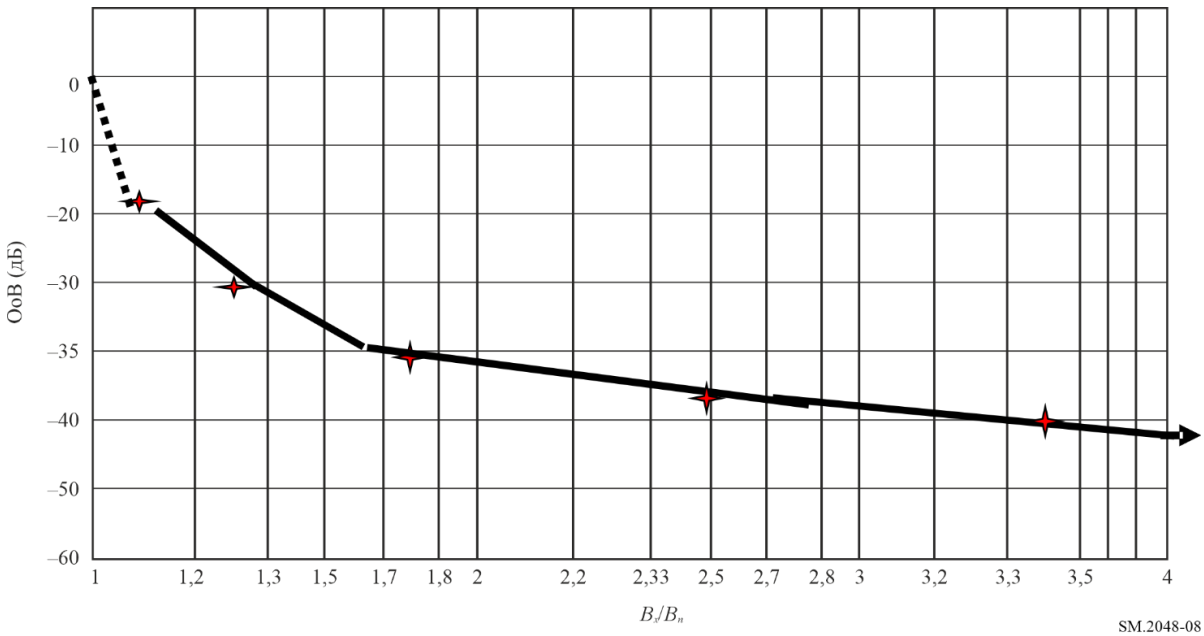
Приложение 4

Пример графика пределов ООВ-излучений, иллюстрирующего проверку соответствия излучений нормативным требованиям администрации

На рисунке 8 звездочками обозначены точки данных, полученные в результате измерения: B_{-26} = 1,15B_n; B_{-38} = 1,4B_n; B_{-43} = 1,94B_n; B_{-50} = 2,75B_n; B_{-55} = 3,6B_n. Жирная линия указывает установленные выше пределы (таблица 1, телефония, одна боковая полоса частот, подавленная несущая, передатчики фиксированной службы).

РИСУНОК 8

Сравнение измерений OoB с указанными пределами для класса J3EJN (передатчик фиксированной службы)



Примечание. – Сравнение полученных результатов измерения с применимыми пределами показывает, что контрольная ширина полосы на уровне –30 дБ и ширина полосы OoB-спектров передатчика соответствуют требованиям.

Приложение 5

Условные обозначения и сокращения

1 Параметры и переменные

B	Частота модуляции (бод)
B_{ch}	Общая скорость передачи данных в канале (бод)
B_n	Необходимая ширина полосы (Гц[2])
$B_{c–30}$	Контрольная ширина полосы на уровне –30 дБ (Гц)
B_s	Максимальный сдвиг несущей частоты (Гц)
BT	Нормированная полоса пропускания фильтра, определяемая произведением ширины полосы на уровне –3 дБ на время передачи одного кодированного элемента (субимпульса)
D	Максимальная девиация частоты (половина разности между максимальным и минимальным значениями мгновенной частоты) (Гц)
$D_{MAX.TV}$	Максимальная девиация частоты, создаваемая видеосигналом (Гц)
F_0	Номинальная несущая частота (Гц)

2 Там, где указаны единицы измерения Гц, также могут использоваться кГц, МГц и ГГц.

F_U	Максимальная частота модуляции, максимальная тональная частота (Гц)
F_{uc}	Верхняя частота канала
F_{lc}	Нижняя частота канала
F_{um}	Верхняя средняя частота
F_L	Минимальная тональная частота, минимальная частота модуляции (Гц)
F_{max}	Максимальная частота синусоидального сигнала, модулирующего пик импульса в классе излучения K1D (Гц)
F_{sc}	Поднесущая частота (Гц)
F_{PS}	Частота пилот-сигнала (Гц)
f_{tx}	Назначенная частота передатчика
f_r	Непрерывность частоты пилот-сигнала
φ	Функция гауссова фильтра
K	Рабочий коэффициент, используемый для расчетов в таблице 1
K_G, K_α, K_β	В цифровых системах связи это коэффициенты, определяемые используемыми фильтрами и методами фильтрации. В общем случае α – фильтр с характеристикой типа квадратный корень из косинуса, а β – фильтр с характеристикой типа приподнятый косинус
K_d	Коэффициент, равный относительной нестабильности несущей частоты
K_{fade}	Коэффициент, характеризующий влияние затухания на линию передачи
K_f	Параметры фазового перехода
Ks	Коэффициент для измерения среднеквадратичного напряжения
K_R	Коэффициент избыточности кодирования с коррекцией ошибок, равный отношению числа элементов кода на выходе кодера к числу элементов кода на входе ($K_R > 1$). Если избыточность ψ указана в %, то коэффициент определяется по формуле $K_R = 1 + \psi/100$
$\Delta\varphi$	Фазовый сдвиг (градусы)
m	Индекс частотной модуляции
m_p	Индекс частотной модуляции, учитывающий характеристики данной системы, включая пик-фактор
N_c	Количество каналов
N_f	Количество поднесущих частот
N_p	Количество независимых частотных диапазонов
Δf	Ширина статической полосы пропускания каскада ПЧ анализатора спектра на уровне –3 дБ (Гц)
ΔF	Разделение поднесущих (Гц)
ΔF_G	Полоса пропускания гауссова фильтра
ΔF_{ch}	Эффективное значение девиации частоты, создаваемое измеренным уровнем одного канала (МГц)
OoB	Внеполосный
T	Время развертки (продолжительность прямого хода развертки) (с)
τ_d	Длина выборки
τ_r	Длина переднего фронта импульса (мкс)
τ_f	Длина заднего фронта импульса (мкс)
τ	Длина импульса (с или мкс)

τ'	Постоянная времени видеофильтра (с) – коэффициент, характеризующий асимметрию формы импульса: $\delta = 2\ \tau_r\ \tau_f/(\tau_f + \tau_r)$
δ_d	Коэффициент, характеризующий асимметрию формы выборки: $\delta_d = (2\ \delta_{dr}\ \delta_{df})/(\delta_{df} + \delta_{dr})$
Θ (α)	Относительное время установления сигнала (импульса), коэффициент скругления импульса
P	Излучаемая мощность (дБВт)
P_{load}	Средняя мощность многоканального сообщения (дБВт)
$P_{ch.mean}$	Средняя мощность одного тонального канала (дБВт)
P_0	Надежность информации
R	Скорость передачи цифровых данных (бит/с, кбит/с, Мбит/с или Гбит/с)
Q	Наклон спектральной огибающей в области ООВ (дБ/октава)
S	Число состояний при фазовой манипуляции; если используется N-разрядный параметр $\oplus$, то используется преобразование $S = \oplus^2$. (ПРИМЕЧАНИЕ. – Многопозиционная фазовая манипуляция часто указывается в форме M-разрядной.)
$SPAN$	Полоса измерения анализатора спектра
U_N	Напряжение шумового сигнала
U_{sin}	Среднеквадратичное напряжение сигнала
Z	Максимальное количество черно-белых элементов кода в секунду

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Параметры, для которых в этом списке указаны единицы измерения Гц, могут также измеряться в кГц, МГц и ГГц.

2 Список сокращений, обозначающих типы модуляции, используемые в настоящем Отчете

Сокращение	Тип модуляции сигнала
$\pi/4$ DQPSK	Дифференциальная четырехпозиционная фазовая манипуляция $\pi/4$
$\pi/4$ QPSK	Четырехпозиционная фазовая манипуляция $\pi/4$
APSK, 32 APSK	Амплитудно-фазовая манипуляция
BCFSK	Частотная манипуляция двоичным кодом
BCM	Блочно-кодовая модуляция
BDM	Двоичная дельта-модуляция
BDPSK	Двоичная дифференциальная фазовая модуляция
BFSK	Двоичная частотная модуляция
BFSK	Двоичная частотная модуляция, дуобинарная частотная модуляция
CPFSK (4CPFSK)	Регулируемая PFSK
CPM	Непрерывная фазовая модуляция
FDM-FM	Мультиплексирование с частотным уплотнением каналов
FFSK	FSK с фильтрацией

Сокращение	Тип модуляции сигнала
GMSK	Гауссова фильтрация с минимальным сдвигом или гауссова манипуляция с минимальным сдвигом
FM	Частотная модуляция
FMSK	Манипуляция с минимальным сдвигом с фильтрацией
FSK	Частотная манипуляция
GFPM	Частотно-позиционная модуляция со стробированием
LFM	Линейная частотная или пространственно-частотная модуляция
M-ary QAM	*M*-разрядная квадратурная амплитудная модуляция
MFSK	Множественная или многоуровневая FSK
MLCM	Многоуровневая кодовая модуляция
MSK ≡ FFSK	Манипуляция с минимальным сдвигом без фильтрации или быстрая частотная манипуляция без фильтрации
MPSK	Множественная PSK
MSK	Манипуляция с минимальным сдвигом
NBPM	Узкополосная фазовая модуляция
PCM	Импульсно-кодовая модуляция
PDM	Широтно-импульсная модуляция
PFM	Частотно-импульсная модуляция
PM	Фазовая модуляция
PNM	Импульсно-числовая модуляция
PPM	Фазоимпульсная модуляция
PSK	Фазовая манипуляция
QAM	Квадратурная амплитудная модуляция
QPR, QPR-AZD	Квадратурный частичный отклик, QPR с обнаружением зоны неоднозначности
QPSK	Квадратурная фазовая манипуляция
RPSK	Относительная фазовая манипуляция
SFM	Модуляция со свипированием по частоте или пространственно-частотная модуляция
TCM	Модуляция с решетчатым кодированием
TFM	Управляемая частотная модуляция
WBFM	Широкополосная частотная модуляция