|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R SM.1138-3**  **(10/2019)** |
| **Определение необходимой ширины полосы частот с примерами ее расчета  и соответствующими примерами обозначения излучений** |
| **Серия SM**  **Управление использованием спектра** |

**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-Т/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: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

|  |  |
| --- | --- |
| **Серии Рекомендаций МСЭ-R**  (Представлены также в онлайновой форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.) | |
| **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** |
| **SNG** | Спутниковый сбор новостей |
| **TF** | Передача сигналов времени и эталонных частот |
| **V** | Словарь и связанные с ним вопросы |

|  |
| --- |
| ***Примечание****. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.* |

*Электронная публикация*Женева, 2020 г.

© ITU 2020

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.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1138-3

Определение необходимой ширины полосы частот с примерами ее расчета   
и соответствующими примерами обозначения излучений

(1995-2007-2008-2019)

Сфера применения

Настоящая Рекомендация служит основой для определения необходимой ширины полосы излучений по амплитуде, частоте и импульсной модуляции для различных видов сигнала. Представляются также примерные расчеты и обозначения излучений.

Ключевые слова

Необходимая ширина полосы, автоматизированная система управления использованием спектра, расчет

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что присвоение частот требует определения необходимой ширины полосы излучений;

b) что необходимая ширина полосы является одним из ключевых элементов данных всех автоматизированных систем управления радиочастотным спектром,

рекомендует,

чтобы формулы, приведенные в Приложении 1, использовались при расчетах необходимой ширины полосы, когда этого требует Регламент радиосвязи (РР).

Приложение 1  
  
Определение необходимой ширины полосы частот с примерами ее расчета   
и соответствующими примерами обозначения излучений

**1** Необходимая ширина полосы частот не является единственной характеристикой излучения, которую следует учитывать при оценке помех, которые могут быть созданы этим излучением.

**2** При представлении формул в таблице использовались следующие термины:

*Bn*: необходимая ширина полосы частот (Гц);

*B*: скорость телеграфирования (Бод);

*N*: максимально возможное число черно/белых элементов, передаваемых в секунду при факсимильной передаче;

*M*: максимальная частота модуляции (Гц);

*C*: частота поднесущей (Гц);

*D*: пиковая девиация частоты, т. е. половина разности между максимальной и минимальной величинами мгновенной частоты. Под мгновенной частотой (Гц) подразумевается скорость изменения фазы (рад), деленная на 2π;

*t*: длительность импульса (с) по половинной амплитуде;

*tr*: время нарастания импульса (с) от 10% до 90% амплитуды;

*K*: суммарный численный коэффициент, меняющийся в зависимости от характера излучения и от допустимого искажения сигнала. Если используется сигнал с множеством несущих и ортогональным частотным разделением, *K* является количеством активных поднесущих, как это определено в уравнении (52) в Рекомендации МСЭ-R SM.328;

*Nc*:количество каналов в групповой полосе частот радиосистемы, использующей многоканальное уплотнение;

*fp*: частота поднесущей пилот-сигнала непрерывности (Гц) (непрерывный сигнал, используемый для контроля работы систем с частотным уплотнением);

*Ns*:частотное разнесение между двумя поднесущими (кГц).

| Описание  излучения | Необходимая ширина полосы | | Обозначение излучения |
| --- | --- | --- | --- |
| Формула | Пример расчета |
| I БЕЗ МОДУЛИРУЮЩЕГО СИГНАЛА | | | |
| Излучение немодулированных колебаний | – | – | NONE |
| II АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ | | | |
| 1 Сигнал с информацией в квантованной или цифровой форме | | | |
| Телеграфия незатухающими колебаниями, код Морзе | *Bn* = *BK* *K* = 5 для линий, подверженных замираниям *K* = 3 для линий без замираний | 25 слов в минуту *B* = 20,  *K* = 5 Ширина полосы: 100 Гц | 100HA1AAN |
| Телеграфия  с амплитудной манипуляцией тонально модулированной несущей, код Морзе | *Bn* = *BK* + 2*M* *K* = 5 для линий, подверженных замираниям *K* = 3 для линий без замираний | 25 слов в минуту *B* = 20, *M* = 1 000, *K* = 5 Ширина полосы: 2 100 Гц = 2,1 кГц | 2K10A2AAN |
| Сигнал избирательного вызова с использованием последовательного одночастотного кодирования, передача на одной боковой полосе, полная несущая | *Bn* = *M* | Максимальная частота кодирования: 2 110 Гц *M* = 2 110 Ширина полосы: 2 110 Гц = 2,11 кГц | 2K11H2BFN |
| Буквопечатающая телеграфия с использованием частотно-манипулированной поднесущей с исправлением ошибок; передача на одной боковой полосе, подавленная несущая (одноканальная) | *Bn* = 2*M* + 2*DK* | *B* = 50 *D* = 35 Гц (сдвиг 70 Гц) *K* = 1,2 Ширина полосы: 134 Гц | 134HJ2BCN |
| Многоканальная  тональная телеграфия с исправлением ошибок, ряд каналов с временным уплотнением, передача на одной боковой полосе, ослабленная несущая | *Bn* = высшая центральная частота + *M* + *DK* | 15 каналов; высшая центральная частота: 2 805 Гц *B* = 100 *D* = 42,5 Гц (сдвиг 85 Гц) *K* = 0,7 Ширина полосы: 2 885 Гц = 2,885 кГц | 2K89R7BCW |
| 2 Телефония (коммерческое качество) | | | |
| Телефония двухполосная (одноканальная) | *Bn* = 2*M* | *M* = 3 000 Ширина полосы: 6 000 Гц = 6 кГц | 6K00A3EJN |
| Однополосная телефония  с полной несущей (одноканальная) | *Bn* = *M* | *M* = 3 000 Ширина полосы: 3 000 Гц = 3 кГц | 3K00H3EJN |
| Однополосная телефония  с подавленной несущей (одноканальная) | *Bn* = *M* – низшая частота модуляции | *M* = 3 000 Низшая частота модуляции = 300 Гц Ширина полосы: 2 700 Гц = 2,7 кГц | 2K70J3EJN |
| Телефония с использованием отдельного ЧМ сигнала для регулирования уровня демодулированного речевого сигнала, передача на одной боковой полосе  с ослабленной несущей (Линкомпекс) (одноканальная) | *Bn* = *M* | Максимальная частота  управления = 2 990 Гц *M* = 2 990 Ширина полосы: 2 990 Гц = 2,99 кГц | 2K99R3ELN |
| Однополосная телефония с обеспечением секретности, с подавленной несущей (два или несколько каналов) | *Bn* = *Nc* *M* – низшая частота модуляции в самом нижнем канале | *Nc* = 2 *M* = 3 000 Низшая частота модуляции = 250 Гц Ширина полосы: 5 750 Гц = 5,75 кГц | 5K75J8EKF |
| Телефония с передачей на независимой боковой полосе (два или несколько каналов) | *Bn* = сумма *M* для каждой боковой полосы | Два канала *M* = 3 000 Ширина полосы: 6 000 Гц = 6 кГц | 6K00B8EJN |
| 3 Звуковое радиовещание | | | |
| Двухполосное звуковое радиовещание | *Bn* = 2*M M* может изменяться в пределах от 4 000 до 10 000 в зависимости от требуемого качества | Речь и музыка *M* = 4 000 Ширина полосы: 8 000 Гц = 8 кГц | 8K00A3EGN |
| Однополосное звуковое радиовещание с ослабленной несущей (одноканальное) | *Bn* = *M M* может изменяться в пределах от 4 000 до 10 000 в зависимости от требуемого качества | Речь и музыка  *M* = 4 000 Ширина полосы: 4 000 Гц = 4 кГц | 4K00R3EGN |
| Однополосное звуковое радиовещание с подавленной несущей | *Bn* = *M* – низшая частота модуляции | Речь и музыка *M* = 4 500 Низшая частота модуляции = 50 Гц Ширина полосы: 4 450 Гц = 4,45 кГц | 4K45J3EGN |
| 4 Телевидение | | | |
| Телевидение, изображение и звуковое сопровождение | Ширина полосы обычных телевизионных систем указывается в соответствующих документах МСЭ-R | Число строк: 625 Номинальная ширина полосы видеосигнала = 5 МГц  Размещение звуковой несущей по отношению к видеонесущей: 5,5 МГц Общая ширина полосы сигналов изображения: 6,25 МГц Ширина полосы ЧМ звукового сингала, включая защитные полосы: 750 кГц Ширина полосы по радиочастоте: 7 МГц | 6M25C3F --  750KF3EGN |
| 5 Факсимиле | | | |
| Аналоговое факсимиле с использованием ЧМ поднесущей однополосного излучения с ослабленной несущей, монохромное | *Bn* = *C* +  + *DK*  *K* = 1,1 (обычно) | *N* = 1 100 в соответствии с показателем развертки 352 и скоростью вращения барабана 60 оборотов в минуту. Показатель развертки – это произведение диаметра барабана и числа линий, приходящихся на единицу длины. *C* = 1 900 *D* = 400 Гц Ширина полосы: 2 890 Гц = 2,89 кГц | 2K89R3CMN |
| Аналоговое факсимиле; частотная модуляция звуковой поднесущей, которая модулирует основную несущую, однополосная передача с подавленной несущей | *Bn* = 2*M* + 2*DK*  *M* =  *K* = 1,1  (обычно) | *N* = 1 100 *D* = 400 Гц Ширина полосы: 1 980 Гц = 1,98 кГц | 1K98J3C -- |
| 6 Сложные излучения | | | |
| Двухполосная ретрансляция телевидения | *Bn* = 2*C* + 2*М* + 2*D* | Полоса видеосигнала ограничена 5 МГц, звуковой сигнал передается на ЧМ поднесущей 6,5 МГц, девиация поднесущей = 50 кГц: *С* = 6,5 × 106 *D* = 50 × 103 Гц *М* = 15 000 Ширина полосы:  13,13 × 106 Гц = 13,13 МГц | 13М1А8W -- |
| Радиорелейная система с частотным уплотнением, двухполосная передача | *Bn* = 2*М* | 10 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 1 до 164 кГц *М* = 164 000 Ширина полосы: 328 000 Гц = 328 кГц | 328КА8Е -- |
| Двухполосное излучение VOR с передачей звукового сигнала (VOR: ОВЧ всенаправленный радиомаяк) | *Bn* = 2*Cmax* + 2*М* + 2*DK K* = 1  (обычно) | Основная несущая модулируется:  – поднесущей 30 Гц;  – несущей, создаваемой тональным сигналом 9 960 Гц;  – телефонным каналом;  – манипулированным тонсигналом 1 020 Гц для непрерывного опознавания кодом Морзе.  *Cmax* = 9 960 *М* = 30 *D* = 480 Гц Ширина полосы: 20 940 Гц = 20,94 кГц | 20K9A9WWF |
| Передача на независимых боковых полосах нескольких телеграфных каналов с исправлением ошибок, а также нескольких телефонных каналов с обеспечением секретности; частотное уплотнение | *Bn* = сумма *М* для каждой боковой полосы | Как правило, составные системы работают по стандартным частотным планам (например, Рек. МСЭ-R F.348). Для 3 телефонных каналов и 15 телеграфных каналов требуется полоса шириной 12 000 Гц = 12 кГц | 12KОВ9WWF |
| 7 Стандартная частота и сигналы времени  7.1 Высокая частота (голос) | | | |
| Голосовые сообщения, двухполосное излучение | *Bn* = 2*М* | Речь *М* = 4 000 Ширина полосы: 8 000 Гц = 8 кГц | 8К00А3ХGN |
| 7.2 Высокая частота (код времени) | | | |
| Код времени как телеграфия | *Bn* = *BK* + 2*M* | *B* = 1/с *M* = 1 *K* = 5 Ширина полосы: 7 Гц | 7H00A2XAN |
| 7.3 Низкая частота (код времени) | | | |
| Код времени как телеграфия | *Bn* = *BK* + 2*M* | *B* = 1/с *M* = 1 *K* = 3 Ширина полосы: 5 Гц | 5H00A2XAN |
| III-А ЧАСТОТНАЯ МОДУЛЯЦИЯ | | | |
| 1 Сигнал с информацией в квантованной или цифровой форме | | | |
| Телеграфия без исправления ошибок (одноканальная) | *Bn* = 2*M* + 2*DK*    *K*  1,2 (обычно) | *B*  100 *D*  85 Гц (сдвиг 170 Гц) Ширина полосы: 304 Гц | 304HF1BBN |
| Узкополосная буквопечатающая телеграфия с исправлением ошибок (одноканальная) | *Bn* = 2*M* + 2*DK*    *K*  1,2 (обычно) | *B*  100 *D*  85 Гц (сдвиг 170 Гц) Ширина полосы: 304 Гц | 304HF1BCN |
| Сигнал избирательного вызова | *Bn* = 2*M* + 2*DK*    *K*  1,2 (обычно) | *B*  100 *D*  85 Гц (сдвиг 170 Гц) Ширина полосы: 304 Гц | 304HF1BCN |
| Дуплексное четырехчастотное телеграфирование | *Bn* = 2*M* + 2*DK B*: скорость телеграфирования в бодах в канале с наибольшей скоростью. Если каналы синхронизированные:    (в противном случае  *M* = 2*В*) *К* = 1,1 (обычно) | Разнос между соседними  частотами  400 Гц Синхронизированные каналы *B*  100 *M*  50 *D*  600 Гц Ширина полосы: 1 420 Гц  1,42 кГц | 1K42F7BDX |
| 2 Телефония (коммерческого качества) | | | |
| Коммерческая телефония | *Bn* = 2*M* + 2*DK* *K*  1 (обычно, но в некоторых случаях может потребоваться большее значение) | В среднем для коммерческой телефонии, *D*  5 000 Гц *M*  3 000 Ширина полосы: 16 000 Гц  16 кГц | 16K0F3EJN |
| 3 Звуковое радиовещание | | | |
| Звуковое радиовещание | *Bn* = 2*M* + 2*DK* *K*  1 (обычно) | Моно *D*  75 000 Гц *M*  15 000 Ширина полосы: 180 000 Гц  180 кГц | 180KF3EGN |
| 4 Факсимиле | | | |
| Факсимиле с непосредственной частотной модуляцией несущей; черно-белое | *Bn* = 2*M* + 2*DK*    *K*  1,1 (обычно) | *N*  1 100 элементов в секунду *D*  400 Гц Ширина полосы: 1 980 Гц  1,98 кГц | 1K98F1C -- |
| Аналоговое факсимиле | *Bn* = 2*M* + 2*DK*    *K*  1,1 (обычно) | *N*  1 100 элементов в секунду; *D*  400 Гц Ширина полосы: 1 980 Гц  1,98 кГц | 1K98F3C -- |
| 5 Сложные излучения (см. таблицу III-В) | | | |
| Радиорелейная система с частотным уплотнением | *Bn*  2*fp*  2*DK* *K*  1 (обычно) | 60 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 60 до 300 кГц; среднеквадратичная девиация на канал: 200 кГц; пилот-сигнал непрерывности на частоте 331 кГц вызывает среднеквадратичную девиацию основной несущей, равную 100 кГц. *D*  200  103  3,76  2,02   1,52  106 Гц *fp*  0,331  106 Гц  Ширина полосы: 3,702  106 Гц   3,702 МГц | 3M70F8EJF |
| Радиорелейная система с частотным уплотнением | *Bn*  2*M*  2*DK* *K*  1 (обычно) | 960 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 60 до 4 028 кГц; среднеквадратичная девиация на канал: 200 кГц; пилот-сигнал непрерывности на частоте 4 715 кГц создает среднеквадратичную девиацию основной несущей, равную 140 кГц. *D*  200  103  3,76  5,5   4,13  106 Гц *M*  4,028  106 *fp*  4,715  106  (2*M*  2*DK*)  2 *fp*  Ширина полосы:  16,32  106 Гц  16,32 МГц | 16M3F8EJF |
| Радиорелейная система с частотным уплотнением | *Bn*  2*fp* | 600 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 60 до 2 540 кГц;  среднеквадратичная девиация на канал: 200 кГц; пилот-сигнал непрерывности на частоте 8 500 кГц создает среднеквадратичную девиацию основной несущей, равную 140 кГц. *D*  200  103  3,76  4,36   3,28  106 Гц *M*  2,54  106 *K*  1 *fp*  8,5  106  (2*M*  2*DK*)  2 *fp*  Ширина полосы: 17  106 Гц  17 МГц | 17M0F8EJF |
| Стереофоническое звуковое радиовещание с дополнительной уплотненной телефонной поднесущей | *Bn*  2*M*  2*DK* *K*  1 (обычно) | Система с пилот-тоном; *M*  75 000 *D*  75 000 Гц Ширина полосы: 300 000 Гц  300 кГц | 300KF8EHF |

|  |  |
| --- | --- |
| III-B МНОЖИТЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПИКОВОЙ ДЕВИАЦИИ ЧАСТОТЫ (*D*) ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ЧМ ПЕРЕДАЧ С ЧАСТОТНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ (ЧМ/ЧУ) | |
| Для ЧМ/ЧУ систем необходимая ширина полосы:  *Bn*  2*M*  2*DK*  Величина *D* или пиковая девиация частоты в этой формуле для *Bn* рассчитывается путем умножения среднеквадратичного значения девиации частоты на канал на соответствующий "Множитель", указанный ниже.  Если частота пилот-сигнала непрерывности *fp* превышает максимальную частоту модуляции *M*, общая формула принимает вид:  *Bn*  2*fp*  2*DK*  Если индекс модуляции основной несущей, создаваемой пилот-сигналом, меньше 0,25; а среднеквадратичная девиация основной несущей, создаваемая пилот-сигналом, меньше или равна 70% среднеквадратичной девиации на канал, то общая формула выражается либо как:  *Bn* = 2*fp* или *Bn* = 2*M*  2*DK*  в зависимости от того, какая из них дает больший результат. | |
|  | Множитель(1) |
| Число  телефонных каналов *Nc* |  |
| 3  *Nc*  12 |  |
| 12  *Nc*  60 |  |
|  | Множитель(2) |
| Число  телефонных каналов *Nc* |  |
| 60  *Nc*  240 |  |
| *Nc*  240 |  |
| (1) В вышеприведенной таблице множители 3,76 и 4,47 соответствуют пик-факторам 11,5 дБ и 13,0 дБ, соответственно.  (2) В вышеприведенной таблице множитель 3,76 соответствует пик-фактору 11,5 дБ. | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Описание  излучения | Необходимая ширина полосы | | Обозначение излучения |
| Формула | Пример расчета |
| IV ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ | | | |
| 1 Радар | | | |
| Немодулированное импульсное излучение | *K* зависит от отношения длительности импульса к времени нарастания импульса; его значение обычно находится в пределах от 1 до 10 и во многих случаях оно не превышает 6. | Первичный радар Разрешающая способность  по дальности  150 м *K*  1,5 (пилообразный импульс,  где *t~*,– *tr*, учитываются только те составляющие, которые не более чем на 27 дБ ниже самых сильных)  Итак:       1  10–6 с  Ширина полосы: 3  106 Гц  3 МГц | 3M00P0NAN |
| 2 Сложные излучения | | | |
| Радиорелейные системы | *K*  1,6 | Фазо-импульская модуляция групповым сигналом из 36 телефонных каналов; ширина импульса на уровне половины амплитуды  0,4 мкс Ширина полосы: 8  106 Гц  8 МГц (ширина полосы не зависит от числа телефонных каналов) | 8M00M7EJT |
| 3 Стандартная частота и сигналы времени  3.1 Высокая частота (тональные посылки) | | | |
| Такты, используемые для измерения времени появления сигнала | *Bn* = 2*/tr* | *tr* = 1 мс Ширина полосы: 2 000 Гц = 2 кГц | 2K00K2XAN |
| 3.2 Низкая частота (код времени) | | | |
| Передний фронт  кода времени, используемый для измерения времени появления сигнала | *Bn* = 2*/tr* | *tr* = 1 мс Ширина полосы = 2 000 Гц = 2 кГц | 2K00K2XAN |
| V. РАЗНОЕ | | | |
| Ортогональное частотное разделение каналов (OFDM) или кодированное OFDM (COFDM) | *Bn* = *Ns*∙*K* | Используются 53 активные поднесущие, разнос между каждой из которых составляет 312,5 кГц (*K* = 53 и *Ns* = 312,5 кГц). Поднесущие данных могут подвергаться ДФМн, КФМн, КАМ модуляции. *Bn* = 312,5 кГц × 53 = 16,6 МГц | 16M6W7D |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_