

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1138*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ШИРИНЫ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ
С ПРИМЕРАМИ ЕЕ РАСЧЕТА И СООТВЕТСТВУЮЩИМИ
ПРИМЕРАМИ ОБОЗНАЧЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ**

(1995)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

а) Заключительный отчет и рекомендации Добровольной группы экспертов (VGE) по изучению распределения и улучшения использования радиочастотного спектра и по упрощению Регламента радиосвязи (РР), которая была образована в соответствии с Резолюцией № 8 Полномочной конференции МСЭ (Ницца, 1989 г.) и продолжила свою работу в соответствии с Резолюцией № 8 Дополнительной Полномочной конференции МСЭ (Женева, 1992 г.);

б) что Всемирная конференция радиосвязи 1995 г. (ВКР-95) должна рассмотреть и одобрить, если целесообразно, предложения по упрощенному РР,

рекомендует,

1 чтобы формулы, приведенные в Приложении 1, использовались при расчетах необходимой ширины полосы частот, когда это необходимо согласно Регламенту радиосвязи.

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:

B_n : 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, то есть 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

t_r : время нарастания импульса (с) от 10% до 90% амплитуды

K : суммарный численный коэффициент, меняющийся в зависимости от характера излучения и от допустимого искажения сигнала

N_c : количество каналов в групповой полосе частот радиосистемы, использующей многоканальное уплотнение

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

* На эту Рекомендацию имеется ссылка в Регламенте радиосвязи (РР), пересмотренном Всемирной конференцией радиосвязи 1995 г. (ВКР-95). Этот пересмотр вступил в силу 1 июня 1998 года.

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
I. БЕЗ МОДУЛИРУЮЩЕГО СИГНАЛА			
Изучение немодулированных колебаний	–	–	NONE
II. АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ			
1. Сигнал с информацией в квантованной или цифровой форме			
Телеграфия незатухающими колебаниями, код Морзе	$B_n = BK$ $K = 5$ 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	$B_n = BK + 2M$ $K = 5$ для линий подверженных замираниям $K = 3$ для линий без замираний	25 слов в минуту $B = 20, M = 1000, K = 5$ Ширина полосы: 2100 Гц = 2,1 кГц	2K10A2AAN
Сигнал избирательного вызова с использованием последовательного одночастотного кодирования, передача на одной боковой полосе, полная несущая	$B_n = M$	Максимальная частота кодирования: 2110 Гц $M = 2110$ Ширина полосы: 2110 Гц = 2,11 кГц	2K11H2BFN
Буквопечатающая телеграфия с использованием частотно-манипулированной поднесущей с исправлением ошибок; передача на одной боковой полосе, подавленная несущая (одноканальная)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$	$B = 50$ $D = 35$ 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	$B_n =$ высшая центральная частота + $M + DK$ $M = \frac{B}{2}$	15 каналов; высшая центральная частота: 2805 Гц $B = 100$ $D = 42,5$ Гц (сдвиг 85 Гц) $K = 0,7$ Ширина полосы: 2885 Гц = 2,885 кГц	2K89R7BCW
2. Телефония (коммерческое качество)			
Телефония двухполосная (одноканальная)	$B_n = 2M$	$M = 3000$ Ширина полосы: 6000 Гц = 6 кГц	6K00A3EJN
Однополосная телефония с полной несущей (одноканальная)	$B_n = M$	$M = 3000$ Ширина полосы: 3000 Гц = 3 кГц	3K00H3EJN
Однополосная телефония с подавленной несущей (одноканальная)	$B_n = M$ – низшая частота модуляции	$M = 3000$ Низшая частота модуляции = 300 Гц Ширина полосы: 2700 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)	$B_n = M$	Максимальная частота управления = 2990 Гц $M = 2990$ Ширина полосы: 2990 Гц = 2,99 кГц	2K99R3ELN

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
2. Телефония (коммерческое качество) (продолж.)			
Однополосная телефония с обеспечением секретности, с подавленной несущей (два или несколько каналов)	$B_n = N_c M$ – низшая частота модуляции в самом нижнем канале	$N_c = 2$ $M = 3000$ Низшая частота модуляции = 250 Гц Ширина полосы: 5750 Гц = 5,75 кГц	5K75J8EKF
Телефония с передачей на независимой боковой полосе (два или несколько каналов)	B_n = сумма M для каждой боковой полосы	Два канала $M = 3000$ Ширина полосы: 6000 Гц = 6 кГц	6K00B8EJN
3. Звуковое радиовещание			
Двухполосное звуковое радиовещание	$B_n = 2M$ M может изменяться в пределах от 4000 до 10 000 в зависимости от требуемого качества	Речь и музыка $M = 4000$ Ширина полосы: 8000 Гц = 8 кГц	8K00A3EGN
Однополосное звуковое радиовещание с ослабленной несущей (одноканальное)	$B_n = M$ M может изменяться в пределах от 4 000 до 10 000 в зависимости от требуемого качества	Речь и музыка $M = 4000$ Ширина полосы: 4000 Гц = 4 кГц	4K00R3EGN
Однополосное звуковое радиовещание с подавленной несущей	$B_n = M$ – низшая частота модуляции	Речь и музыка $M = 4500$ Низшая частота модуляции = 50 Гц Ширина полосы: 4450 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 сигнала, 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	$B_n = C + \frac{N}{2} + DK$ $K = 1,1$ (обычно)	$N = 1100$ в соответствии с показателем развертки 352 и скоростью вращения барабана 60 оборотов в минуту. Показатель развертки – это произведение диаметра барабана на числа линий, приходящихся на единицу длины. $C = 1900$ $D = 400$ Гц Ширина полосы: 2890 Гц = 2,89 кГц	2K89R3CMN
Аналоговое факсимиле; частотная модуляция звуковой поднесущей, которая модулирует основную несущую, однополосная передача с подавленной несущей	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1,1$ (обычно)	$N = 1100$ $D = 400$ Гц Ширина полосы: 1980 Гц = 1,98 кГц	1K98J3C --

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
6. Сложные излучения			
Двухполосная ретрансляция телевидения	$B_n = 2C + 2M + 2D$	Полоса видеосигнала ограничена 5 МГц, звуковой сигнал передается на ЧМ поднесущей 6,5 МГц, девиация поднесущей – 50 кГц: $C = 6,5 \times 10^6$ $D = 50 \times 10^3$ Гц $M = 15\,000$ Ширина полосы: $13,13 \times 10^6$ Гц = 13,13 МГц	13M1A8W --
Радиорелейная система с частотным уплотнением, двухполосная передача	$B_n = 2M$	10 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 1 до 164 кГц $M = 164\,000$ Ширина полосы: 328 000 Гц = 328 кГц	328KA8E --
Двухполосное излучение VOR с передачей звукового сигнала (VOR: ОВЧ всенаправленный радиомаяк)	$B_n = 2C_{max} + 2M + 2DK$ $K = 1$ (обычно)	Основная несущая модулируется: – поднесущей 30 Гц – несущей, создаваемой тональным сигналом 9960 Гц, который модулируется по частоте тональным сигналом 30 Гц – телефонным каналом – манипулированным тонсигналом 1020 Гц для непрерывного опознавания кодом Морзе $C_{max} = 9960$ $M = 30$ $D = 480$ 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	B_n = сумма M 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	12K0B9WWF
III-A. ЧАСТОТНАЯ МОДУЛЯЦИЯ			
1. Сигнал с информацией в квантованной или цифровой форме			
Телеграфия без исправления ошибок (одноканальная)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (обычно)	$B = 100$ $D = 85$ Гц (сдвиг 170 Гц) Ширина полосы: 304 Гц	304HF1BBN
Узкополосная буквопечатающая телеграфия с исправлением ошибок (одноканальная)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (обычно)	$B = 100$ $D = 85$ Гц (сдвиг 170 Гц) Ширина полосы: 304 Гц	304HF1BCN
Сигнал избирательного вызова	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (обычно)	$B = 100$ $D = 85$ Гц (сдвиг 170 Гц) Ширина полосы: 304 Гц	304HF1BCN

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
1. Сигнал с информацией в квантованной или цифровой форме (продолж.)			
Дуплексное четырехчастотное телеграфирование	$B_n = 2M + 2DK$ B : скорость телеграфирования в Бодах в канале с наибольшей скоростью. Если каналы синхронизированные: $M = \frac{B}{2}$ (в противном случае $M = 2B$) $K = 1,1$ (обычно)	Разнос между соседними частотами = 400 Гц Синхронизированные каналы $B = 100$ $M = 50$ $D = 600$ Гц Ширина полосы: 1420 Гц = 1,42 кГц	1K42F7BDX
2. Телефония (коммерческого качества)			
Коммерческая телефония	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (обычно, но в некоторых случаях может потребоваться большее значение)	В среднем для коммерческой телефонии, $D = 5000$ Гц $M = 3000$ Ширина полосы: 16 000 Гц = 16 кГц	16K0F3EJN
3. Звуковое радиовещание			
Звуковое радиовещание	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (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	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1,1$ (обычно)	$N = 1100$ элементов в секунду $D = 400$ Гц Ширина полосы: 1980 Гц = 1,98 кГц	1K98F1C --
Аналоговое факсимиле	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1,1$ (обычно)	$N = 1100$ элементов в секунду $D = 400$ Гц Ширина полосы: 1980 Гц = 1,98 кГц	1K98F3C --
5. Сложные излучения (см. таблицу III-B)			
Радиорелейная система с частотным уплотнением	$B_n = 2f_p + 2DK$ $K = 1$ (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. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 2,02$ $= 1,52 \times 10^6$ Гц $f_p = 0,331 \times 10^6$ Гц Ширина полосы: $3,702 \times 10^6$ Гц = 3,702 МГц	3M70F8EJF

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
5. Сложные излучения (продолж.)			
Радиорелейная система с частотным уплотнением	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (обычно)	960 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 60 кГц до 4028 кГц; среднеквадратичная девиация на канал: 200 кГц; пилот-сигнал непрерывности на частоте 4715 кГц создает среднеквадратичную девиацию основной несущей, равную 140 кГц. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 5,5$ $= 4,13 \times 10^6$ Гц $M = 4,028 \times 10^6$ $f_p = 4,715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2f_p$ Ширина полосы: $16,32 \times 10^6$ Гц = 16,32 МГц	16M3F8EJF
Радиорелейная система с частотным уплотнением	$B_n = 2f_p$	600 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 60 кГц до 2540 кГц; среднеквадратичная девиация на канал: 200 кГц; пилот-сигнал непрерывности на частоте 8500 кГц создает среднеквадратичную девиацию основной несущей, равную 140 кГц. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 4,36$ $= 3,28 \times 10^6$ Гц $M = 2,54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8,5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2f_p$ Ширина полосы: 17×10^6 Гц = 17 МГц	17M0F8EJF
Стерефоническое звуковое радиовещание с дополнительной уплотненной телефонной поднесущей	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (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: $B_n = 2M + 2DK$ Величина D или пиковая девиация частоты в этой формуле для B_n рассчитывается путем умножения среднеквадратичного значения девиации частоты на канал на соответствующий "множитель", указанный ниже. Если частота пилот-сигнала непрерывности f_p превышает максимальную частоту модуляции M, общая формула принимает вид: $B_n = 2f_p + 2DK$ Если индекс модуляции основной несущей, создаваемой пилот-сигналом, меньше 0,25, а среднеквадратичная девиация основной несущей, создаваемая пилот-сигналом, меньше или равно 70% среднеквадратичной девиации на канал, то общая формула выражается либо как: $B_n = 2f_p, \quad \text{или} \quad B_n = 2M + 2DK,$ в зависимости от того, какая из них дает больший результат.	
Число телефонных каналов N_c	Множитель ⁽¹⁾
	(пик-фактор) $\times$ антилогарифм $\left[\frac{\text{превышение эталонного уровня модуляции, дБ}}{20} \right]$
$3 < N_c < 12$	$4,47 \times$ антилогарифм $\left[\frac{\text{величина, указываемая производителем оборудования или владельцем лицензии на станцию, одобренная администрацией, дБ}}{20} \right]$
$12 \leq N_c < 60$	$3,76 \times$ антилогарифм $\left[\frac{2,6 + 2 \log N_c}{20} \right]$
Число телефонных каналов N_c	Множитель ⁽²⁾
	(пик-фактор) $\times$ антилогарифм $\left[\frac{\text{превышение эталонного уровня модуляции, дБ}}{20} \right]$
$60 \leq N_c < 240$	$3,76 \times$ антилогарифм $\left[\frac{-1 + 4 \log N_c}{20} \right]$
$N_c \geq 240$	$3,76 \times$ антилогарифм $\left[\frac{-15 + 10 \log N_c}{20} \right]$

(1) В вышеприведенной таблице множители 3,76 и 4,47 относятся к пик-факторам 11,5 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	$B_n = \frac{2K}{t}$ K зависит от отношения длительности импульса ко 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 $t \simeq t_p$, учитываются только составляющие, которые не более чем на 27 дБ ниже самых сильных) При этом: $t = \frac{2 \times (\text{разрешающая способность})}{\text{скорость света}}$ $= \frac{2 \times 150}{3 \times 10^8}$ $= 1 \times 10^{-6} \text{ с}$ Ширина полосы: $3 \times 10^6 \text{ Гц} = 3 \text{ МГц}$	3M00P0NAN
2. Сложные излучения			
Радиорелейные системы	$B_n = \frac{2K}{t}$ $K = 1,6$	Фазо-импульсная модуляция групповым сигналом из 36 телефонных каналов; Ширина импульса на уровне половины амплитуды = 0,4 мкс Ширина полосы: $8 \times 10^6 \text{ Гц} = 8 \text{ МГц}$ (ширина полосы не зависит от числа телефонных каналов)	8M00M7EJT