

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R F.1191-3
(05/2011)

Значения ширины необходимой и занимаемой полосы и нежелательные излучения цифровых систем фиксированной службы

Серия F
Фиксированная служба



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 Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. 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-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-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	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая 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 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2011 г.

© ITU 2011

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 F.1191-3*

Значения ширины необходимой и занимаемой полосы и нежелательные излучения цифровых систем фиксированной службы

(1995-1997-2001-2011)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приводятся объяснения основных терминов, относящихся к нежелательным излучениям и ширине полосы цифровых систем фиксированной службы, в целях разъяснения применения определений в Регламенте радиосвязи и Рекомендациях МСЭ-R SM.328 и МСЭ-R SM.329, а также в качестве руководящих принципов по этим вопросам для разработчиков систем и оборудования систем фиксированной службы.

Также рассматриваются ширина занимаемой полосы систем с многими несущими и требования относительно внеполосных излучений для систем, использующих частоты, присваиваемые блоками.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что разработчикам цифровых систем фиксированной службы (ЦСФС) необходимы руководящие указания относительно применения терминов, относящихся к ширине полосы и нежелательным излучениям;
- b) что относительно маловероятно, чтобы внеполосные излучения ЦСФС служили источником значительных помех системам, работающим в соседних полосах, так как:
 - спектр мощности ЦСФС быстро спадает за пределами занимаемой полосы;
 - э.и.и.м. ЦСФС прямой видимости имеет малые или средние значения;
 - тропосферные ЦСФС, используемая э.и.и.м. в которых является высокой, не имеют широкого распространения;
- c) что в аспекте помех другим системам, работающим в той же полосе частот, помехи вследствие внеполосных излучений будут, в основном, менее значительными по сравнению с помехами, вызываемыми излучениями в пределах необходимой ширины полосы;
- d) что разработчиками ЦСФС обычно учитываются проблемы, связанные с внутрисистемными помехами, которые могут быть вызваны нежелательными излучениями;
- e) что в целях контроля мощности, переливающейся в соседние распределенные полосы, в соответствующих Рекомендациях МСЭ-R на краях распределенной полосы указывается защитная полоса на границах РЧ полос – ZS, определенная в Рекомендации МСЭ-R F.746;
- f) что не всегда возможно или удобно, чтобы ширина занимаемой ЦСФС полосы была меньше или равной ширине полосы радиоствола, определенной соответствующим планом размещения частот радиостволов, установленным для данной распределенной полосы Сектором МСЭ-R или национальным регуляторным органом;
- g) что для большинства полос, распределенных фиксированным службам на первичной основе, размещение частот радиостволов выполняется, как правило, посредством соответствующей Рекомендации МСЭ-R или национальным регуляторным органом;

* Настоящую Рекомендацию следует довести до сведения 1-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

h) что в пределах распределенной полосы координация между различными системами фиксированной службы, работающими на основе плана размещения частот радиостволов, охватывается концепцией эффективного использования спектра, которая кратко представлена в Рекомендации МСЭ-R F.746, и статистическими параметрами распространения, приведенными в Рекомендации МСЭ-R P.530 и Рекомендации МСЭ-R F.1093;

j) что ЦСФС, в которых применяется соответствующее скремблирование, как правило, характеризуются спектральной плотностью мощности излучения и нежелательными излучениями с такими коэффициентами пиковой мощности, что их можно считать шумоподобными;

к) что ЦСФС создают нежелательные излучения, состоящие как из шумоподобных, так и из дискретных компонентов – в области внеполосных и побочных излучений;

l) что в ЦСФС широко используются системы с одной или многими несущими,
отмечая,

a) что в Рекомендации МСЭ-R SM.328 представлена информация об оценке внеполосных спектральных излучений для различных форматов модуляции;

b) что в Рекомендации МСЭ-R SM.329 приведены пределы и значения эталонной ширины полосы для нежелательных излучений в области побочных излучений для всех служб, включая фиксированную службу;

c) что в Рекомендации МСЭ-R SM.1541 установлены общие пределы для нежелательных излучений в области внеполосных излучений для большинства служб, включая фиксированную службу (см. Примечание 1);

d) что в Рекомендации МСЭ-R SM.1539 содержатся руководящие указания об изменении границы между областями внеполосных и побочных излучений для очень узкополосных и очень широкополосных излучений,

рекомендует,

1 что в отношении ЦСФС должны применяться следующие термины:

1.1 Распределенная полоса частот

Для ЦСФС распределенная полоса частоты может рассматриваться как полная полоса частоты, распределенная фиксированной службе на первичной и равной первичной основе.

1.2 Присвоенная полоса частот

Для целей настоящей Рекомендации данный термин может рассматриваться как применимый также к блоку спектра, присвоенному одной или нескольким станциям какого-либо оператора в рамках одной исключительной лицензии (присвоение блоков, см. примеры в Рекомендациях МСЭ-R F.1488, МСЭ-R F.748 и МСЭ-R F.749).

В пределах одного присвоенного блока разработчик системы может, в общем, разделить блок на подходящие более мелкие субблоки, с тем чтобы развернуть радиосеть в географической зоне, в которой было осуществлено присвоение, с соблюдением условий, определенных выше (см. Рекомендацию МСЭ-R F.1399).

1.3 Разнос радиостволов

Ширина полосы, равная разнесу частот, определенному в Рекомендации МСЭ-R F.746, между соседними каналами соответствующего плана размещения частот радиостволов, установлена в пределах распределенной полосы частот.

1.4 Защитная полоса

Ширина полосы, равная разнесу частот, определена как ZS в Рекомендации МСЭ-R F.746, между номинальной центральной частотой самого крайнего канала плана размещения частот радиостволов и границей распределенной полосы.

1.5 Система с многими несущими

Системы, в которых несколько поднесущих могут одновременно передаваться с выхода оконечного усилителя или активной антенны в пределах присвоенного канала соответствующего плана размещения каналов или в пределах специально выделенного участка спектра;

2 что в отношении ЦСФС должны использоваться следующие проектные параметры и термины; в качестве иллюстрации этих параметров и определений приведен рисунок 1;

2.1 что для ЦСФС значение процентной доли $\beta/2$ следует принимать равным 0,5%; эта процентная доля принимается для передатчиков с одной несущей; если рассматриваются системы с многими несущими, эта процентная доля должна быть уменьшена относительно полной мощности всего набора поднесущих в зависимости от числа поднесущих и ширины полосы (подробно см. в п. 3 Приложение 1);

2.2 что для ЦСФС необходимую ширину полосы следует рассматривать как имеющую то же значение, что и ширина занимаемой полосы;

2.3 что в соответствии с типом используемого плана размещения частот радиостволов (см. Примечание 2), пропускной способностью и форматом модуляции передаваемого сигнала необходимая ширина полосы аналогичной ЦСФС может не более чем на 20% превышать разнос между радиостволами (см. Примечание 2); однако поскольку разнородные системы, работающие в одной полосе частот, могут быть определенным образом несовместимы, взаимосвязь между разном радиостволов и необходимой шириной полосы требует дальнейшего исследования;

2.4 что ширину занимаемой полосы следует определять по методу спектрального анализа, описанному в Рекомендации МСЭ-R SM.328, или, если возможно, посредством численной оценки или интегрирования фактического спектра излучения, как указано в Приложении 1;

2.5 что в случае использования пакетной передачи (например, для ЦСФС с многостанционным доступом с временным разделением каналов (TDMA)) оценку ширины полосы и излучений следует выполнять, усредняя мощность по длительности пакета;

2.6 что в ЦСФС следует использовать подходящие схемы скремблирования, с тем чтобы поддерживать независимость всех спектральных излучений (полезных и нежелательных) от входного потока данных;

2.7 что любые нежелательные излучения на частотах, отстоящих от центральной частоты радиоствола менее чем на 250% величины соответствующего разноса ствол, предполагаемого для использования системы, следует, как правило, рассматривать как нежелательные излучения в области внеполосных излучений (см. Примечание 4); если ЦСФС предполагается использовать в полосе частот, для которой не установлен план размещения частот радиостволов, то при оценке 250-процентной границы следует вместо величины разноса ствол использовать необходимую ширину полосы;

2.8 что любые нежелательные излучения на частотах, отстоящих от центральной частоты радиоствола на 250% и более величины соответствующего разноса ствол, предполагаемого для использования системы, следует, как правило, рассматривать как нежелательные излучения в области побочных излучений (см. Примечание 4); если ЦСФС предполагается использовать в полосе частот, для которой не составлен план размещения частот радиостволов, то при оценке 250-процентной границы следует вместо величины разноса ствол использовать необходимую ширину полосы;

2.9 что выше и ниже границ необходимой полосы допустимый уровень средней мощности нежелательных излучений должен быть меньше или равным 0,5% общей средней мощности передачи, определяемой на радиопорту антенны (см. Примечание 3); в случае систем с многими несущими это правило предназначено для применения к крайним поднесущим;

2.10 что в аспекте международных нормативов может отсутствовать необходимость в установлении каких-либо дополнительных ограничений в отношении формы спектра нежелательных излучений ЦСФС;

2.11 что уровни побочных излучений, диапазон частот для их измерения и ширина эталонной полосы, в которой определяются уровни, должны соответствовать определенным в Рекомендации МСЭ-R SM.329 (см. Примечание 4). В случае осуществления исключительных присвоений блоков передатчика, работающие в подканалах, которые определены имеющим лицензию оператором, могут, в принципе, в пределах блока освободиться от требований в отношении предельных уровней нежелательных излучений, которые должны соблюдаться за пределами блока; однако на границах страны для этого требуется соглашение между заинтересованными администрациями, поскольку они могут применять к данной полосе разные виды лицензий;

2.12 что любые чистые пределы безопасности для нежелательных излучений в области внеполосных излучений, установленные МСЭ-R, должны рассматриваться как абсолютный предел наихудшего случая, которому должны соответствовать все новые разработки ЦСФС;

2.13 что в отсутствие иных специальных соглашений между администрациями, совместно использующими один граничный участок полосы, полоса, занимаемая цифровыми радиопередатчиками фиксированной службы, которые работают на частотах крайних каналов плана размещения частот радиостволов, должна быть такой величины, чтобы результат суммирования ее крайней части относительно центральной частоты канала и абсолютного значения допустимого отклонения частоты (см. Примечание 5) был бы меньше или равен значению ZS , определенному в п. 1.4.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В общих понятиях термин "общий предел" рассматривается как огибающая в общем наихудшего случая на основе наименее ограничивающих пределов излучений в области внеполосных излучений, успешно применяемых в качестве национальных или региональных нормативов в областях, характеризующихся высокой плотностью радиосвязи и представляющих существенную часть производственной базы радиосвязи. Выражение "в общем" используется для охвата исключительных случаев, когда может использоваться, в частности, неограничительная маска, например в целях стимулирования развития оборудования в непривлекательной полосе (см. п. с) раздела *учитывая*).

2.14 что следующие Примечания 2–5 следует рассматривать как часть настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Определения как планов размещения частот радиостволов на чередующихся частотах в совмещенном канале, так и планов размещения на сдвинутых частотах для повторного использования полосы см. в Рекомендации МСЭ-R F.746. Разнос каналов определен как $XS/2$ для планов размещения на чередующихся частотах и как XS для планов в совмещенном канале и планов на сдвинутых частотах.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Учитывая вероятные проблемы совместимости, требуется проявляться осторожность при применении настоящей Рекомендации к системам с высокой пропускной способностью, к полосам, где в соседних каналах работают разнородные системы, и полосам которые используются совместно с другими службами.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – В Рекомендации МСЭ-R SM.1539 также содержатся руководящие указания относительно изменения границ, в которых рассматриваются очень узкополосные и очень широкополосные излучения. Кроме того, поскольку Рекомендация МСЭ-R SM.329 допускает использование граничных значений, отличных от $\pm 250\%$, то для ЦСФС, работающих на частотах выше 1 ГГц с разносом каналов менее 2 МГц, временно рекомендуется следующее:

- чтобы граница между побочными и внеполосными излучениями устанавливалась равной $\pm 500\%$ величины разнеса стволлов;
- чтобы эталонная полоса составляла 100 кГц в диапазоне частот между этим граничным значением и позицией ± 20 МГц от номинальной центральной полосы;

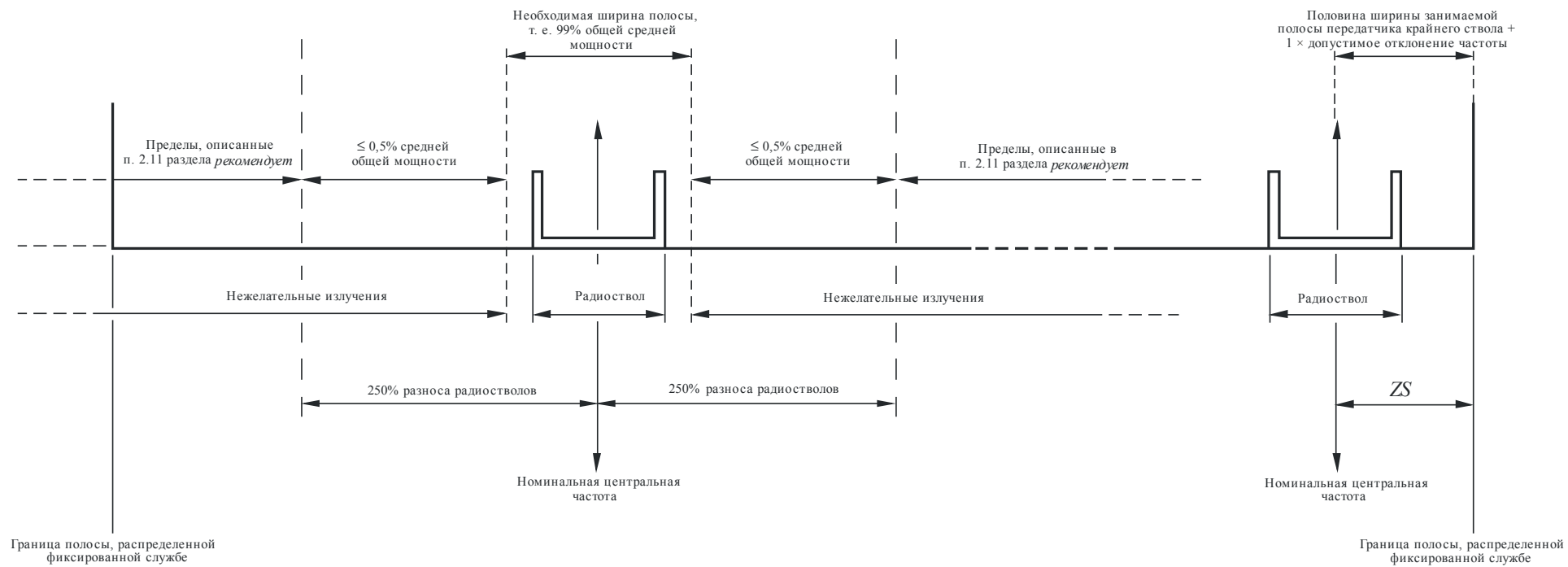
а также для ЦСФС, которые работают на частотах выше 1 ГГц, мощность передатчика которых составляет 20 Вт и более, а разнос стволлов лежит в пределах от 2 МГц до 14 МГц:

- чтобы граница между побочными и внеполосными излучениями устанавливалась равной $\pm 250\%$ величины разнеса стволлов;
- чтобы эталонная полоса составляла 100 кГц в диапазоне частот между этим граничным значением и позицией ± 70 МГц от номинальной центральной полосы.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Точные значения допустимого отклонения частоты оставлено в компетенции национальных регуляторных органов.

РИСУНОК 1

Показатели ослабления нежелательных излучений и ширина полосы ЦСФС



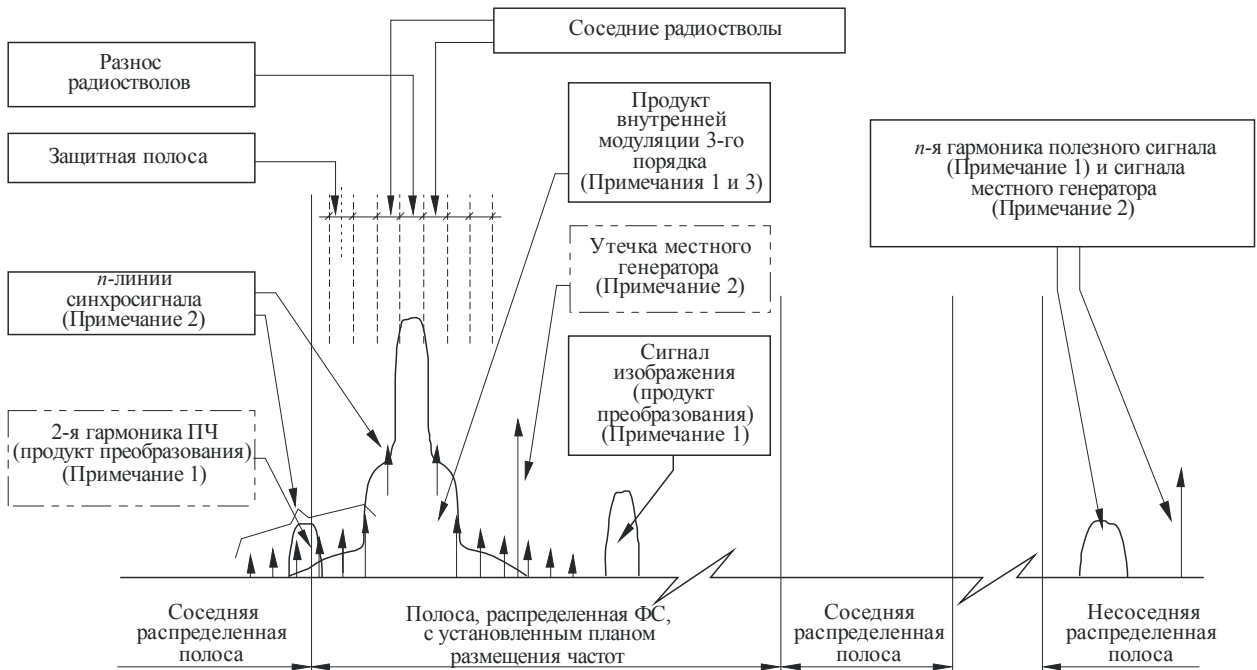
Приложение 1

1 Типичный сценарий излучений ЦСФС

На рисунке 2 показан типичный сценарий, основанный на типичных и наиболее значительных излучениях гетеродинного цифрового радиопередатчика. Другие виды излучений (например, другие продукты преобразования и остаточные компоненты процесса генерации несущей) не показаны. К РЧ-передатчикам с прямой модуляцией некоторые нежелательные излучения (например, продукты преобразования и утечка местного генератора) не относятся.

РИСУНОК 2

Полосы частот и нежелательные излучения ЦСФС (типичный сценарий)



Примечание 1. – Пример шумоподобного компонента нежелательного излучения.

Примечание 2. – Пример дискретного компонента нежелательного излучения.

Примечание 3. – Нелинейность из-за внеполосного излучения, создаваемого передатчиком в полосе, непосредственно примыкающей к необходимой полосе, обусловленного продуктами внутренней модуляции нечетких порядков.

2 Расчет ширины занимаемой полосы

Как правило, нормализованный спектр мощности $W(f)$ модулированной несущей ЦСФС может быть выражен следующим образом:

$$W(f) = S(f) \left(\frac{\sin(\pi f T)}{\pi f T} \right)^2, \quad (1)$$

где:

- $S(f)$: частотная характеристика формирующего фильтра, находящегося в передатчике;
 f : разнос по частоте от несущей;
 T : ширина импульса.

Следовательно, ширина занимаемой полосы B_0 может быть рассчитана следующим образом:

$$\int_{-B_0/2}^{+B_0/2} W(f) df = 0,99 \int_{-\infty}^{+\infty} W(f) df. \quad (2)$$

2.1 Случай фазомодулированных и амплитудно-модулированных сигналов, спад которых имеет идеальную форму корня квадратного из косинуса

Во многих случаях на стороне передатчика используются формирующие фильтры, характеристика спада которых имеет форму квадратного корня из косинуса, и их идеальная частотная характеристика выражается следующим образом:

$$S(f) = \begin{cases} \left(\frac{\pi f T}{\sin(\pi f T)} \right)^2 & \text{для } |f| \leq \frac{1 - \alpha}{2T} \\ \frac{1}{2} \left(1 - \sin \left[\frac{\pi T}{\alpha} \left(|f| - \frac{1}{2T} \right) \right] \right) \left(\frac{\pi f T}{\sin(\pi f T)} \right)^2 & \text{для } \frac{1 - \alpha}{2T} < |f| \leq \frac{1 + \alpha}{2T}, \\ 0 & \text{для } \frac{1 + \alpha}{2T} \leq |f| \end{cases} \quad (3)$$

где α – коэффициент спада между 0 и 1.

Подставляя уравнение (3) в уравнения (1) и (2), получаем следующее уравнение для идеальной занимаемой полосы:

$$B_0 = 2 K(\alpha) / T, \quad (4)$$

где $K(\alpha)$ является функцией α и рассчитывается по таблице 1.

Таким образом, ширина занимаемой полосы может быть вычислена, используя уравнение (4) и таблицу 1.

ТАБЛИЦА 1
Значения $K(\alpha)$

α	$K(\alpha)$
0,1	0,510
0,2	0,537
0,3	0,567
0,4	0,600
0,5	0,634
0,6	0,669
0,7	0,705
0,8	0,742
0,9	0,779
1,0	0,816

2.2 Случай фазомодулированных и амплитудно-модулированных сигналов с другими фильтрами

Иногда используются иные варианты практической реализации и другие типы формирующих фильтров. Эти случаи требуют более сложных численных оценок с помощью уравнения (2) и в настоящее время исследуются.

2.3 Случай частотно-модулированных и фазомодулированных сигналов

Эти случаи в настоящее время исследуются.

3 Ширина занимаемой полосы для работы с многими поднесущими

3.1 Случай однородных и равномерно разнесенных поднесущих

В некоторых случаях передатчик ЦСФС может передавать множество независимо модулированных поднесущих, усиливаемых общим усилителем или активной антенной. Эти случаи обычно указываются как системы с многими несущими (см. Примечание 1).

Ширина занимаемой полосы B_0 для такой работы должна вычисляться следующим образом:

$$B_0 = b_0 + (m - 1) \Delta F, \quad (5)$$

где:

b_0 : ширина полосы, занимаемой одной поднесущей;

m : число поднесущих;

ΔF : разнос частот между центральными частотами соседних поднесущих.

В уравнении (5) предполагается, что поднесущие являются однородными и равномерно разнесенными, а шум передатчика пренебрежимо мал по сравнению с мощностью внеполосных излучений крайних поднесущих. Вместе с тем следует заметить, что в этом случае значение процентной доли $\beta/2$, рассчитываемое по общей мощности всех поднесущих, составляет $0,5/m\%$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для целей настоящей Рекомендации системы, в которых используется модуляция с ортогональным частотным разделением, не считаются системами с многими несущими; в этих системах большое число поднесущих не являются независимо модулированными.

