

МСЭ-R
Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R BS.1660-9
(12/2022)

**Техническая основа для планирования
наземного цифрового звукового
радиовещания в полосе ОВЧ**

Серия BS
Радиовещательная служба (звуковая)



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: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/ru>, 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/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
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, 2023 г.

© ITU 2023

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 BS.1660-9*

**Техническая основа для планирования наземного цифрового
звукового радиовещания в диапазоне ОБЧ**

(Вопрос МСЭ-R 56-3/6)

(2003-02/2005-11/2005-2006-05/2011-12/2011-2012-2015-2019-2022)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации описаны критерии планирования, которые могут использоваться для планирования наземного цифрового звукового радиовещания в полосе ОБЧ применительно к цифровым системам А, F, G и С Рекомендации МСЭ-R BS.1114.

Ключевые слова

Цифровое звуковое радиовещание, DAB, ISDB-T_{SB}, IBOC, HD Radio, DRM

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая

- a) Рекомендации МСЭ-R BS.774 и МСЭ-R BS.1114;
- b) Справочник МСЭ-R по цифровому звуковому радиовещанию "Наземное и спутниковое цифровое звуковое радиовещание на автомобильные, переносные и стационарные приемники в полосах ОБЧ/УВЧ";
- c) Отчет МСЭ-R BS.2214 "Параметры планирования для систем наземного цифрового звукового радиовещания в диапазонах ОБЧ",

рекомендует,

чтобы для планирования наземного цифрового звукового радиовещания в полосе ОБЧ могли использоваться критерии планирования, описанные в Приложении 1 для цифровой системы А, в Приложении 2 для цифровой системы F, в Приложении 3 для цифровой системы G и в Приложении 4 для цифровой системы С.

* Администрация Сирийской Арабской Республики не имеет возможности ни принять содержание настоящей Рекомендации, ни использовать ее в качестве технической основы для планирования звукового радиовещания в полосе ОБЧ на предстоящих Региональных конференциях радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях Районов 1 и 3.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС).....	ii
Приложение 1 – Техническая основа для планирования системы А наземного цифрового звукового радиовещания (DAB) в полосе ОВЧ.....	5
1 Общие положения.....	5
2 Режимы приема и соответствующие значения отношения C/N	5
3 Коэффициент усиления антенны.....	6
4 Потери в фидере.....	7
5 Поправка на промышленный шум (MMN).....	7
6 Значения высоты для прогнозирования покрытия.....	7
7 Потери на входе в здание.....	7
8 Потери на входе в транспортное средство.....	8
9 Процентная доля местоположений.....	9
9.1 Коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения.....	9
9.2 Значения коэффициента поправки на изменчивость в зависимости от местоположения для различных режимов приема.....	9
9.3 Запас поправки на изменчивость в зависимости от местоположения.....	11
10 Параметры приемника.....	11
10.1 Коэффициент шума приемника.....	11
10.2 Минимальные уровни сигнала на входе приемника.....	11
11 Расчет уровней сигнала и защитного отношения.....	13
11.1 Уровни сигнала для планирования.....	13
11.2 Защитные отношения.....	17
12 Нежелательные излучения.....	18
12.1 Спектральные маски для внеполосных излучений систем DAB.....	18
Библиография.....	21
Приложение 2 – Техническая основа для планирования системы F наземного цифрового звукового радиовещания (ISDB-T _{SB}) в полосе ОВЧ.....	21
1 Общие положения.....	21
2 Спектральные маски для внеполосных излучений.....	21

3	Частотное условие	22
3.1	Определение подканала.....	22
3.2	Защитные полосы	23
4	Минимальная используемая напряженность поля.....	23
5	Защита ISDB-T _{SB}	30
5.1	Помехи между системами ISDB-T _{SB}	30
5.2	Система ISDB-T _{SB} , подверженная помехам аналогового телевидения (NTSC)....	33
5.3	Аналоговое телевидение (NTSC), подверженное влиянию помех ISDB-T _{SB}	34
5.4	Система ISDB-T _{SB} , подверженная влиянию помех служб, отличных от радиовещательной	35
	Прилагаемый документ 1 к Приложению 2 – Получение плотности максимальной мешающей напряженности поля, при которой возникают помехи со стороны служб, отличных от радиовещательной.....	35
	Приложение 3 – Техническая основа для планирования системы G наземного цифрового звукового радиовещания (DRM) в полосах ОБЧ.....	37
1	Общие положения.....	37
2	Режимы приема.....	37
2.1	Фиксированный прием.....	37
2.2	Прием на переносные устройства	37
2.3	Прием на мобильные устройства	38
3	Коэффициенты поправки для методов прогнозирования напряженности поля	38
3.1	Эталонные частоты.....	38
3.2	Усиление антенны	39
3.3	Потери в фидере	39
3.4	Коэффициент поправки на потери при уменьшении высоты антенны.....	40
3.5	Потери на входе в здание	40
3.6	Поправка на промышленный шум	41
3.7	Коэффициент потерь на аппаратную реализацию.....	42
3.8	Коэффициенты поправки на изменчивость в зависимости от местоположения приемника.....	42
3.9	Развязка по поляризации.....	44
4	Параметры системы DRM для прогнозирования напряженности поля.....	44
4.1	Режимы и скорости кодирования, необходимые для расчетов.....	44
4.2	Параметры OFDM, связанные с распространением	45
4.3	Работоспособность в одночастотном режиме	45

5	Минимальный уровень мощности на входе приемника	45
6	Минимальная полезная напряженность поля, используемая для планирования.....	47
6.1	Вычисление минимального медианного уровня напряженности поля.....	47
6.2	Минимальный медианный уровень напряженности поля для полосы I ОВЧ	48
6.3	Минимальный медианный уровень напряженности поля для полосы II ОВЧ.....	49
6.4	Минимальный медианный уровень напряженности поля для полосы III ОВЧ.....	51
7	Позиция частот DRM.....	52
8	Нежелательные излучения.....	52
8.1	Внеполосная спектральная маска	52
8.2	Защитные отношения	55
	Библиография	59
	Приложение 4 – Техническая основа для планирования системы С наземного цифрового звукового радиовещания (HD Radio) в полосе II ОВЧ	59
1	Введение.....	59
2	Конфигурации и определения	59
2.1	Конфигурации системы HD Radio	60
3	Параметры для анализа.....	64
3.1	Режимы приема	64
3.2	Поправочные коэффициенты, связанные с местом приема	66
3.3	Поправочные коэффициенты, обусловленные методологией проектирования	71
3.4	Модели каналов и запас на замирания.....	73
4	Анализ требований к напряженности поля.....	74
4.1	Минимальное значение отношения C/N	74
4.2	Интегральный коэффициент шума приемника.....	75
4.3	Минимальная напряженность поля полезного сигнала, используемая для планирования	76
	Прилагаемый документ 1 к Приложению 4 – Расчет минимального медианного уровня напряженности поля интегральным методом	80
	Прилагаемый документ 2 к Приложению 4 – Модели каналов.....	82
	Прилагаемый документ 3 к Приложению 4 – Преобразование отношения C/N_0 в отношение S/N в ИВОС.....	84
	Библиография	85

Приложение 1

Техническая основа для планирования системы А наземного цифрового звукового радиовещания (DAB) в полосе ОВЧ

1 Общие положения

В настоящем Приложении описываются критерии, которые могут использоваться для планирования системы цифрового звукового радиовещания DAB. Дальнейшие указания относительно ключевых элементов, необходимых для планирования и проектирования сети DAB, приведены в Отчете МСЭ-R BS.2214.

В последнем выпуске стандарта DAB – ETSI EN 300 401 версии 2.1.1 – рассматривается только диапазон ОВЧ, включающий в себя полосы I, II и III. В настоящей Рекомендации рассматривается только полоса III с эталонной частотой 200 МГц.

Термин DAB в тексте настоящей Рекомендации относится к системам DAB и DAB+. В тех случаях, когда критерии планирования для этих двух типов систем различаются, это специально оговаривается.

Приемная антенна, которая считается репрезентативной для приема на мобильные и переносные устройства, имеет высоту 1,5 м над уровнем земли и является всенаправленной с усилением чуть меньшим, чем усиление симметричного вибратора.

Метод прогнозирования напряженности поля для полезного сигнала использует кривые для 50% местоположений и 50% времени, а для мешающего сигнала – для 50% местоположений и 1% времени.

Расчет тропосферных (1% времени) и непрерывных (50% времени) помех см. в Рекомендации МСЭ-R BT.655.

Требуемая процентная доля местоположений для служб DAB зависит от рассматриваемого режима приема.

Кривые распространения, используемые для планирования, относятся к высоте приемной антенны 10 м над поверхностью земли, тогда как служба DAB будет планироваться преимущественно для приема на мобильные устройства, то есть при эффективной высоте приемной антенны около 1,5 м. Для преобразования минимальной требуемой напряженности поля сигнала DAB при высоте антенны транспортного средства 1,5 м в эквивалентное значение для 10 м необходим допуск на потери при уменьшении высоты.

2 Режимы приема и соответствующие значения отношения C/N

Традиционно при планировании радиосетей предполагается прием фиксированной антенной, установленной на крыше здания на высоте 10 м от земли. Однако при планировании сетей DAB такой сценарий приема, как правило, не рассматривается: в большинстве случаев сети DAB планируются с учетом приема на переносные или мобильные устройства, а в пределах зоны обслуживания службы, вещающей на такие устройства, прием фиксированной антенной на крыше здания гарантирован. Поэтому в настоящей Рекомендации параметры для приема фиксированной антенной на крыше здания не приводятся.

В настоящей Рекомендации рассматриваются шесть режимов приема. Эти режимы (сценарии приема на переносные и мобильные устройства, в том числе портативные, кухонные и установленные на транспортных средствах) перечислены в таблице 1. Во всех случаях предполагается прием на высоте не менее 1,5 м над землей.

В таблице 1 указано также значение отношения C/N для каждого режима приема. Значения отношения C/N для групп станций DAB, предназначенных для передачи подканалов с равной защитой от ошибок (EER), определены по данным измерений, выполненных на произвольно выбранных приемниках DAB+ с использованием следующих двух профилей рэлеевского канала для приема на мобильные и переносные устройства: профиль типового городского канала TU 12 (скорость 25 км/ч, двенадцать ответвлений) и профиль сельской местности RA 6 (скорость 120 км/ч, шесть ответвлений).

ТАБЛИЦА 1

Режимы приема и соответствующие значения отношения C/N

	Режим приема	C/N (дБ)	Модель канала
1	Прием на мобильные устройства/в сельской местности (МО)	12,6	RA 6
2	Прием на переносные устройства вне помещений/ в пригородной зоне (РО)	11,9	TU 12
3	Прием на переносные устройства в помещениях/ в городской зоне (PI)	11,9	TU 12
4	Прием на портативные переносные устройства вне помещений/в пригородной зоне/на внешнюю антенну (РО-Н/Ext)	11,9	TU 12
5	Прием на портативные переносные устройства в помещениях/в городской зоне/на внешнюю антенну (PI-Н/Ext)	11,9	TU 12
6	Прием на портативные мобильные устройства/в сельской местности/на внешнюю антенну (МО-Н/Ext)	12,6	RA 6

3 Коэффициент усиления антенны

В таблице 2 приведены значения коэффициентов усиления антенн приемников DAB в полосе III для режимов приема, перечисленных в разделе 2:

- прием на установленное в автомобиле мобильное устройство с использованием встроенной антенны, смонтированной снаружи автомобиля;
- прием на отдельно стоящее переносное устройство (настольный или кухонный радиоприемник) со встроенной складной или телескопической антенной;
- прием на портативное переносное устройство с использованием внешней антенны (например, проводной гарнитуры или телескопической антенны);
- прием на портативное переносное устройство в движущемся транспортном средстве с использованием внешней антенны (например, проводной гарнитуры или телескопической антенны).

ТАБЛИЦА 2

Значения усиления антенны G_D

200 МГц		
Режим приема	Тип антенны	Значения усиления антенны G_D (дБд)
Прием на установленное в автомобиле мобильное устройство (МО)	Адаптированная антенна	от -5 до -10
Прием на переносное устройство (РО, PI)	Встроенная	от -8 до -10
Прием на портативные переносные и мобильные устройства (РО-Н, PI-Н, МО-Н)	Внешняя ⁽¹⁾	-13

⁽¹⁾ Телескопическая антенна или проводная гарнитура

4 Потери в фидере

В тех сценариях приема, которые представляют интерес в случае DAB, потери в фидере обычно малы. Для приема на переносные, портативные и мобильные устройства рекомендуется принимать потери в фидере равными 0 дБ.

5 Поправка на промышленный шум (MMN)

Необходимо учесть влияние принимаемого антенной промышленного шума (MMN) на характеристики системы, так как он отражается на расчетных значениях напряженности поля в зоне покрытия. Значения поправки на промышленный шум для различных типичных значений коэффициента усиления антенны и сценариев приема приведены в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3

P_{mmn} (дБ) как функция коэффициента усиления антенны ($F_r = 6$ дБ, $f = 200$ МГц)

Коэффициент усиления антенны (дБд)	-5	-8	-13
Сельская местность	0,9	0,5	0,2
Жилая/пригородная зона	2,5	1,5	0,5
В помещении в городской зоне	7,6	5,3	2,4

За последние годы отмечается повышение уровня промышленного шума, и можно ожидать, что он будет повышаться и далее с внедрением новых электронных устройств, в особенности светодиодного освещения. В связи с этими изменениями необходимо вести мониторинг уровня MMN и продолжать его исследования и измерения.

6 Значения высоты для прогнозирования покрытия

Поправочный коэффициент на потери при уменьшении высоты с 10 до 1,5 м приводится непосредственно в Заключительных актах Соглашения GE06 (Приложение 2, глава 3, пункт 3.2.2.1 "Рассмотрение потерь при уменьшении высоты"). Этот коэффициент зависит от частоты и условий приема.

Для целей планирования значения поправочного коэффициента на потери при уменьшении высоты можно рассчитать по соответствующим высотам препятствий для рассматриваемой страны или территории с использованием метода МСЭ, изложенного в Рекомендации МСЭ-R P.1546.

7 Потери на входе в здание

Прием на переносные устройства возможен как вне помещений, так и в помещениях. Внутри помещений поле может существенно ослабляться в зависимости от материалов, конструкции и ориентации здания. Соотношение между средним значением напряженности поля внутри здания на заданной высоте над уровнем земли и средним значением напряженности поля вне того же здания на той же высоте над уровнем земли, выражаемое в децибелах (дБ), есть среднее значение потерь на входе в здание.

В недавнем времени представления о потерях на входе в здание (BEL) подверглись пересмотру. Основным результатом последних исследований стал вывод о необходимости проводить принципиальное различие между зданиями, которые оборудованы металлизированными окнами и другими средствами повышения тепловой эффективности, и зданиями, которые ими не оборудованы. Информация о порядке расчета BEL приведена в Рекомендации МСЭ-R P.2109.

В Рекомендации МСЭ-R P.2109 приведены уравнения для получения распределений BEL (см. рисунок 1), которые охватывают все типы условий приема, от помещения с окном, выходящим на внешнюю сторону, до места в глубине здания, а также различные типы зданий. Для целей планирования охвата необходимо рассчитать BEL в зависимости от типа среды – пригородная зона,

городская зона или другая среда, а также от того, планируется ли включить в зону охвата приемник, который расположен в помещении с окном, выходящим на внешнюю сторону, или в глубине здания. Решения по использованию BEL при планировании будут зависеть от местных условий, однако максимальные потери для конкретных обстоятельств могут быть установлены путем ограничения вероятности. Общеприменимыми для планирования считаются значения вероятности, приведенные в таблице 4.

РИСУНОК 1

Интегральная функция распределения (CDF) BEL на основании Рекомендации МСЭ-R P.2109

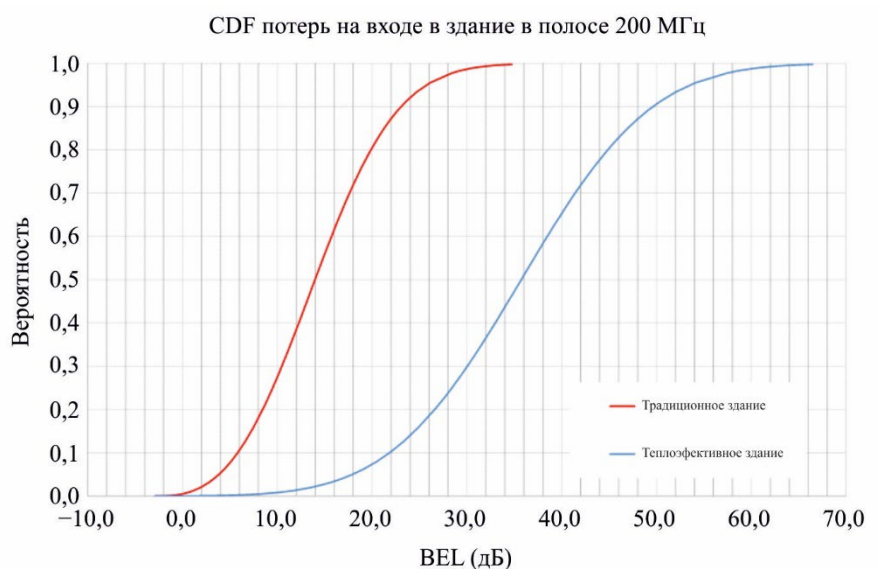


ТАБЛИЦА 4

Вероятность потерь на входе в здание для радиовещания, применимая к планированию в диапазоне III в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R P.2109

Тип здания	Среда	Вероятность превышения уровня потерь на входе в здание	Максимальное значение BEL в полосе шириной 200 МГц
Построенное по традиционной технологии	Пригородная зона	50%	14,0 дБ
Построенное по традиционной технологии	Городская зона	70%	17,6 дБ

8 Потери на входе в транспортное средство

В ходе одного из исследований¹ значение потерь на входе в транспортное средство было получено равным 8 дБ (со стандартным отклонением в 2 дБ) по данным измерений на частоте 800 МГц. Ввиду того что потери сигнала на входе в автомобиль и их изменения в зависимости от частоты не исследовались, то же значение принято для полосы III. Кроме того, предполагается, что значение 8 дБ будет недостаточной оценкой потерь на входе в железнодорожный подвижной состав.

¹ Measurements of the vehicle penetration loss characteristics at 800 MHz. *48th IEEE Vehicular technology Symposium, May 1998.*

9 Процентная доля местоположений

9.1 Коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения

Чтобы получить уровни сигнала для планирования, то есть минимальные значения напряженности поля, необходимые для обеспечения приема в большем проценте местоположений, требуется ввести коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения C_1 . При расчете коэффициента поправки на изменчивость в зависимости от местоположения предполагается логарифмически нормальное распределение напряженности поля принимаемого сигнала в зависимости от местоположения.

Коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения C_1 может быть рассчитан по следующей формуле (1):

$$C_1 = \mu \times \sigma, \quad (1)$$

где:

σ : стандартное отклонение распределения напряженности поля;

μ : коэффициент нормального распределения.

Значения для некоторых часто встречающихся случаев приведены ниже.

ТАБЛИЦА 5

Значения коэффициента нормального распределения для некоторых часто используемых значений процентной доли местоположений

Коэффициент нормального распределения μ	Доля местоположений (%)
0,00	50
0,52	70
1,28	90
1,64	95
2,33	99

Значения μ для других значений процентной доли местоположений² можно взять из таблицы нормального распределения, приведенной в Рекомендации МСЭ-R P.1546.

В зависимости от режима приема необходимо использовать разные значения μ и σ .

9.2 Значения коэффициента поправки на изменчивость в зависимости от местоположения для различных режимов приема

В разделе 2 определены следующие режимы приема:

МО: Стандартный прием на мобильное устройство;

РО: Стандартный прием на переносное устройство вне помещений;

РІ: Стандартный прием на переносное устройство в помещениях;

² Значения μ могут быть получены с помощью функции Excel $\text{normsinv}(x)$, где x – число, большее 0 и меньше 1.

РО-Н/Ext: Прием на портативное переносное устройство вне помещений с использованием внешней антенны;

PI-Н/Ext: Прием на портативное переносное устройство в помещениях с использованием внешней антенны;

МО-Н/Ext: Прием на портативное мобильное устройство с использованием внешней антенны.

Во многих случаях коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения определяется не только этой изменчивостью как таковой, но и стандартным отклонением дополнительных потерь, таких как потери на входе в транспортное средство. В такой ситуации результирующее стандартное отклонение можно рассчитать по следующей формуле:

$$\sigma_{res} = \sqrt{(\sigma_{LV}^2 + \sigma_{OL}^2)}. \quad (2)$$

Значения, используемые для различных режимов приема, приведены в таблице 6. Значения для приема в помещениях даны исходя из уровня потерь сигнала, измеренного на входе в здания, построенные по традиционной технологии (см. раздел 7).

ТАБЛИЦА 6

Расчет значения коэффициента поправки на изменчивость в зависимости от местоположения для различных режимов приема

Режим приема	Качество обслуживания	Изменчивость в зависимости от местоположения σ_{LV} (дБ)	Изменчивость, связанная с другими потерями σ_{OL} (дБ)	Совокупное стандартное отклонение SD σ_{res} (дБ)	Вероятность охвата местоположений (%)	Значение коэффициента распределения μ	Коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения C_i (дБ) ³	Примечания
1. МО (сельская местность)	Хорошее	4,0	0	4,0	99	2,33	9,32	
	Допустимое	4,0	0	4,0	90	1,28	5,12	
2. РО (пригородная зона)	Хорошее	4,0	0	4,0	95	1,64	6,56	
	Допустимое	4,0	0	4,0	70	0,52	2,08	
3. PI (городская зона)	Хорошее	4,0	0	4,0	95	1,64	6,56	
	Допустимое	4,0	0	4,0	70	0,52	2,08	
4. РО-Н/Ext (пригородная зона)	Хорошее	4,0	0	4,0	95	1,64	6,56	
	Допустимое	4,0	0	4,0	70	0,52	2,08	
5. PI-Н/Ext (городская зона)	Хорошее	4,0	0	4,0	95	1,64	6,56	
	Допустимое	4,0	0	4,0	70	0,52	2,08	
6. МО-Н/Ext (сельская местность)	Хорошее	4,0	2	4,47	99	2,33	10,42	VEL
	Допустимое	4,0	2	4,47	90	1,28	5,72	VEL

VEL – потери на входе в транспортное средство.

³ Значения в столбце "Коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения" даны без округления, как можно убедиться по базовым значениям в этой таблице, которые приведены с точностью лишь до двух знаков после запятой.

9.3 Запас поправки на изменчивость в зависимости от местоположения

При определении максимально допустимой напряженности поля мешающего сигнала следует учитывать изменчивость в зависимости от местоположения как полезного, так и мешающего сигналов. Уровень защиты, достигаемый для данного полезного сигнала в отношении данного мешающего сигнала, зависит от разности напряженностей поля этих сигналов. Эта разность представляет собой статистическую величину, которая зависит от следующих параметров:

- медианных значений напряженности обоих полей,
- их стандартных отклонений, обусловленных изменчивостью в зависимости от местоположения.

Стандартное отклонение этой величины может быть вычислено по следующей формуле:

$$\sigma_{res} = \sqrt{(\sigma_{\text{полезный}})^2 - 2\rho \times \sigma_{\text{полезный}} \times \sigma_{\text{мешающий}} + (\sigma_{\text{мешающий}})^2}. \quad (3)$$

Предполагается, что и полезный, и мешающий сигналы имеют логарифмически нормальное распределение и не коррелируют между собой, то есть их коэффициент корреляции ρ равен нулю. Если их стандартные отклонения равны, то

поскольку $\sigma_{\text{полезный}} = \sigma_{\text{мешающий}}$ и $\rho = 0$,

$$\sigma_{res} = (\sigma_{\text{полезный}}) \times \sqrt{2}. \quad (4)$$

По результирующему совокупному стандартному отклонению, обусловленному изменчивостью в зависимости от местоположения, определяется запас поправки на изменчивость в зависимости от местоположения (LCM).

Значение LCM равно произведению этого совокупного стандартного отклонения на процентный уровень доступности напряженности поля полезного сигнала μ :

$$LCM = \mu \times \sigma_{res}. \quad (5)$$

Медианное значение максимальной напряженности поля мешающего сигнала можно вычислить как

$$E_I^{Max} = E_W^{Min} - PR - LCM, \quad (6)$$

где:

- E_I^{Max} : максимально допустимая напряженность поля мешающего сигнала;
- E_W^{Min} : минимальное значение медианной напряженности поля полезного сигнала;
- PR : защитное отношение.

Как правило, планирование помеховой обстановки осуществляется исходя из минимальной обеспечиваемой защитой напряженности поля – обычно для режима приема на мобильные устройства вне помещений (МО). Уровень доступности (процентная доля обслуживаемых местоположений) для данного режима приема равен 99%, откуда результирующее значение $\mu = 2,33$ и, следовательно, $LCM = 2,33\sigma_{res}$. Если $\sigma_{\text{полезный}} = \sigma_{\text{мешающий}}$ принимается равным 4,0 дБ, то результирующее значение σ_{res} составит 5,66 дБ, а $LCM = 13,19$ дБ.

10 Параметры приемника

10.1 Коэффициент шума приемника

Рекомендуется для целей планирования принимать коэффициент шума равным 6 дБ.

10.2 Минимальные уровни сигнала на входе приемника

Чтобы проиллюстрировать, как минимальный уровень сигнала на входе приемника зависит от отношения C/N , были проведены расчеты этого уровня для репрезентативных значений C/N с учетом запаса на реализацию. Для других значений отношения можно применить простую линейную интерполяцию.

Значение коэффициента шума приемника принимается равным 6 дБ (см. пункт 10.1). Это значение дается для всех частот в полосе III, и таким образом минимальный уровень сигнала на входе приемника не зависит от частоты передатчика. Если на практике используется другое значение коэффициента шума, минимальный уровень сигнала на входе приемника меняется в соответствии с этой величиной.

Рассчитанные здесь значения минимального уровня сигнала на входе приемника используются в пункте 11.1 для определения минимальной плотности потока мощности и соответствующих минимальных значений медианной эквивалентной напряженности поля для различных режимов приема.

Определения:

- B : ширина шумовой полосы частот приемника (Гц);
- C/N : требуемое для системы отношение сигнал/шум (РЧ) (дБ);
- F_r : коэффициент шума приемника (дБ);
- P_n : мощность шума на входе приемника (дБВт);
- $P_{s \min}$: минимальная мощность сигнала на входе приемника (дБВт);
- $U_{s \min}$: минимальное эквивалентное напряжение на входе приемника Z_i (дБмкВ);
- Z_i : входной импеданс приемника (75 Ом).

Константы:

- k : постоянная Больцмана, равная $1,38 \times 10^{-23}$ Вт · с/К;
- T_0 : абсолютная температура, равная 290 К.

Использованные формулы:

$$P_n \text{ (дБВт)} = F_r + 10 \log (k \times T_0 \times B);$$

$$P_{s \min} \text{ (дБВт)} = P_n + C/N;$$

$$U_{s \min} \text{ (дБмкВ)} = P_{s \min} + 120 + 10 \log (Z_i).$$

ТАБЛИЦА 7

Минимальные требуемые уровни входного сигнала для различных значений отношения C/N

Полоса III – каналы шириной 7 МГц			
Модель канала		TU 12	RA 6
Эквивалентная шумовая полоса частот	B (Гц)	$1,536 \times 10^6$	$1,536 \times 10^6$
Коэффициент шума приемника	F_r (дБ)	6	6
Соответствующая мощность шума на входе приемника	P_n (дБВт)	-136,10	-136,10
Отношение сигнал/шум (РЧ)	C/N (дБ)	11,9	12,6
Минимальная мощность сигнала на входе приемника	$P_{s \min}$ (дБВт)	-124,20	-123,50
Минимальное эквивалентное напряжение на входе приемника (75 Ом)	$U_{s \min}$ (дБмкВ)	14,55	15,25

11 Расчет уровней сигнала и защитного отношения

11.1 Уровни сигнала для планирования

В пункте 10.2 даны минимальные уровни сигнала, которые обеспечивают преодоление шума, выраженные в виде минимальной мощности на входе приемника и соответствующего минимального эквивалентного напряжения на входе приемника. Никакие эффекты распространения сигнала при этом не учитываются. Однако при рассмотрении приема в практических условиях учет таких эффектов необходим.

При определении охвата отмечается, что ввиду очень быстрого перехода от практически идеального приема к полному его отсутствию необходимо, чтобы минимальный требуемый уровень сигнала достигался в большом проценте местоположений. При приеме на переносные устройства соответствующая процентная доля местоположений устанавливается равной 95% для хорошего и 70% для допустимого качества приема, а при приеме на мобильные устройства – 99% и 90% соответственно.

В пункте 11.1 даются минимальные значения медианной плотности потока мощности (п.п.м.) и соответствующие значения напряженности поля, необходимые для практического планирования.

Для расчета минимальной медианной п.п.м. или эквивалентной напряженности поля, которые требуются, чтобы обеспечить минимальный уровень сигнала в заданной процентной доле местоположений, используются следующие формулы:

$$\varphi_{\min} = P_{s \min} - A_a + L_f;$$

$$E_{\min} = \varphi_{\min} + 120 + 10 \log_{10} (120\pi) = \varphi_{\min} + 145,8;$$

$$\varphi_{\text{med}} = \varphi_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_l$$

(для приема на переносные и портативные переносные устройства вне помещений, а также на мобильные и портативные мобильные устройства);

$$\varphi_{\text{med}} = \varphi_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_l + L_b$$

(для приема на переносные и портативные переносные устройства в помещениях);

$$\varphi_{\text{med}} = \varphi_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_l + L_v$$

(для приема на портативные мобильные устройства);

$$E_{\text{med}} = \varphi_{\text{med}} + 120 + 10 \log_{10} (120\pi) = \varphi_{\text{med}} + 145,8,$$

где:

C/N : требуемое для системы отношение сигнал/шум (РЧ) (дБ);

φ_{\min} : минимальная п.п.м. в месте приема (дБВт/м²);

E_{\min} : эквивалентная минимальная напряженность поля в месте приема (дБмкВ/м);

L_f : потери в фидере (дБ);

L_b : потери на входе в здание (дБ);

L_v : потери на входе в транспортное средство (дБ);

P_{mmn} : поправка на промышленный шум (дБ);

C_l : коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения (дБ);

φ_{med} : минимальное значение медианной п.п.м. для планирования (дБВт/м²);

E_{med} : минимальное значение медианной эквивалентной напряженности поля для планирования (дБмкВ/м);

A_a : эффективная апертура антенны (дБм²) [$A_a = G_{\text{iso}} + 10 \log_{10}(\lambda^2/4\pi)$] $\times G_{\text{iso}}$ – коэффициент усиления антенны относительно изотропной антенны;

$P_{s \min}$: минимальная мощность сигнала на входе приемника (дБВт).

При расчете коэффициента поправки на изменчивость в зависимости от местоположения C_1 предполагается логарифмически нормальное распределение напряженности поля принимаемого сигнала:

$$C_1 = \mu \times \sigma,$$

где:

- μ : коэффициент распределения (см. пункт 9.1);
- σ : стандартное отклонение для приема вне помещений, принимаемое равным 4,0 дБ. Значения σ для случая приема в помещениях см. в пункте 9.2.

Изложенные в этом разделе соображения общеприменимы, но в случае одночастотных сетей (ОЧС), когда имеется более одного полезного сигнала, необходимо учесть еще ряд дополнительных соображений.

11.1.1 Примеры уровней сигнала для планирования

В этом разделе приведены подробные данные расчетов для случаев, перечисленных в таблице 1.

В таблице 8 высота приемной антенны над землей составляет 1,5 м для всех режимов приема. Эти расчеты выполнены для одной частоты, представляющей полосу III (200 МГц), и полосы частот шириной 1,7 МГц.

ТАБЛИЦА 8
DAB+ в полосе III

			1. (МО) Мобильные устройства/ сельская местность	2. (РО) Переносные устройства вне помещений/ пригородная зона	3. (РІ) Переносные устройства в помещениях/ городская зона	4. (РО-Н/Ext) Портативные переносные устройства вне помещений/ пригородная зона/ внешняя антенна	5. (РІ-Н/Ext) Портативные переносные устройства в помещениях/ городская зона/ внешняя антенна	6. (МО-Н/Ext) Портативные мобильные устройства/ сельская местность/ внешняя антенна
Частота	Freq	МГц	200	200	200	200	200	200
Минимальное значение C/N , требуемое для системы	C/N	дБ	12,6	11,9	11,9	11,9	11,9	12,6
Коэффициент шума приемника	F_r	дБ	6	6	6	6	6	6
Эквивалентная шумовая полоса	B	МГц	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
Мощность шума на входе приемника	P_n	дБВт	-136,10	-136,10	-136,10	-136,10	-136,10	-136,10
Мин. мощность сигнала на входе приемника	$P_{s \min}$	дБВт	-123,50	-124,20	-124,20	-124,20	-124,20	-123,50
Мин. эквивалентное напряжение на входе приемника (75 Ом)	U_{\min}	дБмкВ	15,25	14,55	14,55	14,55	14,55	15,25
Потери в фидере	L_f	дБ	0	0	0	0	0	0
Коэффициент усиления антенны относительно полуволнового симметричного вибратора	G_d	дБ	-5	-8	-8	-13	-13	-13
Эффективная апертура антенны	A_a	дБм ²	-10,32	-13,32	-13,32	-18,32	-18,32	-18,32
Мин. плотность потока мощности в месте приема	F_{\min}	дБВт/м ²	-113,18	-110,88	-110,88	-105,88	-105,88	-105,18
Мин. эквивалентная напряженность поля в месте приема	E_{\min}	дБ(мкВ/м)	32,62	34,92	34,92	39,92	39,92	40,62
Поправка на промышленный шум	P_{mm}	дБ	0,90	1,50	5,30	0,50	2,40	0,20
Потери на входе в здание или транспортное средство	L_b, L_v	дБ	0	0	17,60	0	17,60	8
Стандартное отклонение потерь на входе		дБ	0	0	0	0	0	2
Вероятность охвата местоположений		%	90	70	70	70	70	90
Коэффициент распределения			1,28	0,52	0,52	0,52	0,52	1,28
Стандартное отклонение ⁴			4	4	4	4	4	4,47
Коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения	C_l	дБ	5,12	2,08	2,08	2,08	2,08	5,72
Минимальное значение медианной плотности потока мощности на высоте 1,5 м от земли на протяжении 50% времени в 50% местоположений (при вероятности охвата местоположений 90 или 70% в зависимости от того, что указано)	Φ_{med}	дБВт/м ²	-107,16	-107,30	-85,90	-103,30	-83,80	-91,26

⁴ Значения минимальной медианной напряженности поля рассчитаны с использованием репрезентативного значения стандартного отклонения, равного 4 дБ. Однако при прогнозировании напряженности поля для конкретного пикселя рекомендуется также добавлять погрешность прогнозирования и в связи с этим использовать значение стандартного отклонения, равное 5,5 дБ (см. пункт 9.2).

ТАБЛИЦА 8
(окончание)

			1. (МО) Мобильные устройства/ сельская местность	2. (РО) Переносные устройства вне помещений/ пригородная зона	3. (PI) Переносные устройства в помещениях/ городская зона	4. (РО-Н/Ext) Портативные переносные устройства вне помещений/ пригородная зона/ внешняя антенна	5. (PI-Н/Ext) Портативные переносные устройства в помещениях/ городская зона/ внешняя антенна	6. (МО-Н/Ext) Портативные мобильные устройства/ сельская местность/ внешняя антенна
Минимальное значение медианной эквивалентной напряженности поля на высоте 1,5 м от земли на протяжении 50% времени в 50% местоположений (при вероятности охвата местоположений 90 или 70% в зависимости от того, что указано)	E_{med}	дБмкВ/м	38,64	38,50	59,90	42,50	62,0	54,54
Вероятность охвата местоположений		%	99	95	95	95	95	99
Коэффициент распределения			2,33	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Стандартное отклонение			4	4	4	4,00	4	4,47
Коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения	C_i	дБ	9,32	6,56	6,56	6,56	6,56	10,42
Минимальное значение медианной плотности потока мощности на высоте 1,5 м от земли на протяжении 50% времени в 50% местоположений (при вероятности охвата местоположений 99 или 95% в зависимости от того, что указано)	Φ_{med}	дБВт/м ²	-102,96	-102,82	-81,42	-98,82	-79,32	-86,57
Минимальное значение медианной эквивалентной напряженности поля на высоте 1,5 м от земли на протяжении 50% времени в 50% местоположений (при вероятности охвата местоположений 99 или 95% в зависимости от того, что указано)	E_{med}	дБ(мкВ/м)	42,84	42,98	64,38	46,98	66,48	59,23

11.2 Защитные отношения

11.2.1 Помехи между разными системами DAB

11.2.1.1 Защитные отношения по совмещенному каналу

Защитное отношение по совмещенному каналу используется для планирования служб DAB, работающих в одном блоке каналов или на одной частоте. Значение требуемого защитного отношения находится в диапазоне 10–14 дБ, среднее значение 12 дБ.

11.2.1.2 Защита по соседнему каналу

Защитные отношения по соседнему каналу чрезвычайно важны, так как они существенно влияют на устройство сети DAB, особенно когда добавляются другие службы, работающие на соседних частотах без совместного размещения. Внедренный в сеть новый передатчик может создать помехи не только в совмещенном канале для станций, расположенных в других местах, но и в соседнем канале для станций, расположенных в непосредственной близости от него.

Если применяется критическая спектральная маска, то защитные отношения по соседнему каналу, используемые для планирования, должны базироваться на значениях из таблицы 9.

ТАБЛИЦА 9

Рекомендуемые защитные отношения по соседнему каналу (с критической маской)

Мешающий блок DAB	Защитное отношение (дБ)
$N \pm 1$	-40
$N \pm 2$	-45
$N \pm 3$	-45

11.2.2 Помехи между DAB и другими радиовещательными и нерадивещательными системами

11.2.2.1 Общие замечания

Защитные отношения для случая помех между DAB и другими радиовещательными и нерадивещательными системами подробно описаны в документах [13] и [20]. В Европе значимым исключением является DVB-T2, поскольку это достаточно новая система, для которой еще не накоплено достаточного количества измерений.

Ситуация с DAB+ иная. Кроме результатов внутрисистемных измерений (применительно к помехам между разными системами DAB+), практически отсутствуют данные о защитных отношениях для случая помех между системами DAB+ и другими радиовещательными или нерадивещательными системами.

Это, однако, не слишком критично, поскольку в большинстве случаев возможна экстраполяция данных DAB на DAB+, а также данных DVB-T на DVB-T2. В основе таких экстраполяций лежат следующие соображения.

- Все случаи, когда система DAB+ создает помехи другим радиовещательным или нерадивещательным системам, можно рассматривать так же, как и случаи помех от системы DAB, поскольку радиочастотные характеристики DAB и DAB+ одинаковы: оба эти типа систем являются источниками помех системе OFDM, имеют одинаковую ширину полосы частот, одну и ту же структуру несущих и т. д.
- В случаях когда система DAB/DAB+ создает помехи системе DVB-T2, предлагается использовать защитные отношения, установленные для соответствующего режима (то есть сочетания схемы модуляции и кодовой скорости) DVB-T, где "соответствующий" означает "имеющий то же или близкое значение отношения C/N ".

- с) В случаях когда система DVB-T/DVB-T2 создает помехи системе, DAB+ предлагается использовать значение, равное отношению C/N для случая помех между разными системами DAB+ минус 6 дБ, поскольку отношение ширины полос частот систем DAB+ и DVB-T/T2 составляет 1/4.
Для не полностью перекрывающихся каналов DAB+ и DVB-T/T2 следует пользоваться данными из таблиц А.3.3–13/14 Соглашения GE06.
- д) Для случаев когда другие службы создают помехе системе DAB+, предлагается следующая процедура.
Известно защитное отношение PR_{DAB-OS} для случая, когда система DAB создает помехи другой службе, а также отношение C/N для DAB – C/N_{DAB} .
Эти значения можно взять из Соглашения GE06; обычно выбирается режим DAB "уровень защиты 3".

Вводится параметр $\Delta_{OS} = C/N_{DAB} - PR_{DAB-OS}$.

Предполагается, что Δ_{OS} является репрезентативным для всех уровней защиты, и в том числе для DAB+.

Тогда защитное отношение для случая, когда другие службы создают помехи системе DAB+, дается следующей формулой:

$$PR_{DAB+OS} = C/N_{DAB+} - \Delta_{OS}$$

Изложенная выше процедура – это прагматичный, но качественный по сути своей подход, применяемый ввиду отсутствия результатов измерений. Возможно, в будущем она будет заменена, когда появятся результаты измерений для систем DAB+.

11.2.2.2 Помехи между системами DAB и DVB-T/T2

Защитные отношения для случая помех между системами DAB и DVB-T даны в Дополнении 3.3 к Приложению 2 к Соглашению GE06 (таблицы А.3.3–13–22).

Защитные отношения для случая помех между системами DAB и DVB-T2, а также системами DAB+ и DVB-T/T2 можно получить, применив процедуру, описанную в пункте 11.2.1.

11.2.2.3 Помехи между системами DAB и DRM

Защитное отношение для сигнала DAB, подвергающегося воздействию помех от DRM, составляет 10 дБ. Это значение применяется к любому сдвигу частоты между обоими сигналами в пределах ширины полосы DAB.

Защитное отношение для сигнала DRM, подвергающегося воздействию помех от DAB, приведено в п. 8.2.1.3 Приложения 3.

11.2.2.4 Помехи между системами DAB и другими службами

Защитные отношения для случая помех между системами DAB и другими службами даны в Дополнении 4.3 к Приложению 2 к Соглашению GE06 (таблицы А.4.3-2–А.4.3-5).

Защитные отношения для случая помех между системами DAB+ и другими службами можно получить, применив процедуру, описанную в пункте 11.2.2.1.

12 Нежелательные излучения

12.1 Спектральные маски для внеполосных излучений систем DAB

За пределами спектральной полосы COFDM шириной 1,5 МГц сигнал содержит естественные боковые полосы, ослабленные на 40–50 дБ относительно основного сигнала. Хотя применяемая аппаратура характеризуется высокой степенью линейности, продукты интермодуляционных искажений широко используемых усилителей мощности повышают уровень боковых полос – в некоторых случаях лишь до 30 дБ ниже основного сигнала. Эти боковые полосы являются нежелательными и считаются паразитными сигналами. Их следует подавлять насколько возможно, чтобы обеспечить оптимальное

использование частотного спектра. Такое ослабление, называемое еще ослаблением внеполосных сигналов, важно тем, что позволяет использовать соседние блоки частот DAB в соседних зонах обслуживания.

Спектр сигнала DAB измеряется в полосе частот 4 кГц, поэтому в блоке шириной 1,5 МГц уровень мощности снижается на $(10 \times \log_{10}(4/1536))$ дБ = -26 дБ относительно полной мощности сигнала. Ослабление боковых полос (внеполосных сигналов) выражается в децибелах относительно этого значения.

Спектр внеполосных излучений в любой полосе частот шириной 4 кГц ограничивается одной из масок, определенных на рисунке 2 и в таблице 10. Маска, изображенная сплошной линией, применяется для передатчиков систем DAB в зонах, критичных к помехам по соседнему каналу. Маска, изображенная пунктирной линией, применяется для передатчиков систем DAB в прочих обстоятельствах для подавления помех по соседнему каналу.

ПРИМЕЧАНИЕ. – С увеличением разности частот ослабление будет расти, однако такие высокие значения ослабления трудно измерить. Возможно, измерения необходимо выполнять с применением специальных узкополосных режекторных фильтров (например, настроенных на частоту сигнала бедствия 243 МГц).

РИСУНОК 2

Спектральные маски для внеполосных излучений систем DAB

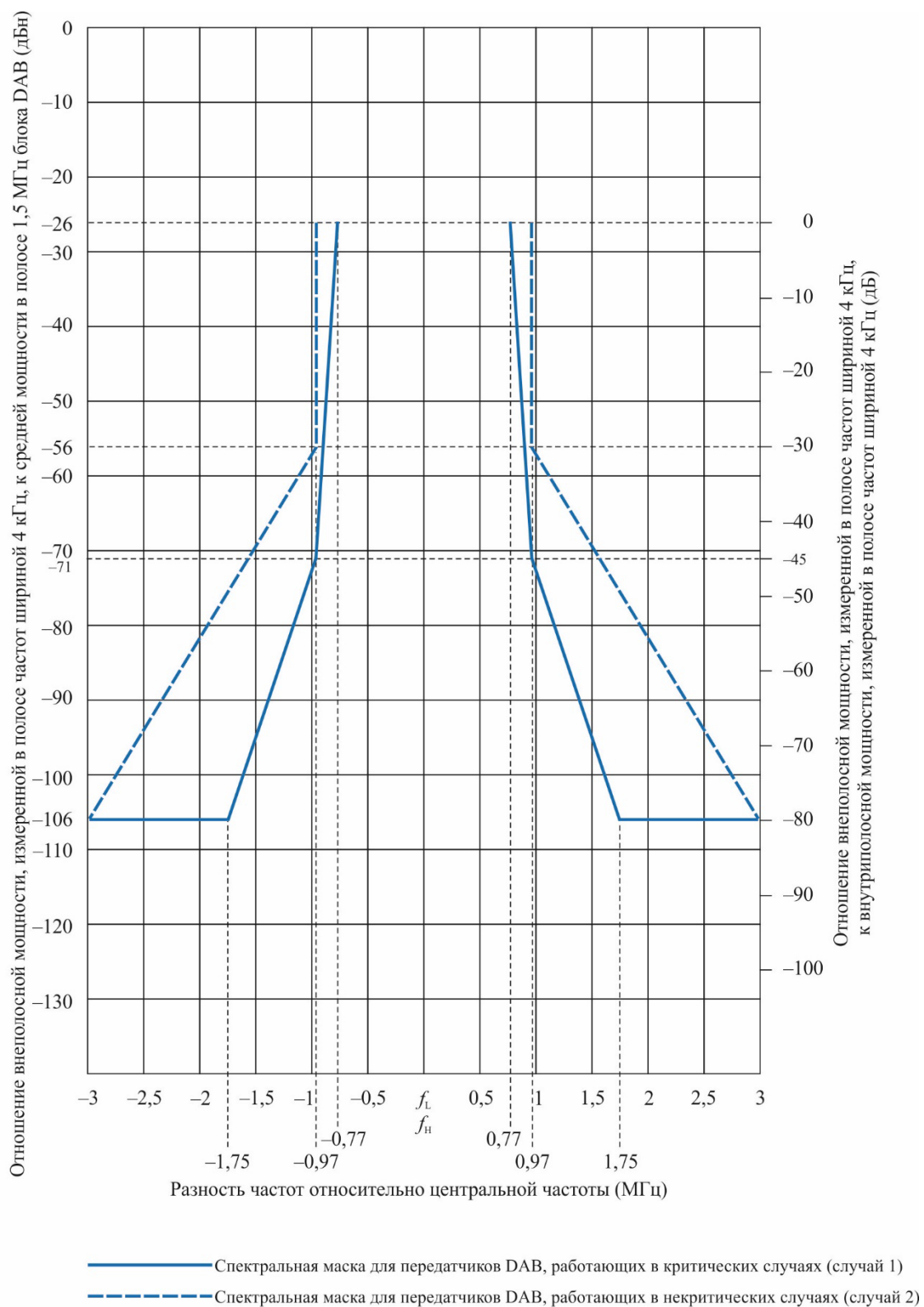


ТАБЛИЦА 10

Точки излома спектральных масок на рисунке 2

Отклонение частоты от центральной частоты блока (МГц)	Относительный уровень для случая 1 (критические случаи) (дБ)	Относительный уровень для случая 2 (некритические случаи) (дБ)
±0,77	-26	-26
±0,97	-71	-56
±1,75	-106	Неприменимо
±3,00	-106	-106

Библиография

ETSI Specification EN 300 401 – Radio broadcasting systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers.

Приложение 2

Техническая основа для планирования системы F наземного цифрового звукового радиовещания (ISDB-T_{SB}) в полосе ОВЧ

1 Общие положения

В настоящем Приложении описаны критерии планирования для цифровой системы F (цифровое радиовещание с интеграцией служб – ISDB-T_{SB}) в полосе ОВЧ. Системе F может быть распределено 6 МГц, 7 МГц или 8 МГц раstra телевизионного канала. Ширина полосы сегмента определяется как четырнадцатая часть ширины полосы частот канала, поэтому она составляет 429 кГц (6/14 МГц), 500 кГц (7/14 МГц) или 571 кГц (8/14 МГц). Однако ширину полосы частот сегмента следует выбирать с учетом ситуации в отношении частот, существующей в каждой стране.

2 Спектральные маски для внеполосных излучений

Излучаемый сигнал следует ограничить спектральной маской. Таблица 11 определяет точки излома на спектральной маске, предназначенной для передачи *n*-сегментов в сегментных системах 6/14 МГц, 7/14 МГц и 8/14 МГц. Спектральная маска определяется как относительное значение к средней мощности каждой частоты. Рисунок 3 показывает спектральную маску для 3-сегментной передачи в сегментной системе 6/14 МГц.

ТАБЛИЦА 11

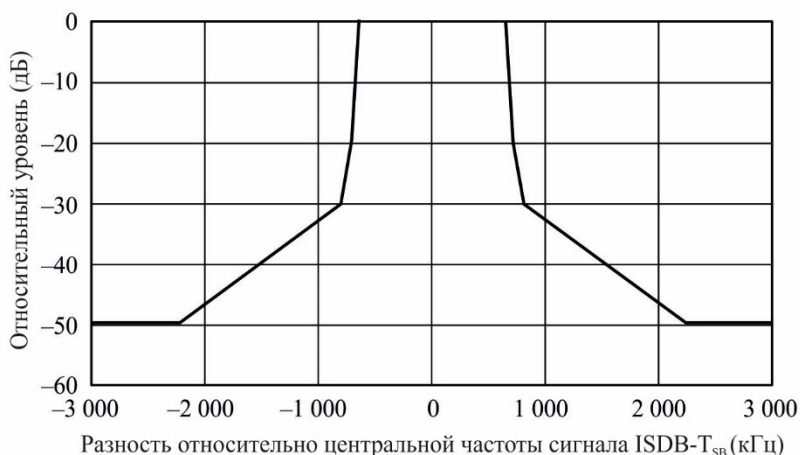
Точки излома на спектральной маске
(ширина полосы (BW) сегмента равна 6/14, 7/14 или 8/14 МГц)

Разность относительно центральной частоты наземного цифрового звукового сигнала	Относительный уровень (дБ)
$\pm \left(\frac{BW \times n}{2} + \frac{BW}{216} \right)$ МГц	0
$\pm \left(\frac{BW \times n}{2} + \frac{BW}{216} + \frac{BW}{6} \right)$ МГц	-20
$\pm \left(\frac{BW \times n}{2} + \frac{BW}{216} + \frac{BW}{3} \right)$ МГц	-30
$\pm \left(\frac{BW \times n}{2} + \frac{BW}{216} + \frac{11 \times BW}{3} \right)$ МГц	-50

n : количество последовательных сегментов.

РИСУНОК 3

Спектральная маска для сигнала передачи ISDB-T_{SB}
(BW = 6/14 МГц, $n = 3$)



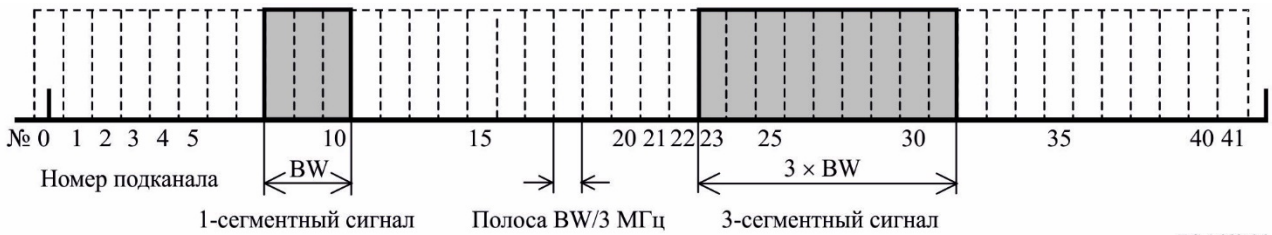
BS.1660-03

3 Частотное условие

3.1 Определение подканала

Для того чтобы указать частотную позицию сигнала ISDB-T_{SB}, каждый сегмент нумеруется с использованием номера подканала от 0 до 41. Подканал определяется как одна треть полосы BW (см. рисунок 4). Например, частотные позиции 1-сегментного и 3-сегментного сигналов, показанные на рисунке 4, определяются соответственно как 9-й и 27-й подканалы в канале аналогового телевидения.

РИСУНОК 4
Определение подканала

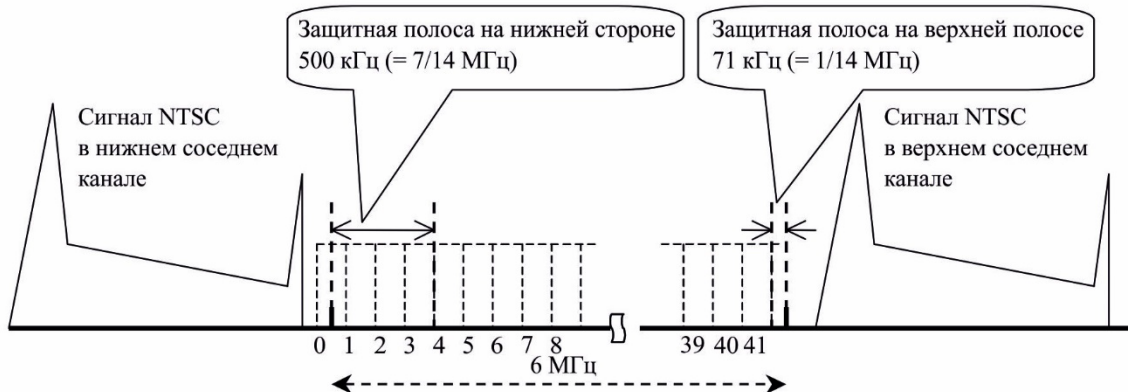


BS.1660-04

3.2 Защитные полосы

На основании результатов субъективной оценки для системы NTSC, подверженной взаимным помехам с системой ISDB-T_{SB}, определяются защитные полосы на обеих сторонах сигнала NTSC. Как показано на рисунке 5, защитные полосы составляют 500 кГц (= 7/14 МГц) на нижней стороне внутри канала и 71 кГц (= 1/14 МГц) на верхней стороне канала. Соответствующим образом подканалы, которые могут быть использованы для цифрового звукового радиовещания, берутся из подканалов с номерами 4–41. Внутри канала телевидения 6 МГц могут быть распределены максимум 12 сегментов, исключая защитные полосы.

РИСУНОК 5
Защитные полосы для обеспечения возможности совместной работы
с сигналом аналогового телевидения в соседнем канале



BS.1660-05

4 Минимальная используемая напряженность поля

Энергетические балансы линий связи для трех случаев приема – фиксированного на переносные и мобильные устройства на частотах 100 МГц и 200 МГц – представлены в таблице 12. Требуемые напряженности поля для случаев с 1-сегментным и 3-сегментным сигналами описываются соответственно в 22-й и 24-й строках. Значения приведены для случая сегментной системы 6/14 МГц и могут быть преобразованы для случая сегментной системы 7/14 МГц или 8/14 МГц согласно ширине полосы частот.

ТАБЛИЦА 12
 Энергетические балансы для линий связи ISDB-T_{SB}
 а) 100 МГц

	Элемент	Прием на мобильные устройства			Прием на переносные устройства			Фиксированный прием		
		100			100			100		
	Частота (МГц)									
	Схема модуляции	QPSK	QPSK	16-QAM	QPSK	QPSK	16-QAM	QPSK	QPSK	16-QAM
	Скорость кодирования внутреннего кода	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2
1	Требуемое C/N (QEF после исправления ошибок) (дБ)	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5
2	Ухудшение при реализации (дБ)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	Запас на помехи (дБ)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	Запас на многолучевость (дБ)	–	–	–	1	1	1	1	1	1
5	Запас на замирания (поправка на временную флуктуацию) (дБ)	9,4	9,4	8,1	–	–	–	–	–	–
6	Требуемое C/N приемника (дБ)	18,3	20	23,6	9,9	11,6	16,5	9,9	11,6	16,5
7	Коэффициент шума приемника NF (дБ)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	Ширина полосы шума (1 сегмент) B (кГц)	429	429	429	429	429	429	429	429	429
9	Мощность внутреннего шума приемника N_r (дБм)	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7	–112,7
10	Мощность внешнего шума на входе приемника N_0 (дБм)	–98,1	–98,1	–98,1	–98,1	–98,1	–98,1	–99,1	–99,1	–99,1
11	Суммарная мощность шума приемника N_t (дБм)	–98,0	–98,0	–98,0	–98,0	–98,0	–98,0	–98,9	–98,9	–98,9
12	Потери в фидере L (дБ)	1	1	1	1	1	1	2	2	2
13	Минимальная используемая мощность на входе приемника (дБм)	–79,7	–78,0	–74,4	–88,1	–86,4	–81,5	–89,0	–87,3	–82,4
14	Усиление антенны приемника G_r (дБи)	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85	–0,85
15	Действующая апертура антенны (дБ/м ²)	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3	–2,3
16	Минимальная используемая напряженность поля E_{\min} (дБ(мкВ/м))	39,4	41,1	44,7	31,0	32,7	37,6	31,1	32,8	37,7
17	Поправка на процент времени (дБ)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	4,3	4,3

ТАБЛИЦА 12 (продолжение)

	Элемент	Прием на мобильные устройства			Прием на переносные устройства			Фиксированный прием		
18	Поправка на процент охвата мест (дБ)	12,8	12,8	12,8	2,9	2,9	2,9	–	–	–
19	Значение потерь при прохождении через стены (дБ)	–	–	–	10,1	10,1	10,1	–	–	–
20	Требуемая напряженность поля (1 сегмент) в антенне E (дБ(мкВ/м))	52,2	53,9	57,5	44,0	45,7	50,6	35,4	37,1	42,0
	Предполагаемая высота антенны h_2 (м)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4,0	4,0	4,0
21	Поправка на высоту до 10 м (дБ)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	7,0	7,0	7,0
22	Требуемая напряженность поля (1 сегмент, $h_2 = 10$ м) E (дБ(мкВ/м))	62,2	63,9	67,5	54,0	55,7	60,6	42,4	44,1	49,0
23	Преобразование из 1 сегмента в 3 сегмента (дБ)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
24	Требуемая напряженность поля (3 сегмента, $h_2 = 10$ м) E (дБ(мкВ/м))	67,0	68,7	72,3	58,8	60,5	65,4	47,2	48,9	53,8

b) 200 МГц

	Элемент	Прием на мобильные устройства			Прием на переносные устройства			Фиксированный прием		
	Частота (МГц)	200			200			200		
	Схема модуляции	DQPSK	16-QAM	64-QAM	DQPSK	16-QAM	64-QAM	DQPSK	16-QAM	64-QAM
	Скорость кодирования внутреннего кода	1/2	1/2	7/8	1/2	1/2	7/8	1/2	1/2	7/8
1	Требуемое C/N (QEF после исправления ошибок) (дБ)	6,2	11,5	22,0	6,2	11,5	22,0	6,2	11,5	22,0
2	Ухудшение при реализации (дБ)	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0
3	Запас на помехи (дБ)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
4	Запас на многолучевость (дБ)	–	–	–	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
5	Запас на замирания (поправка на временную флуктуацию) (дБ)	9,5	8,1	(¹)	–	–	–	–	–	–
6	Требуемое C/N приемника (дБ)	19,7	23,6	(¹)	11,2	16,5	28,0	11,2	16,5	28,0
7	Коэффициент шума приемника NF (дБ)	5	5	–	5	5	5	5	5	5
8	Ширина полосы шума (1 сегмент) B (кГц)	429	429	–	429	429	429	429	429	429

ТАБЛИЦА 12 (продолжение)

	Элемент	Прием на мобильные устройства			Прием на переносные устройства			Фиксированный прием		
9	Мощность внутреннего шума приемника N_r (дБм)	-112,7	-112,7	-	-112,7	-112,7	-112,7	-112,7	-112,7	-112,7
10	Мощность внешнего шума на входе приемника N_0 (дБм)	-107,4	-107,4	-	-107,4	-107,4	-107,4	-107,4	-107,4	-107,4
11	Суммарная мощность шума приемника N_r (дБм)	-106,3	-106,3	-	-106,3	-106,3	-106,3	-106,3	-106,3	-106,3
12	Потери в фидере L (дБ)	2,0	2,0	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
13	Минимальная используемая входная мощность приемника (дБм)	-86,6	-82,7	-	-95,1	-89,8	-78,3	-95,1	-89,8	-78,3
14	Усиление антенны приемника G_r (дБи)	-0,85	-0,85	-	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85	-0,85
15	Действующая апертура антенны (дБ/м ²)	-8,3	-8,3	-	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3	-8,3
16	Минимальная используемая напряженность поля E_{\min} (дБ(мкВ/м))	39,5	43,4		31,0	36,3	47,8	31,0	36,3	47,8
17	Поправка на процент времени (дБ)	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	6,2	6,2	6,2
18	Поправка на процент охвата мест (дБ)	12,8	12,8	-	2,9	2,9	2,9	-	-	-
19	Значение потерь при прохождении через стены (дБ)	-	-	-	10,1	10,1	10,1	-	-	-
20	Требуемая напряженность поля (1 сегмент) в антенне E (дБ(мкВ/м))	52,3	56,2		44,0	49,3	60,8	37,2	42,5	54,0
	Предполагаемая высота антенны h_2 (м)	1,5	1,5	-	1,5	1,5	1,5	4	4	4
21	Поправка на высоту до 10 м (дБ)	12	12	-	12	12	12	10	10	10
22	Требуемая напряженность поля (1 сегмент, $h_2 = 10$ м) E (дБ(мкВ/м))	64,3	68,2	-	56,0	61,3	72,8	47,2	52,5	64,0

ТАБЛИЦА 12 (окончание)

	Элемент	Прием на мобильные устройства			Прием на переносные устройства			Фиксированный прием		
23	Преобразование из 1 сегмента в 3 сегмента (дБ)	4,8	4,8	–	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
24	Требуемая напряженность поля (3 сегмента, $h_2 = 10$ м) E (дБ(мкВ/м))	69,1	73,0		60,8	66,1	77,6	52,0	57,3	68,8

⁽¹⁾ Не используется в условиях замираний.

1) Требуемое отношение C/N

Требуемые отношения C/N для схем модуляции и скоростей кодирования показаны в таблице 13.

ТАБЛИЦА 13

Требуемое отношение C/N

Модуляция	Скорость кодирования при сверточном кодировании (дБ)				
	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
DQPSK	6,2	7,7	8,7	9,6	10,4
QPSK	4,9	6,6	7,5	8,5	9,1
16-QAM	11,5	13,5	14,6	15,6	16,2
64-QAM	16,5	18,7	20,1	21,3	22,0

2) Ухудшение при реализации

Величина эквивалентного ухудшения C/N , ожидаемого при реализации оборудования.

3) Запас на помехи

Запас для эквивалентного ухудшения C/N , вызванного помехами, такими как помехи от аналогового радиовещания.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В некоторых случаях при дальнем распространении по морским трассам или в иных условиях могут возникать помехи. Несмотря на то что учесть такие особые случаи при расчете энергетических балансов линий связи практически невозможно, этим видам помех следует уделять внимание.

4) Запас на многолучевость для приема на переносные устройства или фиксированного приема

Запас для эквивалентного ухудшения C/N , вызванного многолучевыми помехами.

5) Запас на замирания для приема на мобильные устройства

Запас для эквивалентного ухудшения C/N , вызванного временной флуктуацией напряженности поля.

Отношение C/N , требуемое в канале с замираниями, показано в таблице 14. Запасы на замирания показаны в таблице 15.

ТАБЛИЦА 14

Требуемое отношение C/N
(режим 3, защита 1/16, и типовая модель замираний GSM в городе)

Модуляция	Скорость кодирования	Гауссов шум (дБ)	Максимальная доплеровская частота (f_D) ⁽¹⁾		
			2 Гц	7 Гц	20 Гц
DQPSK	1/2	6,2	15,7 дБ	11,4 дБ	9,9 дБ
QPSK	1/2	4,9	14,3 дБ	10,8 дБ	10,4 дБ
16-QAM	1/2	11,5	19,6 дБ	17,4 дБ	19,1 дБ
64-QAM	1/2	16,5	24,9 дБ	22,9 дБ	> 35 дБ

⁽¹⁾ Когда скорость транспортного средства равна 100 км/ч, максимальная доплеровская частота в верхнем канале ОВЧ (170–220 МГц) составляет вплоть до 20 Гц.

ТАБЛИЦА 15

Запасы на замирания
(запас на временную флуктуацию напряженности поля)

Модуляция	Скорость кодирования	ОВЧ (вплоть до $f_D = 20$ Гц) (дБ)
DQPSK	1/2	9,5
QPSK	1/2	9,4
16-QAM	1/2	8,1
64-QAM	1/2	–

6) Требуемое отношение C/N приемника

= (1 – требуемое отношение C/N) + (2 – ухудшение при реализации) + (3 – запас на помехи) + (4 – запас на многолучевость) + (5 – запас на замирания).

7) Коэффициент шума приемника NF

= 5 дБ.

8) Ширина полосы частот шума B

= ширина полосы частот передачи 1-сегментного сигнала.

9) Мощность теплового шума приемника N_r

= $10 \times \log(k T B) + NF$;

$k = 1,38 \times 10^{-23}$ (постоянная Больцмана); $T = 290$ К.

10) Мощность внешнего шума N_0

Мощность внешнего шума (антенна без потерь) в 1-сегментной ширине полосы частот, основанная на медианных значениях мощности промышленных помех для категории коммерческой деятельности (кривая А) в Рекомендации МСЭ-R Р.372, на каждой из частот 100 МГц и 200 МГц является следующей:

$$N_0 = -96,3 \text{ дБм} - (12 - \text{потери в фидере}) + G_{cor} \text{ для } 100 \text{ МГц};$$

$$N_0 = -104,6 \text{ дБм} - (12 - \text{потери в фидере}) + G_{cor} \text{ для } 200 \text{ МГц};$$

$$G_{cor} = G_r (G_r < 0), 0 (G_r > 0).$$

ПРИМЕЧАНИЕ. – G_{cor} представляет собой коэффициент поправки для мощности внешнего шума, принятого приемной антенной. Приемная антенна с отрицательным усилением ($G_r < 0$) принимает и полезные сигналы, и внешний шум с отрицательным усилением ($G_{cor} = G_r$). С другой стороны, приемная антенна с положительным усилением ($G_r > 0$) принимает полезные сигналы в направлении главного луча с положительным усилением, а внешний шум – ненаправленно, без усиления ($G_{cor} = 0$).

11) Суммарная мощность принимаемого шума N_t

= сумма мощностей из (9 – мощности внутреннего шума приемника) и (10 – мощности внешнего шума на входе приемника)

$$= 10 \times \log (10^{(N_r/10)} + 10^{(N_0/10)}).$$

12) Потери в фидере L

$L = 1$ дБ на 100 МГц для приема на мобильные и переносные устройства;

$L = 2$ дБ на 100 МГц для фиксированного приема;

$L = 2$ дБ на 200 МГц для приема на мобильные, переносные устройства и фиксированного приема.

13) Минимальная используемая входная мощность приемника

= (6 – требуемое отношение C/N приемника) + (11 – суммарная мощность шума приемника)

$$= C/N + N_t.$$

14) Усиление приемной антенны G_r

= – 0,85 дБи, предполагая антенну в виде несимметричного вибратора $\lambda/4$.

15) Действующая апертура антенны

= $10 \times \log (\lambda^2/4\pi) + (14 - \text{усиление приемной антенны})$ (дБи).

16) Минимальная используемая напряженность поля E_{min}

= (12 – потери в фидере) + (13 – минимальная входная мощность приемника) – (15 – действующая апертура антенны) + 115,8 (преобразование плотности потока мощности (дБм/м²) в напряженность поля (дБ(мкВ/м))).

17) Поправка на процент времени

Для фиксированного приема значение поправки на процент времени определяется с помощью Рекомендации МСЭ-R P.1546. Значение от 50% до 1% составляет соответственно 4,3 дБ на частоте 100 МГц и 6,2 дБ на частоте 200 МГц. Условие распространения является следующим:

– трасса	сухопутные трассы;
– высота антенны передающей/базовой станции	250 м;
– расстояние	70 км.

18) Поправка на процент охвата мест

Согласно Рекомендации МСЭ-R P.1546 для сигнала цифрового радиовещания стандартное отклонение для изменения охвата мест σ составляет 5,5 дБ.

В случае приема на мобильные устройства значение поправки на местоположение от 50% до 99%⁵ составляет 12,9 дБ (2,33 σ).

В случае приема на переносные устройства значение поправки на местоположение от 50% до 70%¹ составляет 2,9 дБ (0,53 σ).

⁵ Могут быть использованы различные процентные доли согласно критериям службы в каждой стране.

19) Потери при прохождении сигнала через стены

Для приема внутри помещения учитываются потери сигнала при прохождении через стены. Средние потери при прохождении через стены составляют 8 дБ со стандартным отклонением 4 дБ. Предполагая степень охвата мест для переносных приемников в 70% (0,53 σ), получаем значение следующим образом:

$$= 8 \text{ дБ} + 0,53 \times 4 \text{ дБ} = 10,1 \text{ дБ.}$$

20) Требуемая напряженность поля в антенне

$$= (16 - \text{минимальная напряженность поля } E_{\min}) + (17 - \text{поправка на процент времени}) + (18 - \text{поправка на процент охвата мест}) + (19 - \text{потери при прохождении сигнала через стены}).$$

21) Поправка на высоту

Согласно Рекомендации МСЭ-R P.1546 значения поправок на высоту получаются так, как показано в таблице 16.

ТАБЛИЦА 16

Значения поправки на высоту**а) пригород, 100 МГц**

	4 м над уровнем земли (дБ)	1,5 м над уровнем земли (дБ)
Разность относительно напряженности поля на высоте 10 м над уровнем земли	-7	-10

б) пригород, 200 МГц

	4 м над уровнем земли (дБ)	1,5 м над уровнем земли (дБ)
Разность относительно напряженности поля на высоте 10 м над уровнем земли	-10	-12

22) Требуемая напряженность поля на высоте приема 10 м выше уровня земли

$$= (20 - \text{требуемая напряженность поля в антенне}) + (21 - \text{поправка на высоту приема}).$$

23) Преобразование из 1-сегментного сигнала в 3-сегментный сигнал

Значение преобразования ширины полосы шума

$$= 10 \times \log(3/1) = 4,8 \text{ дБ.}$$

24) Требуемая напряженность поля ($h_2 = 10$ м) для 3-сегментного сигнала

$$= (22 - \text{требуемая напряженность поля } (h_2 = 10 \text{ м})) + (23 - \text{преобразование из 1-сегментного сигнала в 3-сегментный сигнал}).$$

5 Защита ISDB-T_{SB}**5.1 Помехи между системами ISDB-T_{SB}****5.1.1 Требуемое отношение D/U при фиксированном приеме**

Отношения D/U между 1-сегментными сигналами ISDB-T_{SB} измеряются при коэффициенте ошибок по битам КОБ 2×10^{-4} после декодирования внутреннего кода и показаны для каждой защитной полосы в таблице 17. Защитная полоса означает разнос частот между краями спектра.

В случае, где спектры перекрываются, помехи рассматриваются как помехи по каналу на совпадающей частоте.

ТАБЛИЦА 17

Требуемое отношение D/U (дБ) между 1-сегментными сигналами ISDB-T_{SB} (фиксированный прием)

Модуляция	Скорость кодирования	Канал на совпадающей частоте	Защитная полоса (МГц)							
			0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7 или выше
DQPSK	1/2	4	-15	-21	-25	-28	-29	-36	-41	-42
16-QAM	1/2	11	-6	-12	-21	-24	-26	-33	-38	-39
64-QAM	7/8	22	-4	-10	-10	-11	-13	-19	-23	-24

5.1.2 Требуемое отношение D/U при приеме на мобильные устройства

При приеме на мобильные устройства согласно Рекомендации МСЭ-R P.1546 стандартное отклонение для изменения местоположения цифрового сигнала радиовещания равно 5,5 дБ. Значения напряженностей поля для полезного и мешающего сигналов предполагаются некоррелированными. Для защиты полезных сигналов системы ISDB-T_{SB} для 99% местоположений от помех передачи другой системы ISDB-T_{SB} поправка на распространение равна 18 дБ ($\approx 2,33 \times 5,5 \times 1,414$). Отношения D/U , включая суммарные запасы, перечислены в таблице 18.

ТАБЛИЦА 18

Требуемые отношения D/U (дБ) между 1-сегментными сигналами ISDB-T_{SB} (прием на мобильные устройства)

Модуляция	Скорость кодирования	Канал на совпадающей частоте	Защитная полоса (МГц)							
			0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7 или выше
DQPSK	1/2	22	3	-3	-7	-10	-11	-18	-23	-24
16-QAM	1/2	29	12	6	-3	-6	-8	-15	-20	-21

5.1.3 Результирующие защитные отношения для систем ISDB-T_{SB}, подверженных влиянию помех от систем ISDB-T_{SB}

Защитные отношения определяются как наивысшие значения, взятые из таблицы 17 и таблицы 18, для применения к каждому условию приема. Результирующие защитные отношения показаны в таблице 19.

ТАБЛИЦА 19

Защитные отношения для систем ISDB-T_{SB}, подверженных влиянию помех от систем ISDB-T_{SB}

Полезный сигнал	Помехи		Защитное отношение
	Мешающий сигнал	Разность частоты	
ISDB-T _{SB} (1-сегментный)	ISDB-T _{SB} (1-сегментный)	Канал на совпадающей частоте	29 дБ
		Соседний	Таблица 20
	ISDB-T _{SB} (3-сегментный)	Канал на совпадающей частоте	24 дБ
		Соседний	Таблица 20
ISDB-T _{SB} (3-сегментный)	ISDB-T _{SB} (1-сегментный)	Канал на совпадающей частоте	34 дБ
		Соседний	Таблица 20
	ISDB-T _{SB} (3-сегментный)	Канал на совпадающей частоте	29 дБ
		Соседний	Таблица 20

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для защитных отношений ISDB-T_{SB} принимается во внимание запас на замирания для приема на мобильные устройства. Значения в таблице включают в себя запас на замирания 18 дБ.

ТАБЛИЦА 20

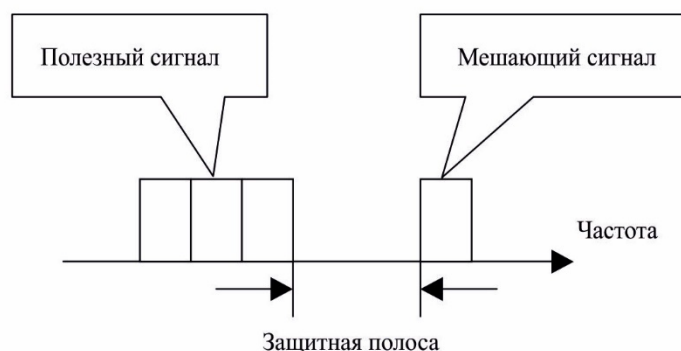
Защитные отношения (дБ) в зависимости от защитных полос

Полезный сигнал	Сигнал помех	Защитная полоса (МГц)							
		0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7 или выше
ISDB-T _{SB} (1-сегментный)	ISDB-T _{SB} (1-сегментный)	12	6	-3	-6	-8	-15	-20	-21
	ISDB-T _{SB} (3-сегментный)	7	1	-8	-11	-13	-20	-25	-26
ISDB-T _{SB} (3-сегментный)	ISDB-T _{SB} (1-сегментный)	17	11	2	-1	-3	-10	-15	-16
	ISDB-T _{SB} (3-сегментный)	12	6	-3	-6	-8	-15	-20	-21

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значение в таблице включает в себя запас на замирания 18 дБ. Защитная полоса между сигналами ISDB-T_{SB} показана на рисунке 6.

РИСУНОК 6

Защитная полоса и размещение сигналов



BS.1660-06

5.2 Система ISDB-T_{SB}, подверженная помехам аналогового телевидения (NTSC)

5.2.1 Требуемое отношение D/U при фиксированном приеме

Требуемые отношения D/U для 1-сегментного сигнала системы ISDB-T_{SB}, подверженной помехам от системы NTSC, перечислены в таблице 21. Отношения D/U измеряются при коэффициенте КОБ порядка 2×10^{-4} после декодирования внутреннего кода. Защитные полосы между сигналом ISDB-T_{SB} и сигналом NTSC при помехах по соседним каналам показаны на рисунке 5.

ТАБЛИЦА 21

**Требуемое отношение D/U для 1-сегментной системы ISDB-T_{SB},
подверженной влиянию помех от аналогового телевидения (NTSC)
(фиксированный прием)**

Модуляция	Скорость кодирования	Помехи		
		Канал на совпадающей частоте (дБ)	Нижний соседний канал (дБ)	Верхний соседний канал (дБ)
DQPSK	1/2	2	-57	-60
16-QAM	1/2	5	-54	-56
64-QAM	7/8	29	-38	-38

5.2.2 Требуемое отношение D/U при приеме на мобильные устройства

При приеме на мобильные устройства и полезный сигнал, и мешающий сигнал испытывают флуктуации напряженности поля из-за рэлеевских замираний. Стандартное отклонение для изменения местоположения цифрового сигнала радиовещания составляет 5,5 дБ, а отклонение сигнала аналогового радиовещания равно 8,3 дБ согласно Рекомендации МСЭ-R P.1546. Значения напряженностей поля для полезного и мешающего сигналов предполагаются некоррелированными. Поправка на распространение для защиты полезных сигналов ISDB-T_{SB} от помех сигналов NTSC для 99% местоположений составляет 23 дБ.

Отношения D/U , включающие в себя запас, требуемый для приема на мобильные устройства, перечислены в таблице 22.

ТАБЛИЦА 22

**Требуемые отношения D/U для 1-сегментной системы ISDB-T_{SB},
подверженной влиянию помех от аналогового телевидения (NTSC)
(прием на мобильные устройства)**

Модуляция	Скорость кодирования	Помехи		
		Канал на совпадающей частоте (дБ)	Нижний соседний канал (дБ)	Верхний соседний канал (дБ)
DQPSK	1/2	25	-34	-37
16-QAM	1/2	28	-31	-33

5.2.3 Результирующие защитные отношения для системы ISDB-T_{SB}, подверженной влиянию помех от аналогового телевидения (NTSC)

Защитные отношения определяются как наивысшие значения, взятые из таблиц 21 и 22, для применения к каждому условию приема. Для 3-сегментной передачи необходимо скорректировать защитные отношения на 5 дБ ($\approx 4,8 \text{ дБ} = 10 \times \log(3/1)$). Результирующие защитные отношения показаны в таблице 23.

ТАБЛИЦА 23

Защитные отношения для системы ISDB-T_{SB}, подверженной влиянию помех от аналогового телевидения (NTSC)

Полезный сигнал	Помехи		Защитное отношение (дБ)
	Мешающий сигнал	Разность частоты	
ISDB-T _{SB} (1-сегментный)	NTSC	Канал на совпадающей частоте	29
		Нижний соседний	-31
		Верхний соседний	-33
ISDB-T _{SB} (3-сегментный)		Канал на совпадающей частоте	34
		Нижний соседний	-26
		Верхний соседний	-28

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для защитных отношений ISDB-T_{SB} принимается во внимание запас на замирания для приема на мобильные устройства. Значения в таблице включают в себя запас на замирания 23 дБ.

5.3 Аналоговое телевидение (NTSC), подверженное влиянию помех ISDB-T_{SB}

Защитные отношения определяются как отношение D/U , в котором субъективные оценки привели к оценке ухудшения 4 (по 5-уровневой шкале ухудшения). Эксперименты по оцениванию были проведены согласно описанному в Рекомендации МСЭ-R BT.500 методу шкалы ухудшения с двойным сигналом возбуждения.

В случае помех по соседнему каналу защитные полосы между сигналом NTSC и сигналом ISDB-T_{SB} показаны на рисунке 5. Для 3-сегментной передачи необходимо скорректировать защитные отношения на 5 дБ ($\approx 4,8 \text{ дБ} = 10 \times \log(3/1)$). Результирующие защитные отношения показаны в таблице 24.

ТАБЛИЦА 24

**Защитные отношения для аналогового телевидения (NTSC),
подверженного влиянию помех ISDB-T_{SB}**

Полезный сигнал	Помехи		Защитное отношение (дБ)
	Мешающий сигнал	Разность частоты	
NTSC	ISDB-T _{SB} (1-сегментный)	Канал на совпадающей частоте	57
		Нижний соседний	11
		Верхний соседний	11
		Канал изображения	-9
	ISDB-T _{SB} (3-сегментный)	Канал на совпадающей частоте	52
		Нижний соседний	6
		Верхний соседний	6
		Канал изображения	-14

5.4 Система ISDB-T_{SB}, подверженная влиянию помех служб, отличных от радиовещательной

Плотность максимальной мешающей напряженности поля на частотах ниже 108 МГц, позволяющая избежать помех со стороны служб, отличных от радиовещательной, изображена ниже.

ТАБЛИЦА 25

**Плотность максимальной мешающей напряженности поля,
при которой возникают помехи со стороны служб, отличных от радиовещательной**

Параметр	Значение	Ед. изм.
Плотность максимальной мешающей напряженности поля	4,6	дБ(мкВ(м · 100 кГц))

ПРИМЕЧАНИЕ. – В части получения этого значения см. Прилагаемый документ 1 к Приложению 2.

**Прилагаемый документ 1
к Приложению 2**

**Получение плотности максимальной мешающей напряженности поля,
при которой возникают помехи со стороны служб,
отличных от радиовещательной**

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Частота	f	108	МГц
Ширина полосы	B	429×10^3	Гц
Усиление антенны приемника	G_r	-0,85	дБи
Потери в фидере	L	1	дБ
Коэффициент шума	NF	5	дБ

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Мощность внутреннего шума приемника	N_r	-112,7	дБм
Медианное значение мощности промышленных помех, как это описано в пункте 5 Рекомендации МСЭ-R P.372-10	F_{am}	20,5	дБ
Отношение мощности внешнего шума к мощности сигнала на входе приемника	N_0	-99,0	дБм
Суммарная мощность шума приемника	N_t	-98,8	дБм
Действующая апертура антенны	A_{eff}	-3,0	дБ · м ²
Суммарная напряженность поля, создаваемая шумом	E_t	21,0	дБ(мкВ/м)
Максимальная мешающая напряженность поля (в полосе 429 кГц)	E_i	11,0	дБ(мкВ/м)
Плотность максимальной мешающей напряженности поля	E_{is}	4,6	дБ(мкВ/(м · 100 кГц))

Мощность внутреннего шума приемника:

$$N_r = 10 \times \log(kTB) + NF + 30 \quad (\text{дБм}).$$

Медианное значение мощности промышленных помех, как это описано в пункте 5 Рекомендации МСЭ-R P.372-9:

$$F_{am} = c - d \times \log f \quad (\text{дБ})$$

$$(c = 76,8 \text{ и } d = 27,7 \text{ для городского района}).$$

Отношение мощности внешнего шума к мощности сигнала на входе приемника:

$$N_0 = 10 \times \log(kTB) - L + 30 + F_{am} + G_{cor} \quad (\text{дБм});$$

$$G_{cor} = G_r (G_r < 0), 0 (G_r > 0)^6.$$

Суммарная мощность шума приемника:

$$N_t = 10 \times \log \left(10^{(N_r/10)} + 10^{(N_0/10)} \right) \quad (\text{дБм}).$$

Действующая апертура антенны:

$$A_{eff} = 10 \times \log(\lambda^2/4\pi) + G_r \quad (\text{дБ} \cdot \text{м}^2).$$

Суммарная напряженность поля, создаваемая шумом:

$$E_t = L + N_t - A_{eff} + 115,8 \quad (\text{дБ(мкВ/м)}).$$

⁶ G_{cor} представляет собой коэффициент поправки для мощности внешнего шума, принятого приемной антенной. Приемная антенна с отрицательным усилением ($G_r < 0$) принимает и полезные сигналы, и внешний шум с отрицательным усилением ($G_{cor} = G_r$). С другой стороны, приемная антенна с положительным усилением ($G_r > 0$) принимает полезные сигналы в направлении главного луча с положительным усилением, а внешний шум – ненаправленно, без усиления ($G_{cor} = 0$).

Максимальная мешающая напряженность поля:

$$E_i = E_t + I/N \text{ (дБ(мкВ/м))}.$$

Данные:

- k : постоянная Больцмана = $1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К;
- T : абсолютная температура 290 К;
- I/N : отношение I/N для совместного использования частот между службами, равная -10 дБ.

Приложение 3

Техническая основа для планирования системы G наземного цифрового звукового радиовещания (DRM) в полосах ОВЧ

1 Общие положения

В настоящем Приложении содержатся значимые параметры системы DRM и сетевые концепции, необходимые для планирования радиовещательных сетей DRM во всех полосах ОВЧ, учитывая, что верхней международной границей спектра радиовещания в ОВЧ является 254 МГц⁷.

Для расчета соответствующего планируемого параметра в первую очередь необходимо определить минимальную медианную напряженность поля и защитные отношения, характеристики приемника и передатчика, параметры системы и аспекты передачи в качестве общей основы для планирования конкретной передающей сети DRM.

2 Режимы приема

2.1 Фиксированный прием

Фиксированный прием (FX) – это прием, при котором используется приемная антенна, установленная на уровне крыши. Подразумевается, что при установке антенны действуют близкие к оптимальным условия приема (в пределах относительно небольшого объема сигнала на крыше). При расчете уровней напряженности поля для приема на фиксированную антенну репрезентативной высотой для приемной антенны радиовещательной службы считается высота 10 м над уровнем земли.

Для обеспечения хороших условий приема предполагается, что вероятность охвата мест приема составляет 70%.

2.2 Прием на переносные устройства

В целом прием на переносные устройства означает прием, при котором переносной приемник используется в помещении или вне помещения на высоте не менее 1,5 м над уровнем земли. Для обеспечения хороших условий приема предполагается, что вероятность охвата мест приема в пригородной зоне составляет 95%.

⁷ Регламент радиосвязи МСЭ для Района 1, примечание пункта 5.252: в Ботсване, Лесото, Малави, Мозамбике, Намибии, Южно-Африканской Республике, Свазиленде, Замбии и Зимбабве полосы 230–238 МГц и 246–254 МГц распределены радиовещательной службе на первичной основе при условии получения согласия по пункту 9.21 РР.

Различаются два места приема.

- **Прием в помещении** – прием на переносной приемник с постоянным источником питания и встроенной (складной) антенной или с гнездом для подключения внешней антенны. Приемник используется в помещении на высоте не менее 1,5 м над уровнем пола в помещениях первого этажа, имеющих окно в наружной стене. Предполагается, что оптимальные условия приема это такие, при которых антенна перемещается на расстояние 0,5 м в любом направлении, а переносной приемник и крупные объекты вблизи приемника во время приема остаются неподвижными.
- **Прием вне помещения** – прием на переносной приемник, имеющий аккумуляторный источник питания и присоединенную или встроенную антенну, который используется вне помещения на высоте не менее 1,5 м над уровнем земли.

Наряду с этими местами приема следует различать два противоположных условия приема, возникающие в силу большого числа различных ситуаций приема на переносные устройства с использованием разных типов приемников и антенн, а также различных условий в месте приема, которые рассматриваются далее.

- **Прием вне помещения на переносные устройства (PO) и прием в помещении на переносные устройства (PI)** – эта ситуация моделирует ситуацию приема в пригородной зоне с хорошими условиями приема как для приема в помещении, так и для приема вне помещения соответственно с приемником, оборудованным всенаправленной антенной ОВЧ.
- **Прием вне помещения на портативные переносные устройства (PO-H) и прием в помещении на портативные переносные устройства (PI-H)** – эта ситуация моделирует ситуацию приема в городской зоне с плохими условиями приема и приемником, оборудованным внешней антенной (телескопической, проводной в виде гарнитуры и т. д.).

2.3 Прием на мобильные устройства

Прием на мобильные устройства (МО) – это прием в сельской холмистой местности на движущийся с высокой скоростью приемник, оборудованный согласованной антенной, которая находится на высоте не менее 1,5 м над уровнем земли или пола.

3 Коэффициенты поправки для методов прогнозирования напряженности поля

Значения уровней полезной напряженности поля, прогнозируемые согласно Рекомендации МСЭ-R P.1546-4, всегда относятся к медианному значению в месте приема с приемной антенной, которая находится на высоте 10 м над уровнем земли. Иначе значения уровней полезной напряженности поля прогнозируются с учетом среднего здания или средней высоты растительности в месте приема. Для учета при планировании сети различных заданных режимов и условий приема необходимо включать в расчет коэффициенты поправки для перевода минимального уровня напряженности поля в медианное минимальное значение напряженности поля согласно Рекомендации МСЭ-R P.1546-4.

3.1 Эталонные частоты

Параметры планирования и коэффициенты поправки в настоящем документе рассчитаны для эталонных частот, которые приведены в таблице 26.

ТАБЛИЦА 26

Эталонные частоты, необходимые для расчетов

Полоса ОВЧ (диапазон частоты)	I (47–68 МГц)	II (87,5–108 МГц)	III (174–230 МГц)
Эталонная частота (МГц)	65	100	200

3.2 Усиление антенны

Усиление антенны G_D (дБд) относится к полуволновому вибратору и приводится для разных режимов приема в таблице 27.

ТАБЛИЦА 27

Значения усиления антенны G_D

Частота (МГц)		65	100	200
Усиление антенны G_D	Фиксированный прием (FX) (дБд)	0	0	0
	Прием на переносные и мобильные устройства (PO, PI, MO) (дБд)	-2,2	-2,2	-2,2
	Прием на переносные портативные устройства (PO-H, PI-H) (дБд)	-22,76	-19,02	-13,00

3.3 Потери в фидере

Потери в фидере L_f выражают затухание сигнала, происходящее при передаче сигнала от приемной антенны к радиочастотному входу приемника. Потери в фидере L_f составляют 2 дБ на 10 м длины кабеля. Значения частотно-зависимого затухания в кабеле на единицу длины L'_f могут быть рассчитаны и приведены в таблице 28.

ТАБЛИЦА 28

Потери в фидере L'_f на единицу длины

Частота (МГц)	65	100	200
Потери в фидере L'_f на единицу длины (дБ/м)	0,11	0,14	0,2

Длины кабеля l для разных режимов приема приведены в таблице 29, а рассчитанные потери в фидере L_f для разных частот и режимов приема приведены в таблице 30.

ТАБЛИЦА 29

Длина кабеля l для режимов приема

Режим приема	Фиксированный прием (FX)	Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	Прием на мобильные устройства (MO)
Длина кабеля l (м)	10	0	2

ТАБЛИЦА 30

Потери в фидере L_f для разных режимов приема

Частота (МГц)		65	100	200
Потери в фидере L_f	Фиксированный прием (FX) (дБ)	1,1	1,4	2,0
	Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H) (дБ)	0,0	0,0	0,0
	Прием на мобильные устройства (MO) (дБ)	0,22	0,28	0,4

3.4 Коэффициент поправки на потери при уменьшении высоты антенны

Для приема на переносные и мобильные устройства принимается, что высота приемной антенны составляет 1,5 м. Метод прогнозирования распространения дает, как правило, значения напряженности поля на высоте 10 м. Для пересчета прогнозируемого значения для высоты 10 м в значение для высоты 1,5 м над уровнем земли необходимо применять коэффициенты потерь при уменьшении высоты L_h (дБ), приведенные в таблице 31.

ТАБЛИЦА 31

Коэффициенты поправки на потери при уменьшении высоты L_h для разных режимов приема

Частота (МГц)		65	100	200
Коэффициенты поправки на потери при уменьшении высоты L_h	Фиксированный прием (FX) (дБ)	0	0	0
	Прием на переносные и мобильные устройства (PO, PI, MO) (дБ)	8	10	12
	Прием на переносные портативные устройства (PO-N, PI-N) (дБ)	15	17	19

3.5 Потери на входе в здание

Информация о порядке расчета BEL приведена в Рекомендации МСЭ-R P.2109.

В Рекомендации МСЭ-R P.2109 приведены уравнения для получения распределений для BEL, которые охватывают все типы приемной среды, от помещения с окном, выходящим на внешнюю сторону, до места в глубине здания, а также различные типы зданий. Для целей планирования охвата необходимо рассчитать BEL в зависимости от типа среды – пригородная зона, городская зона и т. д., а также от того, планируется ли включить в зону охвата приемник, расположенный в помещении с окном, выходящим на внешнюю сторону, или в глубине здания. Решения по использованию BEL при планировании будут зависеть от местных условий, однако максимальные потери для конкретных обстоятельств могут быть установлены путем ограничения вероятности. Общеприменимыми для планирования считаются значения вероятности, приведенные в таблице 32. Потери на входе в здание в условиях пригородной зоны, для зданий, построенных по традиционной технологии приведены в таблице 33.

ТАБЛИЦА 32

Вероятность потерь на входе в здание согласно Рекомендации МСЭ-R P.2109

Тип здания	Среда	Вероятность превышения потерь на входе в здание
Построенное по традиционной технологии	Пригородная зона	50%
Построенное по традиционной технологии	Городская зона	70%

ТАБЛИЦА 33

Потери на входе в здание L_b в пригородной зоне для зданий, построенных по традиционной технологии

Частота (МГц)	65 ⁽¹⁾	100	200
Потери на входе в здание L_b (дБ)	14,5	14,2	14

⁽¹⁾ В Рекомендации МСЭ-R P.2109 верхнее значение составляет примерно 80 МГц – значение для 65 МГц основано на предоставленных формулах, но находится за пределами номинального рабочего диапазона, т. е. является экстраполяцией.

3.6 Поправка на промышленный шум

Поправка на промышленный шум (или MMN (дБ)) учитывает воздействие принимаемого антенной промышленного шума на характеристики системы. Эквивалентный коэффициент шума F_s (дБ) системы, который должен использоваться для расчета покрытия, вычисляется на основании коэффициента шума приемника F_r (дБ) и MMN (дБ).

Рекомендация МСЭ-R P.372-8 содержит официальные значения для расчета поправки на промышленный шум в различных зонах и частоты с определениями коэффициентов шумов антенны, средних значений $F_{a,med}$, а также децильными отклонениями значений (10% и 90%), измеренными в разных регионах. Для всех режимов приема принимается зона жилых кварталов (кривая В).

Учитывая коэффициент шума приемника F_r , равный 7 дБ для DRM, MMN может быть рассчитан для фиксированного приема, приема на переносные и мобильные устройства. Результаты приведены в таблице 34.

ТАБЛИЦА 34

Поправка на промышленный шум для фиксированного приема, приема на переносные и мобильные устройства

Частота (МГц)	65	100	200
Поправка на промышленный шум (дБ) для фиксированного приема (FX), приема на переносные (PO, PI) и мобильные (MO) устройства ($F_r = 7$ дБ)	15,38	10,43	3,62

Значение децильных отклонений в зависимости от места (10% и 90%) в жилых районах задано равным 5,8 дБ. Следовательно, стандартное отклонение MMN для фиксированного приема, приема на переносные и мобильные устройства $\sigma_{MMN} = 4,53$ дБ, см. таблицу 35.

ТАБЛИЦА 35

Стандартное отклонение MMN σ_{MMN} для фиксированного приема, приема на переносные и мобильные устройства

Частота (МГц)	65	100	200
Стандартное отклонение MMN σ_{MMN} (дБ) для фиксированного приема (FX), приема на переносные (PO, PI) и мобильные (MO) устройства	4,53	4,53	4,53

Вследствие крайне низкого усиления антенны для приема на переносные портативные устройства значения MMN для такого режима приема пренебрежимо малы и, следовательно, принимаются равными 0 дБ, см. таблицу 36.

ТАБЛИЦА 36

Поправка на промышленный шум для приема на переносные портативные устройства

Частота (МГц)	65	100	200
Поправка на промышленный шум (дБ) для приема на переносные портативные устройства (РО-Н, РІ-Н)	0	0	0

3.7 Коэффициент потерь на аппаратную реализацию

Коэффициент потерь на реализацию неидеального приемника учитывается при расчете минимального уровня мощности на входе приемника с дополнительным коэффициентом потерь на реализацию L_i , равным 3 дБ, см. таблицу 37.

ТАБЛИЦА 37

Коэффициент потерь на реализацию L_i

Частота (МГц)	65	100	200
Коэффициент потерь на аппаратную реализацию L_i (дБ)	3	3	3

3.8 Коэффициенты поправки на изменчивость в зависимости от местоположения приемника

Уровень напряженности поля $E(p)$ (дБ(мкВ/м)), используемый для прогнозирования покрытия и помех при разных режимах приема, который будет превышать для p (%) местоположений, для местоположения наземной приемной антенны/антенны подвижной станции рассчитывается по формуле:

$$E(p) \text{ (дБ(мкВ/м))} = E_{med} \text{ (дБ(мкВ/м))} + C_i(p) \text{ (дБ)} \text{ при } 50\% \leq p \leq 99\%, \quad (7)$$

где:

$C_i(p)$: коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения приемника;

E_{med} (дБ(мкВ/м)): значение напряженности поля для 50% местоположений и 50% времени.

Коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения приемника $C_i(p)$ (дБ) определяется так называемым общим стандартным отклонением σ_c (дБ) уровня полезной напряженности поля, которое является суммой одиночных стандартных отклонений всех соответствующих частей сигнала, которые должны учитываться, и так называемых коэффициентов распределения $\mu(p)$, то есть

$$C_i(p) \text{ (дБ)} = \mu(p) \cdot \sigma_c \text{ (дБ)}. \quad (8)$$

3.8.1 Коэффициент распределения

Коэффициенты распределения $\mu(p)$ различных вероятностей охвата мест с учетом разных режимов приема (см. пункт 2) приведены в таблице 38.

ТАБЛИЦА 38

Коэффициент распределения μ

Процент местоположений приема p (%)	70	95	99
Режим приема	Фиксированный (FX)	Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	Прием на мобильные устройства (MO)
Коэффициент распределения μ	0,524	1,645	2,326

3.8.2 Общее стандартное отклонение

Поскольку статистические данные относительно принимаемого уровня полезной напряженности поля являются крупномасштабными σ_m (дБ), а также статистические данные относительно ММН σ_{MMN} (дБ) могут приниматься статистически некоррелированными, общее стандартное отклонение σ_c (дБ) вычисляется следующим образом:

$$\sigma_c(\text{дБ}) = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_{MMN}^2} \quad (9)$$

Значения стандартного отклонения σ_m (дБ) уровня полезной напряженности поля зависят от частоты и окружающих условий, и эмпирические исследования показали существенную протяженность. Репрезентативные значения и уравнение для вычисления стандартного отклонения σ_m (дБ) уровня полезной напряженности поля приведены в Рекомендации МСЭ-R P.1546-4. При вычислении стандартного отклонения σ_m (дБ) уровня полезной напряженности поля учитываются только эффекты, обусловливаемые медленным замиранием, а не эффекты быстрого замирания. Для DRM необходимо, чтобы определение минимального значения C/N DRM учитывало воздействие быстрого замирания, следовательно, дополнительный запас поправки в данном случае не требуется.

В Рекомендации МСЭ-R P.1546-4 приведены следующие постоянные значения:

аналоговое радиовещание (то есть ЧМ на частоте 100 МГц) $\sigma_m = 8,3$ дБ;

цифровое радиовещание (с шириной полосы более 1 МГц, то есть DAB на частоте 200 МГц) $\sigma_m = 5,5$ дБ.

Вычисленные по приведенным в Рекомендации МСЭ-R P.1546-4 формулам стандартные отклонения σ_m (дБ) для DRM в городской, пригородной и сельской зонах, приведены в таблице 39.

ТАБЛИЦА 39

Стандартное отклонение для DRM $\sigma_{m, DRM}$

Частота (МГц)		65	100	200
Стандартное отклонение для DRM $\sigma_{m, DRM}$	в городской и пригородной зонах (дБ)	3,56	3,80	4,19
	в сельских зонах (дБ)	2,86	3,10	3,49

При вычислении общего стандартного отклонения σ_c (дБ) для разных режимов приема необходимо учитывать большее или меньшее число составляющих данных конкретных стандартных отклонений. Значения стандартных отклонений ММН приведены в пункте 3.6, стандартных отклонений напряженности поля σ_m (дБ) – в таблице 35.

Результаты вычислений общего стандартного отклонения σ_c (дБ) для соответствующих режимов приема приведены в таблице 40.

ТАБЛИЦА 40

Общее стандартное отклонение σ_c для разных режимов приема

Частота (МГц)		65	100	200
Общее стандартное отклонение σ_c для режима приема	на фиксированные (FX) и переносные устройства (PO) (дБ) вне помещения	5,76	5,91	6,17
	на переносные портативные устройства (PO-H) (дБ) вне помещения	3,56	3,80	4,19
	на мобильные устройства (MO) (дБ)	5,36	5,49	5,72
	на переносные устройства (PI) (дБ) в помещении	5,76	5,91	6,17
	на переносные портативные устройства (PI-H) (дБ) в помещении	3,56	3,80	4,19

3.8.3 Объединенный поправочный коэффициент местоположений для защитных отношений

Требуемая защита полезного сигнала от сигнала помехи приводится в форме базового защитного отношения PR_{basic} (дБ) при вероятности охвата мест 50%. В случае более высокой вероятности охвата мест, указанной для всех режимов приема, так называемый объединенный поправочный коэффициент местоположений CF (дБ) используется в виде запаса, который необходимо добавить к базовому защитному отношению PR_{basic} , действительному для уровня полезной напряженности поля и для уровня мешающей напряженности поля, к защитному отношению $PR(p)$, соответствующему требуемому проценту местоположений p (%) для полезной службы:

$$PR(p) \text{ (дБ)} = PR_{\text{basic}} \text{ (дБ)} + CF(p) \text{ (дБ)} \text{ при } 50\% \leq p \leq 99\%, \quad (10)$$

при этом

$$CF(p) \text{ (дБ)} = \mu(p) \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_n^2} \text{ (дБ)}, \quad (11)$$

где σ_w и σ_n , выражаемые в децибелах, обозначают стандартное отклонение при изменении местоположения для полезного сигнала и для мешающего сигнала соответственно. Значения для σ_w и σ_n приведены в пункте 3.8.2 в виде σ_m для разных систем радиовещания.

3.9 Развязка по поляризации

Процедуры планирования систем цифрового звукового радиовещания в полосах ОВЧ не предполагают учет развязки по поляризации для всех режимов приема.

4 Параметры системы DRM для прогнозирования напряженности поля

Описание параметров системы DRM относится к режиму E системы DRM.

4.1 Режимы и скорости кодирования, необходимые для расчетов

Некоторые производные параметры зависят от характеристик передаваемого сигнала DRM. С тем чтобы ограничить количество испытаний, в качестве базовых были выбраны два набора типовых параметров, см. таблицу 41:

- **DRM с 4-QAM** – сигнал с высоким уровнем защиты и низкой скоростью передачи данных, подходящий для надежной передачи звукового сигнала и службы низкоскоростной передачи данных;
- **DRM с 16-QAM** – сигнал с низким уровнем защиты и высокой скоростью передачи данных, подходящий для передачи нескольких звуковых сигналов или для передачи одного сигнала с высокой скоростью и службы высокоскоростной передачи данных.

ТАБЛИЦА 41

Скорости кодирования MSC, необходимые для расчетов

Режим MSC	11 – 4-QAM	00 – 16-QAM
Уровень защиты MSC	1	2
Скорость кодирования R MSC	1/3	1/2
Режим SDC	1	1
Скорость кодирования R SDC	0,25	0,25
Приблизительная битовая скорость	49,7 кбит/с	149,1 кбит/с

4.2 Параметры OFDM, связанные с распространением

Параметры OFDM системы DRM, связанные с распространением, приведены в таблице 42.

ТАБЛИЦА 42

Параметры OFDM

Элементарный период времени T	83 1/3 мкс
Длительность полезной (ортогональной) части $T_u = 27 \cdot T$	2,25 мс
Длительность защитного интервала $T_g = 3 \cdot T$	0,25 мс
Длительность символа $T_s = T_u + T_g$	2,5 мс
T_g/T_u	1/9
Длительность кадра передачи T_f	100 мс
Количество символов в кадре N_s	40
Ширина полосы канала B	96 кГц
Разнос несущих $1/T_u$	444 4/9 Гц
Диапазон числа несущей	$K_{\min} = -106$; $K_{\max} = 106$
Неиспользуемые несущие	Отсутствуют

4.3 Работоспособность в одночастотном режиме

Передатчик DRM может работать в одночастотных сетях (ОЧС). Максимальное расстояние между передатчиками, которое должна быть снижено для предотвращения собственных помех, зависит от длины защитного интервала OFDM. Поскольку длина T_g защитного интервала DRM составляет 0,25 мс, максимальная задержка эхо-сигнала и, следовательно, максимальное расстояние между передатчиками составляет 75 км.

5 Минимальный уровень мощности на входе приемника

Для обеспечения рентабельности DRM-приемников коэффициент шума приемника F принимается равным $F_r = 7$ дБ.

При $B = 100$ кГц и $T = 290$ К уровень мощности теплового шума на входе приемника для системы DRM в режиме E составит $P_n = -146,98$ (дБВт).

Стандарт DRM определяет требуемое значение $(C/N)_{\min}$ для достижения среднего значения коэффициента ошибок по битам КОБ = $1 \cdot 10^{-4}$ (бит) после декодера канала для различных моделей каналов. Эффекты, обуславливаемые узкополосной системой, такие как быстрое замирание, включены в модели каналов и, следовательно, включены в расчетные значения $(C/N)_{\min}$.

Указанным режимам приема были распределены три модели каналов, которые дают соответствующие требуемые значения $(C/N)_{min}$, см. таблицу 43.

ТАБЛИЦА 43
 $(C/N)_{min}$ для разных моделей каналов

Режим приема	Модель канала	$(C/N)_{min}$ (дБ) для	
		4-QAM, $R = 1/3$	16-QAM, $R = 1/2$
Фиксированный прием (FX)	Канал 7 (аддитивный белый гауссовский шум)	1,3	7,9
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	Канал 8 (город, скорость 60 км/ч)	7,3	15,4
Прием на мобильные устройства (MO)	Канал 11 (холмистая местность)	5,5	12,8

Для 16-QAM и для 4-QAM минимальный уровень мощности на входе приемника на месте приема рассчитан на основе приведенных выше значений и с учетом коэффициента потерь на аппаратную реализацию, см. таблицы 44 и 45.

ТАБЛИЦА 44
Минимальный уровень мощности на входе приемника $P_{s, min}$ для 4-QAM, $R = 1/3$

Режим приема		Фиксированный	Переносной	Передвижной
Коэффициент шума приемника	F_r (дБ)	7	7	7
Уровень мощности шума на входе приемника	P_n (дБВт)	-146,98	-146,98	-146,98
Репрезентативное минимальное соотношение C/N	$(C/N)_{min}$ (дБ)	1,3	7,3	5,5
Коэффициент потерь на аппаратную реализацию	L_i (дБ)	3	3	3
Минимальный уровень мощности на входе приемника	$P_{s, min}$ (дБВт)	-142,68	-136,68	-138,48

ТАБЛИЦА 45
Минимальный уровень мощности на входе приемника $P_{s, min}$ для 16-QAM, $R = 1/2$

Режим приема		Фиксированный	Переносной	Передвижной
Коэффициент шума приемника	F_r (дБ)	7	7	7
Уровень мощности шума на входе приемника	P_n (дБВт)	-146,98	-146,98	-146,98
Репрезентативное минимальное соотношение C/N	$(C/N)_{min}$ (дБ)	7,9	15,4	12,8
Коэффициент потерь на аппаратную реализацию	L_i (дБ)	3	3	3
Минимальный уровень мощности на входе приемника	$P_{s, min}$ (дБВт)	-136,08	-128,58	-131,18

6 Минимальная полезная напряженность поля, используемая для планирования

6.1 Вычисление минимального медианного уровня напряженности поля

Для вычисления минимального медианного уровня напряженности поля на высоте 10 м над уровнем земли для 50% времени и охвата мест выполняют следующие пять шагов.

- 1) Определение уровня мощности шума на входе приемника P_n :

$$P_n \text{ (дБВт)} = F \text{ (дБ)} + 10 \log_{10} (k \cdot T_0 \cdot B), \quad (12)$$

где:

- F : коэффициент шума приемника (дБ);
 k : постоянная Больцмана, $k = 1,38 \times 10^{-23}$ (Дж/К);
 T_0 : абсолютная температура (К);
 B : ширина шумовой полосы (Гц).

- 2) Определение минимального уровня мощности на входе приемника $P_{s, \min}$:

$$P_{s, \min} \text{ (дБВт)} = (C/N)_{\min} \text{ (дБ)} + P_n \text{ (дБВт)}, \quad (13)$$

где:

$(C/N)_{\min}$: минимальное отношение несущая/шум на входе декодера DRM (дБ).

- 3) Определение минимальной п.п.м. (то есть величины вектора Пойнтинга) в месте приема φ_{\min} :

$$\varphi_{\min} \text{ (дБ(Вт/м}^2\text{))} = P_{s, \min} \text{ (дБВт)} - A_a \text{ (дБм}^2\text{)} + L_f \text{ (дБ)}, \quad (14)$$

где:

- L_f : потери в фидере (дБ);
 A_a : эффективный раскрыв антенны (дБм²);

$$A_a \text{ (дБм}^2\text{)} = 10 \cdot \log \left(\frac{1,64}{4\pi} \left(\frac{300}{f \text{ (МГц)}} \right)^2 \right) + G_D \text{ (дБ)}. \quad (15)$$

- 4) Определение минимального среднеквадратичного уровня напряженности поля в местоположении приемной антенны E_{\min} :

$$E_{\min} \text{ (дБ(мкВ/м))} = \varphi_{\min} \text{ (дБВт/м}^2\text{)} + 10 \log_{10} (Z_{F_0}) \text{ (дБ}\Omega\text{)} + 20 \log_{10} \left(\frac{1 \text{ В}}{1 \text{ мкВ}} \right), \quad (16)$$

где:

$$Z_{F_0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 120\pi(\Omega) \quad \text{характеристическое волновое сопротивление в свободном пространстве;} \quad (17)$$

далее:

$$E_{\min} \text{ (дБ(мкВ/м))} = \varphi_{\min} \text{ (дБВт/м}^2\text{)} + 145,8 \text{ (дБ}\Omega\text{)}. \quad (18)$$

- 5) Определение минимального медианного среднеквадратичного уровня напряженности поля E_{med} .

Для разных сценариев приема минимальный медианный среднеквадратичный уровень напряженности поля рассчитывается следующим образом:

$$\text{для фиксированного приема:} \quad E_{med} = E_{\min} + P_{mmn} + C_i; \quad (19)$$

для приема вне помещений
на переносные и мобильные
устройства:

$$E_{med} = E_{min} + P_{mnn} + C_l + L_h; \quad (20)$$

для приема в помещении
на переносные устройства:

$$E_{med} = E_{min} + P_{mnn} + C_l + L_h + L_b. \quad (21)$$

С помощью этих формул минимальный медианный уровень напряженности поля для соответствующих режимов приема был рассчитан для 16-QAM и 4-QAM, для полос I, II и III ОВЧ, см. таблицы 46–49.

6.2 Минимальный медианный уровень напряженности поля для полосы I ОВЧ

ТАБЛИЦА 46

Минимальный медианный уровень напряженности поля E_{med}
для 4-QAM, $R = 1/3$ в полосе I ОВЧ

Модуляция DRM		4-QAM, $R = 1/3$					
Режим приема		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Минимальный уровень мощности на входе приемника	$P_{s, min}$ (дБВт)	-142,68	-136,68	-136,68	-136,68	-136,68	-138,48
Усиление антенны	G_D (дБд)	0,00	-2,20	-22,76	-2,20	-22,76	-2,20
Эффективный раскрыв антенны	A_a (дБм ²)	4,44	2,24	-18,32	2,24	-18,32	2,24
Потери в фидере	L_c (дБ)	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
Минимальная п.п.м. в месте приема	φ_{min} (дБВт/м ²)	-146,02	-138,92	-118,36	-138,92	-118,36	-140,50
Минимальный уровень напряженности поля на принимающей антенне	E_{min} (дБ(мкВ/м))	-0,25	6,85	27,41	6,85	27,41	5,27
Поправка на промышленный шум	P_{mnn} (дБ)	15,38	15,38	0,00	15,38	0,00	15,38
Потери при уменьшении высоты антенны	L_h (дБ)	0,00	8,00	15,00	8,00	15,00	8,00
Потери на входе в здание	L_b (дБ)	0,00	14,5	14,5	0,00	0,00	0,00
Вероятность охвата мест	%	70	95	95	95	95	99
Коэффициент распределения	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Стандартное отклонение напряженности поля DRM	σ_m (дБ)	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	2,86
Стандартное отклонение MMN	σ_{MMN} (дБ)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	3,02	9,45	5,84	9,47	5,85	12,46
Минимальный медианный уровень напряженности поля	E_{med} (дБ(мкВ/м))	18,2	54,2	62,7	39,7	48,3	41,1

ТАБЛИЦА 47

**Минимальный медианный уровень напряженности поля E_{med}
для 16-QAM, $R = 1/2$ в полосе I ОВЧ**

Модуляция DRM		16-QAM, $R = 1/2$					
Режим приема		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Минимальный уровень мощности на входе приемника	$P_{s, \min}$ (дБВт)	-136,08	-128,58	-128,58	-128,58	-128,58	-131,18
Усиление антенны	G_D (дБд)	0,00	-2,20	-22,76	-2,20	-22,76	-2,20
Эффективный раскрыв антенны	A_a (дБм ²)	4,44	2,24	-18,32	2,24	-18,32	2,24
Потери в фидере	L_c (дБ)	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
Минимальная п.п.м. в месте приема	φ_{\min} (дБВт/м ²)	-139,42	-130,82	-110,26	-130,82	-110,26	-133,20
Минимальный уровень напряженности поля на принимающей антенне	E_{\min} (дБ(мкВ/м))	6,35	14,95	35,51	14,95	35,51	12,57
Поправка на промышленный шум	P_{mmn} (дБ)	15,38	15,38	0,00	15,38	0,00	15,38
Потери при уменьшении высоты антенны	L_h (дБ)	0,00	8,00	15,00	8,00	15,00	8,00
Потери на входе в здание	L_b (дБ)	0,00	14,5	14,5	0,00	0,00	0,00
Вероятность охвата мест	%	70	95	95	95	95	99
Коэффициент распределения	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Стандартное отклонение напряженности поля DRM	σ_m (дБ)	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	2,86
Стандартное отклонение MMN	σ_{MMN} (дБ)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	3,02	9,45	5,84	9,47	5,85	12,46
Минимальный медианный уровень напряженности поля	E_{med} (дБ(мкВ/м))	24,8	62,3	70,8	47,8	56,4	48,4

6.3 Минимальный медианный уровень напряженности поля для полосы II ОВЧ

ТАБЛИЦА 48

**Минимальный медианный уровень напряженности поля E_{med}
для 4-QAM, $R = 1/3$ в полосе II ОВЧ**

Модуляция DRM		4-QAM, $R = 1/3$					
Режим приема		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Минимальный уровень мощности на входе приемника	$P_{s, \min}$ (дБВт)	-142,68	-136,68	-136,68	-136,68	-136,68	-138,48
Усиление антенны	G_D (дБд)	0,00	-2,20	-19,02	-2,20	-19,02	-2,20
Эффективный раскрыв антенны	A_a (дБм ²)	0,70	-1,50	-18,32	-1,50	-18,32	-1,50
Потери в фидере	L_c (дБ)	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
Минимальная п.п.м. в месте приема	φ_{\min} (дБВт/м ²)	-141,97	-135,17	-118,35	-135,17	-118,35	-136,69

ТАБЛИЦА 48 (окончание)

Минимальный уровень напряженности поля на принимающей антенне	E_{\min} (дБ(мкВ/м))	3,79	10,59	27,41	10,59	27,41	9,07
Поправка на промышленный шум	P_{mmn} (дБ)	10,43	10,43	0,00	10,43	0,00	10,43
Потери при уменьшении высоты антенны	L_h (дБ)	0,00	10,00	17,00	10,00	17,00	10,00
Потери на входе в здание	L_b (дБ)	0,00	14,2	14,2	0,00	0,00	0,00
Вероятность охвата мест	%	70	95	95	95	95	99
Коэффициент распределения	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Стандартное отклонение напряженности поля DRM	σ_m (дБ)	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,10
Стандартное отклонение MMN	σ_{MMN} (дБ)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	3,10	9,70	6,23	9,73	6,25	12,77
Минимальный медианный уровень напряженности поля	E_{med} (дБ(мкВ/м))	17,3	54,9	64,8	40,7	50,7	42,3

ТАБЛИЦА 49

**Минимальный медианный уровень напряженности поля E_{med}
для 16-QAM, $R = 1/2$ в полосе II ОВЧ**

Модуляция DRM		16-QAM, $R = 1/2$					
Режим приема		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Минимальный уровень мощности на входе приемника	$P_{s, \min}$ (дБВт)	-136,08	-128,58	-128,58	-128,58	-128,58	-131,18
Усиление антенны	G_D (дБд)	0,00	-2,20	-19,02	-2,20	-19,02	-2,20
Эффективный раскрыв антенны	A_a (дБм ²)	0,70	-1,50	-18,32	-1,50	-18,32	-1,50
Потери в фидере	L_c (дБ)	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
Минимальная п.п.м. в месте приема	φ_{\min} (дБВт/м ²)	-135,37	-127,07	-110,25	-127,07	-110,25	-129,39
Минимальный уровень напряженности поля на принимающей антенне	E_{\min} (дБ(мкВ/м))	10,39	18,69	35,51	18,69	35,51	16,37
Поправка на промышленный шум	P_{mmn} (дБ)	10,43	10,43	0,00	10,43	0,00	10,43
Потери при уменьшении высоты антенны	L_h (дБ)	0,00	10,00	17,00	10,00	17,00	10,00
Потери на входе в здание	L_b (дБ)	0,00	14,2	14,2	0,00	0,00	0,00
Вероятность охвата мест	%	70	95	95	95	95	99
Коэффициент распределения	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Стандартное отклонение напряженности поля DRM	σ_m (дБ)	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,10
Стандартное отклонение MMN	σ_{MMN} (дБ)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	3,10	9,70	6,23	9,73	6,25	12,77
Минимальный медианный уровень напряженности поля	E_{med} (дБ(мкВ/м))	23,9	63,0	72,9	48,8	58,8	49,6

6.4 Минимальный медианный уровень напряженности поля для полосы III ОВЧ

ТАБЛИЦА 50

Минимальный медианный уровень напряженности поля E_{med}
для 4-QAM, $R = 1/3$ в полосе III ОВЧ

Модуляция DRM		4-QAM, $R = 1/3$					
Режим приема		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Минимальный уровень мощности на входе приемника	$P_{s, min}$ (дБВт)	-142,68	-136,68	-136,68	-136,68	-136,68	-138,48
Усиление антенны	G_D (дБд)	0,00	-2,20	-13,00	-2,20	-13,00	-2,20
Эффективный раскрыв антенны	A_a (дБм ²)	-5,32	-7,52	-18,32	-7,52	-18,32	-7,52
Потери в фидере	L_c (дБ)	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Минимальная п.п.м. в месте приема	φ_{min} (дБВт/м ²)	-135,35	-129,15	-118,35	-129,15	-118,35	-130,55
Минимальный уровень напряженности поля на принимающей антенне	E_{min} (дБ(мкВ/м))	10,41	16,61	27,41	16,61	27,41	15,21
Поправка на промышленный шум	P_{mmn} (дБ)	3,62	3,62	0,00	3,62	0,00	3,62
Потери при уменьшении высоты антенны	L_h (дБ)	0,00	12,00	19,00	12,00	19,00	12,00
Потери на входе в здание	L_b (дБ)	0,00	14,00	14,00	0,00	0,00	0,00
Вероятность охвата мест	%	70	95	95	95	95	99
Коэффициент распределения	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Стандартное отклонение напряженности поля DRM	σ_m (дБ)	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	3,49
Стандартное отклонение MMN	σ_{MMN} (дБ)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	3,24	10,12	6,87	10,15	6,89	13,31
Минимальный медианный уровень напряженности поля	E_{med} (дБ(мкВ/м))	17,3	56,3	67,3	42,4	53,3	44,1

ТАБЛИЦА 51

Минимальный медианный уровень напряженности поля E_{med}
для 16-QAM, $R = 1/2$ в полосе III ОВЧ

Модуляция DRM		16-QAM, $R = 1/2$					
Режим приема		FX	PI	PI-H	PO	PO-H	MO
Минимальный уровень мощности на входе приемника	$P_{s, min}$ (дБВт)	-136,08	-128,58	-128,58	-128,58	-128,58	-131,18
Усиление антенны	G_D (дБд)	0,00	-2,20	-13,00	-2,20	-13,00	-2,20
Эффективный раскрыв антенны	A_a (дБм ²)	-5,32	-7,52	-18,32	-7,52	-18,32	-7,52
Потери в фидере	L_c (дБ)	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Минимальная п.п.м. в месте приема	φ_{min} (дБВт/м ²)	-128,75	-121,05	-110,25	-121,05	-110,25	-123,25
Минимальный уровень напряженности поля на принимающей антенне	E_{min} (дБ(мкВ/м))	17,01	24,71	35,51	24,71	35,51	22,51

ТАБЛИЦА 51 (окончание)

Поправка на промышленный шум	P_{mmn} (дБ)	3,62	3,62	0,00	3,62	0,00	3,62
Потери при уменьшении высоты антенны	L_h (дБ)	0,00	12,00	19,00	12,00	19,00	12,00
Потери на входе в здание	L_b (дБ)	0,00	14,00	14,00	0,00	0,00	0,00
Вероятность охвата мест	%	70	95	95	95	95	99
Коэффициент распределения	μ	0,52	1,64	1,64	1,64	1,64	2,33
Стандартное отклонение напряженности поля DRM	σ_m (дБ)	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	3,49
Стандартное отклонение MMN	σ_{MMN} (дБ)	4,53	4,53	0,00	4,53	0,00	4,53
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	3,24	10,12	6,87	10,15	6,89	13,31
Минимальный медианный уровень напряженности поля	E_{med} (дБ(мкВ/м))	23,9	64,4	75,4	50,5	61,4	51,4

7 Позиция частот DRM

Система DRM проектируется для работы на любой частоте с изменяемыми ограничениями на размещение радиостволов и условиями распространения в этих полосах.

Для полосы I ОВЧ и полосы II ОВЧ центральные частоты DRM расположены на расстоянии 100 кГц согласно частотной сетке ЧМ в полосе II ОВЧ. Номинальные частоты несущей, как правило, целочисленно кратны 100 кГц. Система DRM проектируется для работы с этим растром.

Для полосы III ОВЧ центральные частоты DRM расположены на расстоянии 100 кГц начиная с частоты 174,05 МГц и целочисленно кратны 100 кГц вплоть до самой границы полосы III ОВЧ.

8 Нежелательные излучения

8.1 Внеполосная спектральная маска

Спектр плотности мощности на выходе передатчика важен для определения помех по соседнему каналу.

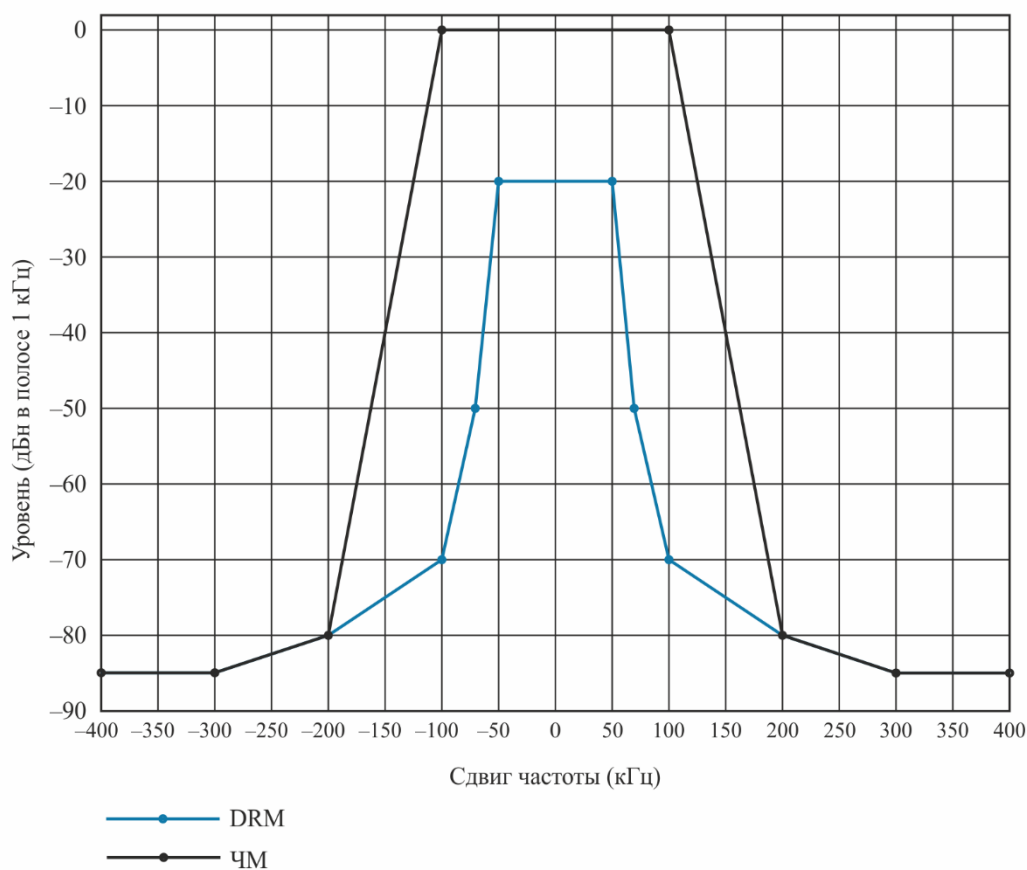
8.1.1 Полосы I ОВЧ и II ОВЧ

Внеполосная спектральная маска DRM в полосе I ОВЧ и полосе II ОВЧ приведена на рисунке 7 и в таблице 52 вместе с вершинами симметричной внеполосной спектральной маски для ЧМ-передатчиков⁸ в качестве минимального требования к передатчикам с шириной полосы по разрешению (RBW) 1 кГц.

⁸ Указана в данной Рекомендации, Приложение 1, таблица 11.

РИСУНОК 7

Внеполосные спектральные маски для ЧМ в полосе II ОВЧ и для DRM в полосе I ОВЧ и полосе II ОВЧ



BS.1660-07

ТАБЛИЦА 52

Внеполосные спектральные маски для ЧМ в полосе II ОВЧ
и для DRM в полосе I ОВЧ и полосе II ОВЧ

Спектральная маска (канал 100 кГц)/ относительный уровень для ЧМ	
Сдвиг частоты (кГц)	Уровень (дБн)/(1 кГц)
0	0
±50	0
±70	0
±100	0
±200	-80
±300	-85
±400	-85

Спектральная маска (канал 100 кГц)/ относительный уровень для DRM	
Сдвиг частоты (кГц)	Уровень (дБн)/(1 кГц)
0	-20
±50	-20
±70	-50
±100	-70
±200	-80
±300	-85
±400	-85

8.1.2 Полоса III ОВЧ

Внеполосная спектральная маска для DRM в полосе III ОВЧ приведена на рисунке 8 и в таблице 53 вместе с вершинами симметричной внеполосной спектральной маски для передатчиков DAB⁹ в качестве минимального требования к передатчикам с шириной полосы по разрешению (RBW) 4 кГц. Таким образом результатом для DRM является значение -14 дБ.

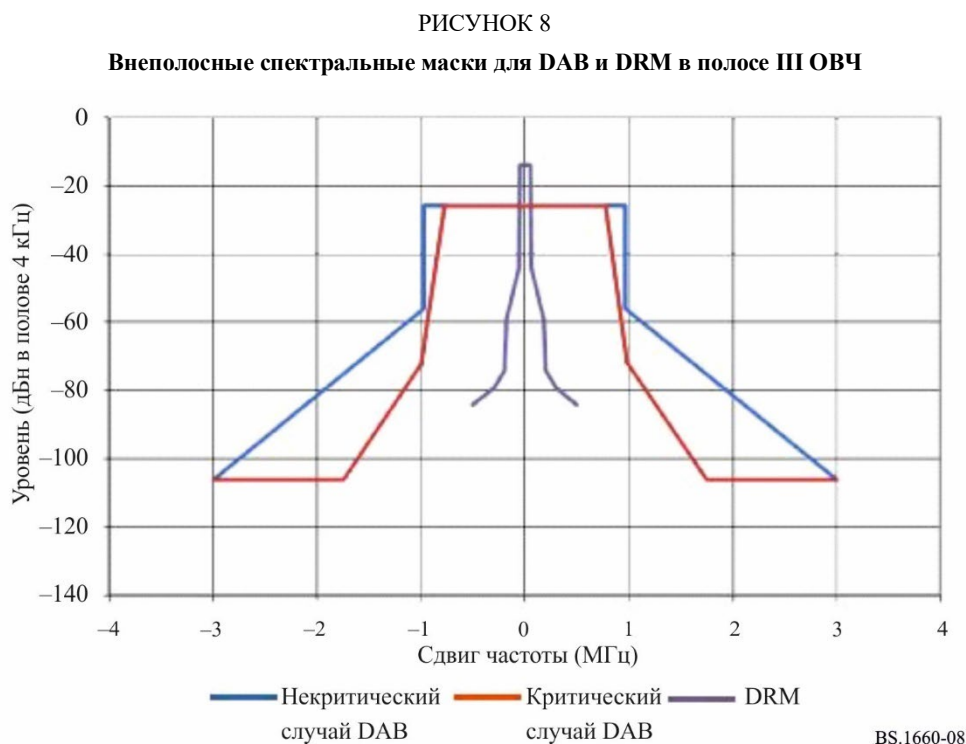


ТАБЛИЦА 53

Внеполосные спектральные маски для DRM в полосе III ОВЧ

Спектральная маска (канал 100 кГц)/ относительный уровень для DRM (в 4 кГц)	
Сдвиг частоты (кГц)	Уровень (дБн)
0	-14
±50	-14
±60	-44
±181,25	-59
±200	-74
±300	-79
±500	-84

⁹ Указана в Рекомендации МСЭ-R BS.1660-3 "Техническая основа для планирования наземного цифрового звукового радиовещания в полосе ОВЧ".

8.2 Защитные отношения

Минимальное допустимое отношение между полезным сигналом и сигналами помех, необходимое для защиты принимаемого полезного сигнала, определяется как защитное отношение PR (дБ). Значения защитных отношений приводятся следующим образом:

- базовое защитное отношение PR_{basic} для полезного сигнала, испытывающего воздействие мешающего сигнала при вероятности охвата мест 50%;
- объединенный поправочный коэффициент местоположений CF° (дБ) в качестве запаса, который необходимо добавить к базовому защитному отношению для полезного сигнала, испытывающего воздействие мешающего сигнала, для расчета защитных отношений при вероятности охвата мест 50%. Формула для расчета приведена в пункте 3.8.3;
- соответствующее защитное отношение $PR(p)$ для полезного цифрового сигнала, на который воздействует мешающий сигнал, при вероятности охвата мест более 50% и с учетом относительной вероятности охвата мест соответствующих режимов приема, которые имеют более высокие требования к защите вследствие более высокой вероятности охвата мест, и объединенного поправочного коэффициента местоположений CF° (дБ).

8.2.1 Защитные отношения для DRM

8.2.1.1 DRM при воздействии помех от DRM

Базовое защитное отношение PR_{basic} для DRM действительно для всех полос ОВЧ (см. таблицу 54). Так как стандартные отклонения DRM различаются в соответствующих полосах ОВЧ, связанные с ними защитные отношения $PR(p)$ (см. таблицу 55 для 4-QAM и таблицу 56 для 16-QAM) различны в соответствующих полосах ОВЧ.

ТАБЛИЦА 54

Базовые защитные отношения PR_{basic} для DRM при воздействии помех от DRM

Сдвиг частоты (кГц)		0	±100	±200
DRM (4-QAM, $R = 1/3$)	PR_{basic} (дБ)	4	-16	-40
DRM (16-QAM, $R = 1/2$)	PR_{basic} (дБ)	10	-10	-34

ТАБЛИЦА 55

Соответствующие защитные отношения $PR(p)$ разных режимов приема для DRM (4-QAM, $R = 1/3$) при воздействии помех от DRM

Эталонная полоса частот		65 МГц полоса I ОВЧ		
Сдвиг частоты (кГц)		0	±100	±200
Фиксированный прием (FX)	$PR(p)$ (дБ)	6,64	-13,36	-37,36
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (дБ)	12,27	-7,73	-31,73
Прием на мобильные устройства (MO)	$PR(p)$ (дБ)	13,40	-6,60	-30,60
Эталонная полоса частот		100 МГц полоса II ОВЧ		
Сдвиг частоты (кГц)		0	±100	±200
Фиксированный прием (FX)	$PR(p)$ (дБ)	6,82	-13,18	-37,18
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (дБ)	12,84	-7,16	-31,16
Прием на мобильные устройства (MO)	$PR(p)$ (дБ)	14,20	-5,80	-29,80

ТАБЛИЦА 55 (окончание)

Эталонная полоса частот		200 МГц полоса III ОВЧ		
Сдвиг частоты (кГц)		0	±100	±200
Фиксированный прием (FX)	PR(p) (дБ)	7,11	-12,89	-36,89
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	PR(p) (дБ)	13,75	-6,25	-30,25
Прием на мобильные устройства (MO)	PR(p) (дБ)	15,49	-4,51	-28,51

ТАБЛИЦА 56

**Соответствующие защитные отношения PR(p) режимов приема
для DRM (16-QAM, R = 1/2) при воздействии помех от DRM**

Эталонная полоса частот		65 МГц полоса I ОВЧ		
Сдвиг частоты (кГц)		0	±100	±200
Фиксированный прием (FX)	PR(p) (дБ)	12,64	-7,36	-31,36
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	PR(p) (дБ)	18,27	-1,73	-25,73
Прием на мобильные устройства (MO)	PR(p) (дБ)	19,40	-0,60	-24,60
Эталонная полоса частот		100 МГц полоса II ОВЧ		
Сдвиг частоты (кГц)		0	±100	±200
Фиксированный прием (FX)	PR(p) (дБ)	12,82	-7,18	-31,18
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	PR(p) (дБ)	18,84	-1,16	-25,16
Прием на мобильные устройства (MO)	PR(p) (дБ)	20,20	0,20	-23,80
Эталонная полоса частот		200 МГц полоса III ОВЧ		
Сдвиг частоты (кГц)		0	±100	±200
Фиксированный прием (FX)	PR(p) (дБ)	13,11	-6,89	-30,89
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	PR(p) (дБ)	19,75	-0,25	-24,25
Прием на мобильные устройства (MO)	PR(p) (дБ)	21,49	1,49	-22,51

8.2.1.2 DRM при воздействии помех от ЧМ в полосе II ОВЧ

Значения базового защитного отношения PR_{basic} для DRM при воздействии помех от ЧМ в полосе II ОВЧ приведены в таблице 57. Значения соответствующих защитных отношений $PR(p)$ приведены в таблице 58 для 4-QAM и в таблице 59 для 16-QAM.

ТАБЛИЦА 57

Базовые защитные отношения PR_{basic} для DRM при воздействии помех от ЧМ

Сдвиг частоты (кГц)		0	± 100	± 200
DRM (4-QAM, $R = 1/3$) при воздействии помех от ЧМ (стерео)	PR_{basic} (дБ)	11	-13	-54
DRM (16-QAM, $R = 1/2$) при воздействии помех от ЧМ (стерео)	PR_{basic} (дБ)	18	-9	-49

ТАБЛИЦА 58

Соответствующие защитные отношения $PR(p)$ режимов приема для DRM (4-QAM, $R = 1/3$) при воздействии помех от ЧМ стерео

Сдвиг частоты (кГц)		0	± 100	± 200
Фиксированный прием (FX)	$PR(p)$ (дБ)	15,79	-8,21	-49,21
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (дБ)	26,02	2,02	-38,98
Прием на мобильные устройства (MO)	$PR(p)$ (дБ)	31,61	7,61	-33,39

ТАБЛИЦА 59

Соответствующее защитные отношения $PR(p)$ режимов приема для DRM (16-QAM, $R = 1/2$) при воздействии помех от ЧМ стерео

Сдвиг частоты (кГц)		0	± 100	± 200
Фиксированный прием (FX)	$PR(p)$ (дБ)	22,79	-4,21	-44,21
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (дБ)	33,02	6,02	-33,98
Прием на мобильные устройства (MO)	$PR(p)$ (дБ)	38,61	11,61	-28,39

8.2.1.3 DRM при воздействии помех от DAB в полосе III ОВЧ

Значения базового защитного отношения PR_{basic} для DRM при воздействии помех от DAB в полосе III ОВЧ приведены в таблице 60. Значения соответствующих защитных отношений $PR(p)$ приведены в таблице 61 для 4-QAM и в таблице 62 для 16-QAM.

ТАБЛИЦА 60

Базовые защитные отношения PR_{basic} DRM при воздействии помех от DAB

Сдвиг частоты (кГц)		0	± 100	± 200
Базовое защитное отношение для DRM (4-QAM, $R = 1/3$)	PR_{basic} (дБ)	-7	-36	-40
Базовое защитное отношение для DRM (16-QAM, $R = 1/2$)	PR_{basic} (дБ)	-2	-18	-40

ТАБЛИЦА 61

Соответствующее защитные отношения $PR(p)$ режимов приема для DRM (4-QAM, $R = 1/3$) при воздействии помех от DAB

Сдвиг частоты (кГц)		0	± 100	± 200
Фиксированный прием (FX)	$PR(p)$ (дБ)	-3,37	-32,37	-50,37
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (дБ)	4,37	-24,63	-42,63
Прием на мобильные устройства (MO)	$PR(p)$ (дБ)	8,16	-20,84	-38,84

ТАБЛИЦА 62

Соответствующее защитные отношения $PR(p)$ режимов приема для DRM (16-QAM, $R = 1/2$) при воздействии помех от DAB

Сдвиг частоты (кГц)		0	± 100	± 200
Фиксированный прием (FX)	$PR(p)$ (дБ)	1,63	-14,37	-45,37
Прием на переносные устройства (PO, PI, PO-H, PI-H)	$PR(p)$ (дБ)	9,37	-6,63	-37,63
Прием на мобильные устройства (MO)	$PR(p)$ (дБ)	13,16	-2,84	-33,84

8.2.1.4 DRM при воздействии помех от DVB-T в полосе III ОВЧ

Поскольку механизм воздействия DAB на DRM такой же, как и DVB-T, то предполагается, что для случая DRM при воздействии помех от DVB-T в полосе III ОВЧ могут быть приняты те же защитные отношения, что и для случая DRM при воздействии помех от DAB в полосе III ОВЧ.

Для внесения поправки на меньшую по сравнению с сигналом DAB спектральную плотность мощности сигнала DVB-T той же напряженности поля следует применить следующие поправочные коэффициенты к э.и.м. создающих помехи сигналов до расчета его напряженности поля:

- 6,4 дБ для сигнала DVB-T 7 МГц;
- 6,9 дБ для сигнала DVB-T 8 МГц.

8.2.2 Защитные отношения для систем радиовещания при воздействии помех от DRM

8.2.2.1 Защитные отношения для ЧМ в полосе II ОВЧ

Параметры ЧМ-сигнала приведены в Рекомендации МСЭ-R BS.412-9. В Приложении 5 к ней указано, что помехи могут быть вызваны перекрестной модуляцией сильных ЧМ-сигналов при сдвиге частот, превышающем 400 кГц. Эффект перекрестной модуляции вследствие мешающего сигнала высокого уровня в диапазоне до 1 МГц также следует принимать в расчет при планировании систем OFDM в полосе II ОВЧ. Поэтому в таблице 63 приведены не только защитные отношения PR_{basic} в диапазоне от 0 кГц до ± 400 кГц, но также и отношения для диапазонов ± 500 кГц и ± 1000 кГц. Значения для диапазона от 600 до 900 кГц могут быть получены путем интерполяции.

ТАБЛИЦА 63

Базовые защитные отношения PR_{basic} для ЧМ при воздействии помех от DRM

Сдвиг частоты (кГц)		0	± 100	± 200	± 300	± 400	± 500	± 1000
Базовое защитное отношение для ЧМ (стерео)	PR_{basic} (дБ)	49	30	3	-8	-11	-13	-21

8.2.2.2 Защитные отношения для DAB в полосе III ОВЧ

Параметры сигнала DAB приведены в Приложении 1 к настоящей Рекомендации.

Библиография

ETSI EN 201 980; Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification.

Приложение 4

Техническая основа для планирования системы С наземного цифрового звукового радиовещания (HD Radio) в полосе II ОВЧ

1 Введение

В гибридной конфигурации HD Radio используются уже имеющиеся распределения в полосе II ОВЧ и параллельно с существующим аналоговым ЧМ-вещанием встраиваются новые службы передачи звука и данных. Данная реализация технологии ИВОС сохраняет аналоговое вещание, осуществляемое на основном частотном присвоении, и добавляет низкоуровневые цифровые сигналы в непосредственном соседстве с аналоговым сигналом. Эти цифровые сигналы могут находиться с какой-то одной стороны или с обеих сторон от аналогового сигнала. Этот подход, как уже отмечалось, известен как передача в пределах той же полосы и по тому же каналу (ИВОС) и определен как система С в Рекомендации МСЭ-R BS.1114.

Реализация ИВОС в системе HD Radio сохраняет мощность аналогового сигнала, добавляя по соседству менее мощные цифровые несущие с регулируемой шириной полосы частот. Такая схема, допускающая регулирование ширины полосы частот и мощности цифрового сигнала, обеспечивает возможность контролируемого компромисса между покрытием цифрового сигнала и доступностью соседних каналов.

Для целей развертывания ЧМ-системы HD Radio в полосе II ОВЧ может рассматриваться вопрос об определенном качестве приема.

В настоящем Приложении кратко изложены требования, позволяющие обеспечить соответствующее качество приема. Приведенный здесь анализ следует руководящим указаниям, которые содержатся в применимых спецификациях. Дополнительно при проведении анализа там, где это уместно, используются другие применимые руководящие документы и наработки из Районов 1, 2 и 3 МСЭ, а также США.

2 Конфигурации и определения

Устройство системы HD Radio допускает множество различных конфигураций. Конфигурации могут различаться по таким параметрам, как ширина полос частот, расположение частот, сочетание полос и пропускная способность. Эти конфигурации отражены в документах по стандартам, таких как NRSC-5-D, или в другой проектной документации. Хотя система предусматривает ряд конфигураций, лишь некоторые из них реализованы на первоначальной основе и предложены к развертыванию в Районах 1, 2 и 3 МСЭ. В дальнейшем могут быть реализованы и другие конфигурации, подходящие для тех или иных местоположений. Часть этих конфигураций кратко описывается в настоящем Приложении вместе с приводимыми параметрами планирования и соображениями, касающимися развертывания.

2.1 Конфигурации системы HD Radio

В приведенном здесь анализе описываются конфигурации, которые сочтены пригодными для первоначального развертывания в Районах 1, 2 и 3 МСЭ. В дальнейшем может быть рассмотрена возможность развертывания в перечисленных Районах дополнительных конфигураций, для описания которых этот анализ может быть расширен.

Конфигурация системы может предусматривать использование одного блока частот с шириной полосы частот цифрового сигнала 70 кГц или одного блока частот с шириной полосы частот цифрового сигнала 100 кГц. Конфигурация определяется режимами системы и задает то или иное сочетание логических каналов, скорости передачи данных и уровня защиты.

В конфигурации, предусматривающей один блок частот с шириной полосы 70 кГц, система может быть настроена для работы в режиме MP9, в котором используется логический канал P1 и обеспечивается пропускная способность (эффективная скорость передачи данных) 98,3 кбит/с. Схема модуляции – QPSK.

В конфигурации, предусматривающей один блок частот с шириной полосы 100 кГц, система может быть настроена для работы в режимах MP12 или MP19, что позволяет найти компромисс между пропускной способностью (эффективной скоростью передачи данных) и устойчивостью. В режиме MP12 система использует логический канал P1 с обеспечением пропускной способности (эффективной скорости передачи данных) 98,3 кбит/с, а в режиме MP19 – логические каналы P1 и P3 с обеспечением пропускной способности (эффективной скорости передачи данных) 122,9 кбит/с. Схема модуляции – QPSK.

Система HD Radio поддерживает также совмещенные конфигурации с двумя цифровыми полосами. В контексте планирования, совместного использования частот и совместимости в полосе II эти две цифровые полосы рассматриваются как два независимых сигнала. Совмещенные конфигурации обеспечивают повышенную устойчивость или пропускную способность (эффективную скорость передачи данных). В конфигурации, предусматривающей два блока частот с шириной полос по 70 кГц, система может быть настроена для работы в режиме MP1, в котором используется логический канал P1 и обеспечивается пропускная способность (эффективная скорость передачи данных) 98,3 кбит/с. В конфигурации, предусматривающей два блока частот с шириной полос по 100 кГц, система может быть настроена для работы в режиме MP11, в котором используются логические каналы P1, P3 и P4 с обеспечением пропускной способности (эффективной скорости передачи данных) 147,5 кбит/с.

Основные характеристики конфигураций (режимов работы) системы HD Radio приведены в таблице 64.

ТАБЛИЦА 64

Характеристики различных режимов работы системы HD Radio

Режим работы системы	Ширина полосы частот, (кГц)	Полная скорость передачи данных ⁽¹⁾	Канал P1		Канал P3		Канал P4		Примечания
			Скорость кодирования	Скорость передачи данных ⁽¹⁾	Скорость кодирования	Скорость передачи данных ⁽¹⁾	Скорость кодирования	Скорость передачи данных ⁽¹⁾	
MP9	70	98,3	4/5	98,3	–	–	–	–	P1 ~1,5 с
MP12	100	98,3	4/7	98,3	–	–	–	–	P1 ~1,5 с; дополнительная задержка, обусловленная разнообразием
MP19	100	122,9	4/5	98,3	1/2	24,6	–	–	P1 ~1,5 с; P3 ~3 с
MP1 ⁽²⁾	2 × 70	98,3	2/5	98,3	–	–	–	–	P1 ~1,5 с
MP11 ⁽²⁾	2 × 100	147,5	2/5	98,3	1/2	24,6	1/2	24,6	P1 ~1,5 с; P3/P4 ~3 с

⁽¹⁾ Скорость передачи данных отражает пропускную способность (эффективную скорость передачи данных) на прикладном уровне и не учитывает служебные данные, передаваемые на физическом уровне.

⁽²⁾ Совмещенная конфигурация с двумя блоками цифровых сигналов для повышения производительности или расширения функциональности. В отношении уровня мощности сигнала цифровые блоки могут регулироваться независимо друг от друга.

Дополнительные параметры сигнала системы HD Radio (физического уровня) для полосы II ОВЧ приведены в таблице 65.

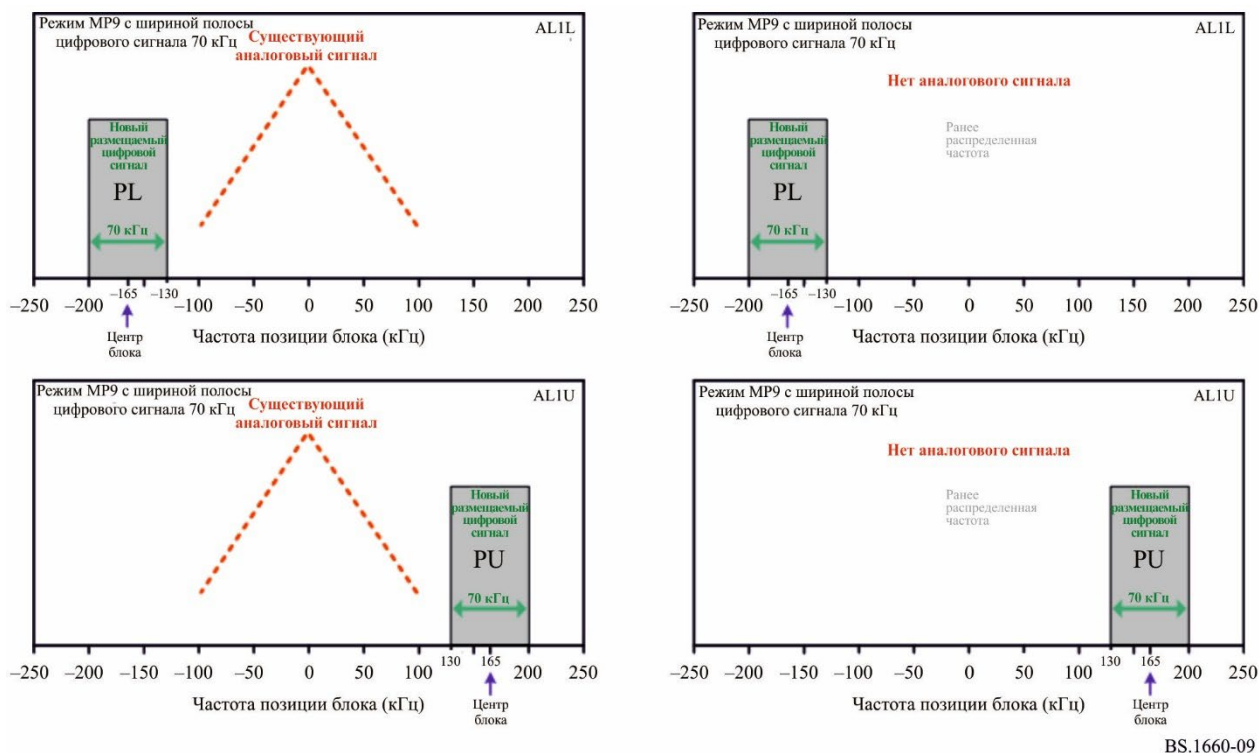
ТАБЛИЦА 65

Параметры физического уровня системы HD Radio

Название параметра	Расчетное значение (округленное)
Длительность циклического префикса α	0,1586 мс
Длительность символа (с префиксом) T_s	2,902 мс
Число символов в блоке	32
Длительность блока T_b	9,288 мс
Число блоков в кадре	16
Длительность кадра T_f	1,486 с
Разнос поднесущих OFDM Δf	363,4 Гц
Число несущих	Полоса 70 кГц – 191 Полоса 100 кГц – 267
Используемая ширина полосы частот	Полоса 70 кГц – 69,4 кГц Полоса 100 кГц – 97,0 кГц

РИСУНОК 9

Примеры размещения цифрового блока системы HD Radio с шириной полосы 70 кГц



BS.1660-09

ПРИМЕЧАНИЕ. – Символами PL и PU обозначается размещение цифрового блока соответственно ниже и выше существующего аналогового сигнала или ранее распределенной частоты. Это обозначение принято исключительно для удобства и не указывает на какие-либо действительные различия в сигнале.

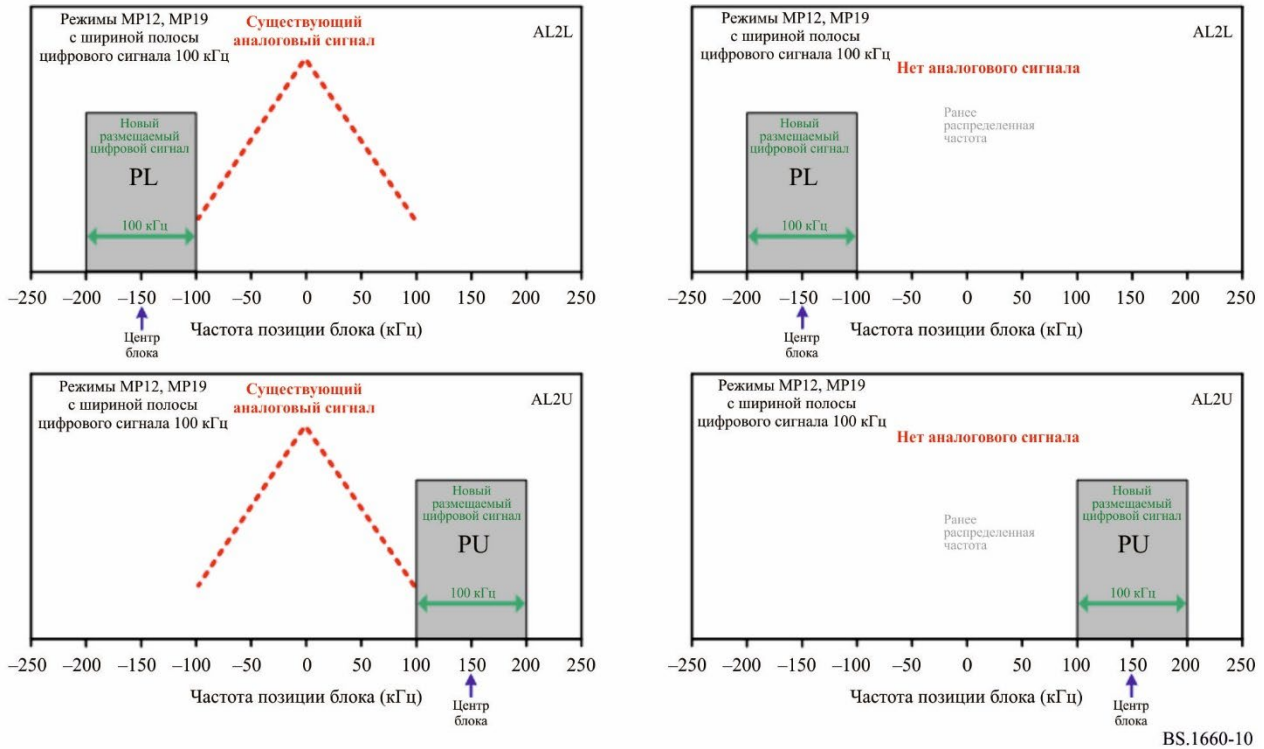
В Соединенных Штатах Америки основной растр каналов в полосе II ОВЧ имеет шаг 200 кГц. В системе HD Radio предполагается, что блоки цифровых сигналов располагаются на заранее определенных позициях. Как можно видеть из рисунков 9 и 10, эти позиции не центрированы в растре 200 кГц, а имеют промежуточное расположение. Следует отметить, что позиции блока с частотой 0 кГц на приведенных ниже рисунках соответствует эталонная частота аналогового сигнала в составе сигнала HD Radio.

Эталонная частота аналогового сигнала может представлять реальный аналоговый хост-сигнал при работе в гибридной конфигурации с использованием композиции либо двух сигналов (одной аналоговой полосы и одной цифровой), либо трех сигналов (одной аналоговой полосы и двух цифровых). Эталонная частота аналогового сигнала может представлять среднюю частоту незанятой полосы ранее существовавшего аналогового хост-сигнала при работе в полностью цифровых конфигурациях. Такое относительное расположение демонстрирует также, что для перехода от гибридной конфигурации к полностью цифровым конфигурациям не требуется менять распределение цифровых сигналов или их конфигурацию. На практике ожидается, что это приведет к повышению мощности цифровых сигналов.

Дополнительные конфигурации позволяют реализовать расширенный состав сигналов – с двумя блоками цифровых сигналов по 70 кГц (рисунок 11) или двумя блоками цифровых сигналов по 100 кГц (рисунок 12), используемыми одновременно для обеспечения большей возможности для компромисса между пропускной способностью (эффективной скоростью передачи данных) и устойчивостью.

РИСУНОК 10

Примеры размещения цифрового блока системы HD Radio с шириной полосы 100 кГц

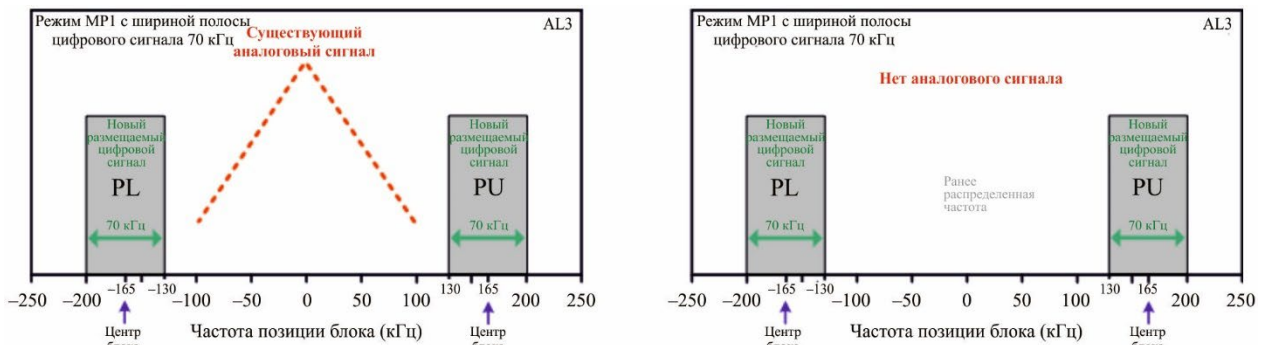


BS.1660-10

ПРИМЕЧАНИЕ. – Символами PL и PU обозначается размещение цифрового блока соответственно ниже и выше существующего аналогового сигнала или ранее распределенной частоты. Это обозначение принято исключительно для удобства и не указывает на какие-либо действительные различия в сигнале.

РИСУНОК 11

Примеры размещения двух цифровых блоков системы HD Radio с шириной полосы 70 кГц

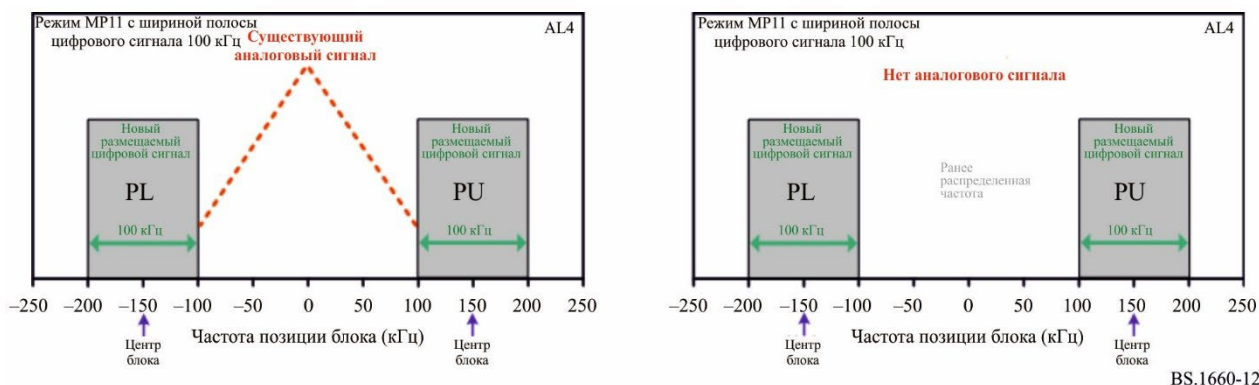


BS.1660-11

ПРИМЕЧАНИЕ. – Символами PL и PU обозначается размещение цифрового блока соответственно ниже и выше существующего аналогового сигнала или ранее распределенной частоты. Это обозначение принято исключительно для удобства и не указывает на какие-либо действительные различия в сигнале.

РИСУНОК 12

Примеры размещения двух цифровых блоков системы HD Radio с шириной полосы 100 кГц



BS.1660-12

ПРИМЕЧАНИЕ. – Символами PL и PU обозначается размещение цифрового блока соответственно ниже и выше существующего аналогового сигнала или ранее распределенной частоты. Это обозначение принято исключительно для удобства и не указывает на какие-либо действительные различия в сигнале.

3 Параметры для анализа

Характеристики приводятся для ряда сценариев и условий приема. Условия связаны с трассой распространения сигнала, конкретным сценарием приема и категорией приемного устройства.

Для надлежащего анализа характеристик приема в различных режимах и обстоятельствах необходимо ввести определенные поправочные коэффициенты к расчетным значениям требуемой (медианной) минимальной напряженности поля, отражающие мощность принимаемого сигнала. Теоретические основания для введения таких поправок приведены в [5]. Для сценариев, не рассмотренных в [5], поправки выводятся на основании рассмотрения соответствующих технологий и условий, которые указаны для конкретных случаев.

Поправочные коэффициенты можно разделить на две группы. Первая группа связана с трассой распространения сигнала и местом приема и не зависит от аппаратной реализации приемника. Вторая группа может быть связана с конкретной методологией проектирования приемника и требует соответствующего анализа.

3.1 Режимы приема

В общей сложности можно выделить шесть режимов приема, в том числе фиксированный прием, прием на переносные устройства и прием на мобильные устройства. Прием на переносные устройства предусматривает несколько режимов.

Наличие приема, рассматриваемого МСЭ в [5] и [2], определяется для некоторого процента времени и местоположений, но при этом не делается попытки рассмотреть практические режимы приема или сценарии использования, для которых задаются конкретная процентная доля или минимальные требования. Поэтому в настоящем анализе требования к наличию приема выводятся из других связанных с этим областей и технологий радиовещания, а также из широко признанного передового опыта.

3.1.1 Фиксированный прием (FX)

Фиксированный прием (FX) определяется как прием, при котором используется приемная антенна, установленная на уровне крыши (то есть прием на фиксированную антенну). При расчете требуемых уровней напряженности поля для приема на фиксированную антенну согласно [5] и [2] высота приемной антенны предполагается равной 10 м над уровнем земли. Вместе с тем часто указываемая в [5] вероятность охвата местоположений, равная 50%, считается недостаточной. Предполагается, что "допустимое" качество приема обеспечит вероятность охвата местоположений, равную 70%, как предложено в [13] и [12].

3.1.2 Прием на переносные устройства

Прием на переносные устройства определяется как прием, осуществляемый с использованием переносного приемника. Такой приемник может, в частности, быть портативным, что подразумевает использование портативной малогабаритной антенны с ограниченными рабочими характеристиками, расположенной на небольшой высоте от земли. Как указывается в [13] и [12], разным комбинациям типа антенны и места приема могут соответствовать разные режимы приема.

В зависимости от места приема в сочетании со скоростью перемещения и типом используемой антенны различают:

- прием на переносные/портативные устройства вне помещений:
 - на высоте 1,5 м и более от земли в состоянии покоя или при движении на очень малой скорости;
 - с использованием внешней антенны (например, телескопической антенны, проводной гарнитуры и т. д.) или встроенной антенны;
- прием на переносные/портативные устройства в помещениях:
 - на высоте 1,5 м и более от земли в состоянии покоя или при движении на очень малой скорости;
 - с использованием внешней антенны (например, телескопической антенны, проводной гарнитуры и т. д.) или встроенной антенны;
 - на первом этаже здания в помещении с окном в наружной стене.
- В зависимости также от места приема в сочетании с воспринимаемым/желаемым качеством приема различают:
- квазистатическое состояние:
 - область размерами приблизительно $0,5 \times 0,5$ м с перемещением антенны в пределах 0,5 м;
 - вероятность приема 99%;
- область малого размера:
 - размеры приблизительно 100×100 м;
 - вероятность приема 95%;
- область большого размера:
 - совокупность областей малого размера.

3.1.3 Прием на мобильные устройства

Прием на мобильные устройства определяется как прием, осуществляемый с помощью приемника, который находится в движении со скоростью приблизительно от 2 до 300 км/ч. Особый интерес представляют скорости в диапазоне от 50 до 60 км/ч, так как они могут быть связаны с движением транспорта в городской зоне. В этом режиме приема антенна считается согласованной и расположенной на высоте 1,5 м и более от земли. Предполагается, что хорошее качество приема для этого режима обеспечивает вероятность охвата местоположений, равную 99%. Это не оговорено конкретно в [5], но допускается при наличии надлежащих руководящих указаний по проведению расчетов. Выбор такого значения поддерживается также в [13] и [12].

Чтобы охватить все указанные комбинации, используя как можно меньшее число случаев, но при этом смоделировать реалистичные сценарии приема, для анализа берутся только шесть режимов приема, перечисленные в таблице 66.

ТАБЛИЦА 66

Определение режимов приема для анализа характеристик

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-Н	PI-Н
Тип антенны	Фиксированная	Монтируемая	Внешняя	Внешняя	Встроенная	Встроенная
Местоположение	Вне помещений	Вне помещений	Вне помещений	В помещении	Вне помещений	В помещении
Скорость движения (км/ч)	0 (статика)	2–150	2 (ходьба)	0 (квазистатика)	2 (ходьба)	0 (квазистатика)
Вероятность охвата местоположений	70%	99%	95%	99%	95%	99%

3.2 Поправочные коэффициенты, связанные с местом приема

В этом разделе излагаются теоретические основы вычисления поправочных коэффициентов, связанных только с трассой распространения сигнала и местом приема, и приводятся сами эти вычисления.

3.2.1 Эталонная частота

Вычисление поправочных коэффициентов и соответствующий анализ приводятся для опорной частоты $f = 100$ МГц.

3.2.2 Потери в фидере

Потери в фидере L_f выражают затухание сигнала при прохождении сигнала с приемной антенны на радиочастотный вход приемника. Эти потери не затрагиваются в [5], но специально рассмотрены в [13] для частоты $f = 200$ МГц. Поскольку указано, что потери в фидере пропорциональны f_2 , вносится поправка на опорную частоту (см. таблицу 67).

ТАБЛИЦА 67

Потери в фидере в зависимости от режима приема

	FX	MO	PO, PI, PO-Н, PI-Н
Длина кабеля (м)	10	2	0
Потери в фидере L_f (дБ)	1,4	0,3	0

3.2.3 Потери, связанные с уменьшением высоты

Эффективная высота приемной антенны зависит от режима приема. При приеме на мобильные и переносные устройства предполагается, что высота приемной антенны составляет 1,5 м над уровнем земли (вне помещений) или над уровнем пола (в помещениях). Общеизвестные методы прогнозирования распространения сигнала обычно обеспечивают значения напряженности поля при высоте 10 м. Чтобы учесть в прогнозируемом значении уменьшение высоты с 10 до 1,5 м над уровнем земли, необходимо ввести коэффициент поправки на потери при уменьшении высоты L_h (выражаемый в децибелах). Потери в полосе II ОВЧ, связанные с уменьшением высоты, можно рассчитать, как описано в [5]. Вместе с тем предлагаемая поправка может применяться в отношении антенны, расположенной определенным образом, что может считаться приемлемым в определенных сценариях приема на переносные устройства, но может не отражать надлежащим образом других сценариев, таких как прием на портативные устройства, когда расположение антенны (ее пространственная ориентация) может меняться с результирующим изменением эффективной высоты. Более реалистичные сценарии приема и расчеты соответствующих потерь в полосе II ОВЧ приведены в [12].

Значения коэффициента поправки на потери при уменьшении высоты L_h для всех режимов приема приведены в таблице 68.

ТАБЛИЦА 68

Коэффициент поправки на потери при уменьшении высоты антенны

	FX, MO, PO, PI	PO-H, PI-H
Потери при уменьшении высоты L_f (дБ)	10	17

3.2.4 Потери при проникновении в здание

Потери при проникновении в здание – это среднее значение отношения средней напряженности поля внутри здания к средней напряженности поля вне того же здания на одной и той же высоте над уровнем земли. МСЭ не дает непосредственных рекомендаций по определению значения потерь при проникновении в здание в полосе II ОВЧ. В результате недавно проведенных исследований и на основании документов [13] и [12] были получены рекомендуемые значения этого параметра для полосы III ОВЧ. Как указано в [13], данные значения справедливы для широкого диапазона частот за пределами полосы III ОВЧ, поэтому предполагается, что они действительны и для полосы II ОВЧ. Эти значения приведены в таблице 69.

ТАБЛИЦА 69

Коэффициент потерь при проникновении в здание

Потери при проникновении в здание L_b (дБ)	Стандартное отклонение потерь при проникновении в здание σ_b (дБ)
9	3

3.2.5 Потери на аппаратную реализацию

Коэффициент потерь на аппаратную реализацию, как указано в настоящей Рекомендации, – это поправочный коэффициент к минимальной входной мощности, предназначенной для компенсации неидеальности приемника. Выбор такого коэффициента может быть субъективным. Для приемников с невысокой плотностью расположения элементов (то есть таких, в которых приемная цепь не ограничена существенно размерами устройства) и отсутствием ограничений по энергопотреблению (то есть имеющих постоянный или частый доступ к надежному источнику питания) он обычно принимается равным 3 дБ.

Для технически сложных малогабаритных приемников с высокой степенью интеграции, например тех, которые входят в состав портативных устройств и особенно смартфонов, потери на аппаратную реализацию могут быть выше. Это может быть обусловлено их малыми физическими размерами, ограниченной емкостью батарей, а также необходимостью сосуществования с рядом других функциональных аппаратных компонентов, в том числе радиочастотных. Поэтому для таких приемников потери на аппаратную реализацию L_{im} принимаются равными 5 дБ. Значения потерь на аппаратную реализацию для каждого режима приема приведены в таблице 70.

ТАБЛИЦА 70

Коэффициент потерь на аппаратную реализацию

	FX, MO, PO, PI	PO-H, PI-H
Потери на аппаратную реализацию L_{im} (дБ)	3	5

3.2.6 Коэффициент поправки на изменчивость в зависимости от местоположения

Изменчивость в зависимости от местоположения часто определяется как избыточные потери на трассе по всей зоне обслуживания передатчика, обусловленные влиянием рельефа местности, препятствиями и местным экранированием. В контексте данного вида изменчивости территория рассматривается как конечная область, представленная обычно квадратом со стороной от 100 м до 1 км.

Прогноз напряженности поля дается обычно для 50% времени и 50% местоположений. Чтобы получить требуемое значение напряженности, необходимое для обеспечения большей вероятности охвата местоположений, вводится коэффициент поправки на охват местоположений в соответствии с рекомендациями МСЭ, как описано в [5].

3.2.6.1 Стандартное отклонение изменчивости в зависимости от местоположения

Как указано в [5], значения стандартного отклонения мощности сигнала в конкретном месте зависят от частоты и среды, и эмпирические исследования показали, что они имеют существенный разброс. Репрезентативные значения для зон размером 500 × 500 м даются формулой (22):

$$\sigma_L = K + 1,3 \log(f), \quad (22)$$

где:

- σ_L : стандартное отклонение гауссовского распределения местных средних значений в рассматриваемой зоне (дБ);
- $K = 1,2$ для приемников с антеннами ниже высоты местных препятствий в городских или пригородных районах для подвижных систем с всенаправленными антеннами на высоте крыши автомобиля;
- $K = 1,0$ для приемников с антеннами, установленными на крыше на уровне, близком к высоте местных препятствий;
- $K = 0,5$ для приемников в сельских районах;
- f : требуемая частота (МГц).

Стандартное отклонение изменчивости в зависимости от местоположения рассчитано по формуле (22). Дополнительные эффекты, которые могут быть обусловлены другими сценариями мобильности и скомпенсированы иным образом в других приемниках, учтены в отдельных расчетах для каждой модели канала и поэтому не включаются в данный документ. Расчетные значения стандартного отклонения даны в таблице 71.

ТАБЛИЦА 71

Стандартное отклонение изменчивости в зависимости от местоположения

Стандартное отклонение σ_L для цифрового радиовещания (дБ)	
В городской и пригородной зонах	3,8
В сельской местности	3,1

3.2.6.2 Коэффициент распределения для требуемой вероятности охвата местоположений

Коэффициент распределения определяется как "обратное дополнительное кумулятивное нормальное распределение в зависимости от вероятности". Он используется для корректирования стандартного отклонения, позволяющего получить значение для требуемой вероятности охвата местоположений. В таблице 72 приведены значения коэффициента распределения для вероятностей охвата местоположений, соответствующих каждому из режимов приема, в соответствии с рекомендациями в [5].

ТАБЛИЦА 72

Коэффициент распределения для требуемой вероятности охвата местоположений

	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Процентная доля местоположений	70%	99%	95%	99%	95%	99%
Коэффициент распределения μ	0,52	2,33	1,64	2,33	1,64	2,33

Отмечается, что принятый в системе HD Radio подход к приему сигнала предполагает хорошее качество приема в помещениях при вероятности охвата местоположений 99%, тогда как в некоторых других подходах достаточным считается значение 95%. Такому повышенному требованию в отношении вероятности охвата (99%) соответствует более высокое значение коэффициента распределения (2,33), чем в случае вероятности 95% при приеме в помещениях, когда этот коэффициент равен 1,64.

3.2.6.3 Уточненное стандартное отклонение изменчивости в зависимости от местоположения

В стандартное отклонение изменчивости в зависимости от местоположения, рассчитанное для случая приема вне помещений, необходимо внести поправки на требуемую вероятность охвата местоположений, а также на условия приема, если они отличны от приема вне помещений.

К числу режимов приема относится прием в помещениях. Предполагается, что избыточная изменчивость сигнала (то есть такая, которая превышает изменчивость в зависимости от местоположения при приеме вне помещений) на расположенной в помещении квазистатической антенне обусловлена исключительно отклонением при потерях при проникновении в здание; таким образом отклонение изменчивости в зависимости от местоположения антенны предполагается равным отклонению при потерях при проникновении в здание. Величины напряженности поля вне помещений и потерь при проникновении в здание предполагаются статистически независимыми и имеющими логарифмически нормальное распределение. По аналогии с расчетами, приведенными в [13], их общее отклонение можно рассчитать по формуле (23):

$$\sigma_c = \sqrt{(\sigma_L^2 + \sigma_b^2)}, \quad (23)$$

где:

σ_c : общее стандартное отклонение (дБ).

Далее в стандартное отклонение вносится поправка на коэффициент распределения согласно [5] в соответствии с формулой (24):

$$\sigma_s = \mu \cdot \sqrt{(\sigma_L^2 + \sigma_b^2)}, \quad (24)$$

где:

σ_s : уточненное отклонение изменчивости в зависимости от местоположения (дБ);

σ_L : отклонение изменчивости в зависимости от местоположения для приема вне помещений (дБ);

σ_r : отклонение в зависимости от изменения местоположения антенны (дБ).
При приеме вне помещений $\sigma_r = 0$, а при приеме в помещениях $\sigma_r = \sigma_b$.

В целях уменьшения количества вычислений все режимы приема определяются для городской и пригородной зон или же характеристики приема в этих зонах считаются представляющими больший интерес, чем характеристики приема в сельской местности. Поэтому во всех случаях значение поправки σ_L принимают равным 3,8 дБ, пренебрегая более низким значением 3,1 дБ, которое, согласно [5], справедливо только для сельской местности. Расчетные значения уточненного стандартного отклонения изменчивости в зависимости от местоположения приведены в таблице 73.

ТАБЛИЦА 73

Уточненное стандартное отклонение изменчивости в зависимости от местоположения

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Вероятность охвата	70%	99%	95%	99%	95%	99%
Коэффициент распределения μ	0,52	2,33	1,64	2,33	1,64	2,33
Стандартное отклонение σ_L	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Отклонение изменчивости в зависимости от местоположения антенны σ_r	0	0	0	3	0	3
Уточненное стандартное отклонение изменчивости в зависимости от местоположения σ_s (дБ)	2	8,8	6,2	11,3	6,2	11,3

Отмечается, что принятый в системе HD Radio подход к приему сигнала предполагает хорошее качество приема в помещениях при вероятности охвата местоположений 99%, тогда как в некоторых других подходах достаточным считается значение 95%. Такому повышенному требованию в отношении вероятности охвата (99%) соответствует более высокое уточненное значение стандартного отклонения (11,3 дБ), чем в случае вероятности 95% при приеме в помещениях, когда оно равно 7,9 дБ.

3.2.7 Уточненные потери в месте приема

Полные потери в месте приема складываются из потерь на трассе распространения сигнала и изменчивости в зависимости от местоположения приемника. Оба вида потерь зависят от режима приема. Формула для расчета полных потерь следующая:

$$L_{r1} = \sigma_s + L_h + L_f + L_b, \quad (25)$$

где:

L_{r1} : уточненные полные потери в месте приема (дБ).

Результаты приведены в таблице 74.

ТАБЛИЦА 74

Уточненные потери в месте приема

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Расположение приемной антенны	Вне помещений	Вне помещений	Вне помещений	В помещении	Вне помещений	В помещении
Уточненное стандартное отклонение изменчивости в зависимости от местоположения σ_s (дБ)	2	8,8	6,2	11,3	6,2	11,3
Коэффициент потерь при уменьшении высоты L_h	0	10	10	10	17	17
Потери в фидерном кабеле L_f	1,4	0,3	0	0	0	0
Потери при проникновении в здание L_b	0	0	0	9	0	9
Полные потери в месте приема L_{r1} (дБ)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3

Отмечается, что принятый в системе HD Radio подход к приему сигнала предполагает хорошее качество приема в помещениях при вероятности охвата местоположений 99%, тогда как в некоторых других подходах достаточным считается значение 95%. Такому повышенному требованию в отношении охвата (99%) соответствует увеличение полных потерь в месте приема на 3,4 дБ относительно потерь в случае вероятности 95% при приеме в помещениях.

3.3 Поправочные коэффициенты, обусловленные методологией проектирования

В этом разделе излагаются теоретические основы вычисления поправочных коэффициентов, связанных с методологией проектирования приемника.

Подходы к проектированию приемников в части наилучшего их согласования с принимаемым сигналом для минимизации потерь на трассе, связанных с антенной, могут различаться в зависимости от конкретной системы. Обычно это характеризуется различием в методах анализа и проектирования антенной системы и входного радиочастотного тракта. Традиционный распределенный подход отработан и по большей части, хотя и не в полной мере, изложен в справочных документах. Наряду с ним применяется и более новый интегральный подход, который необходимо учесть.

В рамках распределенного подхода вопросы, связанные с антенной и входным радиочастотным трактом, рассматриваются по отдельности. Для каждого режима приема и соответствующей ему структуры антенны обеспечиваются анализ и числовые данные, полученные путем расчетов или измерений. Результатом является набор различных значений коэффициентов усиления антенны, дополненный разными наборами значений потерь на согласование (или на рассогласование), а также значением допустимого уровня промышленного шума в сочетании с приведенным отдельно коэффициентом шума приемника.

Интегральный подход следует более новой методологии проектирования, при которой антенна, а также расположенное за ней динамически настраиваемое антенное согласующее устройство (которое может отсутствовать) и малошумящий усилитель (МШУ) или буферный усилитель полностью или частично интегрированы. Для антенны – как встроенной, так и дискретной – может быть реализовано непрерывное (то есть динамическое) согласование, поэтому вся цепочка может рассматриваться как имеющая одно значение коэффициента усиления, но разные значения общего коэффициента шума. Расчетные формулы и конкретные значения, применимые в рамках этого подхода, используются в настоящем документе для расчета среднего значения минимальной напряженности поля.

3.3.1 Поправочные коэффициенты для интегрального подхода

Для целей расчета чувствительности антенны часто представляют в виде соответствующих коэффициентов усиления на входе приемников, коэффициенты шума которых рассчитываются отдельно. В ряде традиционных методов проектирования, анализа и измерений все усиление описывается единственным коэффициентом. В таком случае в расчет общих коэффициентов усиления и шума включается только коэффициент шума МШУ (называемый "коэффициент шума приемника"). Однако усиление антенны складывается из постоянного усиления ее конструктивной части, которое может быть рассчитано, и дополнительного усиления (как правило, в действительности это ослабление), которое зависит от характера присоединенной к антенне цепи. Положительный коэффициент усиления конструктивной части, превышающий 0 дБи (-2,2 дБд), соответствует диаграммам направленности, а отрицательный коэффициент усиления характеризует снижение эффективности антенны, которое обычно вызвано рассогласованием антенны и приемника, как описано в [12].

Передовые методы аппаратной реализации приемников могут предусматривать применение динамически настраиваемых цепей, способных улучшить согласование входного тракта приемника, включая МШУ. Для таких реализаций может быть целесообразно рассчитывать общий коэффициент шума приемной системы, состоящей из приемника и антенного согласующего устройства, а коэффициент усиления конструктивной части антенны рассматривать отдельно. Далее задается некоторое эталонное значение конструктивного коэффициента усиления антенны (как правило, берут наименьшее его реалистичное значение), а любое дополнительное ослабление выражают через общий коэффициент шума. В случаях когда достижим более высокий конструктивный коэффициент усиления

антенны, расчеты можно скорректировать в этой части, не затрагивая при этом расчеты общего коэффициента шума.

Определить влияние антенного согласующего устройства на полный коэффициент шума или на интегральный коэффициент усиления антенны можно, руководствуясь Прилагаемым документом 1. Необходимые поправки к конструктивному коэффициенту усиления антенны описаны далее в этом разделе.

3.3.1.1 Поправка к коэффициенту усиления антенны

Чувствительность (требуемая напряженность поля), определенная исходя из полного коэффициента шума приемной системы, уже предполагает коэффициент усиления антенны, равный 1,5 (чисто конструктивное изотропное слагаемое, равное 1,8 дБи/–0,4 дБд и не включающее потери на согласование), как указано в Прилагаемом документе 1. Поэтому в случаях, когда конструктивное слагаемое существенно отличается в большую сторону, вносится поправочный коэффициент Δ_{AG} . Для фиксированного приема коэффициент усиления антенны принимается равным 4 дБд, как рекомендовано в [14]. Для всех прочих режимов приема данные о конструктивном усилении антенны отсутствуют, поэтому предполагается, что антенна не обеспечивает усиления сверх эталонной антенны.

Поправки к коэффициенту усиления для всех режимов приема приведены в таблице 75.

ТАБЛИЦА 75

Поправка к конструктивному коэффициенту усиления антенны

	FX	MO, PO, PI, PO-H, PI-H
Поправка к коэффициенту усиления антенны Δ_{AG} (дБ)	4,4	0

3.3.1.2 Поправка на промышленный шум

Поправка на промышленный шум P_{mnn} (децибелы) служит для учета воздействия принимаемого антенной промышленного шума на характеристики системы.

Традиционный подход к расчету определенных видов шума антенны F_a описан в [15], а также на него дается ссылка в [13]. Однако значения, о которых идет речь, основываются на результатах измерений, выполненных в 1974 году, в совершенно другой радиочастотной обстановке и с использованием других подходов к реализации антенных систем. Эти значения более нельзя считать реалистичными и, следовательно, они непригодны для надежного расчета поправки на промышленный шум.

В [15] коэффициент шума внешней антенны и коэффициент шума приемника рассматриваются отдельно (в отличие от интегрированных систем). В рамках такого подхода рассматривается расчет P_{mnn} на основе коэффициента усиления антенны. Будучи применимым в случае положительных коэффициентов усиления, связанных с диаграммами направленности антенн, этот подход непригоден в случае отрицательных коэффициентов усиления, которые обычно характеризуют согласование между антенной и приемником (как правило, его малошумящим усилителем). Методология проектирования интегральных приемных систем позволяет справиться с этой проблемой.

Результаты более поздних исследований, выполненных OFCOM в 2001–2003 годах (см. [16] и [17]), а также другими исследователями (см. [18]), показывают, что в реальных условиях уровень шума может быть существенно выше. Например, если взять за основу данные OFCOM [17], эталонное значение F_a для расчета поправки на промышленный шум на частоте 100 МГц составляет 21 дБ (что эквивалентно шумовой температуре около 360 000 К). Это значение соответствует "тихой" сельской местности. Результаты измерений для этих условий имеют наименьшее стандартное отклонение и могут считаться имеющими наиболее высокую повторяемость. Это более высокое и гораздо более реалистичное значение может быть использовано для описания промышленного шума в различных режимах приема.

Аналогичный подход к определению поправки на промышленный шум в случае заметных потерь в антенне (то есть высокого интегрального коэффициента шума) используется в [12] и в настоящем Приложении.

Если методику, изложенную в [12], применить к антенне с коэффициентом усиления выше $-2,2$ дБд, результирующее значение P_{min} составит $14,1$ дБ. Она считается применимой в случаях, когда структура приемной системы в разумной степени контролируема физически – например, в случае стационарных, автомобильных систем и крупных переносных устройств.

Соответственно попытка применить скорректированную методику [12] к портативным устройствам, в которых используется антенная система с существенно более низким коэффициентом усиления или пропорционально более высоким коэффициентом шума (в терминах методологии интегральных систем), не даст реалистичных значений P_{min} .

Применяемые значения P_{min} приведены в таблице 76.

ТАБЛИЦА 76

Поправка на промышленный шум для интегральных систем

	FX, MO, PO, PI	PO-H, PI-H
Поправка на промышленный шум P_{min} (дБ)	14,1	0

3.4 Модели каналов и запас на замирания

Конкретные утвержденные EIA модели каналов (замирания), используемые в этом анализе, приведены в Прилагаемом документе 2. Если пытаться рассмотреть все режимы приема и все модели каналов, число возможных комбинаций может оказаться значительным, что увеличит затраты времени на анализ. Чтобы получить параметры для планирования и покрыть все комбинации наименьшим возможным числом сценариев, внимание в этом анализе будет уделено сценариям с наиболее высокими требованиями (в смысле потребного значения отношения C/N и результирующей напряженности поля), а в отношении сценариев с меньшими требованиями будет предполагаться, что они тем самым уже покрыты. Например, можно предположить, что прием в условиях медленного замирания в городской зоне – сценарий с более высокими, чем в пригородной зоне, требованиями, поэтому достаточно будет проанализировать модель медленного замирания в городской зоне. Другой пример: сравнивая профили многолучевого распространения в городской и пригородной зонах, можно предположить, что прием в условиях быстрого замирания в городской зоне (60 км/ч) является сценарием с более высокими требованиями, чем прием в условиях быстрого замирания в пригородной зоне (150 км/ч), поэтому для целей планирования достаточно будет проанализировать модель быстрого замирания в городской зоне.

Комбинации режимов приема и моделей каналов (обозначенных в соответствии с Прилагаемым документом 2) для целей планирования на базе анализа сокращенного числа сценариев приведены в таблице 77.

ТАБЛИЦА 77

Определение режимов приема и моделей каналов

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Тип антенны	Внешняя	Внешняя	Внешняя	Внешняя	Встроенная	Встроенная
Местоположение антенны	Вне помещений	Вне помещений	Вне помещений	В помещениях	Вне помещений	В помещениях
Зона	Пригородная/городская	Пригородная/городская	Пригородная/городская	Пригородная/городская	Городская	Городская
Вероятность охвата	70%	99%	95%	99%	95%	99%
Скорость движения для анализа (км/ч)	0 (статика)	60 (движущийся автомобиль)	2 (ходьба)	0 (квазистатика)	2 (ходьба)	0 (квазистатика)
Модель канала для анализа	FXWGN	UFRM	USRM	FXWGN	USRM	FXWGN

4 Анализ требований к напряженности поля

4.1 Минимальное значение отношения C/N

При расчетах C/N для различных сценариев приема использовались разные модели каналов. В ходе длительного опыта работы с серийно выпускаемыми приемниками стандарта HD Radio наблюдалась корреляция моделей с фактическими условиями приема. В итоге для целей планирования представлены модели, оказывающие наибольшее влияние на рабочие характеристики (то есть требующие более высоких значений отношения C/N).

В качестве рабочего ориентира для оказания услуг приведены значения отношения C/N ($f = 100$ МГц) для среднего BER декодированного сигнала, равного $0,5 \times 10^{-4}$.

При разработке подхода к определению параметров для планирования согласно [12] и в соответствии с потенциальными (и реальными) сценариями использования приемников HD Radio различных типов были приняты следующие предположения.

- 1 Портативные переносные приемники могут использоваться во время ходьбы или в движущемся автомобиле. Медленное (до 2 км/ч) замирание будет с наибольшей вероятностью влиять на прием при движении с пешеходной скоростью, а быстрое (60 км/ч) – на прием при движении в автомобиле. Ожидается, что медленное замирание в городской зоне будет влиять на прием гораздо сильнее, чем быстрое, и поэтому для целей планирования будет рассматриваться именно оно.
- 2 Переносные приемники могут использоваться в квазистатическом режиме (скорость 0 км/ч) или в движущемся автомобиле. Ввиду больших размеров этих приемников по сравнению с портативными приемниками предполагается, что они с наибольшей вероятностью будут использоваться для квазистатического приема. Поэтому для целей планирования рассматривается квазистатический прием на переносные приемники.
- 3 Использование мобильных приемников, как правило, типично для городской зоны. Кроме того, расчеты и реальные тесты не показали существенной разницы во влиянии на качество приема между городской зоной (60 км/ч) и сельской местностью (150 км/ч). Поэтому для целей анализа рассматривается прием в городской зоне, характеризующийся более интенсивными профилями многолучевого распространения.

Анализируемые для целей планирования сценарии и модели вместе с соответствующими требуемыми значениями отношения Cd/N_0 (отношение мощности несущей цифрового сигнала к плотности мощности шума) приведены в таблице 78.

ТАБЛИЦА 78

Требуемое значение отношения C/N для приемника HD Radio в различных режимах приема

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Обозначение модели канала	FXWGN	UFRM	USRM	FXWGN	USRM	FXWGN
Среда	Фиксированная	Городская	Городская	В помещении	Городская	В помещении
Скорость движения (км/ч)	0	60	2 (ходьба)	0 (квазистатика)	2 (ходьба)	0 (квазистатика)
MP9 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	55,3	59,7	64,3	55,3	64,3	55,3
MP12 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	54,4	58,5	62,5	54,4	62,5	54,4
MP19 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	56,8	61,2	65,8	56,8	65,8	56,8
MP1 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	53,8	57,2	61,3	53,8	61,3	53,8
MP11 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	56,3	58,7	62,8	56,3	62,8	56,3

4.2 Интегральный коэффициент шума приемника

В таблице 79 приведены значения коэффициента шума NF приемной системы HD Radio для целей расчета бюджета линии. Эти значения получены путем расчетов и измерений в реальных системах. С учетом непрерывной миниатюризации и интеграции устройств предполагается, что в контексте приема на портативные устройства для целей планирования следует рассматривать как внешнюю антенну (ушной вкладыш), так и внутреннюю встроенную антенну.

В расчетах интегрального коэффициента шума используются консервативные практические численные оценки согласно методу максимальной передачи напряжения с антенны (на МШУ), как указано в Прилагаемом документе 1 и в [19].

Предполагается, что ограничения по энергопотреблению в переносных устройствах будут давать несколько большее (приблизительно на 1 дБ) значение коэффициента шума МШУ, чем в случаях фиксированного приема или приема в автомобиле, когда таких ограничений может не быть.

В портативных устройствах на наилучшее достижимое согласование антенны могут влиять ограниченные размеры излучающих элементов, варьирующиеся элементы и меняющаяся пространственная ориентация, что в совокупности может давать относительно высокие значения интегрального коэффициента шума. Во всех прочих случаях (когда конструктивная часть антенны, структура приемника и их пространственная ориентация могут считаться стабильными и в разумной степени определенными) предполагается, что антенное согласующее устройство обеспечивает наилучшее требуемое согласование для максимальной передачи напряжения, что дает значения, которые могут быть характерными для приемника в отдельности, как указано в [12].

ТАБЛИЦА 79

Полный коэффициент шума приемной системы HD Radio

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
Тип антенны	Внешняя фиксированная	Адаптированная	Внешняя телескопическая/ушной вкладыш	Внешняя телескопическая/ушной вкладыш	Внутренняя	Внутренняя
Коэффициент шума приемной системы NF (дБ)	7	7	8	8	25	25

Чувствительность (требуемая напряженность поля), определенная исходя из полного коэффициента шума приемной системы, уже предполагает коэффициент усиления антенны, равный 1,5 (чисто конструктивное изотропное слагаемое, не включающее потери на рассогласование), а все потери включаются в коэффициент шума. Поэтому поправочный коэффициент Δ_{AG} вносится только в случаях, когда конструктивное слагаемое существенно отличается в большую сторону.

4.2.1 Мощность шума на входе приемника

Этот раздел не содержит никаких эксплуатационных значений и призван лишь подчеркнуть, что такой традиционный подход неприменим для расчетов напряженности поля на приемнике HD Radio, поскольку используется подход с рассмотрением интегрального коэффициента шума.

4.3 Минимальная напряженность поля полезного сигнала, используемая для планирования

Расчеты минимальной медианной напряженности поля выполняются в соответствии с интегральным подходом, как описано в Прилагаемом документе 1.

В определенных конфигурациях (режимах работы системы), в которых одновременно активны каналы P1 и P3/P4 и при этом требования к напряженности поля для канала P1 отличаются от соответствующих требований для каналов P3/P4, для целей планирования используются более жесткие требования (предписывающие более высокое значение отношения C/N). Эти требования приведены в таблицах настоящего раздела.

Минимальные значения медианной напряженности поля E_{med} для системы HD Radio даны в таблицах 80–84.

Отмечается, что хотя расчеты выполнены в соответствии с руководящими указаниями МСЭ, как указано в соответствующих разделах настоящего Приложения, выбранные значения призваны обеспечить достаточное качество приема в реалистичных условиях. В частности, отмечается следующее.

- Принятый в системе HD Radio подход к приему сигнала предполагает обеспечение хорошего качества приема в помещениях при вероятности охвата местоположений 99%, тогда как в некоторых других системах достаточной считается вероятность 95%, которая может не обеспечивать надлежащего качества приема. Такому повышенному требованию в отношении вероятности охвата (99%) соответствует увеличение требуемого значения напряженности поля на 3,4 дБ относительно значения, которое требуется в случае вероятности 95% при приеме в помещениях. Это относится к режимам приема PI и PI-H (и отражено в повышенных значениях полных потерь в месте приема для этих режимов).
- Обширный отраслевой опыт работы с технически сложными малогабаритными приемниками с высокой степенью интеграции, например теми, которые входят в состав портативных устройств и особенно смартфонов, свидетельствует о том, что, возможно, потребуется предусмотреть более высокие потери на аппаратную реализацию, чем для дискретных приемников (автомобильных, переносных). Такому увеличению планируемых потерь соответствует повышение требуемого значения напряженности поля на 2 дБ относительно того значения, которое требуется при использовании исключительно дискретных приемников. Это относится к режимам PO-H и PI-H.

- Технический прогресс последних десятилетий привел к повышению уровня промышленного шума, как отмечается в некоторых опубликованных справочных документах. Принятый в системе HD Radio подход к анализу предусматривает использование данных об уровнях промышленного шума, собранных начиная с 2000 года, тогда как в некоторых других системах могут использоваться данные из справочных документов, собранные в 1974 году или ранее. В рамках этого подхода данные столь большой давности считаются устаревшими, а их использование – потенциально не обеспечивающими надлежащего качества приема. Учет повышенного уровня промышленного шума делает необходимым повышение требуемого значения напряженности поля на 6,2 дБ относительно значения, предусмотренного для более низкого и потенциально нереалистичного уровня промышленного шума. Это относится ко всем режимам приема вне помещений – FX, MO, PO и PI.
- В рамках принятого в системе HD Radio подхода к анализу рассматривается использование портативных и переносных приемников при движении как с пешеходной скоростью, так и со скоростью автомобиля, часто происходящее вне помещений. Считается, что неблагоприятные условия приема при движении с пешеходной скоростью представляют собой сценарий с более высокими требованиями (то есть требуют более высокого значения отношения C/N) ввиду эффектов медленного замирания. Если при подходах, принятых в некоторых других системах, может считаться достаточным анализ приема при движении со скоростью автомобиля, то в контексте системы HD Radio для целей планирования считаются достаточными требования к напряженности поля, предъявляемые в условиях движения с пешеходной скоростью. Движение с пешеходной скоростью приводит к повышению требуемого значения напряженности поля на величину до 4,6 дБ относительно того значения, которое требовалось бы при движении со скоростью автомобиля. Это относится ко всем режимам приема вне помещений – PO и PO-H.

При определении требований к напряженности поля для системы HD Radio рассматриваются наиболее вероятные сценарии использования и делаются консервативные предположения относительно неблагоприятных условий в канале, уровня промышленного шума и запасов на развертывание. Принятие менее консервативных предположений или использование устаревших данных может привести к занижению требуемых значений напряженности поля более чем на 10 дБ, следствием чего может стать неадекватное планирование, а в итоге – ненадлежащее качество приема.

ТАБЛИЦА 80

**Минимальные значения медианной напряженности поля для системы HD Radio
в режиме MP9 при различных режимах приема**

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP9 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	55,3	59,7	64,3	55,3	64,3	55,3
Поправка к коэффициенту усиления антенны Δ_{AG} (дБ)	4,4	0	0	0	0	0
Потери в месте приема L_{r1} (дБ)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Потери на аппаратную реализацию L_{im} (дБ)	3	3	3	3	5	5
Коэффициент шума приемной системы NF (дБ)	7	7	8	8	25	25
Поправка на промышленный шум P_{mmn} (дБ)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Минимальный медианный уровень напряженности поля (дБмкВ/м)	19,9	44,4	47,1	52,2	59,0	64,1

ТАБЛИЦА 81

**Минимальные значения медианной напряженности поля для системы HD Radio
в режиме MP12 при различных режимах приема**

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP12 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	54,4	58,5	62,5	54,4	62,5	54,4
Поправка к коэффициенту усиления антенны Δ_{AG} (дБ)	4,4	0	0	0	0	0
Потери в месте приема L_{r1} (дБ)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Потери на аппаратную реализацию L_{im} (дБ)	3	3	3	3	5	5
Коэффициент шума приемной системы NF (дБ)	7	7	8	8	25	25
Поправка на промышленный шум P_{mmn} (дБ)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Минимальный медианный уровень напряженности поля (дБ(мкВ/м))	19,0	43,2	45,3	51,3	57,3	63,2

ТАБЛИЦА 82

**Минимальные значения медианной напряженности поля для системы HD Radio
в режиме MP19 при различных режимах приема**

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP19 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	56,8	61,2	65,8	56,8	65,8	56,8
Поправка к коэффициенту усиления антенны Δ_{AG} (дБ)	4,4	0	0	0	0	0
Потери в месте приема L_{r1} (дБ)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Потери на аппаратную реализацию L_{im} (дБ)	3	3	3	3	5	5
Коэффициент шума приемной системы NF (дБ)	7	7	8	8	25	25
Поправка на промышленный шум P_{mmn} (дБ)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Минимальный медианный уровень напряженности поля (дБ(мкВ/м))	21,4	45,9	48,6	53,7	60,5	65,6

ТАБЛИЦА 83

**Минимальные значения медианной напряженности поля для системы HD Radio
в режиме MP1 при различных режимах приема**

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP1 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	53,8	57,2	61,3	53,8	61,3	53,8
Поправка к коэффициенту усиления антенны Δ_{AG} (дБ)	4,4	0	0	0	0	0
Потери в месте приема L_{r1} (дБ)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Потери на аппаратную реализацию L_{im} (дБ)	3	3	3	3	5	5
Коэффициент шума приемной системы NF (дБ)	7	7	8	8	25	25
Поправка на промышленный шум P_{mmn} (дБ)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Минимальный медианный уровень напряженности поля (дБ(мкВ/м))	18,4	41,9	44,1	50,7	56,0	62,6

ТАБЛИЦА 84

**Минимальные значения медианной напряженности поля для системы HD Radio
в режиме MP11 при различных режимах приема**

Режим приема	FX	MO	PO	PI	PO-H	PI-H
MP11 Требуемое значение Cd/N_0 (дБ · Гц)	56,3	58,7	62,8	56,3	62,8	56,3
Поправка к коэффициенту усиления антенны Δ_{AG} (дБ)	4,4	0	0	0	0	0
Потери в месте приема L_{π} (дБ)	3,4	19,1	16,2	30,3	23,2	37,3
Потери на аппаратную реализацию L_{im} (дБ)	3	3	3	3	5	5
Коэффициент шума приемной системы NF (дБ)	7	7	8	8	25	25
Поправка на промышленный шум P_{mmn} (дБ)	14,1	14,1	14,1	14,1	0	0
Минимальный медианный уровень напряженности поля (дБ(мкВ/м))	20,9	43,4	45,6	53,2	57,5	65,1

**Прилагаемый документ 1
к Приложению 4**

**Расчет минимального медианного уровня напряженности поля
интегральным методом**

Настоящий Прилагаемый документ содержит теоретические основы типового расчета минимальной медианной напряженности поля для систем, в которых применяется интегральный метод, а также алгоритм расчета и необходимые формулы.

Теоретические основы расчета минимальной эталонной напряженности поля

Чувствительность приемника, то есть минимальная требуемая напряженность поля сигнала на приемной антенне (E), выражается как функция предварительно заданного отношения C/N_0 , шума действующей длины h_e антенны (h_e есть функция сопротивления излучения) и передаточной функции антенной согласующей цепи $H_a(f)$. Для заданной напряженности поля сигнала E (мкВ/м), воздействующей на антенну, C/N_0 выражается как функция напряженности поля, действующей длины антенны $h_e(f)$, передаточной функции антенного согласованного фильтра цепи $H_a(f)$ и суммы источников шума N_0 .

ПРИМЕЧАНИЕ. – Формула дается для антенны с наименьшим реалистичным коэффициентом направленного действия, то есть короткого симметричного вибратора (с длиной $l \ll \lambda$), и коэффициентом усиления 1,5 (1,76 дБи; –0,4 дБд). Любое значение усиления выше –0,4 дБд должно быть учтено отдельно в расчетах бюджета линии. Предполагается, что любое значение усиления ниже –0,4 дБд обусловлено снижением КПД вследствие рассогласования и уже учтено в расчетах, как описано в этом разделе.

Мощность сигнала C (Вт) на входе МШУ выражается следующей формулой:

$$C = [E \text{ (мкВ/м)} \cdot 10^{-6} \cdot h_e(f) \cdot |H_a(f)|]^2. \quad (26)$$

Спектральная плотность мощности шума (PSD) на входе МШУ (для сопряженно согласованной антенны) как функция уровня фонового шума и коэффициента шума МШУ (NFLNA) выражается следующей формулой:

$$N_0 = \kappa \cdot T_0 \cdot R_{LNA} \cdot 10^{NF_{LNA}/10} + \kappa \cdot (T_{amb} - T_0) \cdot R_{LNA}. \quad (27)$$

В отношении эталонной температуры T_0 предполагается, что $T_{amb} = T_0$. Кроме того, вход МШУ частотно зависим и может не быть сопряженно согласован с антенной. Совокупная спектральная плотность мощности шума выражается следующей формулой:

$$N_0(f) = \kappa \cdot T_0 \cdot [R_{LNA} \cdot (10^{NF_{LNA}/10} - 2) + 4 \cdot \text{Re}\{Z_{in}(f)\}], \quad (28)$$

где Z_{in} – импеданс на входе МШУ, включая входной импеданс МШУ, а $NFLNA$ – коэффициент шума МШУ. Коэффициент шума (NF) приемной системы – это выраженное в децибелах отношение общей мощности шума к мощности шума, производимого сопротивлением излучения антенны:

$$NF = 10 \cdot \log \left(\frac{\kappa \cdot T_0 \cdot [R_{LNA} \cdot (10^{NF_{LNA}/10} - 2) + 4 \cdot \text{Re}\{Z_{in}\}]}{4 \cdot \kappa \cdot T_0 \cdot R_a(f) \cdot |H_a(f)|^2} \right) \quad (29)$$

или, что то же самое,

$$NF = 10 \cdot \log(N_0) + 204 - 10 \cdot \log(4 \cdot R_a(f) \cdot |H_a(f)|^2). \quad (30)$$

Отношение несущей к плотности шума на выходе МШУ выражается следующей формулой:

$$\frac{C}{N_0} = \frac{[E(\text{мкВ/М}) \cdot 10^{-6} \cdot h_e(f) \cdot |H_a(f)|]^2}{N_0}. \quad (31)$$

Выразим это в децибелах:

$$C/N_0 = 10 \cdot \log \left(\frac{C}{N_0} \right) = E(\text{дБн}) - 120 + 10 \cdot \log(h_e(f)^2 \cdot |H_a(f)|^2) - 10 \cdot \log(N_0) \quad (32)$$

или, что то же самое,

$$C/N_0 = E(\text{дБн}) + 78 + 10 \cdot \log \left(\frac{h_e(f)^2}{R_a(f)} \right) - NF. \quad (33)$$

Тогда требуемая напряженность поля E (дБн) как функция требуемого отношения C/N будет равна:

$$E(\text{дБн}) = C/N_0 - 78 - 10 \cdot \log \left(\frac{h_e(f)^2}{R_a(f)} \right) + NF. \quad (34)$$

Зависимость действующей длины антенны h_e от ее сопротивления излучения R_a имеет вид:

$$h_e = 2 \cdot \sqrt{\frac{R_a \cdot A_e}{Z_0}}, \quad (35)$$

где $A_e = \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} \cdot G$, $Z_0 = 120 \cdot \pi$, а $G = 1,5$ (1,8 дБи; -0,4 дБд) – постоянный коэффициент направленного действия для коротких антенн ($h_e \ll \lambda$):

$$10 \cdot \log \left(\frac{h_e(f)^2}{R_a(f)} \right) = 10 \cdot \log \left(\frac{\lambda^2}{120 \cdot \pi^2} \cdot G \right) = 20 \cdot \log(\lambda) - 29. \quad (36)$$

Тогда требуемая напряженность поля как функция λ и коэффициента шума приемной системы NF выражается формулой:

$$E(\text{дБн}) = C/N_0 - 49 - 20 \cdot \log(\lambda) + NF. \quad (37)$$

Определение минимальной требуемой напряженности поля

Для каждой конфигурации системы и каждого режима приема применяются значение отношения C/N и значение NF , где NF – интегральный коэффициент шума приемной системы в децибелах, а C/N_0 – отношение несущей к плотности шума в дБ · Гц.

Для удобства можно воспользоваться следующим соотношением:

$$C/N_0 = 10 \cdot \log \left(\frac{C}{N_0} \right) = SNR + 10 \cdot \log(\text{BWn}), \quad (38)$$

где BWn – ширина шумовой полосы приемника (в идеальном случае – ширина полосы сигнала).

Если взять $\lambda = 3$ м для частоты 100 МГц, минимальная требуемая напряженность поля E_r выражается следующей формулой:

$$E_r (\text{дБн}) = C/N_0 - 58,5 + NF. \quad (39)$$

Поправка к конструктивному коэффициенту усиления антенны

Поскольку при типовом расчете по формуле (39) используется минимальный реалистичный коэффициент усиления (-0,4 дБд), то в случае если указан более высокий конструктивный коэффициент усиления, необходимо вычислить поправку:

$$\Delta_{AG} [\text{дБ}] = Ag [\text{дБ}] + 0,4, \quad (40)$$

где Δ_{AG} – поправка к конструктивному коэффициенту усиления антенны в децибелах.

Определение требуемой минимальной медианной напряженности поля

Минимальная медианная напряженность поля рассчитывается по формуле

$$E_{med} = E_r + MMN - \Delta_{AG} + L_{rl} + L_{im} \quad (41)$$

или

$$E_{med} = C/N_0 - 58,5 + NF + MMN - \Delta_{AG} + L_{rl} + L_{im}, \quad (42)$$

где:

- L_{rl} : потери в месте приема (дБ);
- L_{im} : потери на аппаратную реализацию (дБ);
- MMN : поправка на промышленный шум, вычисленная по методу, рекомендованному в [12], но с использованием интегрального коэффициента шума NF , а не коэффициента усиления антенны.

Прилагаемый документ 2 к Приложению 4

Модели каналов

Модели каналов, описываемые в настоящем Прилагаемом документе, могут применяться в совокупности с режимами приема.

ТАБЛИЦА 85

Фиксированный прием в условиях модели канала с белым гауссовским шумом (FXWGN)

Луч	Задержка (мкс)	Затухание (дБ)	Доплеровская частота (Гц)
1	0,0	0,0	0

ТАБЛИЦА 86

Модель канала для городской зоны с медленным рэлеевским многолучевым замиранием (USRM)

Луч	Задержка (мкс)	Затухание (дБ)	Доплеровская частота (Гц)
1	0,0	2,0	0,174 (отражает скорость ~2 км/ч)
2	0,2	0,0	
3	0,5	3,0	
4	0,9	4,0	
5	1,2	2,0	
6	1,4	0,0	
7	2,0	3,0	
8	2,4	5,0	
9	3,0	10,0	

ТАБЛИЦА 87

Модель канала для городской зоны с быстрым рэлеевским многолучевым замиранием (UFRM)

Луч	Задержка (мкс)	Затухание (дБ)	Доплеровская частота (Гц)
1	0,0	2,0	5,231 (отражает скорость ~60 км/ч)
2	0,2	0,0	
3	0,5	3,0	
4	0,9	4,0	
5	1,2	2,0	
6	1,4	0,0	
7	2,0	3,0	
8	2,4	5,0	
9	3,0	10,0	

ТАБЛИЦА 88

Модель канала для сельской местности с быстрым рэлеевским многолучевым замиранием (RFRM)

Луч	Задержка (мкс)	Затухание (дБ)	Доплеровская частота (Гц)
1	0,0	4,0	13,08 (отражает скорость ~150 км/ч)
2	0,3	8,0	
3	0,5	0,0	
4	0,9	5,0	
5	1,2	16,0	
6	1,9	18,0	
7	2,1	14,0	
8	2,5	20,0	
9	3,0	25,0	

ТАБЛИЦА 89

Модель канала с быстрым рэлеевским многолучевым замиранием,
обусловленным препятствиями рельефа местности (TORM)

Луч	Задержка (мкс)	Затухание (дБ)	Доплеровская частота (Гц)
1	0,0	10,0	5,231 (отражает скорость ~60 км/ч)
2	1,0	4,0	
3	2,5	2,0	
4	3,5	3,0	
5	5,0	4,0	
6	8,0	5,0	
7	12,0	2,0	
8	14,0	8,0	
9	16,0	5,0	

Прилагаемый документ 3 к Приложению 4

Преобразование отношения C/N_0 в отношение S/N в ИВОС

Отношение несущей к шуму, часто обозначаемое на письме как CNR или C/N – это отношение сигнал/шум (S/N) для модулированного сигнала. Мощность шума N обычно определяется в полосе частот обработки (приема) сигнала.

Отношение мощности несущей к плотности шума (C/N_0) схоже с отношением несущей к шуму с тем исключением, что мощность шума N_0 дается в расчете на единицу ширины полосы частот (Гц).

При анализе часто проводят различие между мощностью цифровой модуляции сигнала Cd и общей мощностью сигнала C . Это используется, например, при рассмотрении гибридного ЧМ-сигнала ИВОС, когда проводится различие между мощностью только цифрового сигнала Cd и мощностью аналогового ЧМ-сигнала C .

Пример преобразования отношения Cd/N_0 в отношение C/N или S/N для цифрового ЧМ-сигнала ИВОС

Для конфигурации системы с одним цифровым блоком с шириной полосы частот 70 кГц имеем:

$$SNR_{дБ} \equiv (Cd/N)_{дБ} = Cd_{дБ} - N_{дБ};$$

$$N_{дБ} = N_{0 дБ} + 10 \cdot \log(70 \text{ кГц}) = N_{0 дБ} + 48,45 \text{ дБ}.$$

Тогда:

$$SNR_{дБ} \equiv (Cd/N_0)_{дБ} = 48,45 \text{ дБ}.$$

Библиография

- [1] Рекомендация МСЭ-R BS.1114-7 – Системы наземного цифрового звукового радиовещания на автомобильные, переносные и стационарные приемники в диапазоне частот 30–3000 МГц.
 - [2] Recommendation ITU-R BS.412-9 – Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF.
 - [3] Recommendation ITU-R BS.704 – Characteristics of FM sound broadcasting reference receivers for planning purposes.
 - [4] Recommendation ITU-R BS.415-2 – Minimum performance specifications for low-cost sound-broadcasting receivers.
 - [5] Рекомендация МСЭ-R P.1546 – Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц.
 - [6] U.S.A FCC Title 47, Part 73, Section 73.215: Contour Protection for Short Spaced Assignment.
 - [7] U.S. National Radio System Committee NRSC-5-D: In-Band/On-Channel Digital Radio Broadcasting Standard.
 - [8] iBiquity Digital Corporation. Document Number SY_IDD_1011s. HD Radio Air Interface Design Description – Layer 1 FM.
 - [9] U.S.A FCC MM Docket No. 99-325, 17 FCC RCD 19990: Digital Audio Broadcasting System and Impact on the Terrestrial Radio Broadcast Service, First Report and Order. October 10, 2002.
 - [10] U.S.A FCC MM Docket No. 99-325, DA 10-208, FCC RCD 10344: Digital Audio Broadcasting System and Impact on the Terrestrial Radio Broadcast Service, Order, Released January 29, 2010. Digital Power Increase for FM Stations Approved.
 - [11] ITU RRC-84: Final Acts of the Regional Administrative Conference for the Planning of VHF Sound Broadcasting. Geneva, 1984.
 - [12] EBU-TECH 3317: Planning parameters for hand held reception.
 - [13] GE-06: Заключительные акты региональной конференции радиосвязи по планированию работы службы цифрового наземного радиовещания в частях регионов 1 и 3, в полосах частот 174–230 МГц и 470–862 МГц (РРЦ-06). Приложение 3. Технические основы и характеристики.
 - [14] Recommendation ITU-R BS.599 – Directivity of antennas for the reception of sound broadcasting in band 8 (VHF).
 - [15] Рекомендация МСЭ-R P.372-9 – Радиошум.
 - [16] RA(OfCom) AY 3952: Feasibility Study into the Measurement of Man-Made Noise. 2001.
 - [17] RA(OfCom) AY4119: Man-Made Noise Measurement Programme. 2003.
 - [18] J. Rantakko, E. Lofsved, and M. Alexandersson. Measurement of Man-Made Noise at VHF. EMC Europe Workshop. 2005.
 - [19] Brian Kroeger and Paul Peyla: Adaptive impedance matching (AIM) for electrically small radio receiver antennas. NAB. April 8, 2013.
 - [20] Wiesbaden 1995 Special Arrangement: The CEPT T-DAB Planning Meeting, Wiesbaden, July 1995.
-