

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R ВТ.2033-2
(01/2022)

**Критерии планирования, включая
защитные отношения, для систем
цифрового наземного телевизионного
вещания второго поколения
в диапазонах ОВЧ/УВЧ**

Серия ВТ
Радиовещательная служба
(телевизионная)



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 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	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, 2022 г.

© ITU 2022

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 ВТ.2033-2

**Критерии планирования, включая защитные отношения,
для систем цифрового наземного телевизионного вещания
второго поколения в диапазонах ОВЧ/УВЧ**

(2013-2015-2022)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются критерии планирования, включая защитные отношения, для различных методов реализации систем цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ) второго поколения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.

Ключевые слова

ЦНТВ, DVB-T2, ISDB-T, ATSC 3.0, DTMB, DTMB-A, критерии планирования, защитное отношение, второе поколение.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1306 разработаны системы цифрового наземного телевидения, предназначенные для использования в полосах радиовещания, которые называются существующими системами;
- b)* что эти существующие системы ЦНТВ первого поколения были развернуты для передачи сигналов служб цифрового наземного телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ;
- c)* что во многих администрациях аналоговые телевизионные службы выведены из телевизионных диапазонов ОВЧ/УВЧ;
- d)* что телевизионные услуги ЦНТВ будут использоваться еще в течение продолжительного периода времени;
- e)* что в диапазонах ОВЧ/УВЧ существует много типов помех, включая помехи от совмещенных и соседних каналов, помехи от систем зажигания, многолучевость и другие типы искажения сигналов;
- f)* последние достижения в области кодирования каналов и модуляции позволили получить новые методы с характеристиками, приближающимися к границе Шеннона;
- g)* что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1877 определены методы исправления ошибок, формирования кадров данных, модуляции и излучения для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения, распространенных во всем мире;
- h)* что эти новые цифровые методы могут позволить повысить спектральную и энергетическую эффективность по сравнению с существующими системами при сохранении возможности гибкой конфигурации, для того чтобы обойтись имеющимися ресурсами ширины полосы и мощности вещательного сигнала;
- i)* что рекомендуемая система использует такие методы и поэтому предоставляет возможность широкого выбора между работой при минимальных уровнях C/N или максимальной пропускной способности;
- j)* что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1368 определены критерии планирования для различных методов предоставления услуг цифрового наземного телевидения первого поколения в диапазонах ОВЧ/УВЧ;
- k)* что наличие совместимых наборов критериев планирования, согласованных администрациями, облегчит внедрение услуг цифрового наземного телевидения второго поколения,

рекомендует,

чтобы в качестве основы для планирования частот для услуг цифрового наземного телевидения второго поколения использовались соответствующие критерии планирования, включая защитные отношения (PR) и соответствующие значения минимальной напряженности поля, приведенные в Приложениях 1, 2, 7 и 8.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Приложения 4 и 6 являются неотъемлемой частью настоящей Рекомендации. Приложения 3 и 5 представлены для информации.

Введение

В настоящей Рекомендации содержатся следующие Приложения.

Приложение 1 – Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевидения второго поколения стандарта DVB в диапазонах ОВЧ/УВЧ для каналов с шириной полосы 7 и 8 МГц.

Приложение 2 – Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевидения второго поколения стандарта DVB в диапазонах ОВЧ/УВЧ для каналов с шириной полосы 6 МГц.

Приложение 3 – Дополнительные результаты испытаний, полученные от Соединенного Королевства и Российской Федерации.

Приложение 4 – Другие факторы планирования, например типы антенн и развязка антенны, уменьшение высоты антенны и т. д.

Приложение 5 – Описание метода субъективного определения точки отказа.

Приложение 6 – Тропосферные и непрерывные помехи.

Приложение 7 – Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения ATSC 3.0 в диапазонах ОВЧ/УВЧ.

Приложение 8 – Критерии планирования для цифровых телевизионных систем DTMB-A в диапазонах ОВЧ/УВЧ.

Общие положения

Защитное отношение по РЧ представляет собой минимальное значение отношения полезного сигнала к мешающему сигналу на входе приемника, обычно выраженное в децибелах.

В настоящей Рекомендации защитные отношения основаны на измерениях с использованием методики испытаний и эталонных уровней мощности сигнала, определенных в [1].

Администрациям предлагается представить дополнительные результаты измерений в целях дополнения настоящей Рекомендации.

Системы цифрового наземного телевидения с полезным сигналом

Защитные отношения для систем цифрового наземного телевидения применяются как к непрерывным, так и к тропосферным помехам. Защитные отношения относятся к центральной частоте системы цифрового наземного телевидения с полезным сигналом.

Поскольку цифровой телевизионный приемник должен успешно функционировать в присутствии помех с высоким уровнем сигнала в соседних каналах, требуется высокий уровень линейности входных характеристик приемника.

Защитные отношения для систем цифрового наземного телевидения, которые выступают в качестве мешающих, такие же, как и в том случае, когда полезный и мешающий сигналы не синхронизированы и/или исходят из разных программных источников.

Измерение защитных отношений производится на основе установления условий помех, при которых начинает пропадать изображение, с использованием метода субъективного определения точки отказа (SFP), определенного в [1].

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)	ii
Приложение 1 (нормативное) – Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевидения второго поколения стандарта DVB в диапазонах ОВЧ/УВЧ для каналов с шириной полосы 7 и 8 МГц.....	6
1 Защитные отношения для полезных сигналов цифрового наземного телевидения DVB-T2.....	6
1.1 Конфигурация полезного сигнала	6
1.2 Характеристики мешающего сигнала LTE	7
1.3 Примечания, относящиеся к таблицам защитных отношений и пороговых уровней перегрузки	7
1.4 Защита сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2	8
1.5 Защитные отношения и пороговые уровни перегрузки для сигнала DVB-T2, испытывающего помехи от сигналов базовой станции (БС) и оборудования пользователя LTE	9
1.6 Поправочные коэффициенты для различных вариантов полезной системы DVB-T2 и различных условий приема	15
1.7 Выбор PR и O_{th} для исследований совместного использования частот.....	16
1.8 Влияние помех от переходного процесса на защитные отношения.....	16
2 Минимальная напряженность поля для наземного цифрового телевидения DVB-T2	17
3 Справочные документы	20
Прилагаемый документ 1 к Приложению 1 – Расчет минимальной напряженности поля и минимальной медианной эквивалентной напряженности поля	20
Прилагаемый документ 2 к Приложению 1 – Результаты испытания модульных тюнеров.....	21
Прилагаемый документ 3 к Приложению 1 – Влияние помех от переходного процесса на защитные отношения	24
1 Базовая информация	24
2 Измерения	25
2.1 Источники сигналов.....	25
2.2 Сдвиги частоты.....	26
2.3 Процедура измерения	26
2.4 Испытываемые приемники.....	27
3 Результаты	27
4 Выводы.....	30

Прилагаемый документ 4 к Приложению 1 – Технологии и характеристики ТВ тюнеров	31
Приложение 2 (нормативное) – Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевидения второго поколения стандарта DVB в диапазонах ОВЧ/УВЧ для каналов с шириной полосы 6 МГц	32
1 Защитные отношения для полезного сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2 6 МГц.....	32
1.1 Защитные отношения для полезного сигнала DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала цифрового наземного телевидения.....	32
1.2 Защитные отношения для полезного сигнала DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала аналогового наземного телевидения	35
Приложение 3 (для информации) – Дополнительные результаты испытаний.....	36
1 Дополнительные результаты испытаний из Соединенного Королевства.....	36
2 Дополнительные результаты испытаний из Российской Федерации.....	37
Приложение 4 (нормативное) – Другие факторы планирования	37
1 Распределение напряженности поля в зависимости от мест приема	37
2 Прием на переносное оборудование в зданиях и транспортных средствах	38
2.1 Потери по высоте L_h	38
2.2 Потери на входе в здание L_b	38
2.3 Потери на входе в транспортное средство L_v	39
3 Избирательность приемной антенны	39
4 Антенны для приема на переносное и мобильное оборудование.....	39
4.1 Антенны для приема на переносное оборудование	39
4.2 Антенны для приема на портативное оборудование	40
4.3 Антенны для приема на мобильное оборудование	40
5 Промышленный шум (MMN).....	41
Приложение 5 (для информации) – Методы оценки точки отказа	41
1 Метод субъективного определения точки отказа (SFP) для измерения защитных отношений.....	41
Приложение 6 (нормативное) – Тропосферные и непрерывные помехи.....	42
1 Тропосферные и непрерывные помехи.....	42
Приложение 7 (нормативное) – Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения ATSC 3.0 в диапазонах ОВЧ/УВЧ	43

Стр.

1	Защитные отношения для сигналов цифрового наземного телевизионного вещания ATSC 3.0.....	43
2	Минимальная напряженность поля для сигнала наземного цифрового телевизионного вещания ATSC 3.0	43
3	Справочные материалы	47
Приложение 8 (нормативное) – Критерии планирования для цифровых телевизионных систем DTMB-A в диапазонах ОВЧ/УВЧ.....		47
1	Защитные отношения для полезных сигналов цифрового наземного телевидения DTMB-A	47
1.1	Защита сигнала DTMB-A, испытывающего помехи от сигнала DTMB-A	47
1.2	Защита сигнала DTMB-A, испытывающего помехи от аналогового наземного телевидения	48
2	Защитные отношения для полезных сигналов наземного аналогового телевидения, испытывающих помехи от мешающих сигналов DTMB-A 8 МГц	50
2.1	Защита полезных видеосигналов, испытывающих помехи от сигнала DTMB-A 8 МГц	50
3	Минимальная напряженность поля для фиксированного приема DTMB-A	51
4	Минимальная медианная напряженность поля для мобильного приема DTMB-A	52
4.1	Необходимое среднее значение C/N для мобильного приема	52
4.2	Коэффициент шума приемника	53
Прилагаемый документ 1 к Приложению 8 – Расчет минимальной напряженности поля и минимальной медианной эквивалентной напряженности поля		54

Приложение 1 (нормативное)

Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевидения второго поколения стандарта DVB в диапазонах ОВЧ/УВЧ для каналов с шириной полосы 7 и 8 МГц

1 Защитные отношения для полезных сигналов цифрового наземного телевидения DVB-T2

1.1 Конфигурация полезного сигнала

Для уменьшения числа измерений и таблиц предлагается измерять защитные отношения для систем DVB-T2 в следующем режиме, показанном в таблице 1. Значения защитных отношений для различных требуемых рабочих режимов можно рассчитать, используя приведенные измеренные значения. Если не указано иное, в настоящем Приложении все данные соответствуют этому режиму.

ТАБЛИЦА 1

Предпочтительный тип режима измерения защитных отношений для DVB-T2

Параметр	Значение
Размерность БПФ	32 К
Защитный интервал	1/128
Символы данных	59
SISO/MISO	SISO
Отношение пиковой мощности к средней мощности (PAPR)	Нет
Кол-во кадров в суперкадре	2
Ширина полосы (МГц)	8
Режим расширенной ширины полосы	Да
Способ размещения несущих	PP7
Модуляция L1	64-QAM
PLP #0	
Тип	1
Модуляция	256-QAM
Кодовая скорость	2/3
Тип упреждающей коррекции ошибок (FEC)	64 800
Повернутое созвездие QAM	Да
Кол-во блоков FEC в перемежающемся кадре	202
Количество блоков TI в кадре (N_TI)	3
Количество кадров T2 в перемежающемся кадре (P_I)	1
Интервал кадра (I_JUMP)	1
Тип временного перемежения	0
Длительность временного перемежения	3
C/N (Канал AWGN), дБ	19,7
Скорость передачи данных, Мбит/с	40,2

1.2 Характеристики мешающего сигнала LTE

В настоящей Рекомендации защитные отношения и пороговые уровни перегрузки для базовых станций (БС) LTE и оборудования пользователя (ОП) основаны на измерениях с использованием записанного сигнала LTE с шириной полосы 10 МГц, создаваемого реальным оборудованием БС и ОП при трех различных значениях информационной нагрузки. Эти записи были отфильтрованы для устранения внеполосных артефактов и приведены к формату I/Q данных, которые пригодны для воспроизведения стандартными лабораторными векторными генераторами сигналов.

Информационная нагрузка БС распределяется по следующим категориям:

- a) не заполнена – состоит в основном из сигналов синхронизации и оповещения при наличии редких данных;
- b) нагрузка 50% – средняя нагрузка;
- c) нагрузка 100% – нагрузка, при которой все ресурсные блоки используются все время.

Информационная нагрузка ОП распределяется по следующим категориям:

- a) 1 Мбит/с – малая нагрузка, при которой только небольшое количество ресурсных блоков используется в течение некоторого времени;
- b) 10 Мбит/с – средняя нагрузка;
- c) 20 Мбит/с – высокая нагрузка.

Мощность сигналов с меньшей информационной нагрузкой, которые могут приводить к ухудшению PR и O_{th} в некоторых приемниках, гораздо существенно меняется во времени.

1.3 Примечания, относящиеся к таблицам защитных отношений и пороговых уровней перегрузки

Во избежание повтора, если не указано иное, следующие примечания относятся к таблицам 2–11 и таблицам 14–18.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – 90-й перцентиль для значения защитного отношения соответствует защите 90% измеренных приемников с учетом заданного сдвига и параметра частоты, при этом для защиты 90% измеренных приемников должен использоваться 10-й перцентиль для порога перегрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Δf – это разность между центральной частотой мешающего канала и центральной частотой полезного канала.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – NR – O_{th} не достигается. Поэтому на этом сдвиге частоты защитное отношение является главным критерием.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Значение PR применимо только в случае, если уровень мешающего сигнала не превышает соответствующий уровень O_{th} . Если уровень мешающего сигнала выше соответствующего уровня O_{th} , приемник подвергается воздействию мешающего сигнала при любом отношении сигнала к помехе.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – При уровне полезного сигнала, близком к чувствительности приемника, должен учитываться шум, например при чувствительности +3 дБ к защитному отношению должно быть добавлено 3 дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Значения PR для различных вариантов системы и различных условий приема могут быть получены с использованием поправочных коэффициентов из таблицы 10 этого Приложения. Порог перегрузки считается независимым от варианта системы и условий приема.

ПРИМЕЧАНИЕ 7. – Значения защитных отношений округляются до ближайшего целого.

ПРИМЕЧАНИЕ 8. – Райсовские и статичные рэлеевские каналы связи определены в разделе 14.1 стандарта ETSI TS 102 831 "Цифровое телевизионное вещание (DVB); Руководящие указания по внедрению систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2)". Они также описаны в стандарте ETSI EN 300 744 "Цифровое телевизионное вещание (DVB); Структура кадра, канальное кодирование и модуляция для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2)".

ПРИМЕЧАНИЕ 9. – Уровни утечки мощности в соседний канал (ACLR) для мешающих сигналов БС LTE, используемых при измерениях, составляют не менее 60 дБ для N-1, и они являются существенно более высокими для N-2 и больших сдвигов.

В таблицах 2–11 и таблицах 14–18 приведены защитные отношения для полезных сигналов цифрового наземного телевидения DVB-T2, испытывающих помехи от:

- сигналов цифрового наземного телевидения DVB-T2;
- сигналов базовой станции (БС) LTE;
- сигналов оборудования пользователя (ОП) LTE.

1.4 Защита сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2

В таблице 2 приведены теоретические значения, которые рассчитаны для определенного в таблице 1 режима с использованием метода, описанного в Отчете МСЭ-R ВТ.2254.

ТАБЛИЦА 2

**Защитные отношения по совмещенному каналу (дБ) для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала DVB-T2
в аналогичном режиме**

Модуляция	Кодовая скорость	Гауссовский канал	Райсовский канал, Примечание 8	Рэлеевский (статический) канал, Примечание 8
QPSK	1/2	2,4	2,6	3,4
QPSK	3/5	3,6	3,8	4,9
QPSK	2/3	4,5	4,8	6,3
QPSK	3/4	5,5	5,8	7,6
QPSK	4/5	6,1	6,5	8,5
QPSK	5/6	6,6	7,0	9,3
16-QAM	1/2	7,6	7,8	9,1
16-QAM	3/5	9,0	9,2	10,7
16-QAM	2/3	10,3	10,5	12,2
16-QAM	3/4	11,4	11,8	13,9
16-QAM	4/5	12,2	12,6	15,1
16-QAM	5/6	12,7	13,1	15,9
64-QAM	1/2	11,9	12,2	14,0
64-QAM	3/5	13,8	14,1	15,8
64-QAM	2/3	15,1	15,4	17,2
64-QAM	3/4	16,6	16,9	19,3
64-QAM	4/5	17,6	18,1	20,9
64-QAM	5/6	18,2	18,7	21,8
256-QAM	1/2	15,9	16,3	18,3
256-QAM	3/5	18,2	18,4	20,5
256-QAM	2/3	19,7	20,0	22,1
256-QAM	3/4	21,7	22,0	24,6
256-QAM	4/5	23,1	23,6	26,6
256-QAM	5/6	23,9	24,4	28,0

В таблице 3 приведены защитные отношения для трех типов каналов передачи (то есть гауссовского, райсовского и рэлеевского). Для приема на фиксированное и переносное оборудование следует принять значения, относящиеся к райсовскому и рэлеевскому каналам, соответственно.

К системам DVB-T2 с шириной полосы 6, 7 и 8 МГц должны применяться одни и те же поправки к защитным отношениям, указанные в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3

Защитные отношения (дБ) и порог перегрузки (дБм) для сигнала DVB-T2 (определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала DVB-T2 (определенного в таблице 1) в соседних каналах, применительно к "кремниевым" тюнерам

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Сдвиг центральной частоты (МГц)	Кол-во испытанных приемников	PR (дБ)		O _{th} (дБм)	
			Процентиль		Процентиль	
			50-й	90-й	10-й	50-й
-9	72	11	-54	-50	-14	0
-4	-32	11	-50	-44	-14	-2
-3	-24	11	-48	-44	-14	-2
-2	-16	11	-47	-43	-15	-6
-1	-8	11	-35	-33	-15	-6
Совмещенный канал	0	11	19,0	19,0	—	—
1	8	11	-32	-30	-15	-6
2	16	11	-46	-43	-15	-5
3	24	11	-47	-43	-14	-2
4	32	11	-50	-44	-13	1
9	72	11	-54	-49	-13	1

Приведенные значения применяются в случае, когда полезный и мешающий сигналы DVB-T2 имеют одну и ту же ширину полосы канала. Для других сочетаний ширины каналов необходимы дополнительные исследования.

Мешающий сигнал имеет такие же параметры режима, что и полезный сигнал, но не коррелирован с ним.

Защитные отношения даны в дБ и применяются как к непрерывным, так и к тропосферным помехам.

1.5 Защитные отношения и пороговые уровни перегрузки для сигнала DVB-T2, испытывающего помехи от сигналов базовой станции (БС) и оборудования пользователя LTE

В этом разделе приведены защитные отношения и пороговые уровни перегрузки для системы DVB-T2, испытывающей помехи от систем OFDMA (базовая станция) и SC-FDM (оборудование пользователя) LTE. Все измерения для получения этих параметров были выполнены на приемниках DVB-T2, предназначенных для работы в диапазоне настройки 470–862 МГц. Все мешающие сигналы находились в полосе частот 759–862 МГц

При проведении испытаний имелось лишь небольшое количество (3) приемников DVB-T2 с модульными тюнерами, что не позволяет провести статистический анализ результатов. Характеристики отдельных приемников приведены в табличном виде в Прилагаемом документе 2 к настоящему Приложению.

Характеристики сигнала LTE, используемого в измерениях, приведены в Отчете МСЭ-R ВТ.2215 "Измерение защитных отношений и порога перегрузки для телевизионных приемников".

В настоящее время происходят изменения в области совместного использования частот системами DVB-T2 и сетями подвижной связи стандарта LTE, при этом изменяется конструкция телевизионных тюнеров и ситуация с внедрением базовых станций. Все участвующие стороны стремятся улучшить эксплуатационные характеристики своего соответствующего оборудования, так что в ближайшем будущем эти таблицы могут быть пересмотрены.

В связи с изменением сигнала LTE во времени ухудшение PR и O_{th} в наихудшем случае в некоторых конструкциях тюнеров соответствует самой низкой информационной нагрузке БС и ОП. В настоящей Рекомендации представлены три уровня информационной нагрузки, так как фактическую нагрузку реально работающей БС и ОП вряд ли можно предугадать.

Наивысший уровень защиты (для защиты вещания во всех случаях информационной нагрузки БС и ОП) достигается использованием наибольшего значения защитного отношения и наименьшего значения порога перегрузки для любой технологии тюнера.

Сдвиг частоты измеряется между центральными частотами полезного и мешающего сигналов.

1.5.1 Защита сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала БС LTE

В следующих ниже таблицах показаны защитные отношения и пороговые уровни перегрузки для трех различных информационных нагрузок, создаваемых БС LTE.

ТАБЛИЦА 4

**Измеренные защитные отношения (дБ) для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала БС LTE
в соседних каналах, применительно к "кремниевым" тюнерам**

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Сдвиг центральной частоты (МГц)	Кол-во испытанных приемников	PR для информационной нагрузки БС 0% (дБ)		PR для информационной нагрузки БС 50% (дБ)		PR для информационной нагрузки БС 100% (дБ)	
			Процентиль		Процентиль		Процентиль	
			50-й	90-й	50-й	90-й	50-й	90-й
Совмещен- ный канал AWGN	0	11	19	19	19	19	19	19
Совмещен- ный канал LTE	0	11	10	11	18	18	19	19
1	10	11	-44	-24	-40	-38	-38	-36
2	18	11	-50	-32	-48	-44	-47	-43
3	26	11	-51	-35	-49	-45	-48	-44
4	34	11	-52	-39	-51	-46	-50	-45
5	42	11	-53	-41	-51	-47	-51	-46
6	50	11	-55	-46	-54	-48	-52	-47
7	58	11	-56	-46	-54	-49	-54	-48
8	66	11	-57	-45	-54	-50	-53	-49
9	74	11	-58	-45	-55	-50	-53	-49

ТАБЛИЦА 5

**Измеренные пороговые уровни перегрузки (дБм) для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала БС LTE
в соседних каналах, применительно к "кремниевым" тюнерам**

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Сдвиг центральной частоты (МГц)	Кол-во испытанных приемников	O _{th} для информационной нагрузки БС 0% (дБм)		O _{th} для информационной нагрузки БС 50% (дБм)		O _{th} для информационной нагрузки БС 100% (дБм)	
			Процентиль		Процентиль		Процентиль	
			10-й	50-й	10-й	50-й	10-й	50-й
1	10	11	-18	-6	-15	-6	-13	-8
2	18	11	-14	1	-12	-2	-13	-3
3	26	11	-12	3	-13	0	-12	-1
4	34	11	-11	5	-12	2	-12	0
5	42	11	-10	6	-12	3	-12	2
6	50	11	-10	4	-12	2	-12	2
7	58	11	-10	4	-11	2	-12	1
8	66	11	-10	4	-12	2	-12	1
9	74	11	-10	5	-12	3	-12	1

1.5.2 Защита сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала ОП LTE

В следующих ниже таблицах показаны защитные отношения и пороговые уровни перегрузки для трех различных информационных нагрузок ОП:

Таблица 6 – результаты измерений PR для ОП без учета поправки;

Таблица 7 – оценка ACLR ОП на основе масок 3GPP TS 36.101 и ETSI;

Таблица 8 – результаты измерений PR для ОП с учетом поправки на ухудшение за счет внеполосного шума ОП;

Таблица 9 – результаты измерений порога перегрузки для ОП.

ТАБЛИЦА 6

**Защитные отношения (дБ) без учета поправки для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала ОП LTE
в соседних каналах, применительно к "кремниевым" тюнерам**

Сдвиг канала N каналы 8 МГц/(сдвиг центральной частоты)	Кол-во испытанных приемников	Информационная нагрузка ОП 1 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги		Информационная нагрузка ОП 10 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги		Информационная нагрузка ОП 20 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 67,8 дБ (N+1) 80,4 дБ (N+2) 100 дБ (N+3 до N+9)	
		Процентиль PR (дБ)		Процентиль PR (дБ)		Процентиль PR (дБ)	
		50-й	90-й	50-й	90-й	50-й	90-й
Совмещенный канал AWGN (0)	11	19	19	19	19	19	19
Совмещенный канал LTE (0)	11	10	11	18	18	19	19
1/(10)	11	-36	-19	-41	-39	-41	-39
2 (18)	11	-41	-24	-47	-45	-47	-43
3 (26)	11	-44	-26	-48	-45	-50	-44
4 (34)	11	-46	-36	-48	-45	-52	-45
5 (42)	11	-47	-37	-48	-44	-54	-46
6 (50)	11	-50	-38	-49	-43	-52	-45
7 (58)	11	-50	-41	-49	-44	-53	-44
8 (66)	11	-50	-41	-49	-42	-54	-45
9 (74)	11	-50	-43	-49	-43	-54	-47

В защитные отношения ОП внесены поправки для оценок ACLR ОП в соседних и не соседних каналах 8 МГц, учитывающие ухудшение защитного отношения, которое вызвано внеполосным шумом ОП. Оценки ACLR основаны на маске, приведенной в таблице 6.6.2.1.1 стандарта 3GPP TS 36.101 v.11.1.0, и требовании проекта стандарта ETSI 301-908-13 к уровню внеполосного шума, равному -65 дБм, в полосе 470–790 МГц. Эти оценки указаны в таблице 7.

ТАБЛИЦА 7

Заданные значения ACLR ОП для значений PR ОП с учетом поправки

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Сдвиг центральной частоты (МГц)	ACLR (дБ)
1	10	25,2
2	18	32,2
Другие значения сдвига (соответствующие отношению -65 дБм/8 МГц)	26–74	88,0

Значения PR_0 для совмещенного канала, использованные при расчете поправок, соответствуют показателям AWGN, приведенным в таблице 8. Ниже приводится описание метода расчета поправок ACLR.

Итоговое защитное отношение определяется в два этапа. Вначале для сдвига частоты Δf рассчитывается чувствительность приемника по соседнему каналу (ACS) с использованием измеренного защитного отношения при сдвиге ($PR(\Delta f)$), защитного отношения для совмещенного канала PR_0 и величины ACLR генератора мешающих сигналов:

$$ACS(\Delta f) = -10 \log \left(10^{-\frac{PR_0 - PR(\Delta f)}{10}} - 10^{-\frac{ACLR}{10}} \right).$$

Затем полученное значение ACS DTT используется для определения соответствующих защитных отношений по соседнему каналу для мешающего оконечного устройства, которое может иметь другие характеристики ACLR.

Итоговое защитное отношение, $PR'(\Delta f)$, зависит от ACS и от ACLR устройства LTE при сдвиге (Δf), ACLR':

$$PR'(\Delta f) = PR_0 + 10 \log \left(10^{-\frac{ACS}{10}} + 10^{-\frac{ACLR'}{10}} \right).$$

Этот метод можно использовать и для обратного преобразования значения PR с учетом поправки в значение PR без учета поправки, чтобы можно было рассчитать влияние различных допущений относительно ACLR ОП.

Следует отметить, что значения ACLR и ACLR' в приведенных выше уравнениях основаны на измерениях мощности с использованием ширины полосы мешающего сигнала LTE (например, 10 МГц) и ширины полосы полезного сигнала DVB-T2 (например, 8 МГц) при соответствующих сдвигах частоты мешающего сигнала.

ТАБЛИЦА 8

**Защитные отношения (дБ) с учетом поправки для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала ОП LTE
в соседних каналах, применительно к "кремниевым" тюнерам**

Сдвиг канала N каналы 8 МГц/(сдвиг центральной частоты)	Кол-во испытанных приемников	Информационная нагрузка ОП 1 Мбит/ч ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги		Информационная нагрузка ОП 10 Мбит/ч ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги		Информационная нагрузка ОП 20 Мбит/ч ACLR генератора сигналов = 67,8 дБ (N+1) 80,4 дБ (N+2) 100 дБ (N+3 до N+9)	
		Процентиль PR (дБ)		Процентиль PR (дБ)		Процентиль PR (дБ)	
		50-й	90-й	50-й	90-й	50-й	90-й
Совмещенный канал AWGN (0)	11	19	19	19	19	19	19
Совмещенный канал LTE (0)	11	10	11	18	18	19	19
1/(10)	11	-6	-6	-6	-6	-6	-6
2 (18)	11	-13	-13	-13	-13	-13	-13
3 (26)	11	-44	-26	-48	-45	-50	-44
4 (34)	11	-46	-36	-48	-45	-52	-45

ТАБЛИЦА 8 (окончание)

Сдвиг канала N каналы 8 МГц/(сдвиг центральной частоты)	Кол-во испытанных приемников	Информационная нагрузка ОП 1 Мбит/ч ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги		Информационная нагрузка ОП 10 Мбит/ч ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги		Информационная нагрузка ОП 20 Мбит/ч ACLR генератора сигналов = 67,8 дБ (N+1) 80,4 дБ (N+2) 100 дБ (N+3 до N+9)	
		Процентиль PR (дБ)		Процентиль PR (дБ)		Процентиль PR (дБ)	
		50-й	90-й	50-й	90-й	50-й	90-й
5 (42)	11	-47	-37	-48	-44	-54	-46
6 (50)	11	-50	-38	-49	-43	-52	-45
7 (58)	11	-50	-41	-49	-44	-53	-44
8 (66)	11	-50	-41	-49	-42	-54	-45
9 (74)	11	-50	-43	-49	-43	-54	-47

ТАБЛИЦА 9

**Измеренные пороговые уровни перегрузки (дБм) для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала ОП LTE
в соседних каналах, применительно к "кремниевым" тюнерам**

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Сдвиг центральной частоты (МГц)	Кол-во испытанных приемников	Информационная нагрузка ОП 1 Мбит/с		Информационная нагрузка ОП 10 Мбит/с		Информационная нагрузка ОП 20 Мбит/с	
			O _{th} (дБм)		O _{th} (дБм)		O _{th} (дБм)	
			10-й	50-й	10-й	50-й	10-й	50-й
1	10	11	-37	-6	-15	-5	-12	-5
2	18	11	-12	5	-11	0	-11	0
3	26	11	-10	6	-11	2	-11	0
4	34	11	-24	5	-11	2	-11	1
5	42	11	-10	6	-11	2	-11	1
6	50	11	-10	6	-11	2	-11	2
7	58	11	-10	5	-11	2	-11	2
8	66	11	-10	5	-11	2	-11	2
9	74	11	-11	6	-11	2	-11	2

1.6 Поправочные коэффициенты для различных вариантов полезной системы DVB-T2 и различных условий приема

Таблица 10 была подготовлена для сигналов DVB-T2, использующих другие режимы, которые испытывают помехи от сигналов DVB-T2. Значения в таблице рассчитаны как разница в отношениях C/N для AWGN между другими режимами и эталонным режимом, указанным в таблице 1, и их следует использовать осторожно, особенно в случае большой разницы в значениях C/N для требуемого и эталонного режимов. Эти значения еще не проверены посредством измерения. Их предлагается использовать для других типов мешающих сигналов, но для их подтверждения необходимы дальнейшие исследования.

ТАБЛИЦА 10

Оценки теоретических поправочных коэффициентов для защитных отношений (дБ) для различных вариантов полезной системы DVB-T2 (испытывающей помехи от DVB-T2 или других служб) по отношению к указанному в таблице 1 эталонному режиму

Модуляция	Кодовая скорость	Гауссовский канал	Райсовский канал, Примечание 8	Рэлеевский (статический) канал, Примечание 8
QPSK	1/2	-17,3	-17,1	-16,3
QPSK	3/5	-16,1	-15,9	-14,8
QPSK	2/3	-15,2	-14,9	-13,4
QPSK	3/4	-14,2	-13,9	-12,1
QPSK	4/5	-13,6	-13,2	-11,2
QPSK	5/6	-13,1	-12,7	-10,4
16-QAM	1/2	-12,1	-11,9	-10,6
16-QAM	3/5	-10,7	-10,5	-9,0
16-QAM	2/3	-9,4	-9,2	-7,5
16-QAM	3/4	-8,3	-7,9	-5,8
16-QAM	4/5	-7,5	-7,1	-4,6
16-QAM	5/6	-7,0	-6,6	-3,8
64-QAM	1/2	-7,8	-7,5	-5,7
64-QAM	3/5	-5,9	-5,6	-3,9
64-QAM	2/3	-4,6	-4,3	-2,5
64-QAM	3/4	-3,1	-2,8	-0,4
64-QAM	4/5	-2,1	-1,6	1,2
64-QAM	5/6	-1,5	-1,0	2,1
256-QAM	1/2	-3,8	-3,4	-1,4
256-QAM	3/5	-1,5	-1,2	0,8
256-QAM	2/3	0,0	0,3	2,4
256-QAM	3/4	2,0	2,3	4,9
256-QAM	4/5	3,4	3,9	6,9
256-QAM	5/6	4,2	4,7	8,3

По сравнению со статическим рэлеевским каналом передачи меняющемуся во времени рэлеевскому каналу, который соответствует приему сигналов DVB-T на переносное оборудование, требуются существенно более высокие защитные отношения. Для оценки этого эффекта необходимы дополнительные измерения.

1.7 Выбор PR и O_{th} для исследований совместного использования частот

В таблице 11 приведены рекомендованные значения PR и O_{th} , которые должны применяться в исследованиях совместного использования частот. Применение этих значений обеспечит защиту 90% приемников (среди всех измеренных 14 тюнеров) при любых информационных нагрузках. Для ОП использовалось значение PR для 90-го перцентиля с учетом поправки на основе заданных значений ACLR ОП, которые приведены в таблице 7.

ТАБЛИЦА 11

Рекомендуемые значения PR и O_{th} , которые должны использоваться в исследованиях совместного использования частот, для сигнала DVB-T2 (определенного в таблице 1) в присвоенном канале, испытывающем помехи от сигнала БС или ОП LTE в соседних каналах, применительно к сочетанию 3 модульных и 11 "кремниевых" тюнеров

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Сдвиг центральной частоты (МГц)	БС LTE		ОП LTE	
		PR (дБ)	O_{th} (дБм)	PR с учетом поправки (дБ)	O_{th} (дБм)
Совмещенный канал (AWGN)	0	19	–	19	–
Совмещенный канал (LTE)	0	19	–	19	–
1	10	–25	–16	–6	–30
2	18	–33	–12	–13	–11
3	26	–36	–11	–28	–10
4	34	–40	–13	–37	–20
5	42	–43	–11	–38	–10
6	50	–46	–11	–40	–9
7	58	–47	–11	–42	–9
8	66	–46	–11	–43	–10
9	74	–46	–10	–44	–10

1.8 Влияние помех от переходного процесса на защитные отношения

В предыдущих разделах предполагалось, что источник помех был активен в момент приема полезного сигнала ДТТ. В недавних исследованиях были получены существенно более высокие защитные отношения (10–12 дБ) при включении источника помех после начала приема полезного сигнала ДТТ. Данное влияние особенно характерно для случайной помехи, как например, в случае ОП LTE, когда могут наблюдаться большие перерывы (много секунд) в активности пользователя, что позволит АРУ приемника ДТТ установить уровень сигнала, соответствующий отсутствию помех. Примеры таких помех включают:

- периодический опрос серверов данных по технологии "pull" (например, обновление электронной почты, приложения для социальных сетей);
- сообщения для проверки подключения на активность ("keep alive") для приложений с отслеживанием состояний;
- другой трафик сетевой сигнализации.

Подробная информация об этих измерениях приведена в Прилагаемом документе 3 к Приложению 1. Эти измерения являются предварительными и нуждаются в дополнительных исследованиях.

2 Минимальная напряженность поля для наземного цифрового телевидения DVB-T2

Формула для расчета минимальной напряженности поля приведена в Прилагаемом документе 1 к Приложению 1. Для других режимов приема (прием в сельских районах на мобильные устройства, прием вне помещения на портативные переносные устройства и прием на портативные мобильные устройства со встроенной антенной) расчеты напряженности поля имеются в Отчете МСЭ-R ВТ.2254 – "Частоты и аспекты планирования сетей DVB-T2".

ТАБЛИЦА 12

**Расчет минимальной напряженностью поля для системы DVB-T2 8 МГц
на частоте 200 МГц**

DVB-T2 в Диапазоне III			Фиксир. устр-ва	Переносн. устр-ва, вне помещения/ город. р-н	Переносн. устр-ва, внутри помещения/ город. р-н
Частота	Freq	МГц	200	200	200
Минимальное C/N , требуемое в системе	C/N	дБ	20,0	17,9	18,3
Вариант системы (пример)			256-QAM FEC 2/3, 32k, Обычный PP7	64-QAM FEC 2/3, 32k, Обычный PP4	64-QAM FEC 2/3, 16k, Обычный PP1
Битовая скорость (ориентировочные значения)		Мбит/с	30–35	22–25	19–24
Коэффициент шума приемника	F	дБ	6	6	6
Эквивалентная шумовая полоса	B	МГц	6,66	6,66	6,66
Мощность шума на входе приемника	P_n	дБВт	–128,6	–128,9	–128,5
Минимальная мощность сигнала на входе приемника	$P_{s\ min}$	дБВт	–109,7	–111,8	–111,4
Минимальное эквивалентное напряжение на входе приемника, 75 Ом	U_{min}	дБмкВ	29,0	26,9	27,3
Потери в фидере	L_f	дБ	2	0	0
Усиление антенны, отнесенное к усилению полуволнового диполя	G_d	дБ	7	–2,2	–2,2
Эффективная апертура антенны	A_a	дБм ²	1,7	–7,5	–7,5
Минимальная плотность потока мощности в месте приема	Φ_{min}	дБ(Вт)/м ²	–109,4	–104,3	–103,9
Минимальная эквивалентная напряженность поля в месте приема	E_{min}	дБмкВ/м	36,4	41,5	41,9
Допуск на шумы искусственного происхождения	P_{mmn}	дБ	2	8	8
Потери на проникновение (в здание или транспортное средство)	L_b, L_h	дБ	0	0	9
Стандартное отклонение потерь на проникновение		дБ	0	0	3
Выигрыш за счет разнесения	Div	дБ	0	0	0

ТАБЛИЦА 12 (окончание)

DVB-T2 в Диапазоне III			Фиксир. устр-ва	Переносн. устр-ва, вне помещения/ город. р-н	Переносн. устр-ва, внутри помещения/ город. р-н
Вероятность охвата мест		%	70	70	70
Коэффициент распределения			0,5244	0,5244	0,5244
Стандартное отклонение			5,5	5,5	6,3
Поправочный коэффициент для местоположения	C_l	дБ	2,8842	2,8842	3,30372
Минимальная медианная плотность потока мощности на высоте приема ⁽¹⁾ ; 50% времени и 50% мест	Φ_{med}	дБ(Вт)/м ²	-104,5	-93,4	-83,6
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля на высоте приема ⁽¹⁾ ; 50% времени и 50% мест	E_{med}	дБмкВ/м	41,3	52,4	62,4
Вероятность охвата мест		%	95	95	95
Коэффициент распределения			1,6449	1,6449	1,6449
Стандартное отклонение			5,5	5,5	6,3
Поправочный коэффициент для местоположения	C_l	дБ	9,04695	9,04695	10,36287
Минимальная медианная плотность потока мощности на высоте приема ⁽¹⁾ ; 50% времени и 50% мест	Φ_{med}	дБ(Вт)/м ²	-98,4	-87,3	-77,6
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля на высоте приема ⁽¹⁾ ; 50% времени и 50% мест	E_{med}	дБмкВ/м	47,4	58,5	69,2

⁽¹⁾ 10 м для приема на фиксированное устройство и 1,5 м для других режимов приема.

ТАБЛИЦА 13

**Расчет минимального уровня напряженности поля системы DVB-T2 8 МГц
на частоте 650 МГц**

DVB-T2 в Диапазоне IV/V			Фиксир. устр-ва	Переносн. устр-ва, вне помещения/ город. р-н	Переносн. устр-ва, внутри помещения/ город. р-н
Частота	Freq	МГц	650	650	650
Минимальное C/N , требуемое системе	C/N	дБ	20,0	17,9	18,3
Вариант системы (пример)			256-QAM FEC 2/3, 32k, Расширенный PP7	64-QAM FEC 2/3, 32k, Расширенный PP4	64-QAM FEC 2/3, 16k, Расширенный PP1
Битовая скорость (ориентировочные значения)		Мбит/с	35–40	26–29	23–28
Коэффициент шума приемника	F	дБ	6	6	6
Эквивалентная шумовая полоса	B	МГц	7,77	7,77	7,77

ТАБЛИЦА 13 (окончание)

DVB-T2 в Диапазоне IV/V			Фиксир. устр-ва	Переносн. устр-ва, вне помещения/ город. р-н	Переносн. устр-ва, внутри помещения/ город. р-н
Мощность шума на входе приемника	P_n	дБВт	-128,0	-128,3	-127,9
Минимальная мощность сигнала на входе приемника	$P_{s\ min}$	дБВт	-109,1	-111,2	-110,8
Минимальное эквивалентное напряжение на входе приемника, 75 Ом	U_{min}	дБмкВ	29,7	27,6	28,0
Потери в фидере	L_f	дБ	4	0	0
Усиление антенны отнесенное к усилению полуволнового диполя	G_d	дБ	11	0	0
Эффективная апертура антенны	A_a	дБм ²	-4,6	-15,6	-15,6
Минимальная плотность потока мощности в месте приема	Φ_{min}	дБ(Вт)/м ²	-100,5	-95,6	-94,2
Минимальная эквивалентная напряженность поля в месте приема	E_{min}	дБмкВ/м	45,3	50,2	50,6
Допуск на шумы искусственного происхождения	P_{mmn}	дБ	0	1	1
Потери на проникновение (для здания или транспортного средства)	L_b, L_h	дБ	0	0	11
Стандартное отклонение потерь на проникновение		дБ	0	0	6
Выигрыш за счет разнесения	Div	дБ	0	0	0
Вероятность охвата мест		%	70	70	70
Коэффициент распределения			0,5244	0,5244	0,5244
Стандартное отклонение			5,5	5,5	8,1
Поправочный коэффициент для местоположения	C_l	дБ	2,8842	2,8842	4,24764
Минимальная медианная плотность потока мощности на высоте приема ⁽¹⁾ ; 50% времени и 50% мест	Φ_{med}	дБ(Вт)/м ²	-97,6	-91,7	-79,0
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля на высоте приема ⁽¹⁾ ; 50% времени и 50% мест	E_{med}	дБмкВ/м	48,2	54,1	66,8
Вероятность охвата мест		%	95	95	95
Коэффициент распределения			1,6449	1,6449	1,6449
Стандартное отклонение			5,5	5,5	8,1
Поправочный коэффициент для местоположения	C_l	дБ	9,04695	9,04695	13,32369
Минимальная медианная плотность потока мощности на высоте приема ⁽¹⁾ ; 50% времени и 50% мест	Φ_{med}	дБ(Вт)/м ²	-91,5	-85,6	-72,3
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля на высоте приема ⁽¹⁾ ; 50% времени и 50% мест	E_{med}	дБмкВ/м	54,3	60,2	75,9

⁽¹⁾ 10 м для приема на фиксированное устройство и 1,5 м для других режимов приема.

3 Справочные документы

- [1] Report ITU-R ВТ.2215 – Measurements of protection ratios and overload thresholds for broadcast TV receivers.
- [2] Report ITU-R ВТ.2254 – Frequency and network planning aspects of DVB-T2.

Прилагаемый документ 1 к Приложению 1

Расчет минимальной напряженности поля и минимальной медианной эквивалентной напряженности поля

Значения минимальной напряженности поля и минимальной медианной эквивалентной напряженности поля рассчитываются с использованием следующих уравнений:

$$\begin{aligned}
 P_n &= F + 10 \log (k T_0 B); \\
 P_{s \min} &= C/N + P_n; \\
 A_a &= G + 10 \log (1,64 \lambda^2 / 4 \pi); \\
 \varphi_{\min} &= P_{s \min} - A_a + L_f; \\
 E_{\min} &= \varphi_{\min} + 120 + 10 \log (120 \pi); \\
 &= \varphi_{\min} + 145,8; \\
 E_{\min} &= E_{\min} + P_{mn} + C_l && \text{для приема на фиксированное устройство, установленное на уровне крыши;} \\
 E_{\min} &= E_{\min} + P_{mn} + C_l + L_h && \text{для приема на переносное устройство вне помещений и на мобильное устройство;} \\
 E_{\min} &= E_{\min} + P_{mn} + C_l + L_h + L_b && \text{для приема на переносное устройство внутри помещений и на мобильное портативное устройство} \\
 C_l &= \mu \cdot \sigma_t; \\
 \sigma_t &= \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_m^2},
 \end{aligned}$$

где:

- P_n : мощность шума на входе приемника (дБВт);
- F : коэффициент шума приемника (дБ);
- k : постоянная Больцмана ($k = 1,38 \times 10^{-23}$ (Дж/К));
- T_0 : абсолютная температура ($T_0 = 290$ (К));
- B : шумовая полоса приемника ($B = 7,61 \times 10^6$ (Гц));
- $P_{s \min}$: минимальная мощность на входе приемника (дБВт);
- C/N : отношение S/N по РЧ на входе приемника, требуемое системе (дБ);
- A_a : эффективная апертура антенны (дБм²);
- G : усиление антенны, отнесенное к усилению полуволнового диполя (дБд);
- λ : длина волны сигнала (м);
- $\varphi_{\min}$: минимальная п.п.м. в месте приема (дБ(Вт/м²));
- L_f : потери в фидере (дБ);

- E_{min} : эквивалентная минимальная напряженность поля в месте приема (дБ(мкВ/м));
- E_{med} : минимальная медианная эквивалентная напряженность поля, значение для планирования (дБ(мкВ/м));
- P_{min} : допуск на шумы искусственного происхождения (дБ);
- L_h : потери по высоте (точка приема на 1,5 м выше уровня земли (дБ));
- L_b : потери при прохождении здания или транспортного средства (дБ);
- C_l : поправочный коэффициент для местоположения (дБ);
- σ_l : суммарное стандартное отклонение (дБ);
- σ_m : стандартное макроструктурное отклонение ($\sigma_m = 5,5$ (дБ));
- σ_b : стандартное отклонение потерь при прохождении здания (дБ);
- μ : коэффициент распределения, равный 0,52 для 70%, 1,28 для 90%, 1,64 для 95% и 2,33 для 99%.

Прилагаемый документ 2 к Приложению 1

Результаты испытания модульных тюнеров

PR и O_{th} для БС LTE

В таблицах 14 и 15 приведены необработанные результаты измерений для модульных тюнеров в случае помех от базовой станции LTE. Эти значения даны в качестве справочной информации и должны использоваться с осторожностью.

ТАБЛИЦА 14

**Измеренные защитные отношения (дБ) для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала БС LTE
в соседних каналах, применительно к модульным тюнерам**

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Сдвиг центральной частоты (МГц)	PR для информационной нагрузки БС 0% (дБ)			PR для информационной нагрузки БС 50% (дБ)			PR для информационной нагрузки БС 100% (дБ)		
		Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28
Совмещенный канал (0)	0	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Совмещенный канал (0)	0	11	10	10	18	18	18	19	19	19
1	10	-43	-44	-40	-41	-42	-39	-40	-41	-36
2	18	-58	-55	-43	-57	-51	-39	-56	-47	-38
3	26	-55	-55	-38	-42	-47	-36	-41	-45	-35
4	34	-50	-64	-43	-45	-55	-32	-45	-45	-33
5	42	-53	-71	-58	-50	-65	-55	-49	-67	-54
6	50	-56	-72	-72	-53	-69	-60	-52	-67	-58
7	58	-58	-73	-74	-55	-70	-61	-54	-68	-68
8	66	-60	-72	-68	-55	-67	-64	-54	-66	-62
9	74	-58	-63	-52	-50	-56	-46	-50	-55	-44

ТАБЛИЦА 15

**Измеренные пороговые уровни перегрузки (дБм) для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала БС LTE
в соседних каналах, применительно к "кремниевым" тюнерам**

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Сдвиг центральной частоты (МГц)	O _{th} для информационной нагрузки БС 0% (дБм)			O _{th} для информационной нагрузки БС 50% (дБм)			O _{th} для информационной нагрузки БС 100% (дБм)		
		Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28
1	10	-12	-11	-10	-15	-13	-12	-16	-15	-15
2	18	0	-1	-2	-5	-2	-5	-4	-3	-5
3	26	-2	-1	2	-3	-2	1	-4	-3	0
4	34	1	-3	3	-5	-14	-8	-3	-2	-8
5	42	4	2	2	-2	-2	2	2	-2	-2
6	50	5	3	2	0	0	1	5	-1	0
7	58	5	4	5	1	1	2	5	0	0
8	66	5	4	2	1	0	-3	4	0	-4
9	74	5	4	3	5	0	-3	4	-2	-3

PR ОП LTE и O_{th}

В таблице 16 показаны измерения PR ОП без учета поправки для трех модульных тюнеров. В таблице 17 показаны те же тюнеры с скорректированными значениями PR для предполагаемых значений ACLR ОП, показанных в таблице 7.

Значения PR_0 в совмещенном канале, использовавшиеся для расчета поправки, это значения AWGN из таблицы 8. В таблице 18 показан порог перегрузки для тех же трех модульных тюнеров.

Поскольку в приемниках T2 доступно небольшое число модульных тюнеров, эти значения приведены только в качестве руководства и следует соблюдать осторожность при их использовании.

ТАБЛИЦА 16

**Защитные отношения (дБ) без учета поправки для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала ОП LTE
в соседних каналах, применительно к модульным тюнерам**

Сдвиг канала N каналы 8 МГц/(сдвиг центральной частоты)	Кол-во испытанных приемников	Информационная нагрузка ОП 1 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги			Информационная нагрузка ОП 10 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги			Информационная нагрузка ОП 20 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 67,8 дБ (N+1) 80,4 дБ (N+2) 100 дБ (N+3 до N+9)		
		PR (дБ)			PR (дБ)			PR (дБ)		
		Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28
Совмещенный канал AWGN (0)	11	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Совмещенный канал LTE (0)	11	11	10	10	18	18	18	19	19	19
1/(10)	11	-40	-44	-28	-42	-43	-41	-42	-43	-40
2 (18)	11	-57	-55	-31	-58	-51	-35	-58	-51	-39

ТАБЛИЦА 16 (окончание)

Сдвиг канала N каналы 8 МГц/(сдвиг центральной частоты)	Кол-во испытанных приемников	Информационная нагрузка ОП 1 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги			Информационная нагрузка ОП 10 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги			Информационная нагрузка ОП 20 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 67,8 дБ (N+1) 80,4 дБ (N+2) 100 дБ (N+3 до N+9)		
		PR (дБ)			PR (дБ)			PR (дБ)		
		Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28
3 (26)	11	-48	-59	-39	-44	-52	-38	-42	-51	-38
4 (34)	11	-49	-60	-41	-45	-54	-33	-45	-51	-33
5 (42)	11	-53	-72	-52	-50	-70	-65	-50	-68	-66
6 (50)	11	-56	-74	-64	-53	-71	-65	-53	-70	-66
7 (58)	11	-55	-75	-63	-54	-71	-65	-55	-70	-70
8 (66)	11	-60	-72	-68	-56	-68	-65	-56	-67	-65
9 (74)	11	-62	-67	-56	-52	-57	-47	-50	-55	-45

ТАБЛИЦА 17

**Защитные отношения (дБ) с учетом поправки для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала ОП LTE
в соседних каналах, применительно к модульным тюнерам**

Сдвиг канала N каналы 8 МГц/(сдвиг центральной частоты)	Кол-во испытанных приемников	Информационная нагрузка ОП 1 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги			Информационная нагрузка ОП 10 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 100 дБ, все сдвиги			Информационная нагрузка ОП 20 Мбит/с ACLR генератора сигналов = 67,8 дБ (N+1) 80,4 дБ (N+2) 100 дБ (N+3 до N+9)		
		PR (дБ)			PR (дБ)			PR (дБ)		
		Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28
Совмещенный канал AWGN (0)	11	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Совмещенный канал LTE (0)	11	11	10	10	18	18	18	19	19	19
1/(10)	11	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
2 (18)	11	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-13
3 (26)	11	-48	-59	-39	-44	-52	-38	-42	-51	-38
4 (34)	11	-49	-60	-41	-45	-54	-33	-45	-51	-33
5 (42)	11	-53	-67	-52	-50	-67	-64	-50	-66	-64
6 (50)	11	-56	-68	-63	-53	-67	-64	-53	-67	-64
7 (58)	11	-55	-68	-62	-54	-67	-64	-55	-67	-66
8 (66)	11	-60	-67	-65	-56	-66	-64	-56	-65	-64
9 (74)	11	-61	-65	-56	-52	-57	-47	-50	-55	-45

ТАБЛИЦА 18

**Измеренные пороги перегрузки (дБм) для сигнала DVB-T2
(определенного в таблице 1), испытывающего помехи от сигнала ОП LTE
в соседних каналах, применительно к модульным тюнерам**

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Сдвиг центральной частоты (МГц)	O _{th} для информационной нагрузки ОП 1 Мбит/с (дБм)			O _{th} для информационной нагрузки 10 Мбит/с (дБм)			O _{th} для информационной нагрузки 20 Мбит/с (дБм)		
		Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28	Пр. 5	Пр. 6	Пр. 28
1	10	-6	-4	NR	-9	-7	-13	-14	-7	-10
2	18	2	2	NR	-2	-2	-3	-2	-2	-6
3	26	1	0	5	-4	-1	1	-3	-2	1
4	34	2	-9	0	-3	-15	-8	-2	-18	-8
5	42	6	3	5	1	0	-4	2	0	-3
6	50	8	5	3	4	1	0	4	0	0
7	58	8	5	4	4	1	1	4	1	0
8	66	8	4	1	-4	0	-2	4	0	-3
9	74	8	5	2	4	0	-3	4	0	-3

Прилагаемый документ 3 к Приложению 1

Влияние помех от переходного процесса на защитные отношения

1 Базовая информация

Были проведены начальные измерения защитных отношений для DVB-T2 в случае воздействия помех от источника помех LTE. Для этих испытаний имитировалось влияние источника помех, начинающего передачу в непосредственной близости от приемника DVB-T2, используя для этого "стробированный" испытательный сигнал. Мешающий испытательный сигнал сохраняется и воспроизводится через генератор, конфигурация которого может предусматривать первое воспроизведение без сигнала, затем воспроизведение требуемого испытательного сигнала.

Это испытание более пригодно для случая помех от ОП, поскольку в целом предполагается, что БС будет однажды включена и затем останется во включенном состоянии практически постоянно, поэтому любое влияние переходного процесса при включении БС может объективно игнорироваться. В отношении ОП, напротив, ожидается, что оно будет передавать короткую пачку сигналов при взаимодействии с БС, а затем оставаться в отключенном состоянии в течение некоторого периода. Следовательно, можно ожидать, что ТВ-приемники, в непосредственной близости от которых и на близких каналах РЧ работает ОП, будут испытывать воздействие помех постоянно при начале и окончании работы ОП. Таким образом, влияние помех от переходного периода, создаваемых сигналами ОП, составляет важный вопрос для исследования.

В более долгосрочной перспективе устройства LTE могут использоваться в приложениях межмашинного взаимодействия (M2M) в жилых помещениях, обуславливая высокую плотность терминалов ОП, периодически находящихся в активном режиме. Вследствие этого, важным является понимание влияния помех от переходного процесса.

Следует отметить, что в период подготовки настоящего представления был получен относительно небольшой объем результатов. Однако отмеченное существенное ухудшение характеристик обусловило актуальность представления этих первоначальных результатов. Дальнейшие результаты планируется представить либо к более позднему собранию РГ 6А и/или непосредственно ОЦГ в установленном порядке.

2 Измерения

2.1 Источники сигналов

Полезным сигналом является сигнал, имеющий форму DVB-T2, частоту 706 МГц и вырабатываемый генератором сигналов DTT. Использовались параметры DVB, наиболее часто встречающиеся в Соединенном Королевстве (вариант 6 из спецификации DVB-T2 [2]). Эти параметры приведены в таблице 19.

ТАБЛИЦА 19

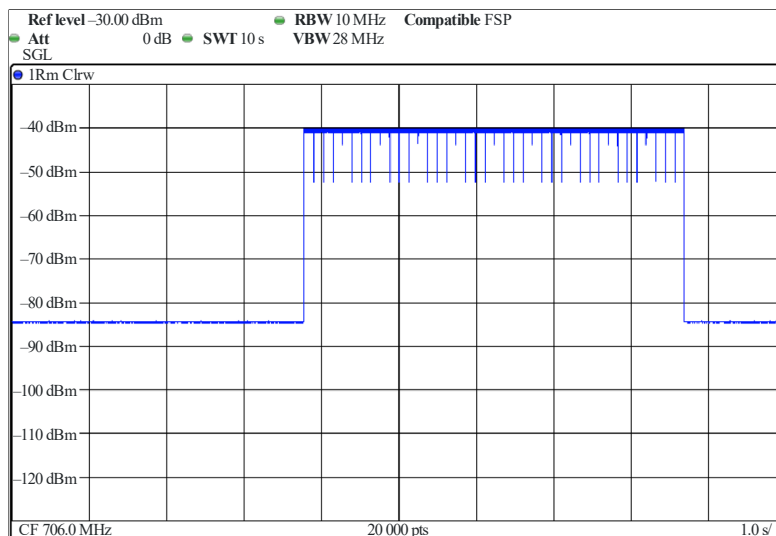
Стандарт	DVB-T2
Число несущих OFDM	27 841 (32KE)
Модуляция	256-QAM
Скорость внутреннего кодирования	2/3
Защитный интервал (Δ/T_u)	1/128
Способ размещения несущих	PP7
Длина кадра (символы данных)	59
Кол-во блоков FEC в перемежающемся кадре	202
Скорость передачи данных в транспортном потоке	40,2146452

Мешающий сигнал LTE это стробированный вариант сигнала, использовавшегося в предыдущих испытаниях [1]. Основные сигналы представляют типовые выходные сигналы ОП на двух уровнях трафика, собранные с использованием опытного оборудования LTE. Два уровня трафика генерировались путем соединения пары БС-ОП для формирования сквозной линии и использования инструмента IP-трафика для нагрузки линии. Собранные сигналы представляют скорости передачи данных 20 Мбит/с и 1 Мбит/с.

Для обеспечения отсутствия в измерениях каких-либо внеполосных сигналов, собранных в процессе записи, испытательные сигналы до воспроизведения проходили полосовую фильтрацию в программном обеспечении. Использовалась ширина полосы канала 10 МГц. Это служит гарантией того, что измерения защитного отношения являются функцией только избирательности приемника и коэффициента утечки мощности в соседний канал (ALCR) генератора произвольных сигналов.

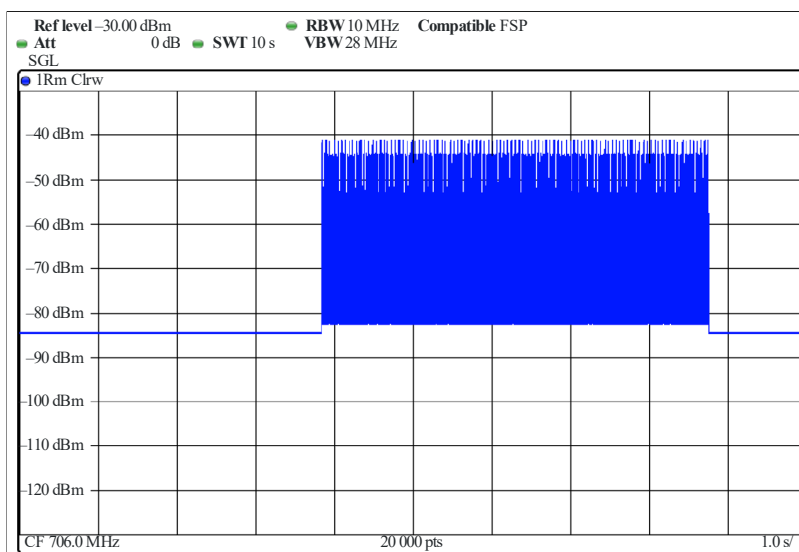
Источником сигналов, использовавшихся для обеспечения сигнала LTE, служил генератор произвольных сигналов. Переходный характер сигнала достигался путем замены каждого основного сигнала в последовательности сигналом, содержащим нулевые отсчеты. Закольцовывая каждый сигнал некоторое число раз по очереди, возможно создать более длинную последовательность с определенной схемой включения/выключения. Окончательный стробированный сигнал состоит из примерно 4 секунд тишины, после которых следуют 5 секунд сигнала 1 Мбит/с или 20 Мбит/с. На рисунках 1 и 2 представлены графики характеристик сигналов как функция времени.

РИСУНОК 1
Стробированный сигнал LTE 20 Мбит/с



ВТ.2033-01

РИСУНОК 2
Стробированный сигнал LTE 1 Мбит/с



ВТ.2033-02

2.2 Сдвиги частоты

Рассматривались сдвиги центральной частоты между DVB-T2 и LTE, составляющие +11 и +18 МГц (то есть мешающие сигналы 717 и 724 МГц). Предполагая ширину полосы сигнала LTE равной 10 МГц, это будет представлять помеху от ОП LTE в соседнем ТВ канале, отделенном от полосы LTE линии вверх защитной полосой шириной 2 МГц либо 9 МГц.

2.3 Процедура измерения

Защитное отношение определялось путем объединения полезного и мешающего сигналов и их подачи в испытываемый приемник DTT. Полезный сигнал усиливался, до тех пор пока не происходило удовлетворительное декодирование сигнала. Полное подробное описание процедуры измерения содержится в [1].

2.4 Испытываемые приемники

На этом раннем этапе работы для испытаний были отобраны три приемника.

ТАБЛИЦА 20

Приемник	Тип	Тип тюнера
R1	STB/PVR	Кремниевый
R2	STB	Модульный
R3	STB	Модульный

3 Результаты

Представленные данные отражают защитные отношения, измеренные при использовании испытательного оборудования, в состав которого входил генератор произвольных сигналов с хорошим коэффициентом утечки мощности в соседний канал (ACLR) – выше 50 дБ в первом соседнем канале. Не производилось никакой коррекции, с тем чтобы учесть вероятность худших характеристик соседнего канала оборудования LTE по сравнению с использовавшимся испытательным оборудованием.

Предыдущие результаты [1] внесли поправку в защитные отношения в соответствии с указанными внеполосными характеристиками оборудования LTE и показали, что эти характеристики могут значительно превосходить избирательность приемника.

На рисунках 3–8 показана характеристика приемников, испытываемых в настоящее время в условиях наличия помех от переходного процесса, создаваемых сигналами ОП LTE 20 Мбит/с и 1 Мбит/с. Для сравнения отображена также характеристика приемников с сигналами не переходного процесса.

РИСУНОК 3
Сдвиг приемника R1 на 11 МГц

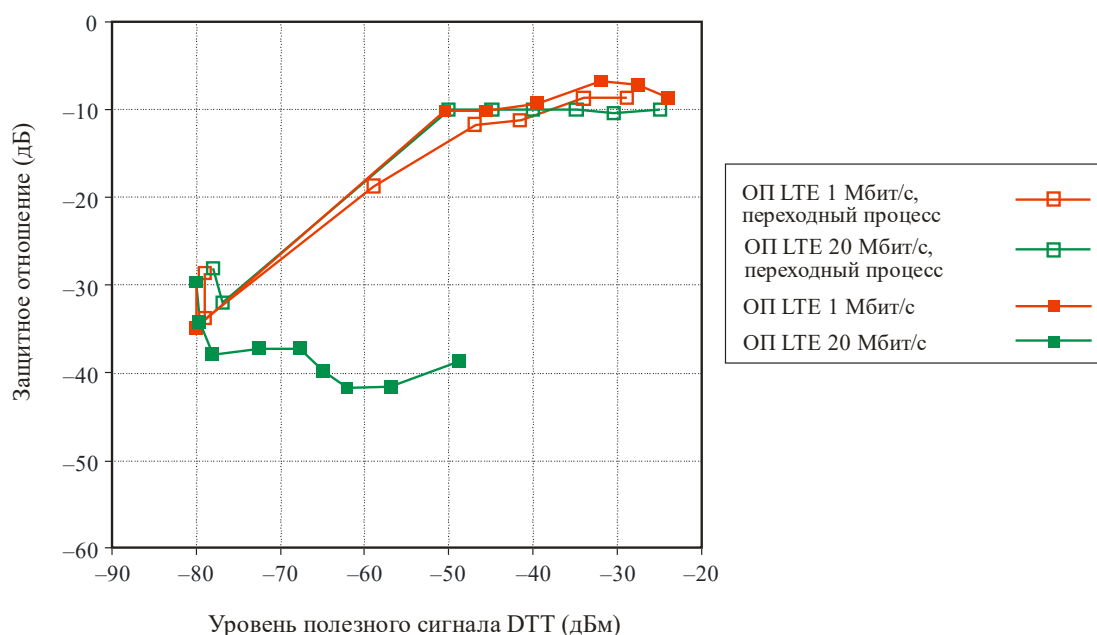
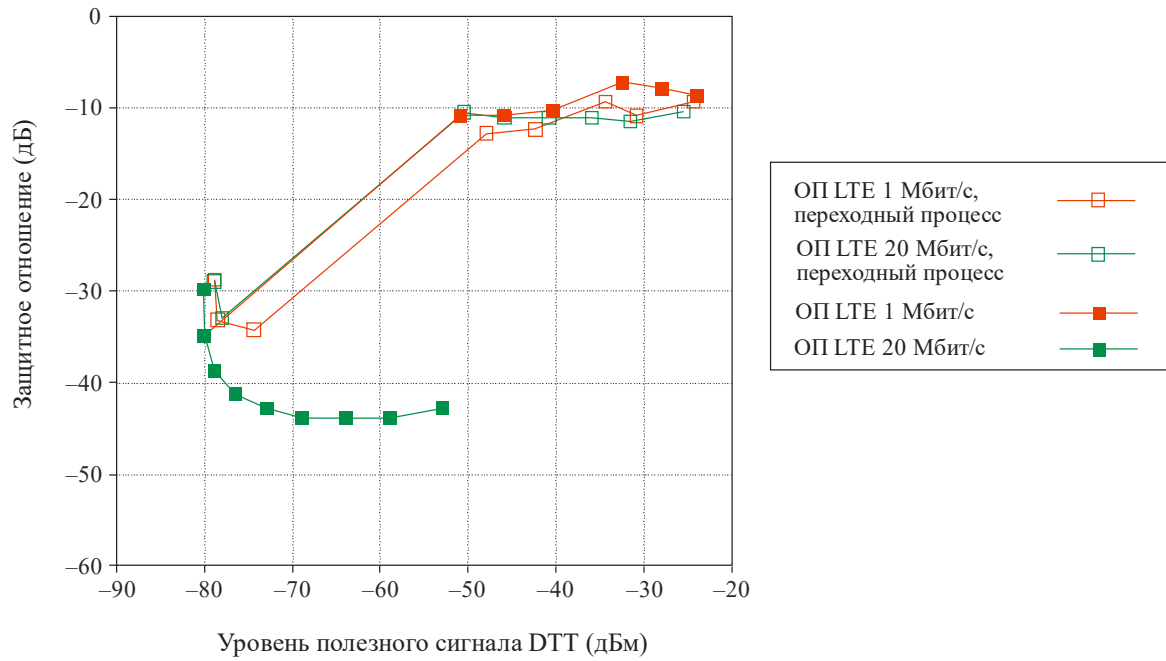
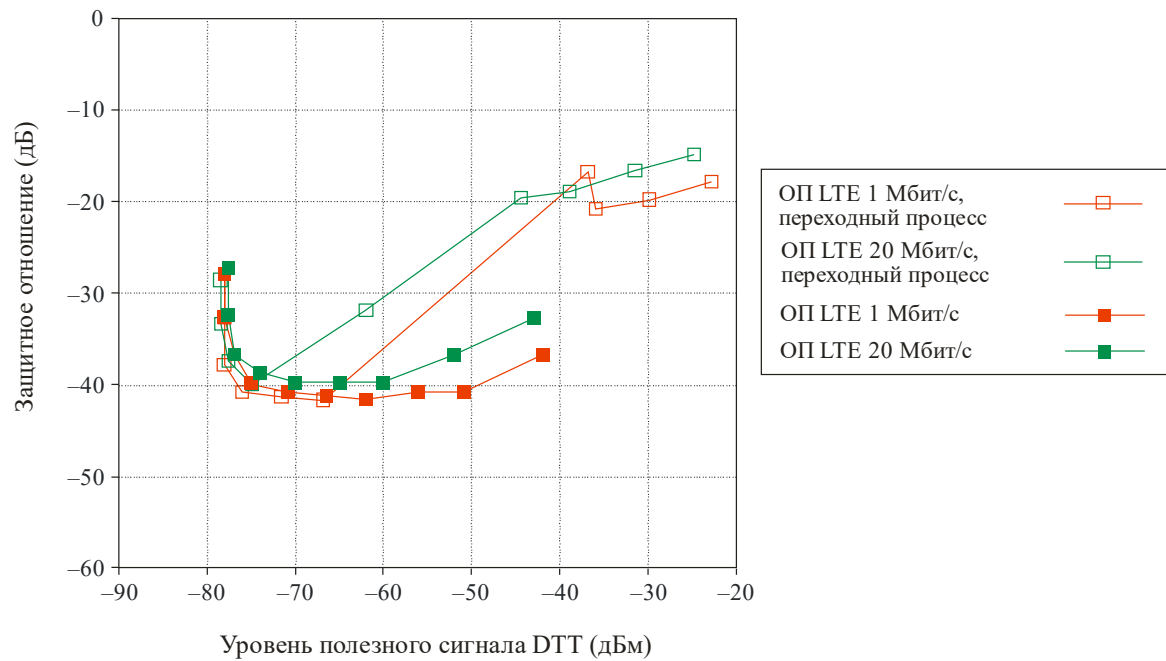


РИСУНОК 4
Сдвиг приемника R1 на 18 МГц



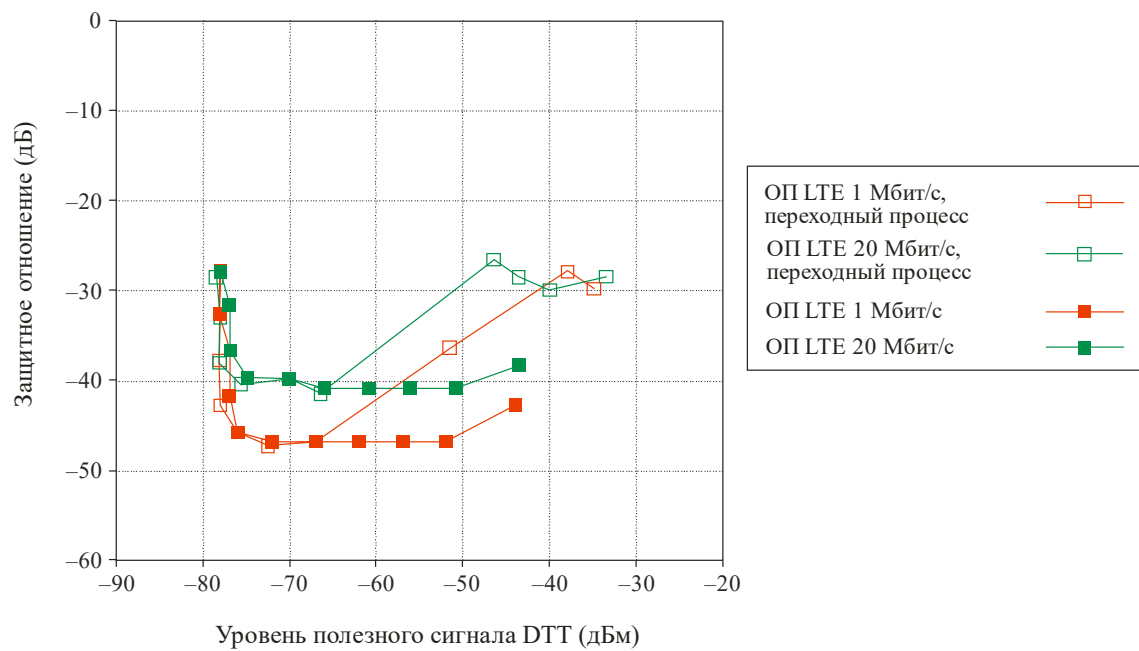
ВТ.2033-04

РИСУНОК 5
Сдвиг приемника R2 на 11 МГц



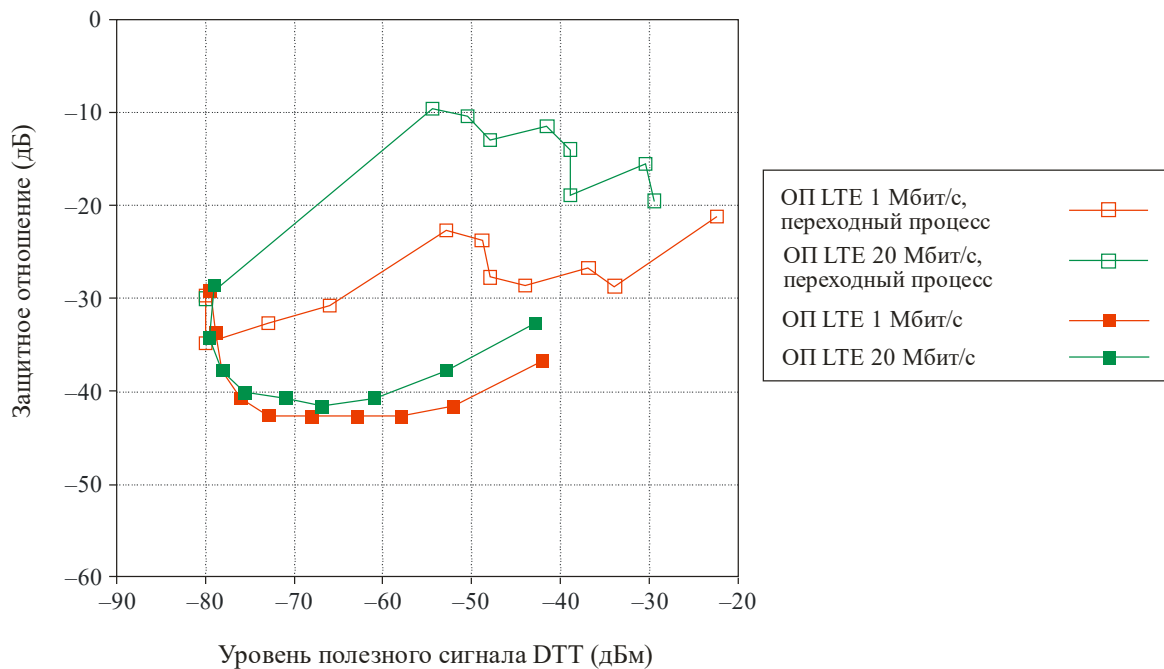
ВТ.2033-05

РИСУНОК 6
Сдвиг приемника R2 на 18 МГц



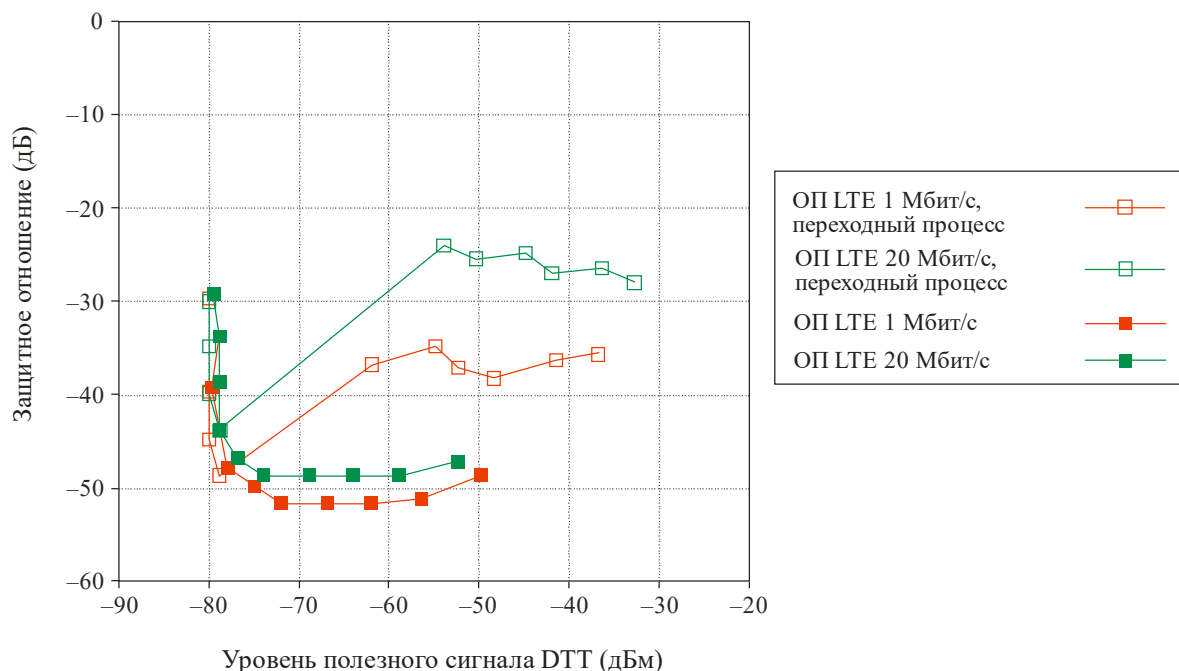
ВТ.2033-06

РИСУНОК 7
Сдвиг приемника R3 на 11 МГц



ВТ.2033-07

РИСУНОК 8
Сдвиг приемника R3 на 18 МГц



ВТ.2033-08

4 Выводы

Характеристика R1 является неудовлетворительной в случае сигнала непереходного процесса при низкой информационной нагрузке. В случае использования варианта любого сигнала переходного процесса демонстрируются характеристика, аналогичная случаю сигнала непереходного процесса при низкой информационной нагрузке. При увеличении сдвига частоты улучшения не наблюдается.

Характеристика приемников R2 и R3 является удовлетворительной в случае традиционных сигналов (даже при низкой информационной нагрузке), однако она ухудшается при использовании варианта сигнала переходного процесса. Защитное отношение примерно на 10–12 дБ лучше при увеличении сдвига частоты с 11 МГц до 18 МГц.

Во всех случаях вариант сигнала ОП переходного процесса 20 Мбит/с требует большей защиты по сравнению с вариантом сигнала 1 Мбит/с.

Значения защитного отношения, представленные в настоящей Рекомендации, основаны на измерениях, проведенных с хорошей характеристикой по соседнему каналу и, следовательно, необходима их корректировка для учета значений внеполосных излучений для оборудования LTE.

К настоящему времени исследована лишь небольшая совокупность приемников, однако получен важный вывод о том, что определенные приемники, которые ранее рассматривались как менее уязвимые к нагрузке с малым рабочим циклом, оказываются затронутыми коммутируемым сигналом переходного процесса. Поскольку ожидается, что такой сигнал переходного процесса будет характерным для реализаций будущего пользовательского оборудования LTE, представляется важным показать эти основанные на ограниченных измерениях промежуточные результаты уже сейчас, указав, что проводятся дальнейшие измерения.

Справочные документы

- [1] Document 6A/41 – *Measured DVB-T protection ratios and overload thresholds in the presence of LTE signals* Source: British Broadcasting Corporation (UK).
- [2] ETSI EN 302 755 – *Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*.

Прилагаемый документ 4 к Приложению 1

Технологии и характеристики ТВ-тюнеров

Уровни защитного отношения и порога перегрузки могут значительно различаться для кремниевых тюнеров¹ и для модульных тюнеров². Кремниевые тюнеры все больше используются в телевизионных приемниках, включая аппаратуру, изготовленную по новейшим технологиям, например цифровые телевизионные приемники с интеграцией услуг (iDTV) и персональные видеорекордеры (PVR).

Поскольку кремниевые и модульные тюнеры имеют различные эксплуатационные характеристики, при планировании рекомендуется учитывать относительный объем использования тюнера каждого типа и различия в характеристиках при планировании сети. По сравнению с модульными тюнерами на кремниевые тюнеры не влияет ухудшение показателей PR и O_{th} при наличии помех на промежуточной частоте (ПЧ) 36 МГц или на частоте зеркального канала $2 \times ПЧ = 72$ МГц, однако некоторые тюнеры имеют более высокие защитные отношения для других частотных сдвигов источников помех.

Скорее всего, будет иметь место сочетание этих типов тюнеров, и, скорее всего, их соотношение будет меняться со временем. В настоящей Рекомендации представлены разные результаты для каждого типа тюнеров. (Для получения дополнительной информации см. технические пояснения этих различий в Отчете МСЭ-R ВТ.2215 "Измерение защитных отношений и пороговых уровней перегрузки для телевизионных приемников".)

Для случая более широких защитных полос, когда зеркальный канал модульного тюнера может не совпадать с $N + 9$, характеристики PR и O_{th} могут оцениваться с использованием значений $N + 9$ для сдвига частоты, когда речь идет о зеркальном канале, и значения $N + 8$ для сдвигов близлежащей частоты, близких, но не попадающих в сдвиг частоты зеркального канала.

¹ "Кремниевые" тюнеры – это тюнеры на основе микросхемы, которая объединяет всю совокупность схем в небольшом объеме и которая может быть установлена непосредственно на плату. Настроенные схемы могут полностью отсутствовать или могут быть интегрированы на кремнии. Кремниевый чип может быть защищен от внешних электромагнитных помех металлическим покрытием. При интеграции на кремнии принимается определенное компромиссное решение в отношении эксплуатационных характеристик, если сравнивать с отдельными классическими компоновками. Измеренные модули представляют собой первое поколение на рынке. Эта технология находится еще на стадии развития.

² Модульные тюнеры – это классические супергетеродинные тюнеры в металлическом корпусе, содержащем различные компоненты. Как правило, в них содержатся фиксированные и настраиваемые цепи, созданные из отдельных катушек индуктивности и транзисторов с контролем частоты на основе варакторов. Металлический корпус должен минимизировать радиопомехи и уменьшить перекрестные наводки и рассеянное излучение.

Приложение 2 (нормативное)

Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевидения второго поколения стандарта DVB в диапазонах ОВЧ/УВЧ для каналов с шириной полосы 6 МГц

1 Защитные отношения для полезного сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2 6 МГц

В следующих ниже таблицах показаны защитные отношения для сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2 6 МГц, испытывающих помехи от:

- 1) сигнала цифрового наземного телевидения DVB-T2 6 МГц;
- 2) сигнала цифрового наземного телевидения ISDB-T 6 МГц;
- 3) сигнала аналогового наземного телевидения NTSC 6 МГц.

Приведены защитные отношения райсовского канала, который моделирует фиксированный прием на крыше с использованием направленной антенны.

1.1 Защитные отношения для полезного сигнала DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала цифрового наземного телевидения

Защитные отношения по совмещенному каналу зависят от модуляции и коэффициента FEC полезного сигнала. На защитные отношения по совмещенному каналу не влияют ни размер БПФ мешающего сигнала, ни использование режима расширенной ширины полосы.

Рекомендованные значения представлены в таблице 21. Влияние способа размещения несущих может считаться пренебрежимо малым, так как колебания измеряются десятками дБ.

ТАБЛИЦА 21

**Защитные отношения по совмещенному каналу (дБ) для сигнала DVB-T2 (райсовский канал),
испытывающего помехи от сигнала DVB-T2 (ширина полосы = 6 МГц)**

Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение	Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение
QPSK	1/2	6	64-QAM	1/2	13
QPSK	3/5	6	64-QAM	3/5	15
QPSK	2/3	7	64-QAM	2/3	16
QPSK	3/4	8	64-QAM	3/4	18
QPSK	4/5	8	64-QAM	4/5	19
QPSK	5/6	9	64-QAM	5/6	20
16-QAM	1/2	11	256-QAM	1/2	17
16-QAM	3/5	12	256-QAM	3/5	20
16-QAM	2/3	13	256-QAM	2/3	21
16-QAM	3/4	14	256-QAM	3/4	23
16-QAM	4/5	15	256-QAM	4/5	24
16-QAM	5/6	16	256-QAM	5/6	26

Защитные отношения по соседнему каналу для полезного сигнала DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала DVB-T2, зависят от модуляции и коэффициента FEC полезного сигнала.

В таблице 22 показаны защитные отношения для нижнего и верхнего соседних каналов.

ТАБЛИЦА 22

Защитные отношения по соседнему каналу (дБ) для полезного сигнала DVB-T2 (райсовский канал), испытывающего помехи от сигнала DVB-T2 (ширина полосы = 6 МГц)

Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение $N \pm 1$	Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение $N \pm 1$
QPSK	1/2	-43	64-QAM	1/2	-39
QPSK	3/5	-43	64-QAM	3/5	-39
QPSK	2/3	-42	64-QAM	2/3	-39
QPSK	3/4	-42	64-QAM	3/4	-39
QPSK	4/5	-42	64-QAM	4/5	-37
QPSK	5/6	-42	64-QAM	5/6	-35
16-QAM	1/2	-42	256-QAM	1/2	-39
16-QAM	3/5	-42	256-QAM	3/5	-38
16-QAM	2/3	-41	256-QAM	2/3	-36
16-QAM	3/4	-40	256-QAM	3/4	-33
16-QAM	4/5	-40	256-QAM	4/5	-31
16-QAM	5/6	-40	256-QAM	5/6	-29

В таблице 23 представлены защитные отношения по совмещенному каналу для полезного сигнала DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала ISDB-T. На эти защитные отношения воздействуют в основном модуляция и скорость кодирования полезного сигнала.

Стандарт ISDB-T предусматривает необязательный сдвиг частоты +1/7 МГц. Этот сдвиг частоты оказывает воздействие на защитные отношения, которое поясняется в Примечании 1 к таблице 23 и в Примечании 1 к таблице 24.

ТАБЛИЦА 23

Защитные отношения по совмещенному каналу (дБ) для полезного сигнала DVB-T2 (райсовский канал), испытывающего помехи от сигнала ISDB-T (ширина полосы = 6 МГц) (см. Примечание 1)

Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение	Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение
QPSK	1/2	6	64-QAM	1/2	13
QPSK	3/5	6	64-QAM	3/5	15
QPSK	2/3	7	64-QAM	2/3	16
QPSK	3/4	8	64-QAM	3/4	18
QPSK	4/5	8	64-QAM	4/5	19
QPSK	5/6	9	64-QAM	5/6	20
16-QAM	1/2	11	256-QAM	1/2	17
16-QAM	3/5	12	256-QAM	3/5	20

ТАБЛИЦА 23 (окончание)

Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение	Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение
16-QAM	2/3	13	256-QAM	2/3	21
16-QAM	3/4	14	256-QAM	3/4	23
16-QAM	4/5	15	256-QAM	4/5	24
16-QAM	5/6	16	256-QAM	5/6	26

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В случае сигнала ISDB-T со сдвигом частоты +1/7 МГц защитные отношения по совмещенному каналу должны быть уменьшены на 1 дБ.

В таблице 24 представлены защитные отношения по соседнему каналу для полезного сигнала DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала ISDB-T. На эти защитные отношения воздействуют модуляция и коэффициент FEC полезного сигнала, а также необязательный сдвиг, используемый в мешающем сигнале.

ТАБЛИЦА 24

Защитные отношения по соседнему каналу (дБ) для полезного сигнала DVB-T2 (райсовский канал), испытывающего помехи от сигнала ISDB-T (ширина полосы = 6 МГц) (см. Примечание 1)

Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение $N \pm 1$
QPSK	1/2	-46
QPSK	3/5	-46
QPSK	2/3	-45
QPSK	3/4	-45
QPSK	4/5	-45
QPSK	5/6	-45
16-QAM	1/2	-45
16-QAM	3/5	-45
16-QAM	2/3	-44
16-QAM	3/4	-43
16-QAM	4/5	-43
16-QAM	5/6	-43
64-QAM	1/2	-42
64-QAM	3/5	-42
64-QAM	2/3	-42
64-QAM	3/4	-42
64-QAM	4/5	-40
64-QAM	5/6	-38
256-QAM	1/2	-42
256-QAM	3/5	-41
256-QAM	2/3	-39
256-QAM	3/4	-36
256-QAM	4/5	-34
256-QAM	5/6	-32

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В случае сигнала ISDB-T со сдвигом частоты +1/7 МГц защитные отношения по нижнему соседнему каналу должны быть уменьшены на 1 дБ, а защитные отношения по верхнему соседнему каналу должны быть уменьшены на 2 дБ.

1.2 Защитные отношения для полезного сигнала DVB-T2, испытывающего помехи от сигнала аналогового наземного телевидения

В случае когда сигнал цифрового наземного телевидения DVB-T2 испытывает помехи от сигнала аналогового телевидения, защитные отношения по совмещенному каналу зависят от модуляции и коэффициента FEC сигнала DVB-T2.

В таблице 25 показаны значения на основе модуляции и коэффициента FEC.

ТАБЛИЦА 25

Защитные отношения по совмещенному каналу (дБ) для полезного сигнала DVB-T2 (райсовский канал), испытывающего помехи от сигнала аналогового наземного телевидения NTSC (ширина полосы = 6 МГц)

Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение	Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение
QPSK	1/2	-13	64-QAM	1/2	-5
QPSK	3/5	-12	64-QAM	3/5	-3
QPSK	2/3	-11	64-QAM	2/3	-1
QPSK	3/4	-9	64-QAM	3/4	2
QPSK	4/5	-9	64-QAM	4/5	4
QPSK	5/6	-7	64-QAM	5/6	5
16-QAM	1/2	-10	256-QAM	1/2	-3
16-QAM	3/5	-8	256-QAM	3/5	2
16-QAM	2/3	-8	256-QAM	2/3	3
16-QAM	3/4	-5	256-QAM	3/4	6
16-QAM	4/5	-4	256-QAM	4/5	6
16-QAM	5/6	-5	256-QAM	5/6	9

В случае помех по соседнему каналу на защитные отношения воздействуют в основном те же факторы, что и в случае помех по совмещенному каналу. Это – модуляция и коэффициент FEC полезного сигнала DVB-T2.

В таблице 26 показаны значения для верхнего и нижнего соседних каналов $N \pm 1$.

Для случая соседних каналов были выполнены $N \pm 2$ измерений для конфигураций 64-QAM 3/5 и 64-QAM 3/4. Значения защитного отношения составляют -39 дБ и -35 дБ, соответственно.

ТАБЛИЦА 26

Защитные отношения по соседнему каналу $N \pm 1$ (дБ) для полезного сигнала DVB-T2 (райсовский канал), испытывающего помехи от сигнала аналогового наземного телевидения NTSC (ширина полосы = 6 МГц)

Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение $N \pm 1$	Модуляция	Коэффициент FEC	Защитное отношение $N \pm 1$
QPSK	1/2	-1	64-QAM	1/2	-29
QPSK	3/5	-39	64-QAM	3/5	-27
QPSK	2/3	-36	64-QAM	2/3	-25
QPSK	3/4	-33	64-QAM	3/4	-22
QPSK	4/5	-32	64-QAM	4/5	-20
QPSK	5/6	-30	64-QAM	5/6	-19
16-QAM	1/2	-34	256-QAM	1/2	-25
16-QAM	3/5	-32	256-QAM	3/5	-22
16-QAM	2/3	-29	256-QAM	2/3	-20
16-QAM	3/4	-27	256-QAM	3/4	-17
16-QAM	4/5	-26	256-QAM	4/5	-16
16-QAM	5/6	-24	256-QAM	5/6	-14

Приложение 3 (для информации)

Дополнительные результаты испытаний

1 Дополнительные результаты испытаний из Соединенного Королевства

Для обеспечения полевых испытаний и последующего анализа и оценки на основе моделирования в Соединенном Королевстве был проведен комплекс измерений характеристик ТВ-приемников в условиях наличия сигналов базовой станции LTE.

Отчет об измерениях защитных отношений для приема сигналов DVB-T и T2 в условиях помех от базовых станций LTE, составленный в сравнительной форме, представлен ниже в виде вложенного файла формат Word.

Испытания включали режимы фиксированного приема на крыше, используемые в Соединенном Королевстве. Для DVB-T это 8k при 64-QAM 2/3 с использованием MPEG-2, для DVB-T2 это режим 32k при 256-QAM 2/3 с использованием MPEG-4. Передачи велись в каналах с шириной полосы 8 МГц стандартного европейского раstra. Для обеспечения практически идентичного покрытия были выбраны два режима модуляции передачи, и это получило подтверждение на практике в ходе осуществляемого в Соединенном Королевстве перехода на цифровое радиовещание.

Сигналы базовых станций LTE записывались с реальной установки в форматах с полной нагрузкой и без нагрузки и могли воспроизводиться через генератор сигналов и усилитель плюс фильтр. Маска передачи сигнала LTE 10 МГц была установлена в соответствии с Решением ЕС 2010/267/EU для полосы 800 МГц.

В состав испытываемых установок входили ТВ-приемники, абонентские приставки и отдельный видеомаягнитофон с парными тюнерами.



Microsoft-Office.doc

c

2 **Дополнительные результаты испытаний из Российской Федерации**

В приложенном вкладе представлены результаты предварительной сравнительной оценки характеристик систем DVB-T и DVB-T2 на основе измерений, проведенных в Российской Федерации.



extract from
6A-592.docx

Приложение 4 **(нормативное)**

Другие факторы планирования

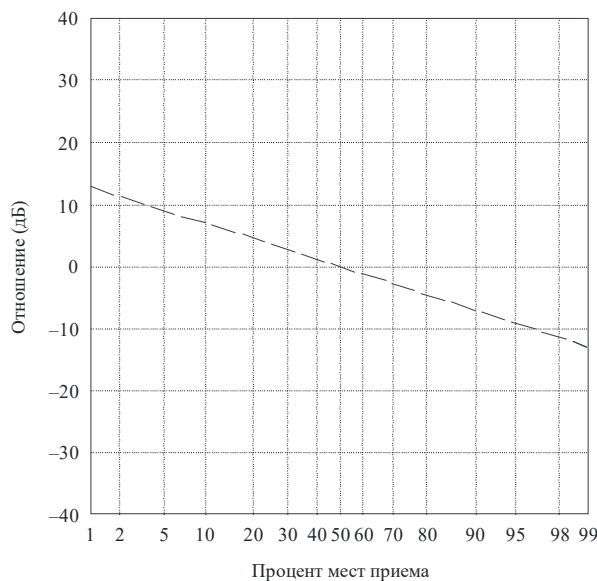
1 Распределение напряженности поля в зависимости от мест приема

Можно предположить, что распределение значений напряженности поля цифровых телевизионных сигналов в зависимости от мест приема будет отличаться от распределения для аналоговых телевизионных сигналов. В таблицах 1, 2 и 3 Рекомендации МСЭ-R P.1546 приводятся стандартные отклонения для случаев аналогового и цифрового сигналов для частоты 100 МГц, 600 МГц и 2000 МГц, соответственно.

На рисунке 9 приведены результаты исследований распространения сигналов цифровых систем в диапазонах ОВЧ и УВЧ. Рисунок приведен для стандартного отклонения в 5,5 дБ. Эти результаты можно также использовать для получения кривых прогнозированного распространения для процента мест приема, отличного от 50%. В Рекомендации МСЭ-R P.1546 приводятся данные для аналоговой и цифровой систем при проценте мест приема, отличном от 50%, когда ширина полосы цифровой системы превышает 1,5 МГц.

РИСУНОК 9

Отношение (дБ) напряженности поля для заданного процента мест приема к напряженности поля для 50% мест приема



Частота: 30–250 МГц (диапазоны I, II и III)
и 470–890 МГц (диапазоны IV и V)

ВТ.2033-09

2 Прием на переносное оборудование в зданиях и транспортных средствах

2.1 Потери по высоте L_h

Для сухопутных трактов приведенные в Рекомендации МСЭ-R P.1546 кривые дают значения напряженности поля для приемной антенны, высота которой над уровнем земли равна *типичной высоте* над поверхностью земли в районе месторасположения приемной антенны. При условии минимальной высоты в 10 м примерами эталонной высоты являются 20 м для городских районов, 30 м для городских районов с плотной застройкой и 10 м для пригородных районов. (Для морских трактов условная величина равна 10 м.)

Если высота приемной антенны отличается от типичной высоты, к значению напряженности поля применяется поправочный коэффициент, взятый из приведенных в Рекомендации МСЭ-R P.1546 кривых, в соответствии с процедурой, изложенной в этой Рекомендации.

2.2 Потери на входе в здание L_b

Потери, связанные с проникновением в здание, в существенной степени зависят от строительных материалов, угла падения и частоты. Следует также обратить внимание на то, осуществляется ли прием во внутреннем помещении или в помещении, расположенном поблизости от внешней стены. Потери на входе в здание определяются как разница (дБ) между средней напряженностью поля внутри здания на определенной высоте над уровнем земли и средней напряженностью поля вне этого здания на той же высоте над уровнем земли.

Хотя не имеется единой полной формулы для расчета потерь на входе в здание, в Рекомендации МСЭ-R P.679 приводится полезная статистическая информация, основанная на измеренных потерях в различных типах зданий для частот от около 500 МГц до 5 ГГц. Потери при распространении внутри зданий, связанные со стенами и междуэтажными перекрытиями, рассматриваются в Рекомендации МСЭ-R P.1238.

Было измерено множество разнообразных потерь на входе в здание. В таблице 27 приводятся три класса относительных возможностей обеспечения приема внутри помещений, а также соответствующие средние и стандартные отклонения потерь на входе в здание для той же напряженности поля на улице, которые рассчитаны на основе измерений в диапазоне УВЧ.

ТАБЛИЦА 27

Различные потери на входе в здание в диапазонах IV/V УВЧ

Классификация относительных возможностей обеспечения приема внутри помещений	Средние потери на входе в здание (дБ)	Стандартное отклонение (дБ)
Высокие	7	5
Средние	11	6
Низкие	15	7

Примеры зданий с различными сравнительными возможностями обеспечения приема внутри помещений.

Высокие:

- пригородное жилое здание с окнами не из металлизированного стекла;
- помещение с окном, расположенным на внешней стене многоэтажного жилого здания, в условиях города.

Средние:

- внешние помещения с окнами из металлизированного стекла в условиях города;
- внутренние помещения в многоэтажном жилом здании в условиях города.

Низкие:

- внутренние помещения в административных зданиях.

При наличии более точных данных, основанных на местных измерениях, они могут использоваться в качестве основы для планирования конкретной услуги.

2.3 Потери на входе в транспортное средство L_v

При приеме на портативное устройство внутри транспортного средства следует принимать во внимание потери на кузове автомобиля. Типичная потеря на входе в транспортное средство для диапазонов IV/V УВЧ, рассчитанная на основе опыта сотовой радиопередачи, составляет 6 дБ.

3 Избирательность приемной антенны

Информация о направленности и поляризационной избирательности бытовых приемных антенн приведена в Рекомендации МСЭ-R ВТ.419.

4 Антенны для приема на переносное и мобильное оборудование**4.1 Антенны для приема на переносное оборудование**

Были измерены различные величины усиления антенны для разных типов антенн. Ниже представлены типичные значения усиления антенны.

ТАБЛИЦА 28

Усиление антенны (дБд) при приеме на переносное оборудование

Диапазон	Усиление (дБд)
Диапазон III ОВЧ	–2
Диапазон IV УВЧ	0
Диапазон V УВЧ	0

Поляризационная избирательность не предполагается.

4.2 Антенны для приема на портативное оборудование

Антенна в небольшом по размеру портативном оконечном оборудовании должна быть составной частью конструкции этого оборудования и, следовательно, должна иметь небольшие размеры по сравнению с длиной волны. Согласно существующему в настоящее время пониманию вопросов, связанных с конструкцией, для усиления антенны наихудший случай относится к нижней части диапазона УВЧ. Усиление антенны для трех частот в диапазоне УВЧ приводится в таблице 29. Номинальное усиление антенны между этими частотами может быть получено путем линейной интерполяции.

ТАБЛИЦА 29

Усиление антенны (дБд) при приеме на портативное оборудование

Частота (МГц)	Усиление (дБд)
474	–12
698	–9
858	–7

В целом поляризационная избирательность не предполагается для этого типа переносных приемных антенн, а диаграмма направленности в горизонтальной плоскости является ненаправленной.

4.3 Антенны для приема на мобильное оборудование

Реальная стандартная антенна для приема в транспортном средстве – это монополюс $1/4$, в котором в качестве плоскости основания используется металлическая крыша. Усиление антенны для стандартных углов падения волны зависит от расположения антенны на крыше. Для пассивных систем антенн можно ожидать значения, приведенные в таблице 30.

ТАБЛИЦА 30

Усиление антенны (дБд) при приеме на мобильное оборудование

Диапазон	Усиление (дБд)
Диапазон III ОВЧ	–5
Диапазон IV УВЧ	–2
Диапазон V УВЧ	–1

Теоретически, поляризационная избирательность составляет порядка 4–10 дБ, в зависимости от расположения антенны на крыше.

5 Промышленный шум (MMN)

Для целей планирования используются значения промышленного шума, приведенные в таблицах 31 и 32.

ТАБЛИЦА 31

Поправка на промышленный шум при расчете для городских районов

Городской район	Диапазон III	Диапазоны IV/V
Поправка на промышленный шум		
Релевантное значение для встроенной антенны в портативном переносном приемнике	0	0
Релевантное значение для внешней антенны* в портативном переносном приемнике	1	0
Релевантное значение для установленной на крыше антенны	2 дБ	0 дБ
Релевантное значение для антенны, приспособленной для портативных и мобильных приемников	8 дБ	1 дБ

* Телефонная трубка с телескопической или встроенной антенной.

ТАБЛИЦА 32

Поправка на промышленный шум при расчете для сельских районов

Сельский район	Диапазон III	Диапазоны IV/V
Поправка на промышленный шум		
Релевантное значение для встроенной антенны в портативном переносном приемнике	0	0
Релевантное значение для внешней антенны* в портативном переносном приемнике	0	0
Релевантное значение для установленной на крыше антенны	2 дБ	0 дБ
Релевантное значение для антенны, приспособленной для портативных и мобильных приемников	5 дБ	0 дБ

* Телефонная трубка с телескопической или встроенной антенной.

Приложение 5 (для информации)

Методы оценки точки отказа

1 Метод субъективного определения точки отказа (SFP) для измерения защитных отношений

В бытовых приемниках может оказаться невозможным измерить BER, в связи с этим для единообразного измерения защитных отношений был предложен новый метод, называемый методом SFP. Критерием качества при измерении защитных отношений является предел, до которого изображение на ТВ экране является безошибочным. Защитное РЧ отношение для полезного сигнала DVB-T представляет собой отношение полезного сигнала к мешающему сигналу на входе приемника, определенное методом SFP и округленное до ближайшего целого числа.

Метод SFP подходит для качества изображения, при котором в течение среднего времени наблюдения 20 с заметно не более одной ошибки. Настройка уровней полезного и мешающего сигналов для метода SFP осуществляется небольшими шагами, при этом величина шага составляет обычно 0,1 дБ. Для источника помех "в виде шумов" разница между значениями отношения полезного сигнала к мешающему сигналу, полученными методом QEF (при последующей BER BCH 1×10^{-11}) и методом SFP, составляет менее 1 дБ в силу жестких "каскадных" характеристик декодирования LDPC. Традиционно, значения защитных отношений для полезных цифровых ТВ сигналов измерялись при входной мощности приемника -60 дБм. Там, где это возможно, защитные отношения для систем цифрового телевидения получаются из измерений с использованием сигналов разного уровня, указанных в рекомендуемой методике (Отчет МСЭ-R ВТ.2215).

Предлагается применять метод SFP для оценки всех систем DTTB. (Вопрос о применении этого метода для цифровой системы ISDB-T будет изучаться в Японии.)

Приложение 6 (нормативное)

Тропосферные и непрерывные помехи

1 Тропосферные и непрерывные помехи

При использовании защитных отношений в процессе планирования необходимо определить, считать ли в данных конкретных условиях помеху тропосферной или непрерывной. Это можно сделать путем сравнения полей раздражения для двух указанных условий. Поле раздражения определяется как напряженность поля передатчика мешающего сигнала (при соответствующей э.и.м.), увеличенная на соответствующее защитное отношение.

Таким образом, для непрерывной помехи поле раздражения определяется как:

$$E_C = E(50, 50) + P + A_C,$$

а для тропосферной помехи поле раздражения определяется как:

$$E_T = E(50, t) + P + A_T,$$

где:

$E(50, t)$: напряженность поля (дБ(мкВ/м)) передатчика мешающего сигнала, нормализованная к 1 кВт и превышаемая в течение $t\%$ времени;

P : э.и.м. (дБ(1 кВт)) мешающего передатчика;

A : защитное отношение (дБ);

C и T : непрерывная и тропосферная помехи, соответственно.

Защитное отношение для непрерывной помехи применимо в том случае, когда получаемое поле раздражения сильнее, чем поле, получаемое для тропосферной помехи, то есть когда $E_C > E_T$.

Это означает, что A_C следует использовать во всех случаях, когда:

$$E(50, 50) + A_C > E(50, t) + A_T.$$

Приложение 7 (нормативное)

Критерии планирования, включая защитные отношения, для систем цифрового наземного телевизионного вещания второго поколения ATSC 3.0 в диапазонах ОВЧ/УВЧ

1 Защитные отношения для сигналов цифрового наземного телевизионного вещания ATSC 3.0

1.1 Защитные отношения для защиты от помех в совмещенном канале и соседнем канале (или отношения уровня полезного сигнала к уровню нежелательного сигнала, D/U), создаваемых другими сигналами ATSC, не должны превышать пороговых значений, указанных в таблице 5.2 документа СТА-СЕВ32.2, воспроизведенных здесь в таблице 33. Показанные здесь созвездия 256-QAM и 4096-QAM представляют собой соответственно рекомендуемый вариант и вариант наименее надежной модуляции. Сопутствующие условия: для 256-QAM – кодовая скорость 13/15 с БПФ 32К и длиной кода 64 800 бит, а для 4096-QAM – кодовая скорость 13/15 с БПФ 32К и длиной кода 64800 бит. Параметры передачи ATSC 1.0 приведены в ATSC RP A/54A, таблица 8.1, наземный режим: канал 6 МГц, модуляция 8-VSB, скорость кодирования решетчато-кодовой модуляции 2/3.

ТАБЛИЦА 33

Пороговые значения подавления помех в совмещенном канале

Тип помех	Фактор планирования отношения D/U в совмещенном канале, (дБ) ³ Требуемая мощность = чувствительность + 20 дБм
Помехи, создаваемые сигналом ATSC 1.0 для полезного сигнала ATSC 3.0	32,8 дБ (256-QAM), < 48,3 дБ (возможен вариант 4096-QAM)
Помехи, создаваемые сигналом ATSC 3.0 для полезного сигнала ATSC 1.0	15,5 дБ
Помехи, создаваемые сигналом ATSC 3.0 для полезного сигнала ATSC 3.0	32,8 дБ (256-QAM), < 48,3 дБ (возможен вариант 4096-QAM)

1.2 Защитные отношения по соседнему каналу для системы ATSC 3.0, испытывающей помехи от базовой станции и пользовательского оборудования LTE, находятся в стадии изучения. В пункте 1.3 Рекомендации МСЭ-R ВТ.2036-4 указаны защитные отношения для ATSC 1.0, которые могут быть полезны при планировании ATSC 3.0.

2 Минимальная напряженность поля для сигнала наземного цифрового телевизионного вещания ATSC 3.0

2.1 В таблице 34 представлен бюджет линии ATSC 3.0 для определения минимальной напряженности поля для помещений в городской зоне, помещений в пригородной зоне и для условий распространения на квазиоткрытых пространствах/в сельских районах.

ТАБЛИЦА 34

ATSC 3.0	Помещения в городской зоне	Помещения в пригородной зоне	Квазиоткрытые пространства/ сельские районы
Полоса пропускания канала (МГц)	8	8	8
Ширина полосы передачи (МГц)	7,78	7,78	7,78
Передатчик/базовая станция			
Высота антенны передатчика (м)	30	30	30
Частота (МГц)	700	700	700
Длина волны (м)	0,43	0,43	0,43
Мощность передатчика (Вт)	40	40	40
Мощность передатчика (дБм)	46,0	46,0	46,0
Усиление антенны передатчика (дБд)	8	8	8
Потери в кабеле (дБ)	2	2	2
Эквивалентная излучаемая мощность (э.и.м.) (дБм)	52,0	52,0	52,0
Приемник (планшет)			
Разнесение	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
БПФ ATSC 3	8k	8k	8k
Суммарная пропускная способность режима (Мбит/с)	3,68	3,68	3,68
Модуляция	16-QAM	16-QAM	16-QAM
Кодовая скорость	2/15	2/15	2/15
Требуемое отношение C/N , статическое (рэлеевская модель канала)	0,50	0,50	0,50
Защитный интервал ATSC 3.0	GI1_192	GI1_192	GI1_192
Шумовая полоса приемника (МГц)	7,78	7,78	7,78
Коэффициент шума приемника (дБ)	7	7	7
Мощность шума на входе приемника (дБВт)	-128,0	-128,0	-128,0
Отношение сигнал/шум, S/N , (дБ)	1,0	1,0	1,0
Минимальная мощность на входе приемника (дБВт)	-127,0	-127,0	-127,0
Усиление антенны (дБд) [$GdBi = GdBd + 2,15$]	-9,2	-9,2	-9,2
Потери в человеческом теле	-2,0	-2,0	-2,0
Эффективная апертура антенны (дБм ²)	-27,4	-25,4	-25,4
Потери в фидере (дБ)	0,0	0,0	0,0
Минимальная плотность потока мощности (дБВт/м ²)	-99,7	-101,7	-101,7
Эквивалентная минимальная напряженность поля (дБмкВ/м)	46,1	44,1	44,1
Вероятность охвата мест (%)	95	95	95
Стандартное отклонение вне помещения (дБ)	5,5	5,5	5,5
Стандартное отклонение в помещении (дБ)	6,0	6,0	0,0
Суммарное стандартное отклонение (дБ)	8,1	8,1	5,5
Поправочный коэффициент для местоположения (дБ)	13,4	13,4	9,0
Допуск на помехи (повторное использование 1)	0,0	0,0	0,0
Потери по высоте (дБ)	0,0	0,0	0,0
Потери при проникновении в здание (дБ)	17,0	17,0	17,0

ТАБЛИЦА 34 (окончание)

ATSC 3.0	Помещения в городской зоне	Помещения в пригородной зоне	Квазиоткрытые пространства/ сельские районы
Минимальная медианная эквивалентная напряженность поля (дБмкВ/м)	76,5	74,5	70,1
Минимально необходимый уровень мощности при требуемой антенне (дБм) – без учета поправочного коэффициента для местоположения	–88,0	–97,0	–97,0
Допустимые/планируемые потери при распространении для радиуса действия сот (дБ)	109,7	111,7	116,0
Радиус покрытия (км)	0,40	0,84	2,65
Площадь круговой зоны покрытия соты (км ²)	0,51	2,24	22,09
Приблизительный радиус соты SFN (км)	0,65	1,30	3,97
Площадь круговой зоны покрытия соты SFN (км ²)	1,34	5,30	49,54

2.2 В таблице 35 представлен сценарий расчета бюджета линии ATSC 3.0 при использовании наружной антенны, установленной на высоте 10 м.

У этого бюджета линии имеется несколько важных особенностей. Поскольку антенна имеет некоторую направленность, для этого случая используется райсовская модель. В числе параметров, выбранных для этого варианта, используется минимальное значение C/N , равное 16,9 дБ. Этот порог отношения C/N учитывает влияние модели канала, а также допустимую погрешность, зависящую от других факторов реальной эксплуатации, таких как ошибка оценки канала. Параметры ATSC 3.0: 64-QAM, код LDPC 11/15, БПФ 32К, режим пилот-сигнала SP8_4. Предполагается, что антенный спуск выполнен из коаксиального кабеля RG-59 длиной 75 футов (22,9 м).

ТАБЛИЦА 35

Бюджет линии наружной антенны

Центральная частота канала (МГц)	69	195	605
Полоса пропускания канала (МГц)	6	6	6
Усиление антенны (дБ)	4,0	6,0	10,0
Потери на антенном спуске (дБ)	1,4	2,0	4,0
Коэффициент шума приемника (дБ)	7,0	7,0	7,0
Шум, создаваемый приемником (дБ)	–99,2	–99,2	–99,2
Шум неба (дБм)	–90,0	–102,4	–106,2
Эквивалентный шум на входе антенны (дБм)	–89,7	–99,8	–102,6
Модель канала	Райсовский	Райсовский	Райсовский
Минимальное отношение C/N (дБ)	16,9	16,9	16,9
Минимальная входная мощность антенны (дБм)	–72,8	–82,9	–85,7
Дипольный коэффициент (дБ)	111,8	120,8	130,7
Минимальная требуемая напряженность поля на антенне (дБуВ/м)	39,0	38,0	44,9
Требуемый охват территории	70,0	70,0	70,0
Коэффициент распределения	0,5	0,5	0,5
Стандартное отклонение (дБ)	5,5	5,5	5,5
Поправочный коэффициент для местоположения (дБ)	2,9	2,9	2,9
Минимальная требуемая напряженность поля на антенне с запасом (дБуВ/м)	41,9	40,8	47,8

ТАБЛИЦА 35 (окончание)

Требуемый охват территории (%)	95,0	95,0	95,0
Коэффициент распределения	1,6	1,6	1,6
Стандартное отклонение (дБ)	5,5	5,5	5,5
Поправочный коэффициент для местоположения (дБ)	9,0	9,0	9,0
Минимальная требуемая напряженность поля на антенне с запасом (дБВ/м)	48,0	47,0	54,0

2.3 В таблице 36 приведен сценарий расчета бюджета линии ATSC 3.0 для приема в автомобиле. Антенна не имеет направленности, поэтому используется рэлеевская модель канала. Параметры ATSC 3.0: 16-QAM, код LDPC 5/15, БПФ 16K, режим пилот-сигнала SP4_2. Предполагается, что потери на антенном спуске равны потерям в коаксиальном кабеле RG-59 длиной 10 футов (3 м).

ТАБЛИЦА 36

Бюджет линии для приема в автомобиле

Центральная частота канала (МГц)	69	195	605
Полоса пропускания канала (МГц)	6	6	6
Усиление антенны (дБ)	-4,0	-2,0	0,0
Потери на антенном спуске (дБ)	0,2	0,3	0,6
Коэффициент шума приемника (дБ)	7,0	7,0	7,0
Шум, создаваемый приемником (дБ)	-99,2	-99,2	-99,2
Шум неба (дБм)	-90,0	-102,4	-106,2
Эквивалентный шум на входе антенны (дБм)	-88,8	-95,8	-97,9
Модель канала	Рэлеевский	Рэлеевский	Рэлеевский
Минимальное отношение C/N (дБ)	7,8	7,8	7,8
Минимальная входная мощность антенны (дБм)	-81,0	-88,0	-90,1
Дипольный коэффициент (дБ)	111,8	120,8	130,7
Минимальная требуемая напряженность поля на антенне (дБВ/м)	30,8	32,8	40,6
Требуемый охват территории	90,0	90,0	90,0
Коэффициент распределения	1,3	1,3	1,3
Стандартное отклонение (дБ)	5,9	5,9	5,9
Поправочный коэффициент для местоположения (дБ)	7,7	7,7	7,7
Минимальная требуемая напряженность поля на антенне с запасом (дБВ/м)	38,5	40,5	48,2
Требуемый охват территории (%)	99,0	99,0	99,0
Коэффициент распределения	2,3	2,3	2,3
Стандартное отклонение (дБ)	5,9	5,9	5,9
Поправочный коэффициент для местоположения (дБ)	13,6	13,6	13,6
Минимальная требуемая напряженность поля на антенне с запасом (дБВ/м)	44,4	46,4	54,1

2.4 В пункте 1.3 Рекомендации МСЭ-R ВТ.2036-4 указаны защитные отношения по соседнему каналу для системы ATSC 1.0, испытывающей помехи от базовой станции и пользовательского оборудования LTE, которые могут быть полезны при планировании ATSC 3.0.

3 Справочные материалы

- [1] ATSC Standard A/300, ATSC 3.0 System.
- [2] ATSC Standard A/322, Physical Layer Protocol.
- [3] ATSC Recommended Practice A/327:2020, Guidelines for the Physical Layer Protocol.
- [4] CTA-CEB32.2, Recommended Practice for ATSC 3.0 Television Sets, Physical Layer, (May 2018).
- [5] ATSC Recommended Practice A/54A: Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard, including Corrigendum No. 1 (2003, 2006).

Приложение 8
(нормативное)

**Критерии планирования для цифровых телевизионных систем DTMB-A
в диапазонах ОВЧ/УВЧ**

1 Защитные отношения для полезных сигналов цифрового наземного телевидения DTMB-A

В таблицах 37 и 38 показаны защитные отношения для полезных сигналов DTMB-A, испытывающих помехи соответственно от сигналов DTMB-A и сигналов аналогового наземного телевидения.

1.1 Защита сигнала DTMB-A, испытывающего помехи от сигнала DTMB-A

ТАБЛИЦА 37

**Защитные отношения (дБ) по совмещенному каналу для сигнала DTMB-A 8 МГц,
испытывающего помехи от сигнала DTMB-A**

Модуляция	Кодовая скорость	Гауссовский канал	Райсовский канал	Рэлеевский канал
QPSK	1/2	2,5	3,5	5,0
16-APSK	1/2	8,0	9,0	11,0
64-APSK	1/2	12,0	13,0	15,0
256-APSK	1/2	16,0	17,0	19,0
QPSK	2/3	4,5	5,5	8,0
16-APSK	2/3	10,0	11,0	14,0
64-APSK	2/3	15,0	16,0	19,0
256-APSK	2/3	19,5	20,5	23,0
QPSK	5/6	7,0	8,0	12,0
16-APSK	5/6	12,5	14,0	18,0
64-APSK	5/6	18,5	19,5	24
256-APSK	5/6	24,5	25,5	30,5

Защитные отношения приводятся для трех типов каналов передачи (гауссовского, райсовского и рэлеевского). Для приема на фиксированное и переносное оборудование следует принять значения, относящиеся к райсовскому и рэлеевскому каналам соответственно.

ТАБЛИЦА 38

Защитные отношения (дБ) для сигнала DTMB-A 8 МГц, испытывающего помехи от сигнала DTMB-A 8 МГц в нижнем ($N - 1$) и верхнем ($N + 1$) соседних каналах

Модуляция	Кодовая скорость	Гауссовский канал	Райсовский канал	Рэлеевский канал
QPSK	1/2	-37	-36	-34
16-APSK	1/2	-32	-31	-30
64-APSK	1/2	-28	-27	-25
256-APSK	1/2	-27	-26	-24
QPSK	2/3	-36	-35	-32
16-APSK	2/3	-31	-30	-29
64-APSK	2/3	-27	-26	-24
256-APSK	2/3	-26	-24	-23
QPSK	5/6	-33	-32	-29
16-APSK	5/6	-30	-29	-28
64-APSK	5/6	-26	-25	-22
256-APSK	5/6	-23	-22	-18

Защитные отношения приводятся в децибелах и применяются как к непрерывным, так и к тропосферным помехам.

Данные значения применяются в случае, когда полезный и мешающий сигналы DTMB-A имеют одинаковую ширину канала. Для других комбинаций ширины каналов требуются дополнительные исследования.

Из измерений на существующих приемниках известно, что они позволяют работать при меньших защитных отношениях, но для целей планирования предпочтительнее использовать указанные значения.

1.2 Защита сигнала DTMB-A, испытывающего помехи от аналогового наземного телевидения

1.2.1 Защита от помех по совмещенному каналу

ТАБЛИЦА 39

Защитные отношения (дБ) по совмещенному каналу для сигнала DTMB-A 8 МГц, испытывающего помехи от сигналов аналогового телевидения (неконтролируемые условия частот)

Модуляция	Кодовая скорость	Гауссовский канал	Райсовский канал	Рэлеевский канал
QPSK	1/2	-5	-4	-3
16-APSK	1/2	-3	-1	2
64-APSK	1/2	5	3	7
256-APSK	1/2	5	7	12
QPSK	2/3	-1	0	4
16-APSK	2/3	1	2	8
64-APSK	2/3	7	10	16
256-APSK	2/3	11	16	19
QPSK	5/6	2	3	9
16-APSK	5/6	8	11	15
64-APSK	5/6	15	17	24
256-APSK	5/6	16	18	27

1.2.2 Защита от помех в нижнем соседнем канале ($N - 1$)

ТАБЛИЦА 40

Защитные отношения для помех в нижнем соседнем канале ($N - 1$) для сигнала DTMB-A 8 МГц, испытывающего помехи от сигналов аналогового телевидения, включая звуковой сигнал

Полезный сигнал		Мешающий сигнал PAL-D		
Созвездие	Кодовая скорость	Гауссовский канал	Райсовский канал	Рэлеевский канал
QPSK	1/2	-43	-42	-39
16-APSK	1/2	-42	-41	-38
64-APSK	1/2	-40	-38	-37
256-APSK	1/2	-36	-35	-33
QPSK	2/3	-42	-40	-36
16-APSK	2/3	-41	-40	-36
64-APSK	2/3	-37	-35	-33
256-APSK	2/3	-33	-32	-30
QPSK	5/6	-39	-38	-32
16-APSK	5/6	-38	-37	-32
64-APSK	5/6	-33	-32	-25
256-APSK	5/6	-30	-29	-22

Все значения применимы к условиям приема на фиксированное и переносное оборудование.

1.2.3 Защита от помех в верхнем соседнем канале ($N + 1$)

ТАБЛИЦА 41

Защитные отношения для помех в верхнем соседнем канале ($N + 1$) для сигнала DTMB-A 8 МГц, испытывающего помехи от сигнала аналогового телевидения

Полезный сигнал		Мешающий сигнал PAL-D (дБ)		
Созвездие	Кодовая скорость	Гауссовский канал	Райсовский канал	Рэлеевский канал
QPSK	1/2	-46	-45	-44
16-APSK	1/2	-45	-44	-41
64-APSK	1/2	-43	-42	-40
256-APSK	1/2	-39	-38	-36
QPSK	2/3	-46	-45	-43
16-APSK	2/3	-44	-43	-39
64-APSK	2/3	-41	-40	-38
256-APSK	2/3	-37	-36	-30
QPSK	5/6	-47	-45	-40
16-APSK	5/6	-40	-39	-37
64-APSK	5/6	-35	-34	-29
256-APSK	5/6	-33	-32	-25

2 Защитные отношения для полезных сигналов наземного аналогового телевидения, испытывающих помехи от мешающих сигналов DTMB-A 8 МГц

В таблицах 42–46 указаны защитные отношения для полезного сигнала аналогового телевидения, испытывающего помехи от сигнала DTMB-A.

2.1 Защита полезных видеосигналов, испытывающих помехи от сигнала DTMB-A 8 МГц

В данном разделе защитные отношения для полезного аналогового сигнала, испытывающего помехи от мешающего сигнала DTMB-A, относятся только к помехам для видеосигнала.

2.1.1 Защита от помех по совмещенному каналу

ТАБЛИЦА 42

Защитные отношения (дБ) для полезного аналогового видеосигнала, испытывающего помехи от мешающего сигнала DTMB-A 8 МГц

Полезный сигнал: аналоговая система	Мешающий сигнал: DTMB-A, 8 МГц	
	Тропосферные помехи	Непрерывные помехи
PAL-D	34	40
D/SECAM	34	40

2.1.2 Защита от помех по нижнему соседнему каналу

ТАБЛИЦА 43

Защитные отношения (дБ) для полезного аналогового видеосигнала, испытывающего помехи от сигнала DTMB-A 8 МГц (нижний соседний канал)

Полезный сигнал: аналоговая система	Мешающий сигнал: DTMB-A, 8 МГц (нижний соседний канал)	
	Тропосферные помехи	Непрерывные помехи
PAL-D	−9	−5
D/SECAM	−13	−9

2.1.3 Защита от помех по верхнему соседнему каналу

ТАБЛИЦА 44

Защитные отношения (дБ) для полезного аналогового видеосигнала, испытывающего помехи от сигнала DTMB-A 8 МГц (верхний соседний канал)

Полезный сигнал: аналоговая система	Мешающий сигнал: DTMB-A, 8 МГц (верхний соседний канал)	
	Тропосферные помехи	Непрерывные помехи
PAL-D	−8	−5
D/SECAM	−15	−12

2.1.4 Защита от помех по зеркальному каналу

ТАБЛИЦА 45

Защитные отношения (дБ) для полезного аналогового видеосигнала, испытывающего помехи от сигнала DTMB-A 8 МГц (зеркальный канал)

Полезный сигнал: аналоговая система	Мешающий сигнал: DTMB-A, 8 МГц (канал $N + 9$)	
	Тропосферные помехи	Непрерывные помехи
PAL-D	-19	-15
D/SECAM	-16	-11

2.1.5 Защита от помех по соседнему и перекрывающимся каналам

ТАБЛИЦА 46

Защитные отношения (дБ) для полезного аналогового видеосигнала, испытывающего помехи от мешающего сигнала DTMB-A 8 МГц (перекрывающиеся каналы)

Центральная частота мешающего сигнала DTMB-A за вычетом частоты видеонесущей полезного сигнала аналогового телевидения (МГц)	Защитное отношение	
	Тропосферные помехи	Непрерывные помехи
-8,25	-20	-15
($N - 1$) -5,25	-13	-9
-4,75	-11	-4
-4,25	5	13
-3,75	24	30
-3,25	29	36
-2,25	33	39
-1,25	34	40
(N) 2,75	34	40
4,75	34	40
5,75	30	37
6,75	27	34
7,75	25	32
8,75	5	11
($N + 1$) 10,75	-15	-12
12,75	-15	-12

3 Минимальная напряженность поля для фиксированного приема DTMB-A

Формула для вычисления значений минимальной напряженности поля дана в Прилагаемом документе 1 к настоящему Приложению.

ТАБЛИЦА 47

Вычисление минимальной напряженности поля системы DTMB-A 8 МГц

Частота (МГц)	65			200			500			700		
Коэффициент шума приемника, F (дБ)	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7
Отношение несущая/шум на приемнике ⁽¹⁾ (C/N) (дБ)	8	14	20	8	14	20	8	14	20	8	14	20
Потери в фидере, A_f (дБ)	1	1	1	3	3	3	3	3	3	5	5	5
Усиление антенны, G (дБ)	3	3	3	5	5	5	10	10	10	12	12	12
Минимальная напряженность поля при фиксированном приеме, E_{min} (дБ(мкВ/м)) ⁽¹⁾	17	23	29	27	33	39	33	39	45	35	41	47

⁽¹⁾ Формула приведена в Прилагаемом документе 1 к настоящему Приложению.

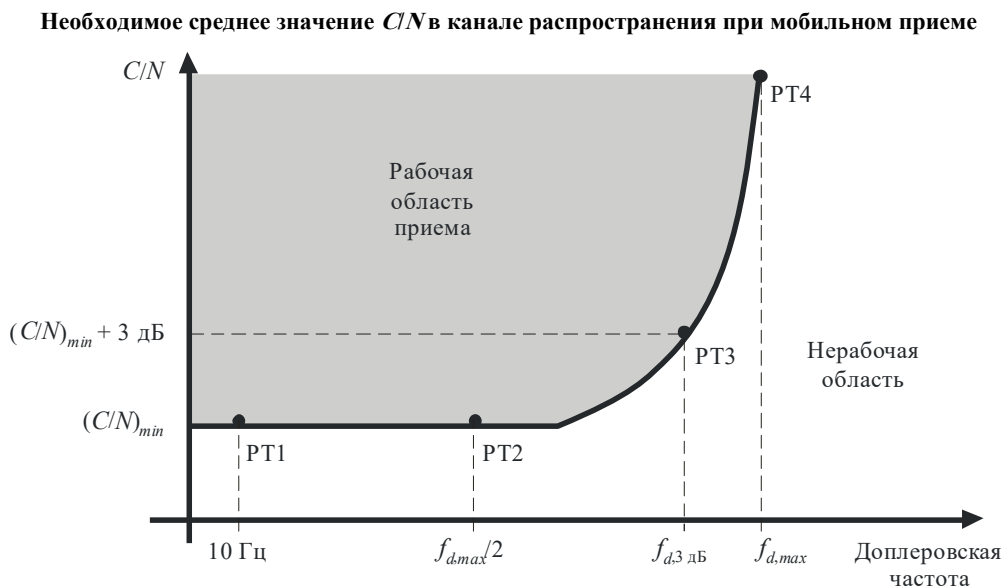
4 Минимальная медианная напряженность поля для мобильного приема DTMB-A

Уравнения для вычисления значений минимальной медианной напряженности поля приведены в Прилагаемом документе 1 к данному Приложению. Вводимые величины для расчетов приводятся в настоящем разделе и в Прилагаемом документе 1. Данные для мобильного приема следует рассчитывать при вероятности охвата мест в 99%.

4.1 Необходимое среднее значение C/N для мобильного приема

Для данного режима DTMB-A необходимое среднее значение C/N для определенного уровня качества является только функцией доплеровской частоты, а график подобен графику, представленному на рисунке 10.

РИСУНОК 10



Минимальные необходимые средние значения C/N (C/N_{min}), доплеровская частота для среднего значения C/N , равного $C/N_{min} + 3$ дБ, и максимальные предельные доплеровские значения (скорость) для мобильного приема без разнесения приводятся в таблице 48. Предельные значения скорости для $C/N_{min} + 3$ дБ приводятся для четырех частот (65 МГц, 200 МГц, 500 МГц и 700 МГц). Среднее значение C/N , $C/N_{min} + 3$ дБ, подходит для расчета необходимой напряженности поля. Приведенные значения основаны на типовых параметрах канала "типовой городской", которые показаны в таблице 49. Критерием качества является субъективное определение точки отказа (SFP), соответствующее коэффициенту секунд с ошибками $-ESR = 5\%$ с 5 минутами.

ТАБЛИЦА 48

Необходимое среднее значение C/N для системы DTMB-A 8 МГц, предельная скорость для мобильного приема при отсутствии разнесения

Модуляция	Кодовая скорость	Битовая скорость (Мбит/с)	C/N_{min} (дБ) при $C_f = 762$ МГц, $F_d = 70$ Гц	F_d при $C/N_{min} + 3$ дБ (Гц)	Скорость при $F_d, 3$ дБ (км/ч)			
					65 МГц	200 МГц	500 МГц	700 МГц
QPSK	1/2	6,71	7	160	2 658	864	345	246
QPSK	2/3	8,94	10	140	2 326	756	302	216
16-QAM	1/2	13,41	12	130	2 160	702	280	200
16-QAM	2/3	17,88	16	120	1 993	648	259	185
64-QAM	1/2	20,12	17	120	1 993	648	259	185
64-QAM	2/3	26,82	21	100	1661	540	216	154

ТАБЛИЦА 49

Профиль канала для измерения необходимого среднего значения C/N при мобильном приеме сигнала DTMB-A в "типовом городском" канале

Номер ответвления	Задержка (мкс)	Мощность (дБ)	Доплеровская категория
1	0	-3	Райсовская
2	0,2	0	Райсовская
3	0,5	-2	Райсовская
4	1,6	-6	Райсовская
5	2,3	-8	Райсовская
6	5	-10	Райсовская

Эксплуатационные характеристики в канале подвижной связи в большой степени зависят от конструкции приемника DTMB-A. В приемниках, конкретно предназначенных для мобильного приема, могут быть получены лучшие результаты.

4.2 Коэффициент шума приемника

Коэффициент шума в 7 дБ применяется для интегрированных мобильных приемников транспортных средств.

Прилагаемый документ 1 к Приложению 8

Расчет минимальной напряженности поля и минимальной медианной эквивалентной напряженности поля

Значения минимальной напряженности поля и минимальной медианной эквивалентной напряженности поля рассчитываются с использованием следующих уравнений:

$$\begin{aligned}
 P_n &= F + 10 \log (k T_0 B); \\
 P_{s \min} &= C/N + P_n; \\
 A_a &= G + 10 \log (1,64 \lambda^2/4 \pi); \\
 \Phi_{\min} &= P_{s \min} - A_a + L_f; \\
 E_{\min} &= \Phi_{\min} + 120 + 10 \log (120 \pi); \\
 &= \Phi_{\min} + 145,8; \\
 E_{med} &= E_{\min} + P_{mmn} + C_l && \text{для приема на фиксированное устройство, установленное на уровне крыши;} \\
 E_{med} &= E_{\min} + P_{mmn} + C_l + L_h && \text{для приема на переносное устройство вне помещений и на мобильное устройство;} \\
 E_{med} &= E_{\min} + P_{mmn} + C_l + L_h + L_b && \text{для приема на переносное устройство внутри помещений и на мобильное портативное устройство;} \\
 C_l &= \mu \cdot \sigma_t; \\
 \sigma_t &= \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_m^2},
 \end{aligned}$$

где

- P_n : мощность шума на входе приемника (дБВт);
 F : коэффициент шума приемника (дБ);
 k : постоянная Больцмана ($k = 1,38 \times 10^{-23}$ (Дж/К));
 T_0 : исходная температура, выраженная в виде абсолютной температуры ($T_0 = 290$ (К));
 B : шумовая полоса приемника ($B = 5,67 \times 10^6$ (Гц) для ширины полосы РЧ 6 МГц, $B = 6,62 \times 10^6$ (Гц) для ширины полосы РЧ 7 МГц и $B = 7,56 \times 10^6$ (Гц) для ширины полосы РЧ 8 МГц);
 $P_{s \min}$: минимальная мощность на входе приемника (дБВт);
 C/N : отношение S/N на РЧ на входе приемника, требуемое системе (дБ);
 A_a : эффективная апертура антенны (дБм²);
 G : усиление антенны, отнесенное к усилению полуволнового диполя (дБд);
 λ : длина волны сигнала (м);
 $\Phi_{\min}$: минимальная п.п.м. в месте приема (дБ(Вт/м²));
 L_f : потери в фидере (дБ);
 $E_{\min}$: эквивалентная минимальная напряженность поля в месте приема (дБ(мкВ/м));
 E_{med} : минимальная медианная эквивалентная напряженность поля, значение для планирования (дБ(мкВ/м));
 P_{mmn} : допуск на шумы искусственного происхождения (дБ);
 L_h : потери по высоте (точка приема на 1,5 м выше уровня земли (дБ));

- L_b : потери при прохождении здания или транспортного средства (дБ);
- C_l : поправочный коэффициент для местоположения (дБ);
- σ_l : суммарное стандартное отклонение (дБ);
- σ_m : стандартное макроструктурное отклонение ($\sigma_m = 5,5$ (дБ));
- σ_b : стандартное отклонение потерь при прохождении здания (дБ);
- μ : коэффициент распределения, равный 0,52 для 70%, 1,28 для 90%, 1,64 для 95% и 2,33 для 99%.
-