

Утверждено  
решением ГКРЧ  
от 22 июля 2014 г.  
№ 14-26-10

**МЕТОДИКА**  
расчета зоны обслуживания РЭС наземного цифрового телевизионного вещания  
системы DVB-T2 для фиксированного приема  
в полосах частот 174-230 и 470-790 МГц

## Содержание

	Стр.
Перечень сокращений и обозначений	4
1 Основные положения	
1.1 Назначение и область применения	6
1.2 Основные определения и сокращения	6
1.3 Общие сведения о системе цифрового ТВ вещания DVB-T2	8
1.4 Системы аналогового ТВ вещания	15
2 Нормированные характеристики для оценки ЭМС	16
2.1 Минимальная используемая напряженность поля	17
2.2 Защитные отношения для аналогового и цифрового ТВ вещания	17
2.3 Вероятность охвата мест	17
3 Основные расчеты	17
3.1 Расчет напряженности мешающего поля для исследуемой цифровой станции и ОЧС	17
3.2 Расчет напряженности мешающего поля от ОЧС	18
3.3 Расчет зоны покрытия станции/присвоения	19
3.4 Расчет внутрисетевых помех и корректировка параметров сети	21
4 Учет мешающего влияния	24
4.1 Учет помех при расчете зоны обслуживания станции/присвоения	24
4.2 Учет помех при расчете зоны обслуживания ОЧС	26
5 Примеры применения методики	27
5.1. Расчет в контрольной точке	27
5.2 Расчет зоны обслуживания полезной станции	28
Литература	30
Приложение А. Основные характеристики аналоговых ТВ систем (излучаемые сигналы)	31
Приложение Б. Значения минимальной используемой напряженности поля	34
Приложение В. Защитные отношения для наземных радиовещательных систем	42
Приложение Г. Направленность и избирательность по поляризации приемных антенн вещательного телевидения	48
Приложение Д. Приблизительные значения обратного интегрального нормального распределения	51



## Перечень сокращений и обозначений

АМ	– амплитудная модуляция
БД	– база данных
ВППО	– внутренний приём на подвижное оборудование
МП	– мобильный приём
МСЭ	– Международный союз электросвязи
МСЭ-Р	– Международный союз электросвязи (сектор радиосвязи)
НППО	– наружный приём на подвижное оборудование
НЦТВ	– наземное цифровое телевизионное вещание
ОВЧ	– очень высокие частоты
РКР-06	– Региональная конференция радиосвязи 2006 года
РЧ	– радиочастота
РЭС	– радиоэлектронное средство
ТВ	– телевизионное вещание
УВЧ	– ультравысокие частоты
ФП	– фиксированный приём
ЧМ	– частотная модуляция
ЭМС	– электромагнитная совместимость
BER	– bit error rate - коэффициент битовых ошибок
C/N	– carrier/noise – отношение несущая/шум
DQPSK	– differential quadrature phase shift keying – относительная квадратурная фазовая модуляция
DVB-T	– Digital Video Broadcasting-Terrestrial – европейский стандарт цифрового эфирного вещания ETSI TR 101 190

DVB-T2	– Digital Video Broadcasting-Terrestrial – европейский стандарт цифрового эфирного вещания ETSI EN 300 755
EBU	– European broadcasting union – Европейский союз радиовещания
FEC	– forward error correction – система исправления ошибок методом упреждения
ITU	– International telecommunication union – Международный союз электросвязи
ITU-R	– International telecommunication union-Radio – Международный союз электросвязи (сектор радиосвязи)
MISO	– multiple input, single output – режим DVB-T2, при котором приёмник обрабатывает сигнал от двух передающих антенн
NA	– not available – нет данных
QAM	– quadrature amplitude modulation – амплитудно-фазовая модуляция
QPSK	– quadrature phase shift keying – квадратурная фазовая модуляция
SISO	– single input, single output – режим DVB-T/T2, при котором приёмник обрабатывает сигнал от одной передающей антенны
TVA	– television analogue – аналоговая телевизионная станция
TVD	– television digital – цифровая телевизионная станция
UHF	– ultra high frequency – ультравысокие частоты
VHF	– very high frequency – очень высокие частоты

## **1 Основные положения**

### **1.1 Назначение и область применения**

Настоящая методика разработана для решения задач частотного планирования наземного цифрового вещания в полосах частот 174-230 МГц и 470-790 МГц с учетом необходимости обеспечения электромагнитной совместимости вводимых станций цифрового вещания и действующей аналоговой передающей сети в условиях переходного периода.

Особенностью переходного периода является одновременное использование цифровых и аналоговых сетей для предоставления вещательных услуг населению и обеспечения плавного перехода к полностью цифровому наземному вещанию.

Главным требованием переходного периода является сохранение существующей аудитории и, следовательно, согласованное введение новых цифровых станций с учетом состояния и перспектив использования действующей аналоговой сети.

### **1.2 Основные определения и сокращения**

1.2.1 В настоящей методике используются термины по ГОСТ 24375-80 [1], ГОСТ Р 52210-2004 [2] и ГОСТ 23611-79[3], а также следующие термины и определения:

а) Одночастотная сеть (ОЧС) – сеть синхронизированных по времени передающих станций, излучающих одинаковые сигналы в одном и том же радиочастотном канале.

б) Полезная (исследуемая) станция – станция, для которой производится оценка условий приема в зоне обслуживания и по отношению к которой другие станции рассматриваются как источник помех.

в) Полезное поле – электромагнитное поле, создаваемое полезной станцией.

г) Мешающая станция – станция, которая при анализе ЭМС рассматривается как источник помех.

д) Мешающее поле – электромагнитное поле, создаваемое мешающей станцией.

е) Напряженность мешающего поля ( $E_{меш}$ , дБ(мкВ/м)) – это напряженность электромагнитного поля мешающего сигнала для 50% мест и для заданного процента времени от любого потенциального источника помех, к значению которой добавлено соответствующее защитное отношение в децибелах.

ж) Защитное отношение – минимальное значение отношения уровня полезного сигнала к уровню мешающего сигнала, обычно выражаемое в децибелах, при котором обеспечивается требуемое качество приёма.

В необходимых случаях к защитному отношению применяется поправочный коэффициент на направленность приемной антенны и развязку по поляризации в децибелах.

При наличии нескольких мешающих сигналов результирующая напряженность мешающего поля определяется методом расчета суммарной напряженности поля мешающих сигналов.

и) Минимальная используемая напряженность поля ( $E_{мин исп}$ , дБ(мкВ/м)) – минимальное значение напряженности поля, необходимое для обеспечения желаемого качества приема для заданных условий приема при наличии естественных или промышленных шумов, но при условии отсутствия помех от других передающих станций.

Условия приема включают тип передачи и используемый диапазон частот, характеристики приемной аппаратуры (усиление, высота подвеса, направленность приемной антенны, характеристики приемника и т. д.), режимы работы приемника.

к) Используемая напряженность поля ( $E_{исп}$ , дБ(мкВ/м)) – минимальное значение напряженности поля, необходимое для обеспечения желаемого качества приема для заданных условий приема при наличии естественных/промышленных шумов и помех от других передающих станций.

Требования ЭМС по обеспечению желаемого качества приема определяются значениями используемого защитного отношения сигнал/помеха и процентов времени и мест, в течение которого это защитное отношение должно обеспечиваться с учетом условий приема.

Используемая напряженность поля рассчитывается по следующей формуле

$$E_{исп} = 10 \cdot \log_{10} \left( 10^{\frac{E_{мин.испi}}{10}} + \sum_{i=1}^n 10^{\frac{E_{меш_i}}{10}} \right)$$

где

$E_{мин\ исп}$  – минимальная используемая напряженность поля;

$E_{меш_i}$  – напряженность мешающего поля  $i$ -ой помехи;

$n$  – число источников помех;

$E_{исп}$  – используемая напряженность поля.

л) Минимальная медианная напряженность поля ( $E_{мед}$ , дБ(мкВ/м)) – значение минимальной используемой напряженности поля, рассчитанное для 50% мест приема и 50% времени на высоте 10 м над уровнем земли.

м) Идеальная зона покрытия – зона, в которой радиовещательная станция или группа радиовещательных станций в случае одночастотной сети создают полезную напряженность поля, равную или превышающую величину минимальной используемой напряженности поля, определенную для конкретных условий приема.

н) Реальная зона покрытия – зона, в которой радиовещательная станция или группа радиовещательных станций в случае одночастотной сети создают полезную напряженность поля равную или превышающую величину используемой напряженности поля, определенную для конкретных условий приема.

о) Цифровое выделение – это запись в плане, описывающая некую географическую зону, на территории которой обеспечивается цифровое вещание в определенном частотном канале, причем местоположение и характеристики передатчиков, обеспечивающих это покрытие, неизвестны.

п) Цифровое присвоение – это запись в плане, обозначающая передатчик с конкретными характеристиками (известной излучаемой мощностью, высотой антенны и т.п.) и известным местоположением, которому присваивается определенный частотный канал.

### 1.3 Общие сведения о системе цифрового ТВ вещания DVB-T2

Стандарт DVB-T2 - второе поколение европейского стандарта эфирного наземного цифрового телевидения DVB-T. стандарт DVB-T2 является более совершенным и обеспечивает увеличение как минимум на 30 % ёмкости сетей цифрового эфирного телевидения по сравнению с DVB-T при той же инфраструктуре сети и частотных ресурсах.



По сравнению с существующими аналоговыми системами стандарт DVB-T2 обладает рядом особенностей, которые необходимо учитывать при оценке ЭМС.

Система DVB-T2 дает возможность выбирать ряд параметров, которые позволяют использовать систему в широком диапазоне отношений сигнал/шум для обеспечения стационарного, мобильного или портативного приема. Это достигается на основе компромисса в отношении используемой скорости передачи информации (см. таблицу 1.1). Имеющийся диапазон параметров позволяет вещателям выбирать режимы, соответствующие их концепции вещания. Например, для обеспечения приема на портативные приемники требуется очень устойчивый режим с соответствующим снижением полезной нагрузки. Если при планировании вещательной службы не обеспечен низкий уровень помех, то желательно использование режима с меньшей пропускной способностью. В случае низкого уровня помех в канале целесообразно использовать режим с меньшим уровнем защиты и максимальной пропускной способностью.

Таблица 1.1 - Варианты систем DVB-T2 (8 МГц) и значения чистой битовой скорости (Мбит/с)

Модуляция	Скорость кодирования	Конфигурация с максимальной пропускной способностью			Рекомендуемая конфигурация		
		Скорость передачи данных Мбит/с	Длина кадра $L_F$	Количество FEC блоков в кадре	Скорость передачи данных Мбит/с	Длина кадра $L_F$	Количество FEC блоков в кадре
QPSK	1/2	7,49255	62	52	7,4442731	60	50
	3/5	9,003747			8,9457325		
	2/3	10,01867			9,9541201		
	3/4	11,27054			11,197922		
	4/5	12,02614			11,948651		
	5/6	12,53733			12,456553		
16-QAM	1/2	15,03743	60	101	15,037432	60	101
	3/5	18,07038			18,07038		
	2/3	20,10732			20,107323		
	3/4	22,6198			22,619802		
	4/5	24,13628			24,136276		
	5/6	25,16224			25,162236		

Модуляция	Скорость кодирования	Конфигурация с максимальной пропускной способностью			Рекомендуемая конфигурация		
		Скорость передачи данных Мбит/с	Длина кадра $L_F$	Количество FEC блоков в кадре	Скорость передачи данных Мбит/с	Длина кадра $L_F$	Количество FEC блоков в кадре
64-QAM	1/2	22,51994	46	116	22,481705	60	151
	3/5	27,06206			27,016112		
	2/3	30,11257			30,061443		
	3/4	33,87524			33,817724		
	4/5	36,1463			36,084927		
	5/6	37,68277			37,618789		
256-QAM	1/2	30,08728	68	229	30,074863	60	202
	3/5	36,15568			36,140759		
	2/3	40,23124			40,214645		
	3/4	45,25828			45,239604		
	4/5	48,29248			48,272552		
	5/6	50,34524			50,324472		

Таким образом, гибкость системы DVB-T2 позволяет оператору оптимизировать параметры модуляции и кодирования полезного сигнала, выбирая из различных предлагаемых режимов работы наиболее подходящий.

По сравнению с первым поколением цифрового эфирного наземного телевидения (DVB-T) стандарт DVB-T2 имеет ряд существенных особенностей [8]:

1) Дополнительные варианты полосы частотного канала (см. таблицу 1.2)

Таблица 1.2 - Варианты ширины полосы частотного канала DVB-T/T2.

DVB-T	DVB-T2
–	1.7 МГц
–	5 МГц
6 МГц	6 МГц
7 МГц	7 МГц
8 МГц	8 МГц
–	10 МГц

2) Новый вид модуляции (см. таблицу 1.3)

Таблица 1.3 - Виды модуляции DVB-T/T2.

DVB-T	DVB-T2
QPSK	QPSK
16-QAM	16-QAM
64-QAM	64-QAM
–	256-QAM

Модуляция 256-QAM, переносящая 8 бит на символ, позволяет на 33% увеличить пропускную способность канала связи.

3) Технология поворота сигнального созвездия на определенный круговой угол (см. таблицу 1.4).

Таблица 1.4 - Углы поворота сигнального созвездия DVB-T2.

Модуляция	Значения угла поворота созвездия (в градусах)
QPSK	29,0
16-QAM	16,8
64-QAM	8,6
256-QAM	3,6

Лабораторные испытания показали, что использование поворота сигнального созвездия позволяет получить выигрыш в отношении C/N от 4 до 7 дБ.

4) Использование восьми разных вариантов размещения пилот сигналов для оценки качества канала связи и выравнивания его характеристик (см. таблицу 1.5).

Таблица 1.5. Варианты размещения пилот сигналов.

Варианты размещения пилот сигналов	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8
------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

5) Применение новых размерностей FFT(быстрого преобразования Фурье) 16k и 32k (см. таблицу 1.6).

Таблица 1.6 - Размерности FFT(быстрого преобразования Фурье) DVB-T/T2.

DVB-T	DVB-T2
1k	1k
2k	2k
4k	4k
8k	8k (extended)
–	16k (extended)
–	32k (extended)

Такое расширение полосы позволяет передать от 1,7% (16K) до 2,1% (32K) дополнительных данных по сравнению с режимом 2K.

6) Дополнительные защитные интервалы (см. таблицу 1.7).

Таблица 1.7 - Защитные интервалы DVB-T/T2.

DVB-T	DVB-T2
1/4	1/4
1/8	1/8
1/16	1/16
1/32	1/32
–	19/128
–	19/256
–	1/128

Введение дополнительного защитного интервала 1/128 позволяет повысить пропускную способность канала в DVB-T2.

7) Возможные комбинации размещения пилот сигналов для разных вариантов относительной длительности защитного интервала в режиме SISO (см. таблицу 1.8).

Таблица 1.8 - Комбинации размещения пилот сигналов для разных вариантов

относительной длительности защитного интервала в режиме SISO.

Размерности FFT(быстрого преобразования Фурье)	Относительная длительность защитных интервалов						
	1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
32k	PP7	PP4 PP6	PP2 PP8 PP4	PP2 PP8 PP4	PP2 PP8	PP2 PP8	NA
16k	PP7	PP7 PP4 PP6	PP2 PP8 PP4 PP5	PP2 PP8 PP4 PP5	PP2 PP3 PP8	PP2 PP3 PP8	PP1 PP8
8k	PP7	PP7 PP4	PP8 PP4 PP5	PP8 PP4 PP5	PP2 PP3 PP8	PP2 PP3 PP8	PP1 PP8
4k, 2k	NA	PP7 PP4	PP4 PP5	NA	PP2 PP3	NA	PP1
1k	NA	NA	PP4 PP5	NA	PP2 PP3	NA	PP1

8) Возможные комбинации размещения пилот сигналов для разных вариантов относительной длительности защитного интервала в режиме MISO (см. таблицу 1.9).

Таблица 1.9 - Комбинации размещения пилот сигналов для разных вариантов относительной длительности защитного интервала в режиме MISO.

Размерности FFT(быстрого преобразования Фурье)	Относительная длительность защитных интервалов						
	1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
32k	PP8 PP4 PP6	PP8 PP4	PP2 PP8	PP2 PP8	NA	NA	NA
16k	PP8 PP4 PP5	PP8 PP4 PP5	PP3 PP8	PP3 PP8	PP1 PP8	PP1 PP8	NA
8k	PP8 PP4 PP5	PP8 PP4 PP5	PP3 PP8	PP3 PP8	PP1 PP8	PP1 PP8	NA
4k, 2k	NA	PP4 PP5	PP3	NA	PP1	NA	NA
1k	NA	NA	PP3	NA	PP1	NA	NA

9) Длительность защитного интервала для разных вариантов ширины канала системы DVB-T2 определяется в соответствие с таблицами 1.10 - 1.12.

Таблица 1.10 - Длительность защитного интервала для DVB-T2 с шириной канала 8 МГц.

		Защитный интервал						
		1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
FFT	T <sub>U</sub> [мкс]	GI [мкс] Длительность защитного интервала						
32k	3584	28	112	224	266	448	532	NA
16k	1792	14	56	112	133	224	266	448
8k	896	7	28	56	66,5	112	133	224
4k	448	NA	14	28	NA	56	NA	112
2k	224	NA	7	14	NA	28	NA	56
1k	112	NA	NA	7	NA	14	NA	28

Таблица 1.11 - Длительность защитного интервала для DVB-T2 с шириной канала 7 МГц.

		Защитный интервал						
		1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
FFT	T <sub>U</sub> [мкс]	GI [мкс] Длительность защитного интервала						
32k	4096	32	128	256	304	512	608	NA
16k	2048	16	64	128	152	256	304	512
8k	1024	8	32	64	76,0	128	152	256
4k	512	NA	16	32	NA	64	NA	128
2k	256	NA	8	16	NA	32	NA	64
1k	128	NA	NA	8	NA	16	NA	32

Таблица 1.12 - Длительность защитного интервала для DVB-T2 с шириной канала 1.7 МГц.

		Защитный интервал						
		1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
FFT	T <sub>U</sub> [мкс]	GI [мкс] Длительность защитного интервала						
8k	4,440	34,7	38,7	77,5	329,5	55,0	659,1	33,0
4k	2,220	NA	9,4	38,7	NA	77,5	NA	66,5
2k	1,110	NA	4,7	9,4	NA	38,7	NA	3,2

		Защитный интервал						
		1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
FFT	$T_U$ [мкс]	GI [мкс] Длительность защитного интервала						
1k	0,555	NA	NA	4,7	NA	9,4	NA	1,6

где

$T_U$  [мкс]- длительность полезной части символа сообщения,

GI [мкс]- длительность защитного интервала.

Поскольку стандарт DVB-T2 позволяет осуществлять прием в разных условиях (для этого введено понятие «тип приема» сигнала), то условия распространения радиосигналов и работы приемников DVB-T2 для различных режимов приема будут значительно отличаться друг от друга и на практике могут иметь большой диапазон значений.

В данной методике рассмотрен фиксированный тип приема.

Фиксированный прием определяется как прием с использованием направленной приемной антенны, установленной на уровне крыши.

Предполагается, что при установке такой антенны достигаются близкие к оптимальным условия приема в пределах сравнительно небольшого пространства на крыше.

При расчетах напряженности поля в случае фиксированного приема считается, что для радиовещательной службы является типичной высота приемной антенны 10 м над уровнем земли.

При расчете ЭМС ОЧС системы DVB-T2 и аналоговой станции, необходимо учитывать наличие нескольких цифровых станций в составе ОЧС при расчете как полезного сигнала в ОЧС, так и мешающего сигнала от нее.

#### 1.4 Системы аналогового ТВ вещания

Для ТВ вещания в России используется аналоговая ТВ система SECAM со стандартом D в метровом диапазоне волн (частотные диапазоны I – III), и стандартом K – в дециметровом диапазоне волн (частотные диапазоны IV – V).

Поскольку в координационной зоне необходимо учитывать не только ТВ станции России, но и ТВ станции сопредельных государств, кроме системы D, K| SECAM необходимо учитывать и другие системы аналогового телевидения.

Аналоговые ТВ системы, использующиеся в настоящее время в сопредельных с Россией странах, приведены в таблице 1.13 [10].

Таблица 1.13 - Типы аналоговых систем по странам.

Страна	Диапазон III	Диапазоны IV, V
Азербайджан	D/SECAM	K/SECAM
Беларусь	D/SECAM	K/SECAM
Болгария	D/SECAM, D/PAL <sup>(1)</sup>	K/SECAM, K/PAL
Грузия	D/SECAM	K/SECAM
Иран	B/PAL	G/PAL
Казахстан	D/SECAM	K/SECAM
Китай	D/PAL	D/PAL
КНДР	D/PAL	K/PAL
Латвия <sup>(3)</sup>	D/SECAM, D/PAL <sup>(1)</sup>	K/SECAM, K/PAL <sup>(1)</sup>
Литва <sup>(3)</sup>	D/PAL <sup>(1)</sup>	K/PAL <sup>(1)</sup>
Монголия	D/SECAM	–
Норвегия	B/PAL	G/PAL <sup>(2)</sup>
Польша <sup>(2)</sup>	D1/PAL	D1/PAL
Румыния	D/PAL	G/PAL
США	M/NTSC	M/NTSC
Туркменистан	D/SECAM	K/SECAM
Турция	B/PAL	G/PAL
Украина	D/SECAM, D1/PAL	K/SECAM, D1/PAL
Финляндия	B/PAL	G/PAL <sup>(2)</sup>
Швеция	B/PAL	G/PAL <sup>(2)</sup>
Эстония <sup>(3)</sup>	D/SECAM, B1/PAL	K/SECAM, G/PAL
Япония	M/NTSC	M/NTSC

Примечания: 1. Стандарт планируется.

2. Используется дополнительная цифровая несущая для стереовещания или многопрограммного звукового вещания.

3. Планируется постепенный переход от D,K/SECAM к B1,G/PAL



При этом необходимо иметь в виду, что разность частот между несущими звука и изображения для ТВ стандартов D, K составляет 6,5 МГц, для стандартов B, G – 5,5 МГц и для стандарта M – 4,5 МГц.

Основные характеристики для оценки ЭМС по указанным выше ТВ системам приведены в приложении А.

## **2 Нормированные характеристики для оценки ЭМС**

Для оценки ЭМС используются нормированные характеристики РЭС наземного вещания, соответствующие данной системе вещания и другим параметрам рассматриваемых частотных присвоений.

### **2.1 Минимальная используемая напряженность поля**

Величины минимальной используемой напряженности поля для аналогового вещания в частотных диапазонах III, IV и V и для цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2, необходимые для расчетов ЭМС приведены в приложении Б.

### **2.2 Защитные отношения для аналогового и цифрового ТВ вещания**

Защитные отношения для аналогового и цифрового вещания приведены в приложении В.

### **2.3 Вероятность охвата мест**

Выбор значения охвата мест зависит от типа полезной станции и осуществляется в соответствии с таблицей 1.14.

Таблица 1.14 - Вероятность охвата мест, используемая в расчетах ЭМС

Варианты расчета ЭМС	Значение вероятности охвата мест
Защита аналогового телевидения	50%
Защита телевизионных присвоений НЦТВ, входящих в Соглашение «Женева-06» [6] (включая ОЧС, вошедшие в План)	95%
Защита телевизионных присвоений НЦТВ для станций, не входящих в Соглашение «Женева-06»	70% ... 95%

Для целей внутреннего планирования цифрового вещания допустимо использование иного процента мест, но не ниже 70%.

### 3 Основные расчеты

#### 3.1 Расчет напряженности полезного и мешающего поля для исследуемой цифровой станции и ОЧС

Напряженность поля полезного сигнала

$$E_{\text{пол}} = E(50, 50) + \Delta P, \text{ дБ мкВ/м} \quad (3.1.1)$$

где

$E(50, 50)$  – напряженность поля для 50% мест и 50% времени приема, определяемая в соответствии с Рекомендациями МСЭ-Р Р.1546 [4], МСЭ-Р Р.1812 [5] в расчетной точке для высоты приемной антенны 10 м, условий приема на открытой местности и для эталонного передатчика с ЭИМ=1 кВт, дБ(мкВ/м);

$\Delta P$  – приведенная к 1 кВт эффективная излучаемая мощность полезной станции, дБ/кВт.

Напряженность мешающего поля в заданной расчетной точке определяется по формуле

$$E_{\text{меш}} = E(50, 1) + P + A + \Delta A, \text{ дБ мкВ/м} \quad (3.1.2)$$

где

$E(50, 1)$  – напряженность поля для 50% мест и 1% времени приема, определяемая в соответствии с Рекомендациями МСЭ-Р Р.1546 [4], МСЭ-Р Р.1812 [5] в расчетной точке для высоты приемной антенны 10 м, условий приема на открытой местности и для эталонного передатчика с ЭИМ=1 кВт, дБ(мкВ/м);

$\Delta P$  – приведенная к 1 кВт эффективная излучаемая мощность мешающей станции, дБ/кВт;

$A$  – защитное отношение, дБ;

$\Delta A$  – поправка к защитному отношению, дБ, учитывающая пространственную и поляризационную помехозащищенность приемной антенны (применяется только для фиксированного приема).

Защитные отношения  $A$  определяются в соответствии с приложением В.

Поправка к защитному отношению  $\Delta A$  применяется только для оценки помех фиксированному приему DVB-T2 и при одинаковой поляризации передающих антенн мешающей и полезной станции и определяется согласно приложению Г.

В случае ортогональной поляризации между мешающей и полезной станцией суммарная развязка, обеспечиваемая направленным действием и ортогональностью приемной антенны, принимается равной минус 16 дБ для всех углов азимута прихода мешающего сигнала в диапазонах III–V.

### 3.2 Расчет напряженности мешающего поля от ОЧС

Напряженность мешающего поля от ОЧС в расчетной точке находится как суммарное поле от всех передатчиков, входящих в состав ОЧС.

Если проводится расчет напряженности мешающего поля для защищаемой аналоговой станции, для каждой из станций ОЧС определяется напряженность мешающего поля для тропосферной и постоянной помехи и в качестве значения итоговой напряженности мешающего поля используется большая из рассчитанных величин.

Для определения суммарной напряженности поля для тропосферной помехи в расчетной точке находятся значения напряженности мешающего поля от каждого из передатчиков ОЧС в соответствии с п. 3.1.

Затем все полученные значения напряженности мешающего поля складываются методом сложения мощностей по формуле

$$E_{\text{меш}} = 10 \cdot \log_{10} \left( \sum_{i=1}^m 10^{\frac{E_i}{10}} \right) \quad (3.2.1)$$

где

$E_i$  – напряженность мешающего поля от  $i$ -ого передатчика;

$m$  – число передатчиков ОЧС;

$E_{\text{меш}}$  – суммарная напряженность мешающего поля.

Найденное значение принимается за суммарную напряженность мешающего поля от ОЧС.

### 3.3 Расчет зоны покрытия станции/присвоения

Расчет проводится во всем множестве точек, соответствующих узлам воображаемой решетки, состоящей из линий широты и долготы, проведенных с заданным шагом. При этом для расчетной оценки напряженности поля, количества и направления прихода лучей полезных и мешающих сигналов используются модели распространения, учитывающие дифракционные потери, отражение сигналов и иные существенные факторы, влияющие на распространение радиосигнала в условиях городов (Рекомендации МСЭ-Р Р.1546 [4] и МСЭ-Р Р.1812 [5]). Для

адекватного учета влияния местных факторов шаг линий решетки должен составлять не более 10-50 метров в городе и 100-500 метров в пригородах и сельской местности. При этом необходимо учитывать, что точность оценки, полученной с учетом подобной модели распространения, будет в большой степени зависеть от точности исходных данных, включая используемые картографические данные и трехмерные модели препятствий на пути распространения сигнала.

Расчет зоны покрытия станции/присвоения осуществляется по следующему алгоритму:

1) В каждой из  $N$  контрольных точек расчетной сетки определяется напряженность полезной станции для 50% мест и 50% времени в соответствии с Рекомендациями МСЭ Р.1546 [4] и Р.1812 [5] (из двух рассчитанных величин выбирается наименьшая) для высоты приемной антенны 10 м и условий приема на открытой местности, а также с учетом ЭИМ. При расчете полезного сигнала в ОЧС методом суммирования мощностей (оптимистичная оценка) или как максимальная напряженность (пессимистичная оценка) определяется напряженность поля полезных составляющих сигналов станций ОЧС. Совокупность контрольных точек, в которых рассчитанный уровень напряженности поля полезного сигнала равен минимальной используемой напряженности поля или превышает её, образует идеальную зону обслуживания передающей станции. Размеры идеальной зоны обслуживания обусловлены техническими характеристиками передающего и приемного оборудования, уровнем природных и промышленных шумов.

2) При наличии данных о источниках помех, в каждой контрольной точке из найденной в п.1 совокупности в соответствии с пп. 3.1-3.2 рассчитывается напряженность мешающего поля от потенциальных источников помех. Отбираются те помехи, которые создают мешающее поле не ниже 12 дБ относительно минимальной используемой напряженности поля.

3) С учетом напряженности поля мешающих станций, вычисляется используемая напряженность поля. При отсутствии источников помех используемая напряженность поля принимается равной минимальной медианной напряженности поля. Если в рассматриваемой контрольной точке используемая напряженность поля превышает значение полезной напряженности поля, то данная контрольная точка не входит в зону обслуживания. Определенная таким образом совокупность

контрольных точек, в которых напряженность поля полезного сигнала больше или равна используемой напряженности поля, задает реальную зону обслуживания.

### 3.4 Расчет внутрисетевых помех и корректировка параметров сети

Для одночастотной сети, одновременно рассматриваются несколько исследуемых станций. При этом критерием электромагнитной совместимости сети является одновременное выполнение двух условий:

1) электромагнитная совместимость всех входящих в нее полезных станций с другими (мешающими) станциями, рассчитывается для каждой полезной станции сети таким же образом, как и для одиночной исследуемой станции;

2) электромагнитная совместимость всех полезных станций одночастотной сети между собой (т.е. отсутствие внутрисетевой интерференции).

Временная задержка сигнала от станции А относительно сигнала станции В в любой точке зоны обслуживания станции В определяется по формуле:

$$\Delta\tau = ta' - tb, \quad (3.4.1)$$

где

$ta'$  – задержка сигнала от станции А в исследуемой точке;

$tb$  – задержка сигнала от станции В в исследуемой точке.

Условие отсутствия внутрисетевой интерференции в одночастотной сети можно сформулировать следующим образом:

Запаздывание сигнала станции А относительно сигнала станции В ( $\Delta\tau$ ) на всей зоне обслуживания полезной станции В не должно превышать величины запаздывания в месте установки этой станции  $\Delta\tau_m$ , т.е.

$$\Delta\tau = ta' - tb \leq Tg, \quad \text{если} \quad \Delta\tau_m \leq Tg \quad (3.4.2)$$

где

$Tg$  - длительность защитного интервала.

Таким образом, для отсутствия внутрисетевой интерференции необходимо, чтобы выполнялось одно из двух условий:

- величина запаздывания сигнала станции А относительно сигнала станции В не превышала величину выбранного защитного интервала в месте установки станции А;

- уровни этих двух сигналов отличались на величину большую, чем защитное отношение для выбранного режима модуляции.

Условия внутрисетевой ЭМС определяются по формуле:

$$\Delta t_{ni} \leq T_g \quad \text{для } \forall E_i > E_n - A, \quad (3.4.3)$$

где

$\Delta t_{ni}$  – запаздывание сигнала станции  $i$  в месте установки станции  $n$ ;

$E_i$  – напряженность поля станции  $i$  в точке на пересечении прямой, соединяющей две станции с границей зоны обслуживания станции  $n$ ;

$E_n$  – напряженность поля станции  $n$  в этой точке;

$A$  – минимально допустимое защитное отношение внутри данной сети, выбирается исходя из режимов модуляции, которые будут использоваться.

Эти условия проверяются для всех пар исследуемых станций моделируемой одночастотной сети.

При частотном планировании одночастотной сети необходимо учесть вопрос корректировки параметров передатчиков, составляющих эту сеть.

Схематично последовательность операций по расчету совместимости и корректировки параметров передатчиков одночастотной сети цифрового вещания представлена на схеме рисунка 1.

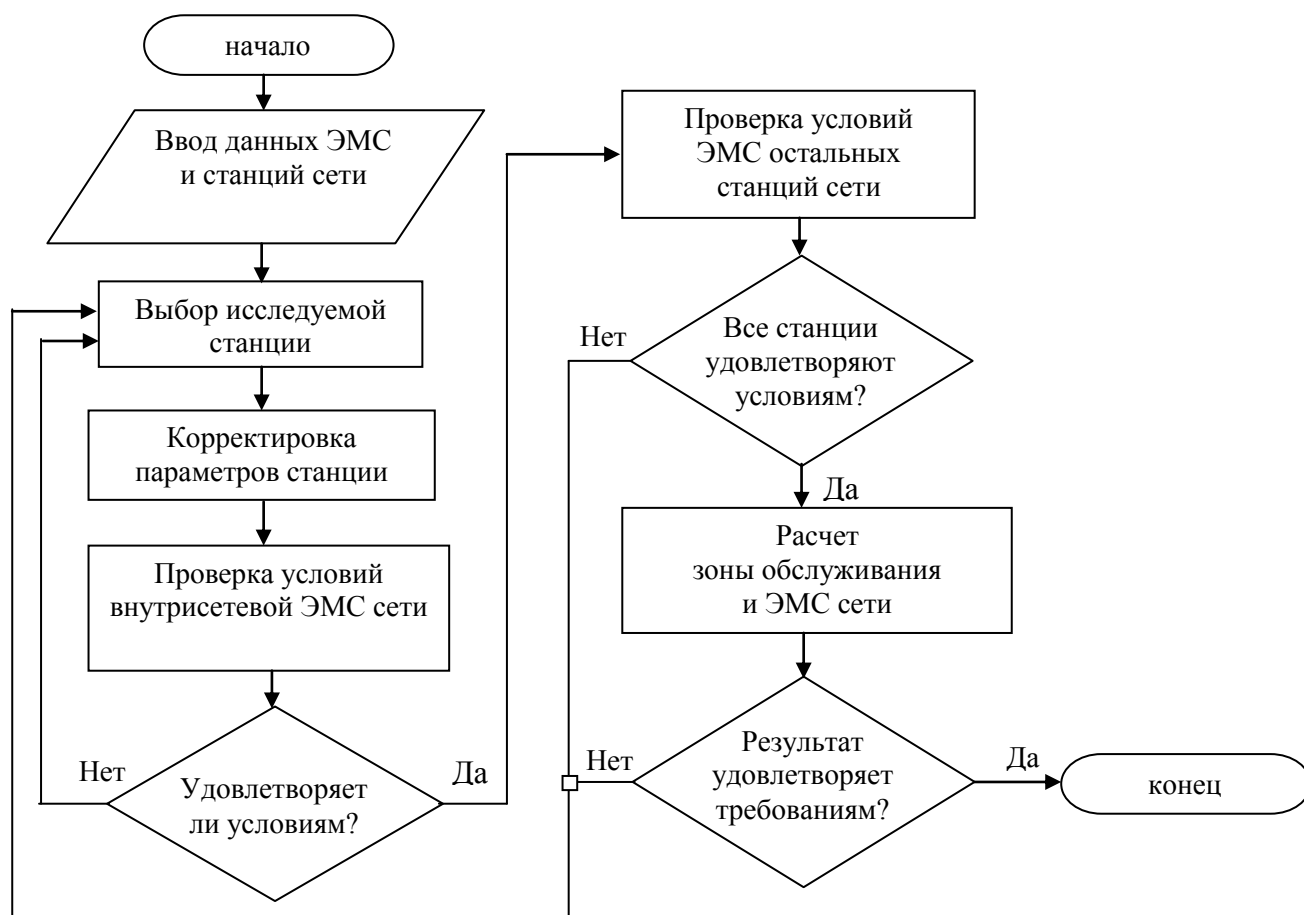


Рисунок 1. Схема расчета совместимости и корректировка параметров передатчиков одночастотной сети.

### Ввод данных ЭМС и станций сети

Должны быть заданы основные параметры сети, позволяющие начать расчеты. Это такие данные как тип приема, минимальные напряженности поля, высоты и мощности передатчиков, составляющих одночастотную сеть.

### Корректировка параметров

В том случае, если для каких-либо станций рассматриваемой сети условие внутрисетевой ЭМС не выполняется, или зона обслуживания не удовлетворяет предъявляемым требованиям, может быть проведена корректировка технических параметров передающей сети. Для этого должны быть предусмотрены следующие возможности:

а) выбора другого (других) места (мест) установки одной или нескольких станций;

- б) изменения параметров одной или нескольких станций;
- в) ввода/изменения временного сдвига для одной или нескольких станций;
- г) увеличения величины используемого в сети защитного интервала;
- д) изменения режима модуляции и кодирования всех станций одночастотной сети (ограничение использования режимов модуляции, требующих большей защиты, т.е. понижение пропускной способности сети в обмен на увеличение помехоустойчивости).

#### **4 Учет мешающего влияния**

При определении зоны обслуживания часто возникает необходимость учета влияния мешающих сигналов других РЭС, прежде всего станций аналогового и цифрового ТВ вещания.

#### **4.1 Учет помех при расчете зоны обслуживания станции/присвоения**

##### 4.1.1 Расчет зоны покрытия и полезной напряженности поля

Если данные о источниках помех отсутствуют, в соответствии с п. 3.3 рассчитывается идеальная зона обслуживания передающей станции по соответствующим значениям минимальной используемой напряженности поля, приведенным в Приложении Б.

При наличии данных об источниках помех, в соответствии с п. 3.3 рассчитывается реальная зона обслуживания с использованием соответствующих значений минимальной используемой напряженности поля, приведенных в приложении Б, и с учетом помех от всех потенциальных источников в соответствии с пп. 3.1-3.2, за исключением анализируемого источника помех.

Рассчитанная таким образом идеальная или реальная зона обслуживания и рассчитанные для нее в точках значения используемой напряженности поля фиксируются и используются в дальнейших расчетах в качестве «эталонной» зоны обслуживания (до введения исследуемого источника помехи).

##### 4.1.2 Расчет напряженности мешающего поля

Расчет мешающей напряженности поля зависит от вида источника помехи (цифровое/аналоговое присвоение или ОЧС) и выполняется в соответствии с пп. 3.1-3.2 для соответствующего случая.



Местом приема являются координаты текущей контрольной точки зоны покрытия станции.

При действии нескольких помех суммарная напряженность мешающего поля определяется методом сложения мощностей по формуле

$$E_{\text{меш}} = 10 \cdot \log_{10} \left( \sum_{i=1}^n 10^{\frac{E_i}{10}} \right) \quad (4.1.1)$$

где

$E_i$  – напряженность мешающего поля от  $i$ -ой помехи;

$n$  – число источников помех;

$E_{\text{меш}}$  – суммарная напряженность мешающего поля.

#### 4.1.3 Расчет объединенного коэффициента местоположений

При защите цифрового присвоения объединенный поправочный коэффициент местоположений рассчитывается по формуле

$$C = \mu \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_n^2} \text{ дБ}, \quad (4.1.2)$$

где

$\sigma_w$  - стандартное отклонение изменения местоположения для полезного сигнала (дБ).

$\sigma_n$  - стандартное отклонение изменения местоположения для мешающего сигнала (дБ).

$\mu$  - коэффициент распределения.

Коэффициент распределения для произвольного значения процента местоположений рассчитывается по формуле

$$\mu = Q_i(1 - x/100), \quad (4.1.3)$$

где

$Q_i$  - множитель, значения которого приведены в приложении Д;

$x$  - процент местоположений, для которых требуется защита.

Для примера, коэффициент распределения равен 0,52 для 70%, 1,64 для 95% и 2,33 для 99% местоположений

В расчетах стандартное отклонение для полезного и мешающего сигналов принимается равным:

- для приема вне зданий - 5,5 дБ, т.е.  $\sigma_w = \sigma_n = 5,5$  дБ;

- для приема внутри здания в полосе 174-230 МГц - 6,3 дБ, т.е.  $\sigma_w = \sigma_n = 6,3$  дБ;
- для приема внутри здания в полосе 470-790 МГц - 7,8 дБ, т.е.  $\sigma_w = \sigma_n = 7,8$  дБ.

#### **4.2 Учет помех при расчете зоны обслуживания ОЧС**

При этом в качестве напряженности поля полезного сигнала берется суммарная напряженность поля сигналов станций ОЧС, не являющихся мешающими сигналами по причине внутрисетевой интерференции (если учитывается внутрисетевая интерференция).

Вопрос о суммировании полезных сигналов в ОЧС в настоящее время недостаточно изучен и эффективность такого сложения на практике в значительной степени зависит от особенностей реализации приемника. В качестве альтернативного подхода для пессимистичной оценки напряженности поля полезного сигнала в ОЧС можно принять правило выбора максимального по уровню сигнала из ансамбля полезных сигналов станций ОЧС.

Во всех случаях для фиксированного приема при определении напряженности поля отдельных сигналов необходимо учитывать направленность приемной антенны, для которой должно применяться правило выбора направления, например:

- в направлении прихода полезного сигнала с наибольшей напряженностью поля;
- в направлении на ближайшую передающую станцию, в зоне обслуживания которой находится место приема;
- в направлении на передающую станцию, с которой осуществляется прием наибольшего числа каналов;
- в направлении на сигнал с наилучшим отношением сигнал/шум.

При расчете зон обслуживания станций мультиплексов цифрового вещания целесообразно предполагать, что телезритель направит антенну на цифровую передающую станцию с наибольшим уровнем принимаемого сигнала.

## **5 Примеры применения методики**

Наиболее общими случаями применения разработанной методики могут быть следующие варианты расчета ЭМС:

- 1) Расчет в контрольной точке.
- 2) Расчет зоны обслуживания полезной станции.

### **5.1. Расчет в контрольной точке**

Контрольная точка может находиться в любом месте зоны обслуживания полезной станции, на границе зоны или за ее пределами. Расчет проводится в одной точке.

Алгоритм расчета содержит следующие этапы:

1. Выбирается полезная станция из БД или вводится новая станция с соответствующими параметрами.
2. Проводится отбор мешающих станций из БД, которые могут оказывать помехи полезной станции, в соответствии с частотным и территориальным критериями.
3. Проводится, при необходимости, корректировка полезной и мешающих станций.
4. Задается местоположение контрольной точки (географическими координатами или с помощью расстояния и азимута от полезной станции на контрольную точку).
5. Проводится расчет напряженности поля полезной станции в контрольной точке.
6. Для полезной аналоговой станции проводится расчет напряженности поля помех в контрольной точке для каждой отобранной мешающей станции при тропосферной и постоянной помехах и выбирается большая из них.
- Для полезной цифровой станции проводится расчет напряженности поля помех в контрольной точке для каждой отобранной мешающей станции.
7. Проводится расчет используемой напряженности поля.
8. Результаты расчета выводятся на экран и записываются в специальный файл.

Схема описанного алгоритма расчета приведена на рисунке Е.1 приложения Е.

## **5.2 Расчет зоны обслуживания полезной станции.**

Расчет проводится для всех контрольных точек расчетной сетки с заданным шагом. Шаг сетки обусловлен типом местности, наличием информации о дополнительных препятствиях на трассе распространения или требуемой точностью. В каждой контрольной точке рассчитываются напряженность полезной станции и используемая напряженность от всех помех. Реальная зона обслуживания определяется на основании проверки условия п. 9 алгоритма. Расчет проводится для большого количества точек и поэтому может потребовать большого количества времени и вычислительных ресурсов.

Алгоритм расчета содержит следующие этапы:

1. Выбирается полезная станция из БД или вводится новая с соответствующими параметрами
2. Проводится отбор мешающих станций из БД, которые могут оказывать помехи полезной станции, в соответствии с частотным и территориальным критериями.
3. Проводится, при необходимости, корректировка полезной и мешающих станций.
4. Задается расчетная сетка с определенным шагом (шаг зависит от требуемой точности). Определяется первая контрольная точка.
5. Проводится расчет напряженности поля полезной станции в точке.
6. Для полезной аналоговой станции проводится расчет напряженности поля помех для каждой отобранной мешающей станции при тропосферной и постоянной помехах и выбирается большая из них.
7. Для полезной цифровой станции проводится расчет напряженности поля помех для каждой отобранной мешающей станции.
8. Проводится расчет используемой напряженности поля.
9. Проверяются условия:

$$E_{\text{пол}} > E_{\text{исп}} \text{ или } E_{\text{пол}} \geq E_{\text{мин}}. \quad (5.2.1)$$

Если условие выполняется, то в контрольной точке осуществляется прием полезного сигнала с заданным качеством, тем самым образуя реальную зону обслуживания.

При невыполнении условий прием полезного сигнала отсутствует и зона обслуживания сокращается.

10. Задается следующая контрольная точка расчетной сетки и последовательно выполняются пункты 5 – 9.

11. Результаты расчета выводятся на экран и записываются в специальный файл, а получившаяся зона обслуживания изображается на экране.

Схема описанного алгоритма расчета приведена на рисунке Е.2 приложения Е.

## Литература

1. ГОСТ 24375-80 «Радиосвязь. Термины и определения».
2. ГОСТ Р 52210-2004 «Телевидение вещательное цифровое. Термины и определения».
3. ГОСТ 23611-79 «Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения».
4. Рекомендация МСЭ - R 1546-4. Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц, 2010.
5. Рекомендация МСЭ - R P.1812. Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб "из пункта в зону" в диапазонах УВЧ и ОВЧ. 2012.
6. Заключительные акты Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях Районов 1 и 3 в полосах частот 174-230 МГц и 470-862 МГц (РКР-06). МСЭ. Женева, 2006.
7. Recommendation ITU-R BT.2033 (01/2013) Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands.
8. Report ITU-R BT.2254 (09/2012) Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2. BT Series. Broadcasting service (television).
9. Рекомендация МСЭ-Р Р.419-3 «Направленность и поляризационная развязка приемных антенн в телевизионном вещании».
10. Резолюции первой сессии Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях Районов 1 и 3 в полосах частот 174–230 МГц и 470–862 МГц. МСЭ. Женева, 2004.
11. Локшин М.Г., Шур А.А., Кокорев А.В., Краснощеков Р.А. Справочник. Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания. М: Радио и связь. 1988.

## Приложение А

### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛОГОВЫХ ТВ СИСТЕМ (ИЗЛУЧАЕМЫЕ СИГНАЛЫ)

Основные характеристики аналоговых ТВ систем даны в таблице А.1 [11]

Таблица А.1. Значения основных характеристик аналоговых ТВ систем.

	<u>Характеристика</u>	<u>Система аналогового ТВ</u>		
		М	В, В1, G	D, D1, К
1	Номинальная ширина радиочастотного канала (МГц)	6	В:7 В1, G:8	8
2	Смещение несущей частоты звука относительно несущей частоты изображения (МГц)	+4,5	+5,5 $\pm 0,001^{(1)}$	+6,5 $\pm 0,001^{(1)}$
3	Нижняя граница радиоканала (смещение относительно несущей частоты изображения), (МГц)	-1,25	-1,25	-1,25
4	Номинальная ширина верхней боковой полосы (МГц)	4,2	5	D, К: 6 D1: 5
5	Номинальная ширина частично подавленной боковой полосы (МГц)	0,75	0,75	0,75
6	Минимальное ослабление частично подавленной боковой полосы (дБ на МГц) <sup>(2)</sup>	20 (-1,25) 42 (-3,58)	20 (-1,25) 20 (-3,0) 30 (-4,43)	20 (-1,25) 30 (-4,33 $\pm 0,1)^{(3)}$
7	Тип и полярность модуляции несущей частоты изображения	С3F отрицатель,	С3F отрицатель,	С3F отрицатель,
8	Тип модуляции несущей частоты звука	F3E	F3E	F3E
9	Девияция частоты несущей частоты звука (кГц)	$\pm 25$	$\pm 50$	$\pm 50$
10	Отношение мощности несущей изображения и (основной) несущей звука <sup>(4)</sup>	10/1 - 5/1 <sup>(5)</sup>	20/1 - 10/1 <sup>(1), (2)</sup>	10/1 - 5/1 <sup>(2), (6)</sup>

Примечания:

1. В Финляндии, Польше, Швеции, Норвегии используется (на Украине планируется использовать) система с двумя звуковыми несущими. Вторая несущая расположена на 5,85 МГц выше несущей изображения и модулируется дифференциальной квадратичной фазовой манипуляцией (DQPSK) со скоростью 728 кбит/с. Отношение несущих изображение/звук составляет 20/1 и 100/1 для



первой и второй несущих звука соответственно (дополнительную информацию см. Рекомендацию МСЭ-Р BS.707).

2. В некоторых случаях маломощные передатчики работают без фильтра частично подавленной боковой полосы частот.

3. В Китае ослабление в точке  $(-4.33 \pm 0.1)$  не определено.

4. Для вычислений используются следующие значения:

- для сигнала изображения – среднеквадратичное значение несущей частоты на пике огибающей;

- для звуковой несущей – среднеквадратичное значение немодулированной несущей для АМ и ЧМ модуляции.

5. В Японии применяется отношение 1/0,15 - 1/0,35. В США ЭИМ звуковой несущей не превышает 22% от пиковой разрешенной ЭИМ для несущей изображения.

6. В Китае принято отношение 10/1.

## Приложение Б

### ЗНАЧЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ

## Расчет значений минимальной медианной напряженности поля для системы цифрового телевизионного вещания DVB-T2

Методика определения минимальной медианной напряженности поля для системы цифрового телевизионного вещания DVB-T2 основана на отчете, представленном ITU-R BT.2254 (09/2012).

Отправной точкой методики является определение базовых значений C/N для разных типов модуляции и кодовой скорости в канале Гаусса, представленных в таблице Б.1.

Таблица Б.1 - Базовые значения C/N для канала Гаусса [TS 102 831]

Модуляция	Кодовая скорость	Канал Гаусса (C/N <sub>Gauss-raw</sub> )
QPSK	1/2	1,0
QPSK	3/5	2,2
QPSK	2/3	3,1
QPSK	3/4	4,1
QPSK	4/5	4,7
QPSK	5/6	5,2
16-QAM	1/2	6,2
16-QAM	3/5	7,6
16-QAM	2/3	8,9
16-QAM	3/4	10,0
16-QAM	4/5	10,8
16-QAM	5/6	11,3
64-QAM	1/2	10,5
64-QAM	3/5	12,3
64-QAM	2/3	13,6
64-QAM	3/4	15,1
64-QAM	4/5	16,1
64-QAM	5/6	16,7

Модуляция	Кодовая скорость	Канал Гаусса ( $C/N_{\text{Gauss-raw}}$ )
256-QAM	1/2	14,4
256-QAM	3/5	16,7
256-QAM	2/3	18,1
256-QAM	3/4	20,0
256-QAM	4/5	21,3
256-QAM	5/6	22,0

Следующим шагом рассчитываются модифицированные величины  $C/N$  с учётом корректирующего фактора для достижения  $BER = 10^{-7}$  (коэффициент А), поправки на заданный вариант размещения пилот сигналов PP (коэффициент В) и поправки, учитывающей особенности реального канала связи (коэффициент С).

Значения поправочных коэффициентов представлены в таблице Б.2.

Таблица Б.2 - Значения коэффициентов А, В и С для разного размещения пилот сигналов PP

Вариант размещения пилот сигнала	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8
Коэффициент А	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Коэффициент В	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4
Коэффициент С	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0

Далее необходимо применить небольшую поправку (коэффициент D) по ограничивающему действию шума для значений  $C/N$  от 15 до 32 дБ.

Таблица Б.3 - Коэффициент D

$C/N$ , дБ	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
D, дБ	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,46	0,58	0,75	0,97	1,26	1,65	2,20	3,02	4,33	6,87

Расчет полного значения  $C/N$  для канала Райса с учетом вышеуказанных поправок ведется по формуле

$$C/N_{\text{Rice}} = C/N'_{\text{Rice}} + D \text{ [дБ]},$$

где

$$C/N'_{\text{Rice}} = C/N_{\text{Gauss-raw}} + \text{DELTA}_{\text{Rice}} + A + B + C \text{ [дБ]}.$$

Значения  $\text{DELTA}_{\text{Rice}}$  для канала Райса представлены в таблице Б.4.

Таблица Б.4 - Значения  $\text{DELTA}_{\text{Rice}}$  для канала Райса

Модуляция	Кодовая скорость	$\text{DELTA}_{\text{Rice}} \text{ C/N}$ (дБ)
QPSK	1/2	0,2
QPSK	3/5	0,2
QPSK	2/3	0,3
QPSK	3/4	0,3
QPSK	4/5	0,3
QPSK	5/6	0,4
16-QAM	1/2	0,2
16-QAM	3/5	0,2
16-QAM	2/3	0,2
16-QAM	3/4	0,4
16-QAM	4/5	0,4
16-QAM	5/6	0,4
64-QAM	1/2	0,3
64-QAM	3/5	0,3
64-QAM	2/3	0,3
64-QAM	3/4	0,3
64-QAM	4/5	0,5
64-QAM	5/6	0,4
256-QAM	1/2	0,4
256-QAM	3/5	0,2
256-QAM	2/3	0,3
256-QAM	3/4	0,3
256-QAM	4/5	0,4
256-QAM	5/6	0,4

Для фиксированного приема используются значения  $C/N$ , рассчитанные для канала Райса.

Минимальные уровни сигнала для преодоления шума в приемнике определяются минимальной мощностью на входе приемника и соответствующим минимальным эквивалентным напряжением на входе приемника, предполагая значение шум-фактора приемника 7 дБ. Если при планировании будет использоваться отличное от заданного значение шум-фактора, то минимальный уровень сигнала на входе приемника должен быть скорректирован.

Минимальные медианные значения плотности потока мощности для DVB-T2 вычисляются для:

1) каналов шириной 8 МГц, Для каналов шириной 1,7, 5, 6, 7 или 10 МГц, значения минимальной медианной напряженности поля корректируются на величину  $10 \log(B'/B)$ , где  $B'$  – заданная ширина канала, а  $B$  – ширина канала, равная 8 МГц;

2) условий приема:

– фиксированный прием;

3) трех частот, представляющих диапазон III, диапазон IV и диапазон V:

– 200 МГц;

– 500 МГц;

– 800 МГц;

4) характерных отношений  $C/N$ .

Все минимальные медианные значения напряженности поля, представленные в настоящем Приложении, относятся к покрытию только с помощью одного передатчика, а не к случаю одночастотных сетей.

Для вычисления значений минимальной медианной плотности потока мощности и минимальной медианной напряженности поля, необходимых для обеспечения того, чтобы минимальные значения уровней сигнала могли достигаться в требуемом проценте мест приема, используются следующие формулы:

$$P_n = F + 10 \log_{10} (k T_0 B)$$

$$P_{s \min} = C/N + P_n$$

$$A_a = G_D + 10 \log_{10} (1,64 \cdot \lambda^2 / 4\pi)$$

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

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

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

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

где

$A_a$  – эффективный раскрыв антенны (дБм<sup>2</sup>)

$C/N$  – отношение РЧ сигнал/шум, требуемое системой (дБ)

$C_l$  – поправочный коэффициент местоположений (дБ)

$E_{med}$  – минимальная медианная напряженность поля, планируемое значение (дБ(мкВ/м))

$E_{min}$  – минимальная напряженность поля в месте приема (дБ(мкВ/м))

$G_D$  – усиление антенны относительно полуволнового диполя (дБ)

$L_f$  – потери в фидере (дБ)

$P_{mmn}$  – поправка на индустриальный шум (дБ)

$\varphi_{min}$  – минимальная плотность потока мощности в месте приема (дБ(Вт/м<sup>2</sup>))

$\varphi_{med}$  – минимальная медианная плотность потока мощности, планируемое значение (дБ(Вт/м<sup>2</sup>))

$\lambda$  – длина волны (м)

$P_n$  – мощность шума на входе приемника (дБВт)

$F$  – шум-фактор приемника (дБ)

$K$  – постоянная Больцмана ( $k = 1,38 \times 10^{-23}$ ) Дж/К

$T_0$  – абсолютная температура ( $T_0 = 290$  К)

$B$  – ширина шумовой полосы приемника ( $6,66 \times 10^6$  Гц для канала 7 МГц,  $7,61 \times 10^6$  Гц для канала 8 МГц,  $1,54 \times 10^6$  Гц для канала 1,7 МГц,  $7,77 \times 10^6$  Гц для канала 8 МГц с расширенным спектром extended для режимов 16k, 32k и  $7,71 \times 10^6$  для режима 8k)

$P_{s min}$  – минимальная мощность сигнала на входе приемника (дБВт)

Дополнительно, только для информации представлена следующая формула

$$U_{s min} = P_{s min} + 120 + 10 \log_{10} R,$$

где

$U_{s min}$  – минимальное эквивалентное напряжение на входе приемника, на 75 Ом (дБмкВ),

$R$  – входное полное сопротивление приемника ( $R = 75$  Ом).

При вычислении поправочного коэффициента местоположений  $C_l$ , предполагается логарифмически нормальное распределение приемного сигнала. Следует отметить, что это стандартное отклонение относится только к статистическим данным в местах приема, а неточности, присущие методу прогнозирования распространения во внимание не принимаются. Поправочный коэффициент местоположений подлежит переоценке при поступлении дополнительной информации.

Поправочный коэффициент местоположений может быть вычислен по формуле:

$$C_l = \mu \sigma,$$

где

$\mu$  – коэффициент распределения, равный 0,52 для 70%, 1,64 для 95% и 2,32 для 99%,

$\sigma$  – стандартное отклонение, принимаемое равным 5,5 дБ при приеме вне помещений.

Другие соответствующие значения  $\sigma$  используются в случае приема внутри помещений.

Значения коэффициента усиления антенны (относительно полуволнового симметричного вибратора), используемые при определении минимальных медианных уровней полезного сигнала, приведены в таблице Б.5.

Таблица Б.5 - Коэффициент усиления антенны (относительно полуволнового симметричного вибратора) для диапазонов III, IV, V

Частота (МГц)	200	500	800
Усиление антенны (дБ)	7	10	12

Эти значения рассматриваются в качестве реалистичных минимальных значений. В пределах любого диапазона частот изменение коэффициента усиления антенны с частотой может учитываться путем добавления поправочного коэффициента

$$\text{Corr} = 10 \log (F_A/F_R),$$



где

$F_A$  – фактическая рассматриваемая частота

$F_R$  – соответствующая опорная частота, указанная выше,

Значения потерь в фидере, используемые при определении минимальных медианных уровней полезного сигнала, приведены в таблице Б.6.

Таблица Б.6 - Значения потерь в фидере для диапазонов III, IV, V

Частота (МГц)	200	500	800
Потери в фидере (дБ)	2	3	5

Измерения проводились на указанных частотах.

Изменение значений потерь в фидере при изменении частоты в диапазонах IV и V определялось путем линейной интерполяции между двумя экстремальными значениями.

Поправка на влияние индустриального шума  $P_{mmn}$  приведена в таблице Б.7.

Таблица Б.7 - Поправка на влияние индустриального шума для диапазонов III, IV, V

Частота (МГц)	200	500	800
Поправка на индустриальный шум (дБ)	2	0	0

Для фиксированного приема должна использоваться вероятность охвата мест 95%.

Для других частот эталонные значения минимальной медианной напряженности поля, рассчитанные выше, должны корректироваться путем добавления поправочного коэффициента по следующей формуле:

$$(E_{med})_f = (E_{med})_{fr} + Corr,$$

где

$(E_{med})_f$  – значение медианной напряженности для рабочей частоты  $f$ ;

$(E_{med})_{fr}$  – значение медианной напряженности для эталонной частоты  $f_r$ ;

$Corr$  – значение поправочного коэффициента, который определяется:

– при фиксированном приеме как  $Corr = 20 \log_{10} (f/f_r)$ ,

при приеме на портативное оборудование и при подвижном приеме как  $Corr = 30 \log_{10} (f/f_r)$ .

**ЗАЩИТНЫЕ ОТНОШЕНИЯ  
ДЛЯ НАЗЕМНЫХ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

В таблице В.1 приведены защитные отношения для защиты сигнала DVB-T2 от сигнала DVB-T2 в совмещенном канале для фиксированного приема [7].

Таблица В.1 - Защитные отношения (дБ) в случае: полезный сигнал - DVB-T2 (8 МГц, 32К extended, PP7, 1/128), мешающий – DVB-T2, совмещенный канал

Вид модуляции	Кодовая скорость	Защитные отношения, дБ
QPSK	1/2	2,6
QPSK	3/5	3,8
QPSK	2/3	4,8
QPSK	3/4	5,8
QPSK	4/5	6,5
QPSK	5/6	7,0
16-QAM	1/2	7,8
16-QAM	3/5	9,2
16-QAM	2/3	10,5
16-QAM	3/4	11,8
16-QAM	4/5	12,6
16-QAM	5/6	13,1
64-QAM	1/2	12,2
64-QAM	3/5	14,1
64-QAM	2/3	15,4
64-QAM	3/4	16,9
64-QAM	4/5	18,1
64-QAM	5/6	18,7
256-QAM	1/2	16,3
256-QAM	3/5	18,4
256-QAM	2/3	20,0
256-QAM	3/4	22,0
256-QAM	4/5	23,6
256-QAM	5/6	24,4

В таблице В.2 приведены защитные отношения для защиты сигнала DVB-T2 от сигнала DVB-T2 в соседнем смежном канале для фиксированного приема.

Таблица В.2 - Защитные отношения (дБ) для системы DVB-T2 при помехе от сигнала DVB-T2 в соседнем канале

Защитные отношения, дБ	
Нижний канал (N-1)	Верхний канал (N+1)
<b>-30</b>	<b>-30</b>

В таблицах В.3 - В.5 приведены защитные отношения для защиты сигнала DVB-T2 от аналогового сигнала, а в таблицах В.6 - В.7 приведены защитные отношения для защиты аналогового сигнала от сигнала DVB-T2.

Таблица В.3 - Защитные отношения для системы DVB-T2 при помехе от сигнала аналогового ТВ в совмещенном канале

Модуляция	Кодовая скорость	Защитные отношения, дБ
64-QAM	1/2	-8,0
64-QAM	3/5	0,0
64-QAM	2/3	2,5
64-QAM	3/4	2,5
64-QAM	4/5	2,5
64-QAM	5/6	4,5

Таблица В.4 - Защитные отношения для системы DVB-T2 при помехе от сигнала аналогового ТВ в нижнем канале

Модуляция	Кодовая скорость	Защитные отношения, дБ
64-QAM	1/2	-42,0
64-QAM	3/5	-42,0
64-QAM	2/3	-39,4
64-QAM	3/4	-39,4
64-QAM	4/5	-35,0
64-QAM	5/6	-35,0

Таблица В.5 - Защитные отношения для системы DVB-T2 при помехе от сигнала аналогового ТВ в верхнем канале

Модуляция	Кодовая скорость	Защитные отношения, дБ
64-QAM	1/2	-43,0
64-QAM	3/5	-43,0
64-QAM	2/3	-41,5
64-QAM	3/4	-40,4
64-QAM	4/5	-38,0
64-QAM	5/6	-38,0

Примечание: В таблицах В.3 - В.5 используются расчетные защитные отношения, которые подтверждены результатами проведенных экспериментальных исследований.

Таблица В.6 - Защитные отношения (дБ) в случае: полезный сигнал - аналоговый ТВ, мешающий –DVB-T2 (8 МГц)  
Т – тропосферная помеха. П – постоянно действующая.

Помеха TVD		Защитные отношения (дБ) 7 МГц													Защитные отношения (дБ) 8 МГц															
		Совмещенный канал		Соседние каналы				Зеркальные каналы					Совмещенный канал		Соседние каналы				Зеркальные каналы											
		Т	П	N-1		N+1		N+8		N+9		N+10		N+11		Т	П	N-1		N+1		N+8		N+9		N+10		N+11		
Т	П			Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П			Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	
PAL:	В	35	41	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		35	41	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-9	-5	-8	-5	-16	-11	-16	-11	-	-	-	-	-	-
D1		35	41	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-9	-5	-8	-5	-	-	-19	-15	-	-	-	-	-	-
G. B1		35	41	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-9	-5	-8	-5	-	-	-19	-15	-	-	-	-	-	-
H		35	41	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I		35	41	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K		35	41	-9	-5	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-9	-5	-8	-5	-16	-11	-	-	-	-	-	-	-	-
SECAM:	В	35	41	-5	-1	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-5	-1	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		35	41	-5	-1	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-5	-1	-8	-5	-16	-11	-16	-11	-	-	-	-	-	-
K		35	41	-5	-1	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-5	-1	-8	-5	-16	-11	-16	-11	-	-	-	-	-	-
L		35	41	-5	-1	-8	-5	-	-	-	-	-	-	-	34	40	-5	-1	-8	-5	-	-	-24	-22	-	-	-	-	-	-

Таблица В.7 - Защитные отношения (дБ) в случае: полезный сигнал - аналоговый ТВ, мешающий –DVB-T2 (7 и 8 МГц)

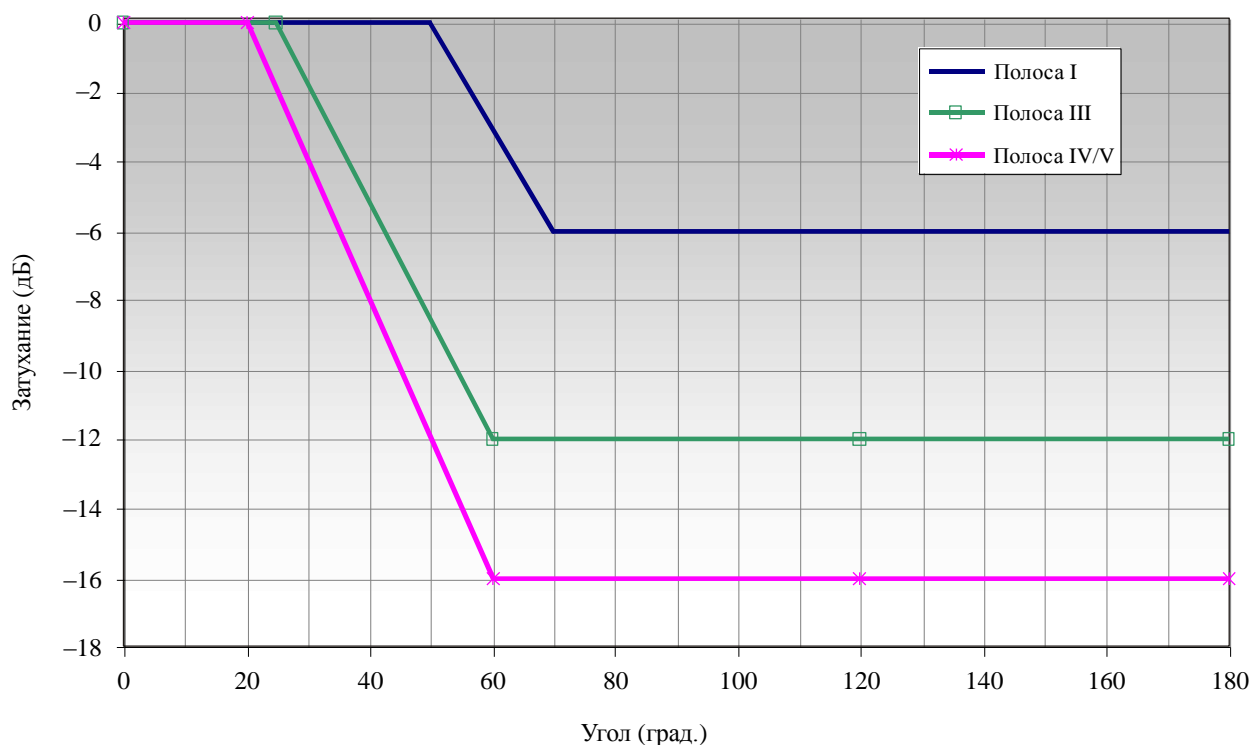
Помеха TVD исслед TVA	Защитные отношения (дБ) для перекрывающихся каналов DVB-T2 7МГц																															
	-7,75		-4,75		-4,25		-3,75		-3,25		-2,75		-1,75		-0,75		2,25		4,25		5,25		6,25		7,25		8,25		9,25		12,25	
	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П
PAL:B	-16	-11	-9	-5	-3	4	13	21	25	31	30	37	34	40	35	41	35	41	35	40	31	38	28	35	26	33	6	12	-8	-5	-8	-5
D	-16	-11	-9	-5	-3	4	13	21	25	31	30	37	34	40	35	41	35	41	35	40	31	38	28	35	26	33	6	12	-8	-5	-8	-5
D1	-16	-11	-9	-5	-3	4	13	21	25	31	30	37	34	40	35	41	35	41	35	40	31	38	28	35	26	33	6	12	-8	-5	-8	-5
G. B1	-16	-11	-9	-5	-3	4	13	21	25	31	30	37	34	40	35	41	35	41	35	40	31	38	28	35	26	33	6	12	-8	-5	-8	-5
H	-16	-11	-9	-5	-3	4	13	21	25	31	30	37	34	40	35	41	35	41	35	40	31	38	28	35	26	33	6	12	-8	-5	-8	-5
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	-16	-11	-9	-5	-3	4	13	21	25	31	30	37	34	40	35	41	35	41	35	40	31	38	28	35	26	33	6	12	-8	-5	-8	-5
Помеха TVD исслед TVA	Защитные отношения (дБ) для перекрывающихся каналов DVB-T2 8 МГц																															
	-8,25		-5,25		-4,75		-4,25		-3,75		-3,25		-2,25		-1,25		2,75		4,75		5,75		6,75		7,75		8,75		9,75		12,75	
	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т	П
PAL:B	-16	-11	-9	-5	-4	3	12	20	24	30	29	36	33	39	34	40	34	40	34	39	30	37	27	34	25	32	5	11	-8	-5	-8	-5
D	-16	-11	-9	-5	-4	3	12	20	24	30	29	36	33	39	34	40	34	40	34	39	30	37	27	34	25	32	5	11	-8	-5	-8	-5
D1	-16	-11	-9	-5	-4	3	12	20	24	30	29	36	33	39	34	40	34	40	34	39	30	37	27	34	25	32	5	11	-8	-5	-8	-5
G. B1	-16	-11	-9	-5	-4	3	12	20	24	30	29	36	33	39	34	40	34	40	34	39	30	37	27	34	25	32	5	11	-8	-5	-8	-5
H	-16	-11	-9	-5	-4	3	12	20	24	30	29	36	33	39	34	40	34	40	34	39	30	37	27	34	25	32	5	11	-8	-5	-8	-5
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	-16	-11	-9	-5	-4	3	12	20	24	30	29	36	33	39	34	40	34	40	34	39	30	37	27	34	25	32	5	11	-8	-5	-8	-5

## Приложение Г

### НАПРАВЛЕННОСТЬ И ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ПО ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИЕМНЫХ АНТЕНН ВЕЩАТЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



Для оценки пространственной избирательности приемных антенн наземного телевизионного вещания в полосах частот III, IV и V диапазонов должны использоваться характеристики приемных антенн, представленные на рисунке Г.1 [9].



SM.1875-01

Рисунок Г.1 – Диаграмма направленности приемной направленной антенны

*Примечание 1* – Считается, что указанная избирательность достижима в большинстве антенных установок, расположенных в плотно застроенных районах. На открытых участках, в пригородах могут быть достигнуты несколько более высокие значения.

*Примечание 2* – Кривые на рис. Г.1 достоверны для сигналов с вертикальной и горизонтальной поляризацией в тех случаях, когда полезный и мешающий сигналы имеют одинаковую поляризацию.

*Примечание 3* – При ортогональной поляризации объединенную развязку, обеспечиваемую за счет направленности и ортогональности, нельзя вычислить путем сложения отдельных значений избирательности. Однако на практике установлено, что в полосах частот I – V диапазонов наземного телевизионного вещания для всех углов азимута может применяться величина объединенной

развязки равная 16 дБ. Можно ожидать, что это значение будет превышено в более чем в 50% местоположений.

*Примечание 4* – При планировании предполагается, что антенные системы для коллективного приема и систем распределения имеют значения направленности, как минимум, равные указанным на рисунке Г.1.

## Приложение Д

### ПРИБЛИЗИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОБРАТНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Таблица Д.1 – Приблизительные значения обратного интегрального нормального распределения  $Q_i$

$q\%$	$Q_i (q/100)$	$q\%$	$Q_i (q/100)$	$q\%$	$Q_i (q/100)$	$q\%$	$Q_i (q/100)$
1	2,327	26	0,643	51	-0,025	76	-0,706
2	2,054	27	0,612	52	-0,050	77	-0,739
3	1,881	28	0,582	53	-0,075	78	-0,772
4	1,751	29	0,553	54	-0,100	79	-0,806
5	1,645	30	0,524	55	-0,125	80	-0,841
6	1,555	31	0,495	56	-0,151	81	-0,878
7	1,476	32	0,467	57	-0,176	82	-0,915
8	1,405	33	0,439	58	-0,202	83	-0,954
9	1,341	34	0,412	59	-0,227	84	-0,994
10	1,282	35	0,385	60	-0,253	85	-1,036
11	1,227	36	0,358	61	-0,279	86	-1,080
12	1,175	37	0,331	62	-0,305	87	-1,126
13	1,126	38	0,305	63	-0,331	88	-1,175
14	1,080	39	0,279	64	-0,358	89	-1,227
15	1,036	40	0,253	65	-0,385	90	-1,282
16	0,994	41	0,227	66	-0,412	91	-1,341
17	0,954	42	0,202	67	-0,439	92	-1,405
18	0,915	43	0,176	68	-0,467	93	-1,476
19	0,878	44	0,151	69	-0,495	94	-1,555
20	0,841	45	0,125	70	-0,524	95	-1,645
21	0,806	46	0,100	71	-0,553	96	-1,751
22	0,772	47	0,075	72	-0,582	97	-1,881
23	0,739	48	0,050	73	-0,612	98	-2,054
24	0,706	49	0,025	74	-0,643	99	-2,327
25	0,674	50	0,000	75	-0,674		

## Приложение Е

### **АЛГОРИТМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ**

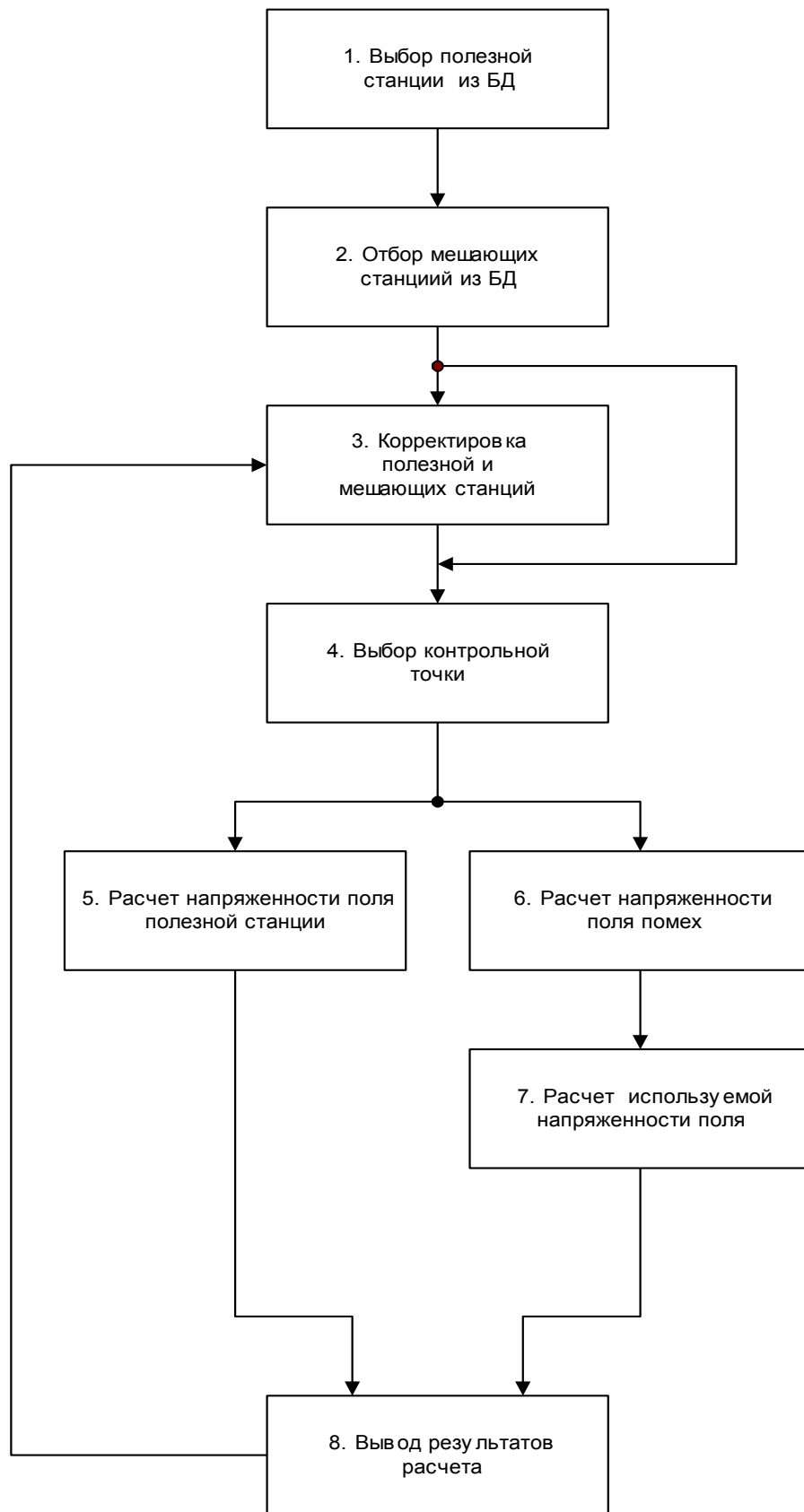


Рисунок Е.1. Схема алгоритма расчета в контрольной точке

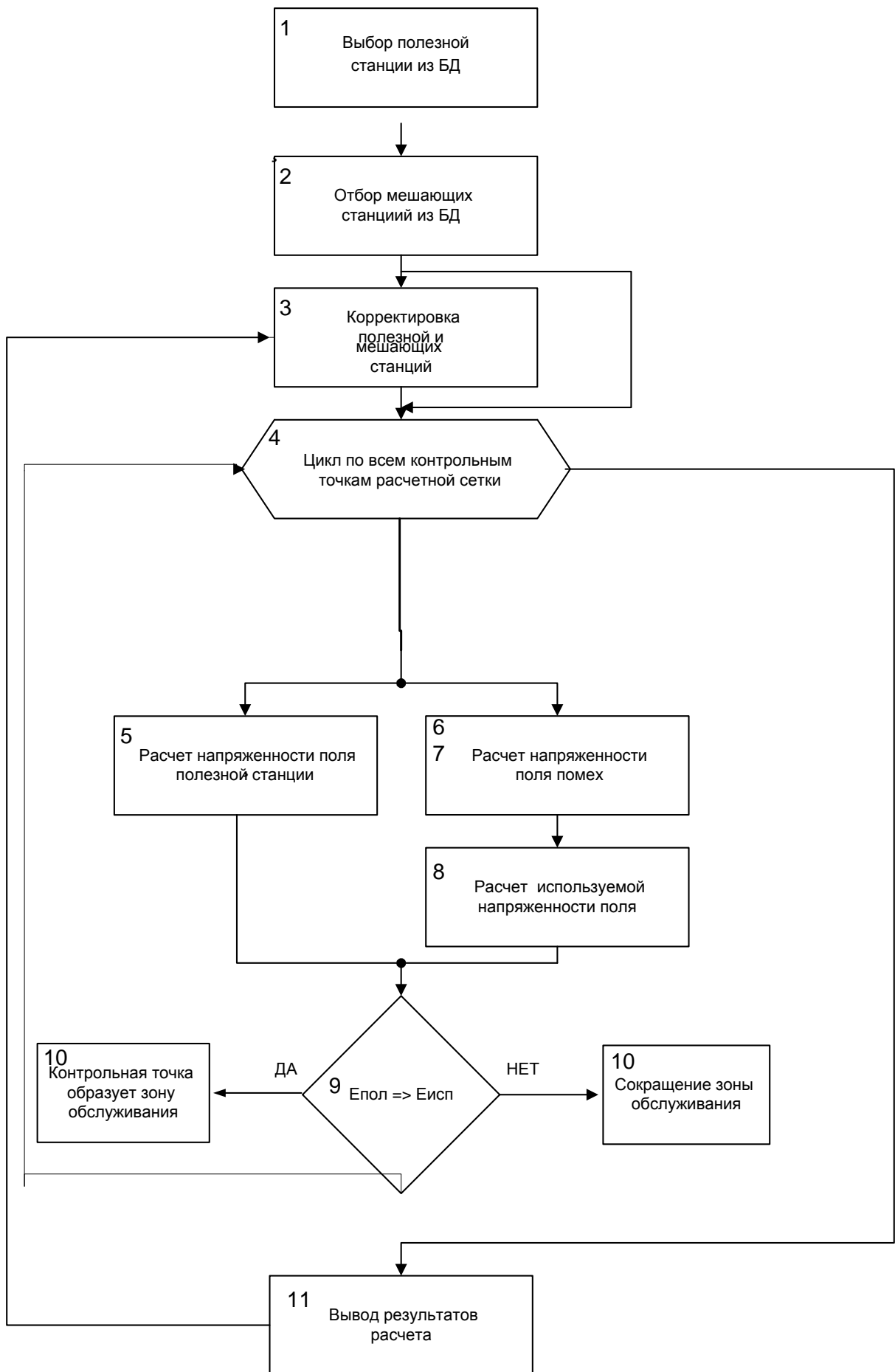


Рисунок Е.2. Схема алгоритма расчета зоны обслуживания полезной станции