

Приложение
к Приказу Министерства
регионального развития, транспорта и связи
Приднестровской Молдавской Республики
от 23 октября 2015 г. № 436

Методика
расчета зоны обслуживания радиоизлучающих средств наземного цифрового
телевизионного вещания системы DVB-T2 для фиксированного приема
в полосах частот 174-230 и 470-790 МГц

1. Общие положения

1. Настоящая методика расчета зоны обслуживания радиоизлучающих средств наземного цифрового телевизионного вещания системы DVB-T2 для фиксированного приема в полосах частот 174-230 и 470-790 МГц (далее – 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.

2. При расчёте зоны обслуживания в рамках действия настоящей Методики необходимо учитывать одновременное использование цифровых и аналоговых сетей для предоставления вещательных услуг населению и обеспечения плавного перехода к исключительно цифровому наземному вещанию с учетом сохранения существующей аудитории и, следовательно, согласованного введения новых цифровых станций с учетом состояния и перспектив использования действующей аналоговой сети.

3. Фиксированный прием определяется как прием с использованием направленной приемной антенны с номинальными техническими характеристиками (Приложение № 1), установленной на высоте 10 м над уровнем земли (для радиовещательной службы является типичной). При расчетах напряженности поля в случае фиксированного приема считается, что для указанной высоты приемной антенны над уровнем земли достигаются условия приема близкие к оптимальным.

4. При расчете электромагнитной совместимости одночастотной сети системы DVB-T2 и аналоговой станции, необходимо учитывать наличие нескольких цифровых станций в составе одночастотной сети при расчете как полезного сигнала в одночастотной сети, так и мешающего сигнала от нее.

2. Термины, определения и сокращения

5. В настоящей Методике приняты следующие сокращения и их расшифровка:

- а) БД - база данных;
- б) МСЭ - Международный союз электросвязи;
- в) МСЭ-Р - Международный союз электросвязи (сектор радиосвязи);
- г) ЦТВ - наземное цифровое телевизионное вещание;
- д) РЧ - радиочастота;
- е) ОЧС - одночастотная сеть;
- ж) РЭС - радиоэлектронное средство;
- з) РИС - радиоизлучающее средство;
- и) ТВ - телевизионное вещание;
- к) ЭМС - электромагнитная совместимость;
- л) ЭИМ - эффективная излучаемая мощность;

- м) BER - коэффициент битовых ошибок;
- н) C/N - отношение сигнал/шум;
- о) DVB-T2 - европейский стандарт цифрового эфирного вещания ETSI EN 300 755;
- п) ITU-R - Международный союз электросвязи (сектор радиосвязи);
- р) QAM - амплитудно-фазовая модуляция;
- с) QPSK - квадратурная фазовая модуляция;
- т) TVA - аналоговая телевизионная станция;
- у) TVD - цифровая телевизионная станция.

6. В настоящей Методике используются термины по ГОСТ 24375-80 «Радиосвязь. Термины и определения», утвержденный Приказом Государственной службы энергетики и жилищно-коммунального хозяйства от 21 ноября 2002 года № 462 (САЗ 02-50), ГОСТ ПМР ГОСТ Р 52210-2004 «Телевидение вещательное цифровое. Термины и определения», (Газета «Приднестровье» от 25 апреля 2013 года № 79), ГОСТ 23611-79 «Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения» (САЗ 02-50), ГОСТ 30372-95 «Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения» (САЗ 02-49), а также следующие термины и понятия:

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

б) станция – один или несколько передатчиков или приемников, или комбинация передатчиков и приемников, включая вспомогательное оборудование, необходимые в определенном месте для осуществления службы радиосвязи;

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

г) полезное поле – электромагнитное поле, создаваемое полезной станцией;

д) мешающая станция – станция, которая при анализе ЭМС рассматривается как источник помех;

е) мешающее поле – электромагнитное поле, создаваемое мешающей станцией;

ж) 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;

з) защитное отношение – минимальное значение отношения уровня полезного сигнала к уровню мешающего сигнала, обычно выражаемое в децибелах, при котором обеспечивается требуемое качество приема.

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) РИС – разновидность РЭС, любое устройство, излучающее энергию электромагнитных волн, в установленной Международным союзом электросвязи полосе радиочастот, которая может быть использована для функционирования РИС;

к) 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;

л) 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/индустриальных 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:

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

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;

м) 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;

н) 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;

о) 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.

3. Нормированные характеристики для оценки ЭМС

7. 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 № 1.

8. Защитные отношения для аналогового и цифрового ТВ вещания приведены в Приложении № 2.

9. Выбор значения вероятности охвата мест зависит от типа полезной станции и осуществляется в соответствии с Таблицей № 1.

Таблица № 1

Варианты расчета ЭМС	Значение вероятности охвата мест
Защита аналогового телевидения	50 %
Защита станций ЦТВ, входящих в Соглашение «Женева-06»	95 %
Защита станций ЦТВ, не входящих в Соглашение «Женева-06»	70 % ... 95 %

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

4. Основные расчеты

10. Расчет напряженности полезного и мешающего поля для исследуемой цифровой станции и ОЧС:

а) напряженность поля полезного сигнала определяется по следующей формуле:

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

где:

$E(50, 50)$ – напряженность поля для 50 % мест и 50 % времени приема, определяемая в соответствии с Рекомендациями МСЭ-Р Р.1546, МСЭ-Р Р.1812 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);

ΔP – приведенная к 1 кВт эффективная излучаемая мощность полезной станции, дБ/кВт.

б) напряженность мешающего поля в заданной расчетной точке определяется по следующей формуле:

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

где:

$E(50, 1)$ – напряженность поля для 50 % мест и 1 % времени приема, определяемая в соответствии с Рекомендациями МСЭ-Р Р.1546, МСЭ-Р Р.1812 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);

ΔP – приведенная к 1 кВт эффективная излучаемая мощность мешающей станции, дБ/кВт;

A – защитное отношение (дБ) определяются в соответствии с Приложением № 2.

ΔA – поправка к защитному отношению (дБ) (согласно Приложению № 3), учитывающая пространственную и поляризационную помехозащищенность приемной антенны, которая применяется только для оценки помех фиксированному приему DVB-T2, при одинаковой поляризации передающих антенн мешающей и полезной станции.

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.

11. 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 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 подпунктом б) пункта 10 настоящей Методики.

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

$$E_{меш} = 10 \cdot \log_{10} \left(\sum_{i=1}^m 10^{\frac{E_{меш_i}}{10}} \right), \text{ дБ мкВ/м}$$

где:

$E_{mешi}$ – напряженность мешающего поля от i -ого передатчика;

m – число передатчиков в ОЧС;

$E_{mеш}$ – суммарная напряженность мешающего поля.

Найденное значение принимается за суммарную напряженность мешающего поля от ОЧС.

12. Расчет зоны покрытия станции.

а) 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 и МСЭ-Р Р.1812). 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;

б) расчет зоны покрытия 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 и Р.1812 (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 об источниках помех, в каждой контрольной точке из найденной в подпункте 1) совокупности в соответствии с пунктами 10 и 11 рассчитывается напряженность мешающего поля от потенциальных источников помех. Отбираются те помехи, уровень которых на 12 дБ ниже относительно уровня 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.

13. Расчет внутрисетевых помех и корректировка параметров ОЧС.

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

– 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;

– электромагнитная совместимость всех полезных станций ОЧС между собой (т.е. отсутствие внутрисетевой интерференции).

а) временная задержка сигнала от станции А относительно сигнала станции В в любой точке зоны обслуживания станции В определяется по следующей формуле:

$$\Delta\tau = ta' - tb$$

где:

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

tb – задержка сигнала от станции В в исследуемой точке;

б) условие отсутствия внутрисетевой интерференции в ОЧС можно сформулировать следующим образом:

Запаздывание сигнала станции А относительно сигнала станции В $\Delta\tau$ на всей зоне обслуживания полезной станции В не должно превышать величину длительности защитного интервала T_g (Таблица № 2), т.е.

$$\Delta\tau = ta' - tb \leq T_g$$

Таблица № 2

		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_U	T_g (мкс) Длительность защитного интервала						
32k	3584	28	112	224	226	448	532	NA
16k	1792	14	56	112	133	224	226	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

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

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

2) уровни этих двух сигналов отличались на величину большую, чем защитное отношение для выбранного режима модуляции;

в) условия внутрисетевой ЭМС определяются по следующей формуле:

$$\Delta\tau_{ni} \leq T_g \text{ для } \forall E_i > E_n - A$$

где:

$\Delta\tau_{ni}$ – запаздывание сигнала между близлежащими станциями i и n ;

E_i – напряженность поля, создаваемая станцией i в точке на пересечении прямой, соединяющей близлежащие две станции i и n 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 ОЧС.

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

г) схематично последовательность операций по расчету совместимости и корректировки параметров передатчиков ОЧС цифрового вещания представлена на Рисунке 1.

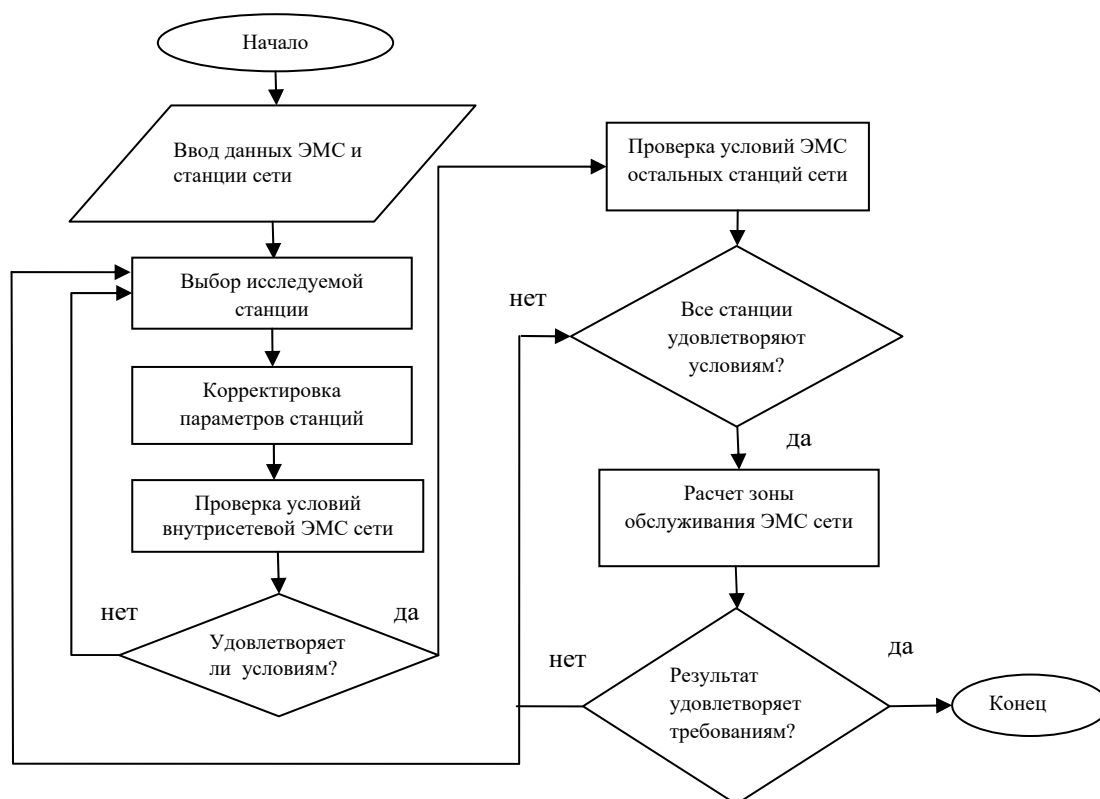


Рисунок 1. Схема расчета совместимости и корректировка параметров передатчиков одночастотной сети

Примечание к Рисунку 1:

На этапе алгоритма расчета «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.

На этапе алгоритма расчета «Корректировка параметров станций», 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 ОЧС (ограничение использования режимов модуляции, требующих большей защиты, т.е. понижение пропускной способности сети в обмен на увеличение помехоустойчивости).

5. Учет мешающего влияния

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

14. Учет помех при расчете зоны обслуживания станции:

- а) расчет зоны покрытия и полезной напряженности поля:

Если данные об источниках помех отсутствуют, в соответствии с пунктом 12 рассчитывается идеальная зона обслуживания передающей станции по соответствующим

значениям минимальной используемой напряженности поля, рассчитываемым в Приложении № 1.

При наличии данных об источниках помех, в соответствии с пунктом 12 рассчитывается реальная зона обслуживания с использованием соответствующих значений минимальной используемой напряженности поля, рассчитываемых в Приложении № 1, и с учетом помех от всех потенциальных источников в соответствии с пунктами 10-11.

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 дополнительных источников помех);

б) расчет напряженности мешающего поля:

Расчет мешающей напряженности поля зависит от вида источника помехи (цифровая/аналоговая станция или ОЧС) и выполняется в соответствии с пунктами 10-11 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 следующей формуле

$$E_{\text{меш}} = 10 \cdot \log_{10} \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{E_{\text{меш } i}}{10}} \right), \text{ дБ мкВ/м}$$

где:

$E_{\text{меш } i}$ – напряженность мешающего поля от i -ой помехи;

n – число источников помех;

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

в) расчет объединенного коэффициента местоположений:

При защите цифровой станции поправочный коэффициент местоположений рассчитывается по следующей формуле:

$$C_l = \mu\sigma, \text{ дБ}$$

где:

σ – стандартное отклонение, принимаемое равным 5,5 дБ при приеме вне помещений (дБ);

μ – коэффициент распределения, который равен 0 для 50 %, 0,52 для 70 %, 1,28 для 90 %, 1,64 для 95 % и 2,33 для 99 % местоположений.

15. 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 не достаточно 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:

а) в направлении прихода полезного сигнала с наибольшей напряженностью поля;

б) в направлении на ближайшую передающую станцию, в зоне обслуживания которой находится место приема;

в) в направлении на передающую станцию, с которой осуществляется прием наибольшего числа каналов;

г) в направлении на сигнал с наилучшим отношением сигнал/шум.

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

6. Примеры применения методики

16. Наиболее общими случаями применения разработанной Методики могут быть следующие варианты расчета ЭМС:

а) расчет в контрольной точке;

б) расчет зоны обслуживания полезной станции.

17. 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:

а) выбирается полезная станция из БД или вводится новая станция с соответствующими параметрами;

б) проводится отбор мешающих станций из БД, которые могут оказывать помехи полезной станции, в соответствии с частотным и территориальным критериями;

в) проводится, при необходимости, корректировка полезной и мешающих станций;

г) задается местоположение контрольной точки (географическими координатами или с помощью расстояния и азимута от полезной станции на контрольную точку);

д) проводится расчет напряженности поля полезной станции в контрольной точке;

е) 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;

ж) проводится расчет используемой напряженности поля;

з) результаты расчета выводятся на экран и записываются в специальный файл.

Схема описанного алгоритма расчета приведена на Рисунке 1 Приложения № 4.

18. 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 пункта и) алгоритма. Расчет проводится для большого количества точек и поэтому может потребовать большого количества времени и вычислительных ресурсов.

Алгоритм расчета содержит следующие этапы:

а) выбирается полезная станция из БД или вводится новая с соответствующими параметрами;

б) проводится отбор мешающих станций из БД, которые могут оказывать помехи полезной станции, в соответствии с частотным и территориальным критериями;

в) проводится, при необходимости, корректировка полезной и мешающих станций;

г) задается расчетная сетка с определенным шагом (шаг зависит от требуемой точности). Определяется первая контрольная точка;

д) проводится расчет напряженности поля полезной станции в точке;

е) для полезной аналоговой станции проводится расчет напряженности поля помех для каждой отобранной мешающей станции при тропосферной и постоянной помехах и выбирается большая из них;

ж) для полезной цифровой станции проводится расчет напряженности поля помех для каждой отобранной мешающей станции;

з) проводится расчет используемой напряженности поля;

и) проверяются условия:

1) при наличии мешающих станций $E_{пол} \geq E_{исп}$;

2) при отсутствии мешающих станций $E_{пол} \geq E_{мин}$.

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;

к) задается следующая контрольная точка расчетной сетки и последовательно выполняются пункты д) - и);

л) результаты расчета выводятся на экран и записываются в специальный файл, а получившаяся зона обслуживания изображается на экране.

Схема описанного алгоритма расчета приведена на Рисунке 2 Приложения № 4.

Приложение № 1
к Методике расчета зоны обслуживания РИС
наземного цифрового телевизионного вещания
системы DVB-T2 для фиксированного приема
в полосах частот 174-230 и 470-790 МГц

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.

Отправной точкой методики является определение базовых значений C/N для разных типов модуляции и кодовой скорости в канале Гаусса, представленных в Таблице № 1.

Таблица № 1

Базовые значения C/N для канала Гаусса [TS 102 831]

Модуляция	Кодовая скорость	Канал Гаусса (C/N _{Gauss-raw})
QPSK	1/2	1,0
QPSK	3/5	2,3
QPSK	2/3	3,1
QPSK	3/4	4,1
QPSK	4/5	4,7
QPSK	5/6	5,2
16-QAM	1/2	6,0
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	11,4
64-QAM	1/2	9,9
64-QAM	3/5	12,0
64-QAM	2/3	13,5
64-QAM	3/4	15,1
64-QAM	4/5	16,1
64-QAM	5/6	16,8
256-QAM	1/2	13,2
256-QAM	3/5	16,1
256-QAM	2/3	17,8
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 № 2.

Таблица № 2

Значения коэффициентов А, В и С для разного размещения пилот сигналов РР

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

Значение коэффициента D в зависимости от значения C/N'_{Rice} в пределах от 15 до 32 дБ определяется по Таблице № 3.

Таблица № 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

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

где:

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

Значения $DELTA_{Rice}$ для канала Райса представлены в Таблице № 4.

Таблица № 4

Значения $DELTA_{Rice}$ для канала Райса

Модуляция	Кодовая скорость	$DELTA_{Rice} C/N$ (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 многочастотных 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:

$$P_n = F + 10 \log_{10}(KT_0 B)$$

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

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

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

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

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

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

где:

A_a – эффективный раскрыв антенны (дБм²);

C/N – отношение 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 промышленный шум (дБ);

φ_{\min} – минимальная плотность потока мощности в месте приема (дБ(Вт/м²));

φ_{med} – минимальная медианная плотность потока мощности, планируемое значение (дБ(Вт/м²));

λ – 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:

$$C_l = \mu\sigma, \text{ дБ}$$

где:

μ – коэффициент распределения, который равен 0 для 50 %, 0,52 для 70 %, 1,28 для 90 %, 1,64 для 95 % и 2,33 для 99 % местоположений.

σ – стандартное отклонение, принимаемое равным 5,5 дБ при приеме вне помещений (дБ);

Другие соответствующие значения σ 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 № 5.

Таблица № 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:

$$C_{\text{отт}} = 10 \log(FA/FR)$$

где:

FA – фактическая рассматриваемая частота;

FR – соответствующая опорная частота, указанная выше.

Значения потерь в фидере, используемые при определении минимальных медианных уровней полезного сигнала, приведены в Таблице № 6.

Таблица № 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_{mm} приведена в Таблице № 7.

Таблица № 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 %.

При необходимости получить значения E_{med} для других частот, отличных от расчетной (эталонная частота), E_{med} может быть скорректировано путем добавления поправочного коэффициента по следующей формуле:

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

где:

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

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

C_{orr} – значение поправочного коэффициента, который определяется при фиксированном приеме как $C_{orr} = 20 \log_{10} (f/fr)$.

Приложение № 2
 Методика расчета зоны обслуживания РИС
 наземного цифрового телевизионного вещания
 системы DVB-T2 для фиксированного приема
 в полосах частот 174-230 и 470-790 МГц

Защитные отношения для наземных радиовещательных систем

Значения величин защитных отношений взяты согласно Рекомендации МСЭ-Р ВТ.2033.

В Таблице № 1 приведены защитные отношения для защиты сигнала DVB-T2 от сигнала DVB-T2 в совмещенном канале для фиксированного приема.

Таблица № 1

Защитные отношения в случае: полезный сигнал - DVB-T2 (8 МГц, 32K 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 № 2 приведены защитные отношения для защиты сигнала DVB-T2 от сигнала DVB-T2 в соседнем смежном канале для фиксированного приема.

Таблица № 2

Защитные отношения для системы DVB-T2 при помехе от сигнала DVB-T2 в соседних каналах

Сдвиг канала N (каналы 8 МГц)	Защитные отношения, дБ	
	Процент местоположений, %	
	50	90
N-2	-47	-44
N-1	-35	-33
N+1	-32	-30
N+2	-46	-43

В Таблицах №№ 3-5 приведены защитные отношения для защиты сигнала DVB-T2 от аналогового сигнала.

Таблица № 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 № 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

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 №№ 3-5 используются расчетные защитные отношения, которые подтверждены результатами проведенных экспериментальных исследований.

Приложение № 3

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

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 1.

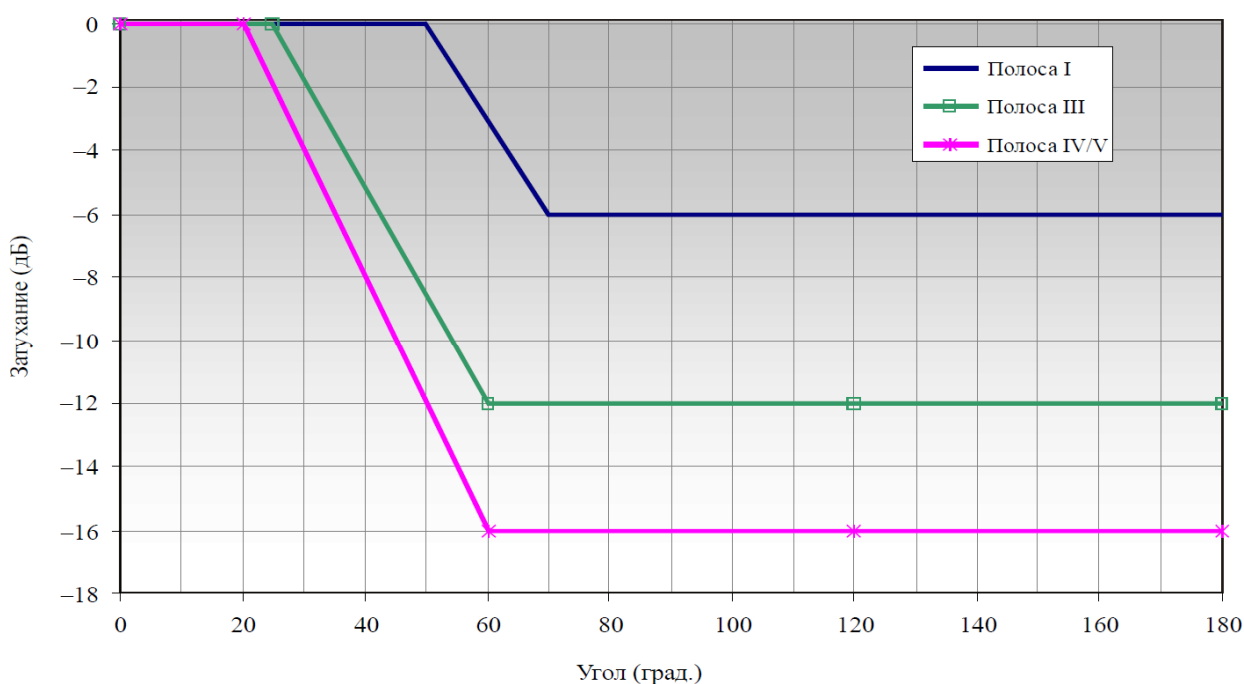


Рисунок 1. Диаграмма направленности приемной направленной антенны

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 Рисунке 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 1.

Приложение № 4
Методика расчета зоны обслуживания РИС
наземного цифрового телевизионного вещания
системы DVB-T2 для фиксированного приема
в полосах частот 174-230 и 470-790 МГц

Алгоритм применения Методики

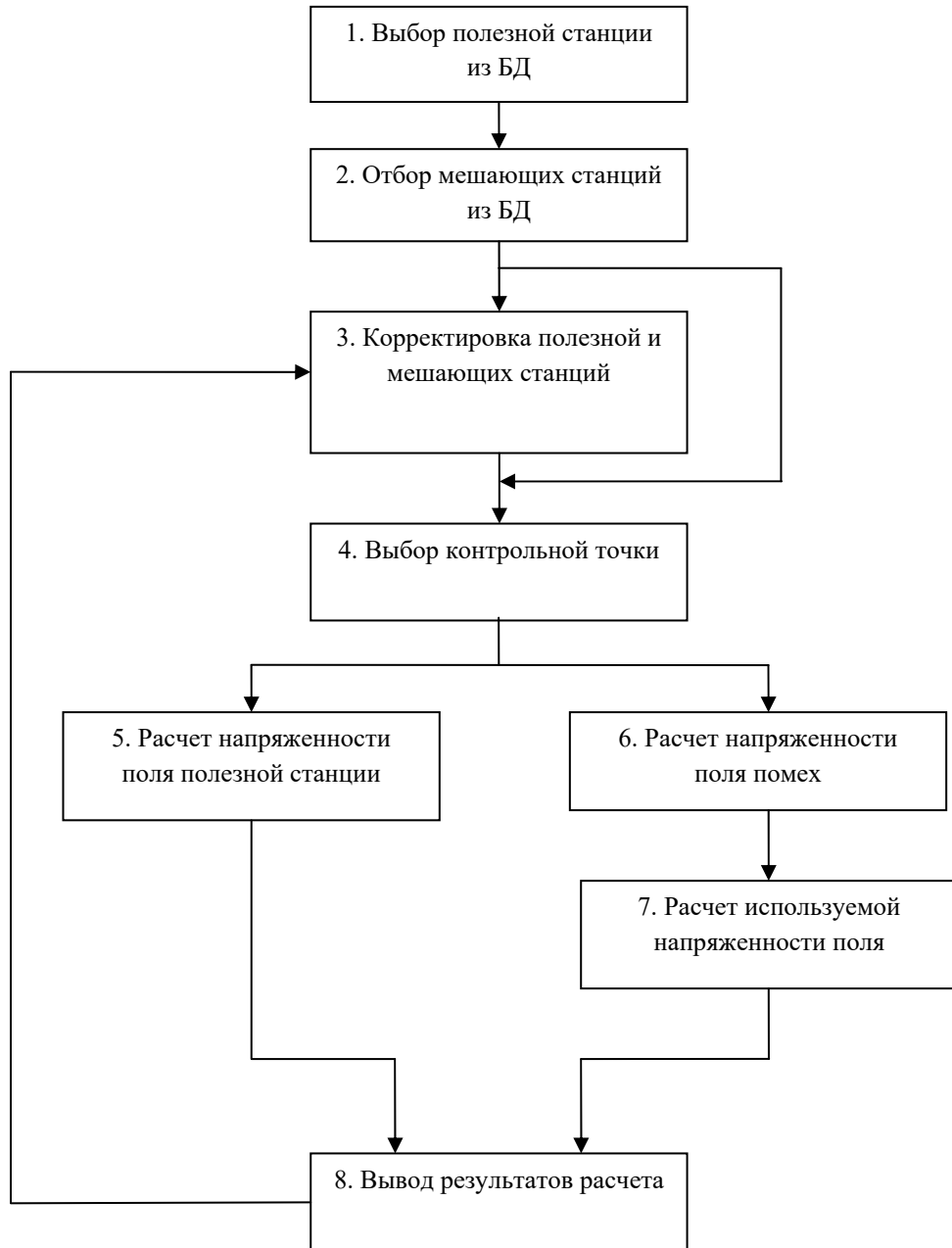


Рисунок 1. Схема алгоритма расчета в контрольной точке

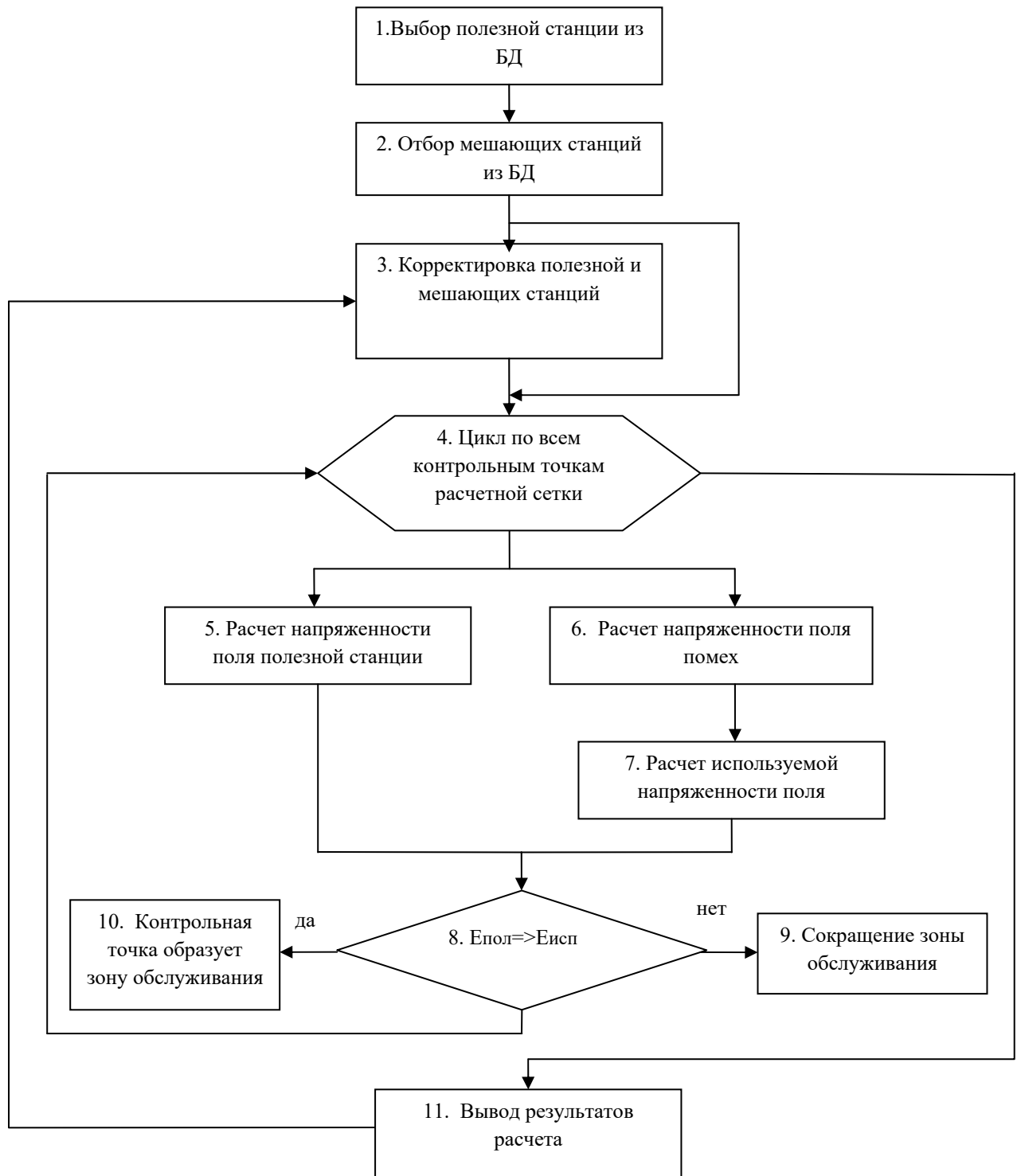


Рисунок 2. Схема алгоритма расчета зоны обслуживания полезной станции