ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
“СЕВЕРНАЯ КОРОНА”

# Влияние внутрисистемных помех на зоны обслуживания MFN и SFN сетей наземного цифрового телевизионного вещания

### *Особенности учета внутрисистемных помех в MFN и SFN сетях.*

Особенностям построения MFN и SFN сетей цифрового телевизионного вещания посвящено достаточно много публикаций.

В данном материале акцент делается на анализе влияния внутрисистемных помех на результирующую зону покрытия сети, расчет которой выполняется на этапе частотно-территориального планирования. Причем, для упрощения материала анализ внутрисистемных помех будем проводить только на совмещенных частотных каналах. Это полностью соответствует технологии SFN сетей и частично для MFN сетей (анализируются только те передатчики, которые работают на одном радиочастотном канале). Задача планирования MFN и SFN сетей, как правило, заключается в том, чтобы обеспечить максимально возможную зону обслуживания сети, в пределах которой обеспечивается прием на абонентские терминалы с требуемым качеством. Необходимые исходные данные формируются на этапе проработки сценариев планирования. В частности, прорабатываются конфигурация планируемой сети, технические характеристики и режимы работы передатчиков, способы приема (на фиксированные, портативные или мобильные приемные устройства), а также задаются требования к качеству обслуживания.

Для каждого сценария на основе полученного набора исходных данных рассчитывается требуемая напряженность поля. Расчет требуемой напряженности поля достаточно подробно изложен в [1] и в данном материале не рассматривается. Для исключения помеховых ситуаций используется параметр «защитное отношение», ограничивающий минимальное допустимое значение отношения напряженности поля сигнала и помехи. Так как в материале анализируются только внутрисистемные помехи, то будем использовать защитное отношение, заданное для ситуации «помеха DVB-T2 от DVB-T2».

Как правило, расчет зоны обслуживания выполняется путем перебора всех точек предполагаемой территории охвата. При этом критерием принадлежности точки к зоне обслуживания является одновременное выполнение двух условий:

- напряженность поля сигнала выше требуемого значения;
- напряженность поля сигнала выше напряженности поля помехи на величину большую или равную защитному отношению.

Одно из главных отличий в планировании MFN и SFN сетей заключается именно в расчете уровней сигнала и помех.

В MFN сети напряженность поля сигнала в каждой точке фиксирована и связана только с энергетическими характеристиками анализируемого передатчика и условиями приема. Суммарная напряженность поля, создаваемая в этой же точке излучениями от других передатчиков сети, однозначно является помехой.

В SFN сети ситуация другая. Критерием, относится принятое излучение в конкретной точке к помехе или сигналу, является задержка в прохождении сигнала: если задержка выше длительности защитного интервала, то это помеха, иначе – сигнал. В результате может происходить перераспределение энергии: часть из суммарной напряженности поля в данной точке формирует напряженность поля сигнала, оставшаяся часть – напряженность поля помехи.

Очевидно, что на этапе планирования такой сети необходимо добиваться минимума напряженности поля помехи. В этом случае будет наблюдаться дополнительный эффект – усиление сигнала и некоторое расширение зоны обслуживания.

Продемонстрируем сказанное выше на конкретных примерах. Для наглядности расчет зон обслуживания в примерах выполнялся без учета рельефа местности (на гладкой сфере) в соответствии с моделью прогнозирования распространения радиоволн, изложенной в [2]. В качестве исходных данных для MFN и SFN сетей выбраны параметры, изложенные в [3]. В обоих случая рассматривается два передатчика мощностью 1 кВт с рабочей частотой, соответствующей 56 ТВК и режимом работы: 32К, 256QAM, 2/3, защитный интервал 1/16. Антенны передатчиков – ненаправленные, размещены на высоте 50 м. Способ приема – фиксированный, приемная антенна на высоте 10 м. Требуемая напряженность поля и защитное отношение определены в соответствии с [4] и для выбранного примера составляют 45,3 дБ(мкВ/м) и 20 дБ соответственно.

### *Влияние внутрисистемных помех в MFN сетях.*

На рисунках 1 и 2 представлены результаты расчета зоны обслуживания MFN сети с учетом и без учета помех. Из рисунков видно, что в случае назначения двум передатчикам,

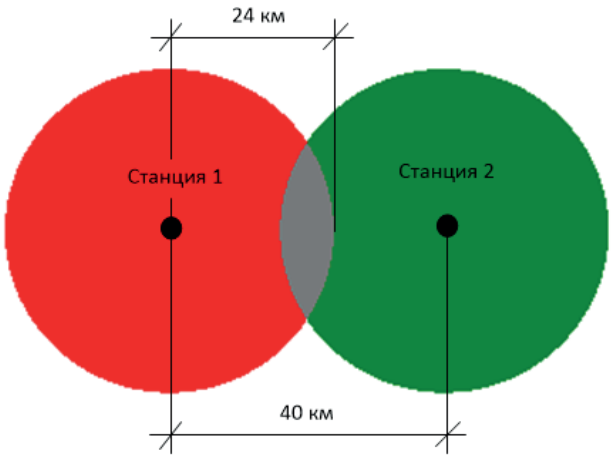


*Рис. 1. MFN сеть без учета помех*

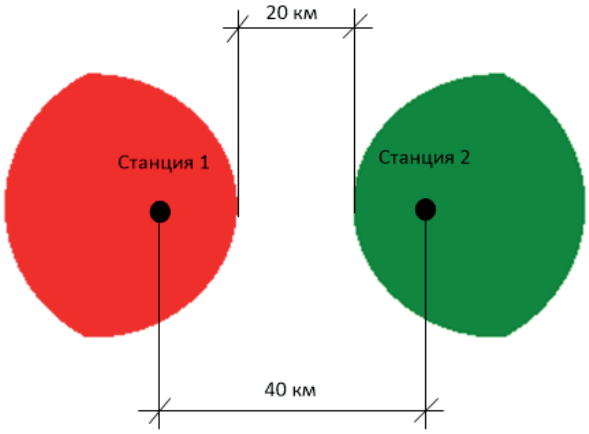


*Рис. 2. MFN сеть с учетом помех*

расположенным в относительной близости друг к другу, одного радиочастотного канала, может возникнуть помеховая ситуация, которая приведет к существенному уменьшению результирующей зоны обслуживания (Рис. 2).

### *Влияние внутрисистемных помех в SFN сетях*

Результаты расчета для SFN приведены на рисунках 3 и 4. Из рисунков видно, что при правильном выборе защитного интервала (в данном случае 1/16), соответствующего расстоянию между передатчиками, получаем выигрыш (усиление) на границах зон обслуживания рядом расположенных станций. Эта же ситуация, но для относительного защитного интервала 1/128, представлена на рисунке 4. Видно, что

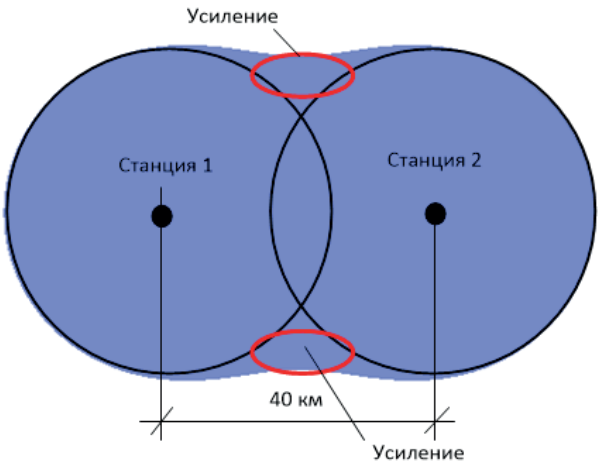


*Рис. 3. SFN сеть, режим выбран верно*

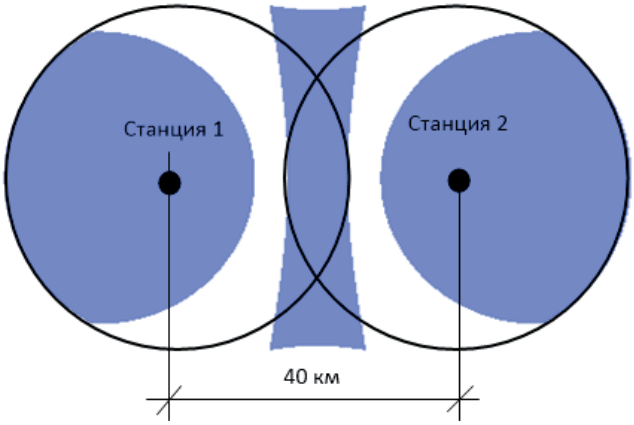


*Рис. 4. SFN сеть, режим выбран неверно*

ошибки в выборе режима работы передатчиков сети могут существенно уменьшить суммарную зону обслуживания.

Рассмотрим еще один пример планирования SFN сети, включающей 5 радиопередающих станций (РТС): в центре – мощная станция с высотой подвеса антенны 235 м, а вокруг располагаются станции с более низкой высотой подвеса антенн (крупный город и его пригород). Основные исходные данные представлены в таблице 1. Условия приема не изменены.

Таблица 1

| Параметры | РТС 1 | РТС 2 | РТС 3 | РТС 4 | РТС 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| ЭИМ, Вт | 2000 | 2000 | 1000 | 1000 | 2000 |
| Высота подвеса, м | 65 | 65 | 235 | 55 | 60 |
| Радиус зоны обслуживания, км | 28 | 28 | 43 | 23 | 27 |
| Расстояние до РТС 3, км | 76 | 68 | 0 | 54 | 49 |

Результирующая зона обслуживания для случая MFN сети представлена на рис. 5.

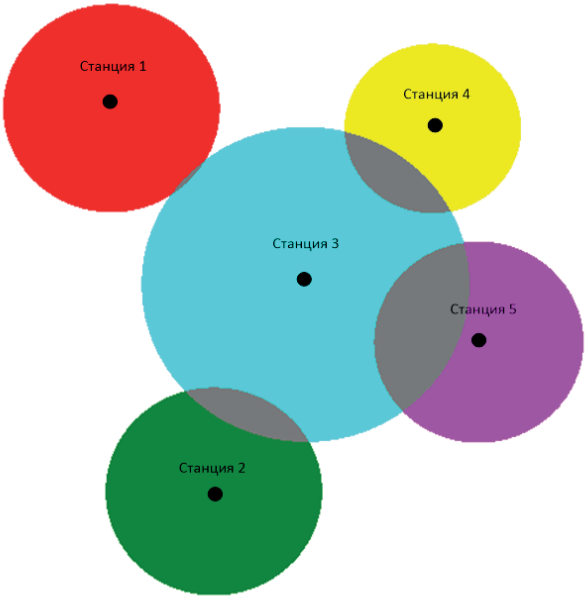


*Рис. 5. Зона обслуживания MFN сети без учета помех*

В рассматриваемом примере расстояние между РТС 3 и наиболее удаленной РТС составляет 76 км. Соответствующие расчеты (таблицы 2 и 3) показали, что в этом случае целесообразно выбрать режим 16К с защитным интервалом 19/128 или 32К с защитным интервалом 19/256.

На рисунке 6 приведена зона обслуживания SFN сети для первого режима. Хорошо виден выигрыш (усиление) на границах зон обслуживания рядом расположенных станций.

При уменьшении защитного интервала ситуация может принципиально измениться. Например, если выбрать от-

**Расчет защитных интервалов и максимальных дальностей между передатчиками для режима 16К**

Таблица 2

| Длительность полезной части символа Tu, мкс | 1792 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Относительный защитный интервал Tg/Tu | 1/128 | 1/32 | 1/16 | 19/256 | 1/8 | 19/128 | 1/4 |
| Длительность защитного интервала Tg, мкс | 14 | 56 | 112 | 133 | 224 | 266 | 448 |
| Макс. разнос между передатчиками, км | 4,2 | 16,8 | 33,6 | 39,9 | 67,2 | 79,8 | 134,4 |

**Расчет защитных интервалов и максимальных дальностей между передатчиками для режима 32К**

Таблица 3

| Длительность полезной части символа Tu, мкс | 3584 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Относительный защитный интервал Tg/Tu | 1/128 | 1/32 | 1/16 | 19/256 | 1/8 | 19/128 | 1/4 |
| Длительность защитного интервала Tg, мкс | 28 | 112 | 224 | 266 | 448 | 532 | нет |
| Макс. разнос между передатчиками, км | 8,4 | 33,6 | 67,2 | 79,8 | 134,4 | 159,6 | |

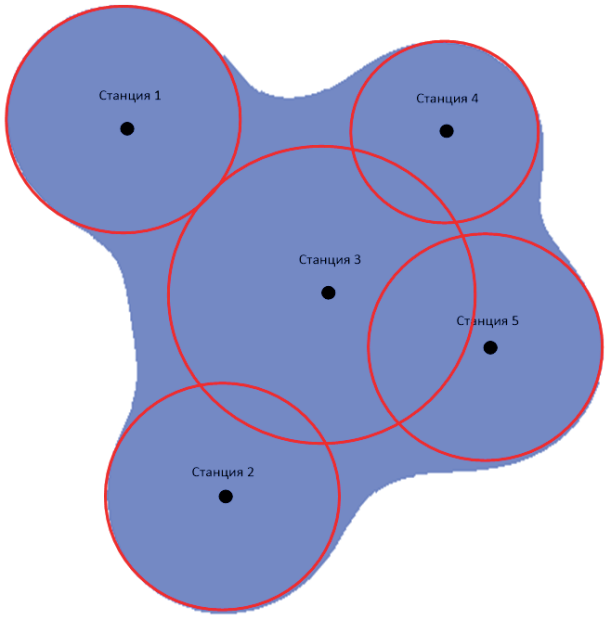


*Рис. 6. Зона обслуживания SFN сети с учетом помех (режим 16К, 19/128)*

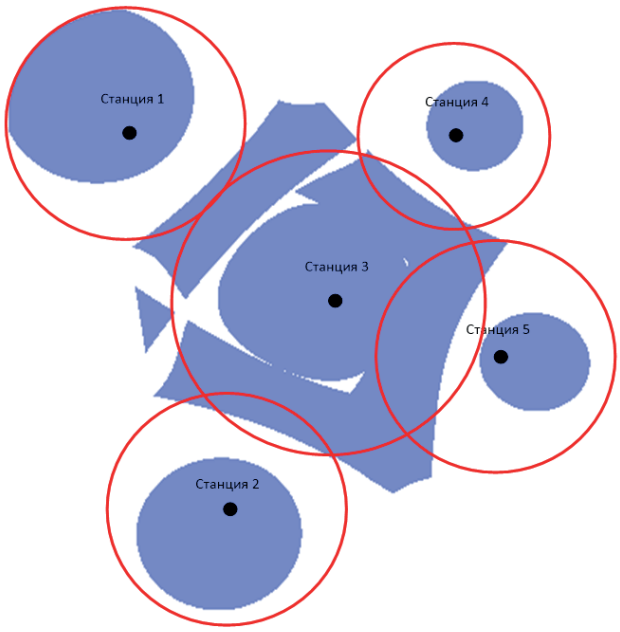


*Рис. 7. Зона обслуживания SFN сети с учетом помех (режим 16К, 1/32)*

носительный защитный интервал 1/32, то результирующая зона обслуживания существенно уменьшится (Рис. 7).

## Вывод

Таким образом, можно сделать вывод, что наличие внутрисистемных помех может привести к существенному искажению (уменьшению) зоны обслуживания MFN и SFN сетей. Для снижения влияния внутрисистемных помех необходимо правильно задавать технические характеристики и режимы работы передатчиков, с учетом конфигурации сети, способов приема, требований к качеству обслуживания.

## Литература

1. Report ITU-R BT.2254 «Frequency and network planning aspects of DVB-T2», 09/2012.

2. Рекомендация МСЭ Р. 1546-3 «Метод прогнозирования для трасс «точка-зона» для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц», 2007.

3. Report «Frequency and network planning aspects of DVB-T2», v.2.0, Geneva, 05/2012.

4. ITU-R BT.2033 «Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands», 01/2013.

***Гладкова Е.О.,***
***Давыдов А.В.,***
***Юрьев Р.Н.***

**ЗАО «Информационный Космический Центр «Северная корона»**
**Генеральный директор, к.т.н., Андрей Аркадьевич Гриценко**
**Телефон: +7 (812) 922 -36-21**
**E-mail: org@spacecenter.ru, www.spacecenter.ru**