



Семинар МСЭ «Обеспечение беспомеховой работы радиосредств на современном этапе развития»
Минск, Республика Беларусь, 10-11 апреля 2019



Ретроспектива проблем ЭМС и их решений при внедрении систем ИМТ в различных полосах радиочастот

Поскакухин Вадим,
руководитель проектов
ООО «Спектрум Менеджмент»

- ❑ Вступление (о помехах)
- ❑ Проблемные вопросы ИМТ с последних ВКР и практический опыт
 - 700 МГц: совместимость АС LTE с ТВ в соседней полосе радиочастот
 - 800 МГц: совместимость БС LTE с ТВ в соседней полосе радиочастот
 - 3400-3600 МГц: совместимость с ЗС ФСС
 - 24250-27500 МГц: совместимость с ЗС ССИЗ
- ❑ Вопросы регулирования ИМТ на национальном уровне
 - 450 МГц: совместимость с узкополосными системами в соседних полосах
 - 900 МГц: узкая несущая UMTS
 - 900/1800 МГц: нестандартные каналы LTE
- ❑ Вопросы приграничной координации между системами ИМТ

Вступление

Всегда ли помехи являются отрицательным явлением?

Консервативный подход

- Установленные критерии, как правило, I/N с помехами много ниже уровня шумов
- Консервативные предположения о потерях при распространении радиоволн, включая кратковременные эффекты
- Учет типовых характеристик, как правило, основанных на минимальных требованиях

Риск-ориентированный подход

- Использование большего значения I/N или переход к соотношению C/I
- Переход к интегральным критериям - потеря емкости или процент потери зоны обслуживания
- Статистическое моделирование
- Учет возможных дополнительных потерь
- Использование реальных характеристик вместо минимальных требований
- Признается возможность наличия редких случаев возникновения помех

Службы связанные с безопасностью человеческой жизни

Пассивные службы на национальном уровне

Безлицензионное использование спектра

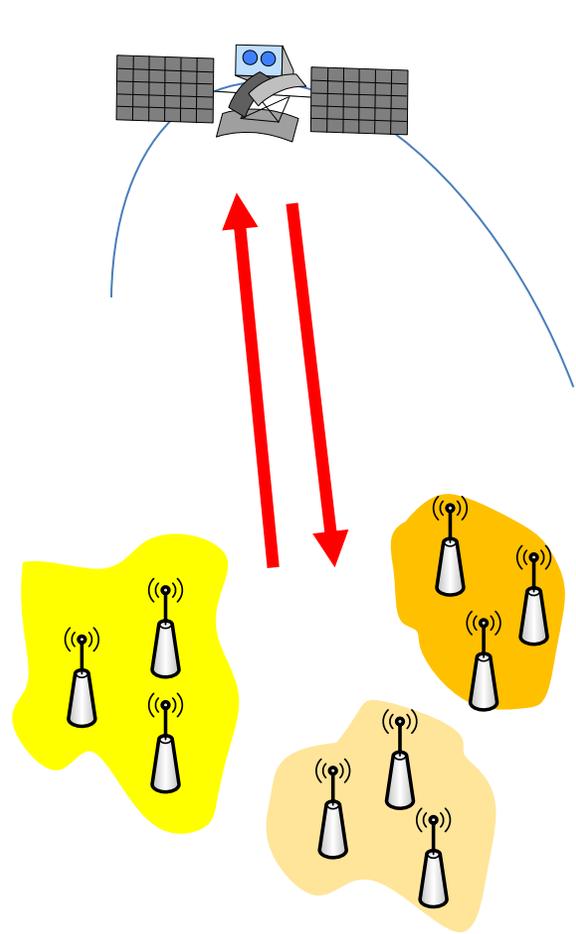
Пассивные службы на международном уровне

Координация конкретных систем

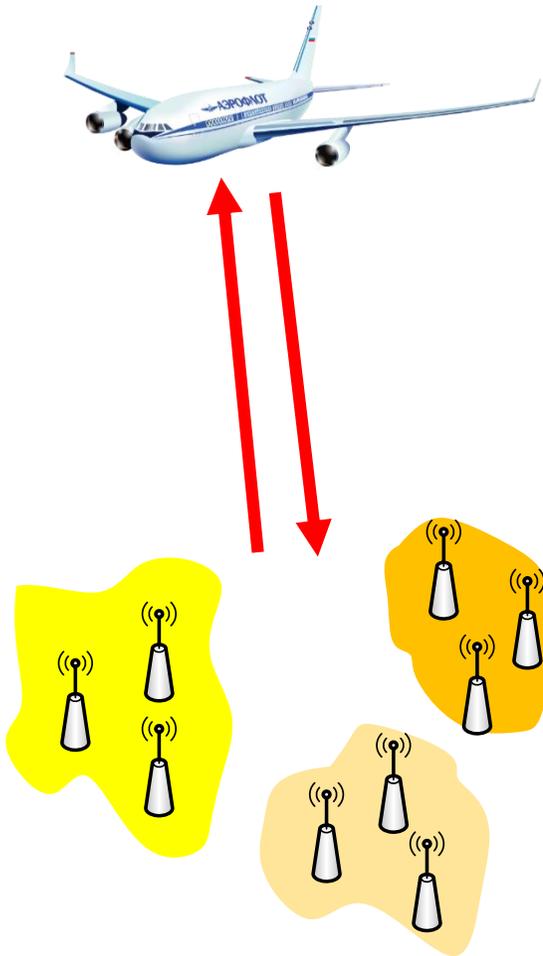
Современные активные службы на национальном уровне

Процесс определения необходимости межд. координации

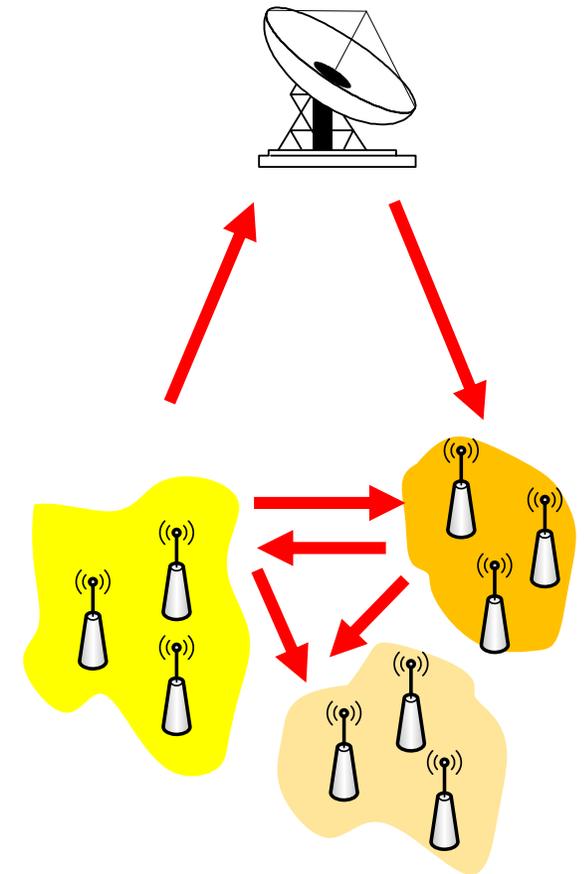
Традиционные активные службы на национальном уровне



Вопросы ЭМС с космическими аппаратами требует международного регулирования. Национальные меры ограничены или отсутствуют.



В значительной степени требуют международного регулирования. Также может решаться путем двухсторонней или многосторонней координации. В ряде случаев есть возможности регулировать и на национальном уровне.

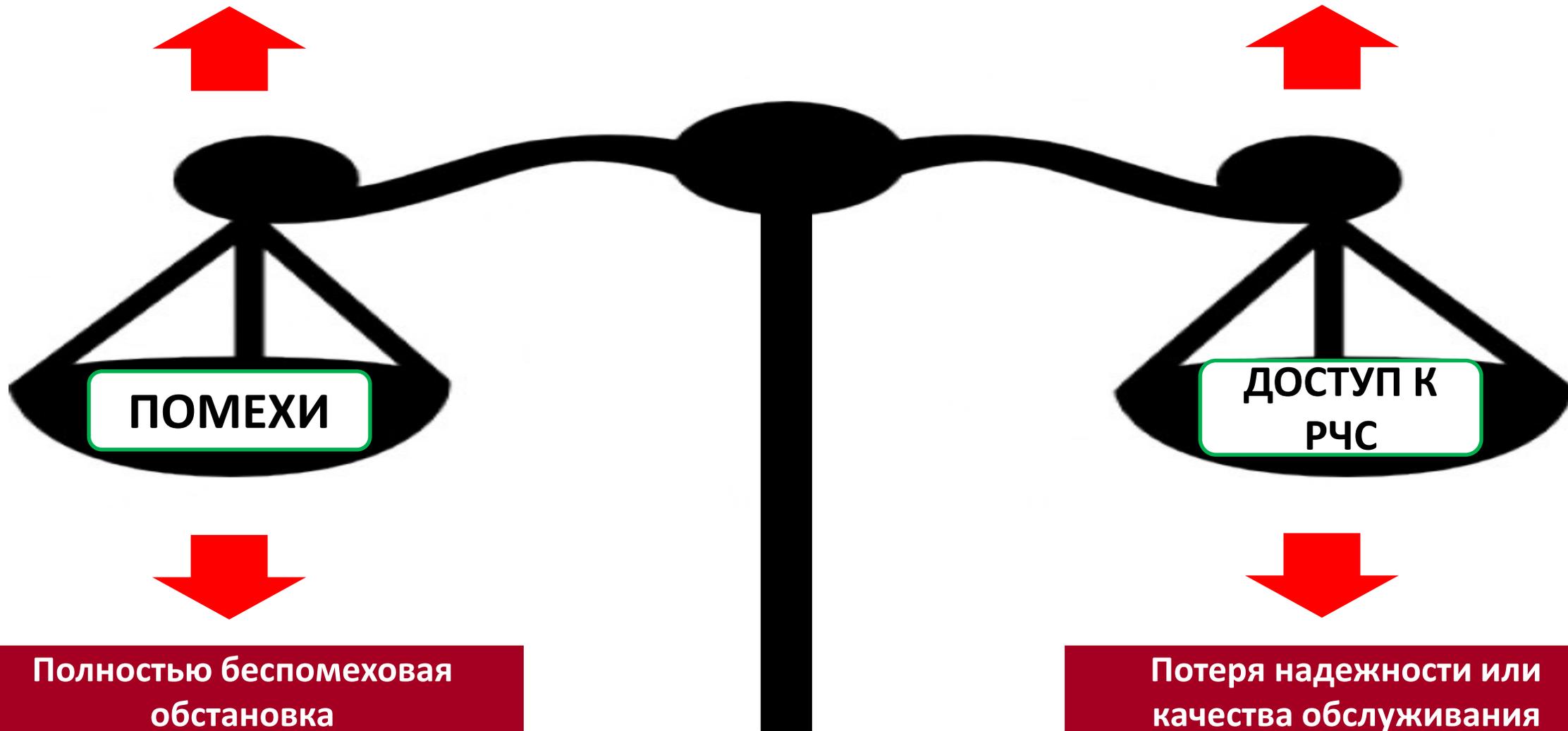


Международное регулирование требуется в меньшей степени. Большинство вопросов может быть решено на двусторонней или многосторонней основе. Большая гибкость на национальном уровне. 5

Оптимальный результат – баланс между помехами и доступом к спектру

Слишком частые случаи помех

Невозможность внедрения
новых технологий



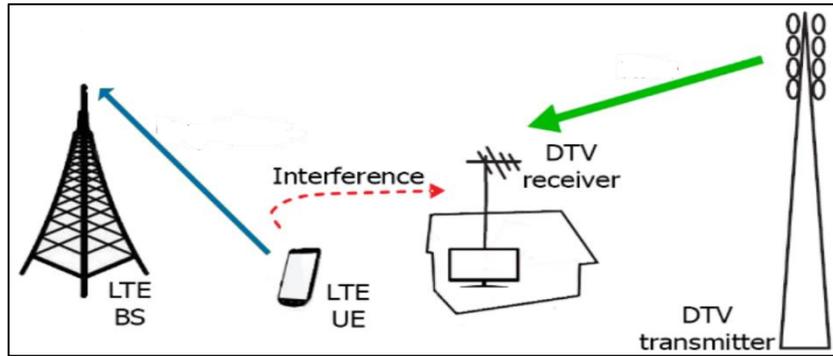
Полностью беспомеховая
обстановка

Потеря надежности или
качества обслуживания

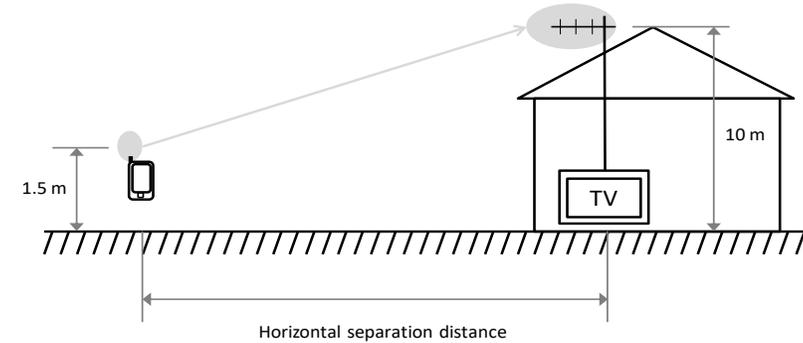
Проблемные вопросы ИМТ с последних ВКР и практический опыт

700 МГц: совместимость с ТВ в соседней полосе радиочастот

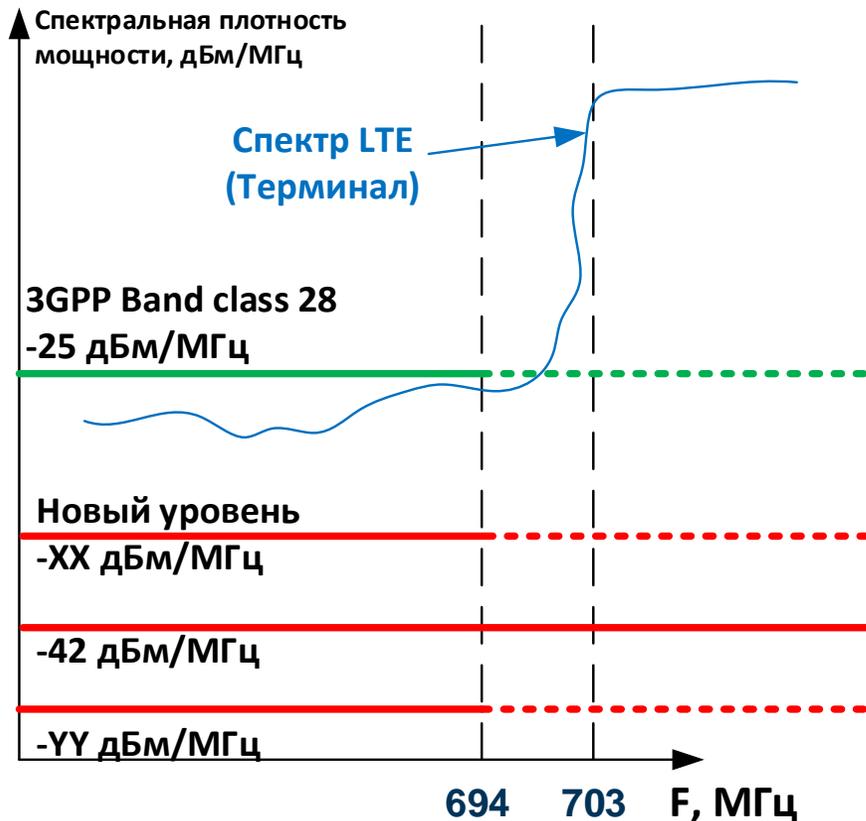
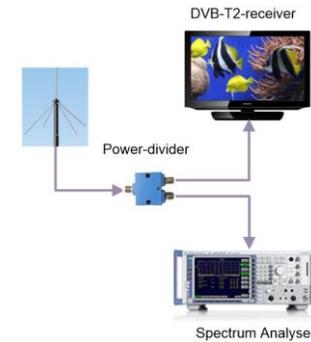
Помехи от АС на ТВ приемник



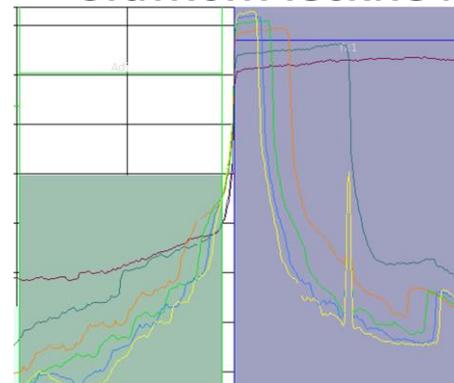
Детерминированные исследования



Измерения в худшем случае



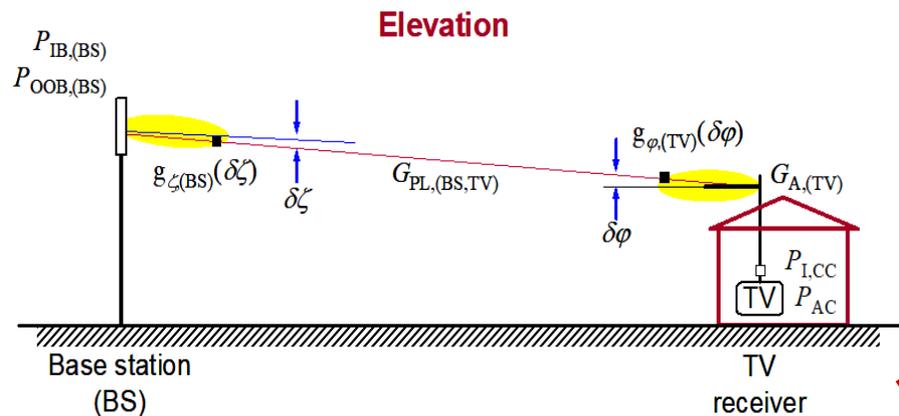
Статистические исследования и ситуация на практике



- неполное назначение ресурсных блоков
- управление мощностью
- многодиапазонная работа
- случайно местоположение АС
- непостоянное телесмотрение

Отсутствие жалоб на помехи

Помехи от БС на ТВ приемник

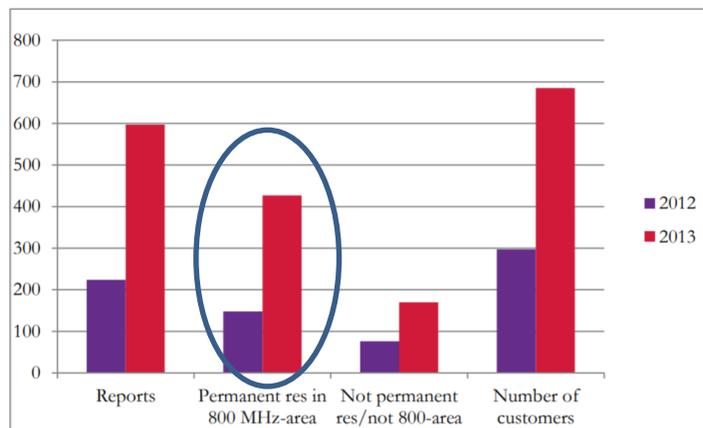
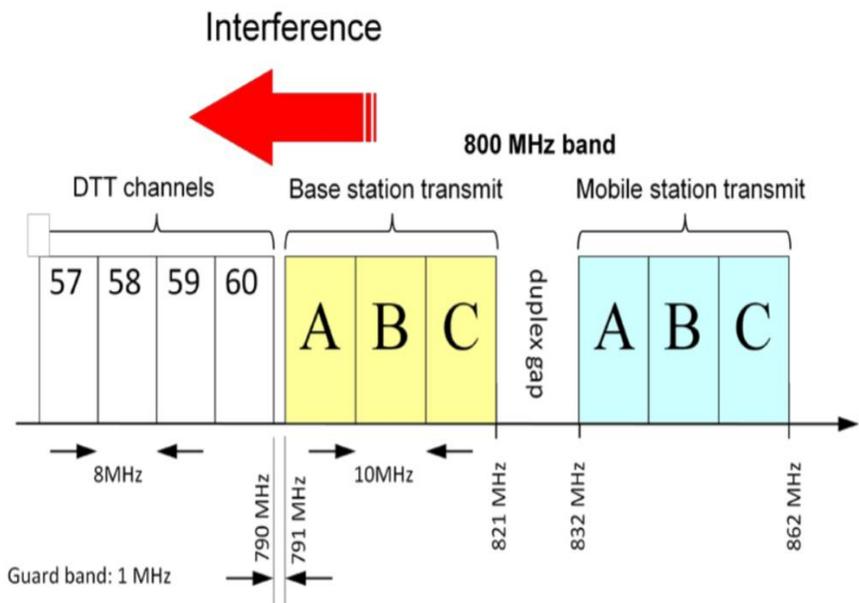


Теоретический предрасчет и заблаговременная установка десятков тысяч фильтров в Великобритании

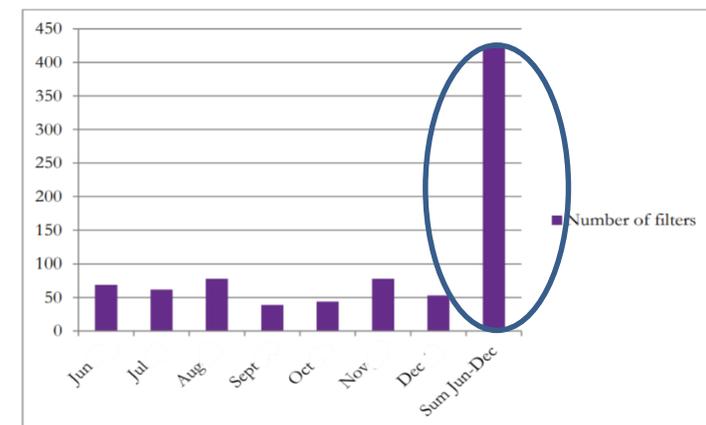


Channel used for DTT	Number of households affected by interference			
	Standard domestic installations	Communal aerial systems	Domestic installations with amplifiers	Total
60	34,000	44,000	12,000	90,000
59	<100	56,000	14,000	70,000
58	5,000	19,000	4,000	28,000
57-51	26,000	27,000	8,000	61,000
≤50	48,000	400,000	64,000	510,000
Total	110,000	550,000	100,000	760,000

Установка фильтров после включения 800 МГц по жалобам в Швеции (аналогичный подход в Германии)

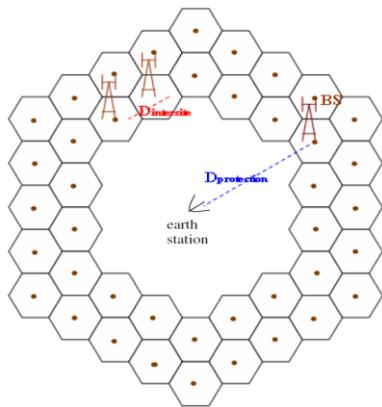


Число жалоб в зоне обслуживания

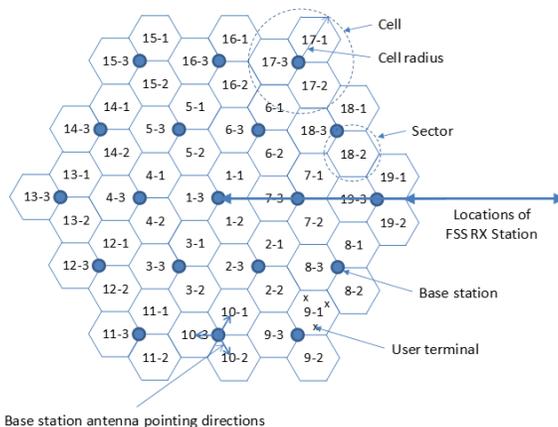


Число фильтров поставленных операторами в 2013 году

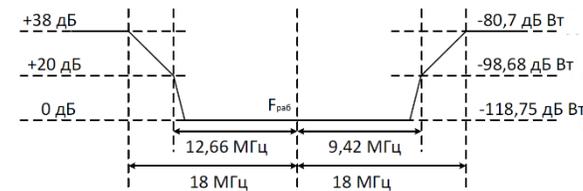
Консервативные подходы на ВКР-07



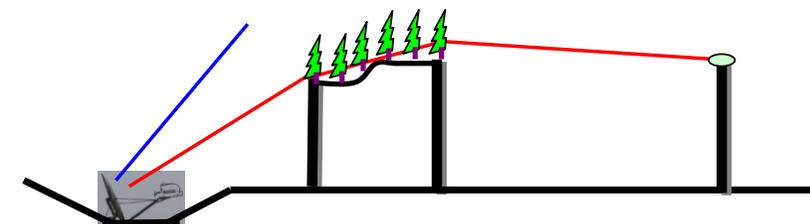
Умеренные подходы на ВКР-15



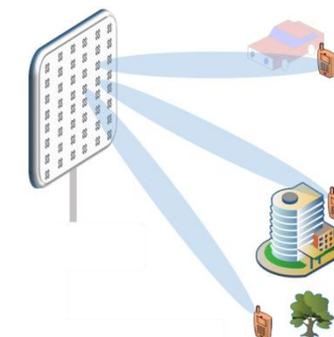
Ситуация на практике



Характеристика блокирования на 5-10 дБ лучше (-80...-85 дБВт вместо -90 дБВт)



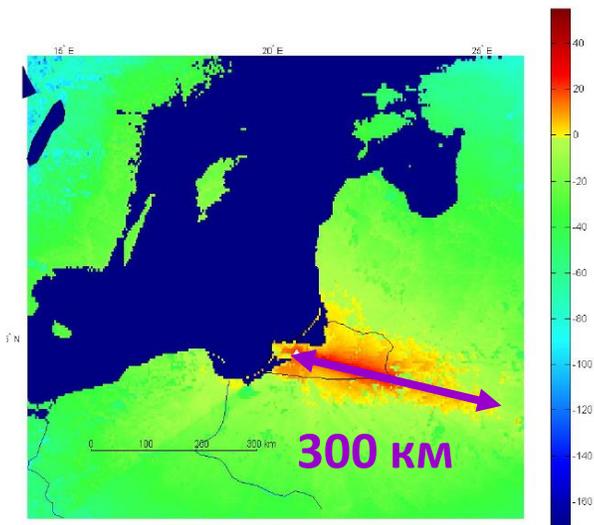
Очень большой вклад в потери от подстилающей поверхности (лес, застройка)



Massive MIMO
+ 15...20 дБ к ЭИИМ

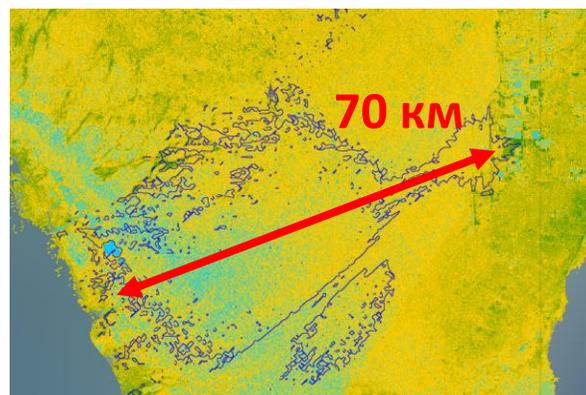
Увеличение ЭИИМ сохраняет необходимость больших территориальных разносов

Детерминированная оценка помех, в том числе суммарных



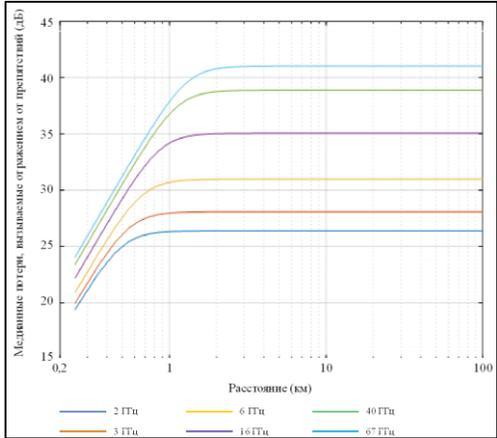
Short-term interference for ES4, single entry, threshold I/N=-1.3 dB
Учет во многих исследованиях кратковременной помехи

Статистическая оценка помех, в том числе суммарных

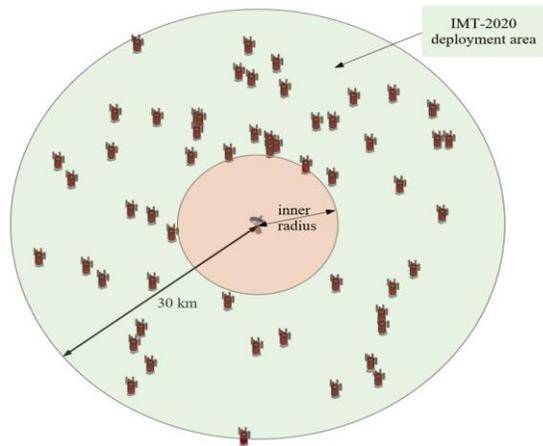


Основное внимание к долговременным помехам

Оптимистичные подходы при подготовке к ВКР-19

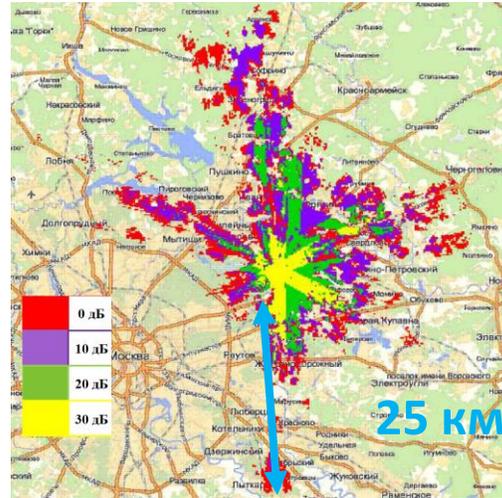


«Слишком вероятностная» модель потерь из-за застройки (Рек.Р.2108)

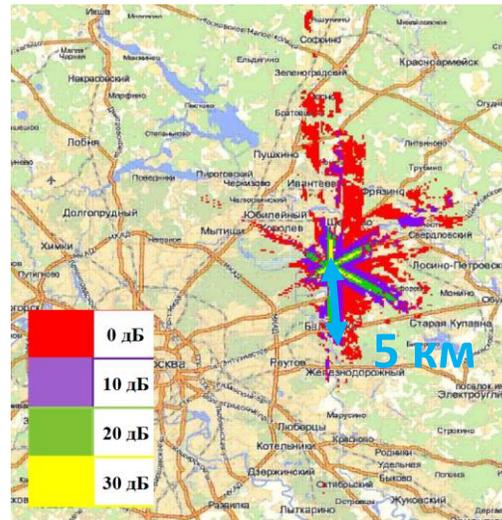


Полностью статистическая модель маскирует помехи на расстояниях более 1 км

Традиционные консервативные подходы

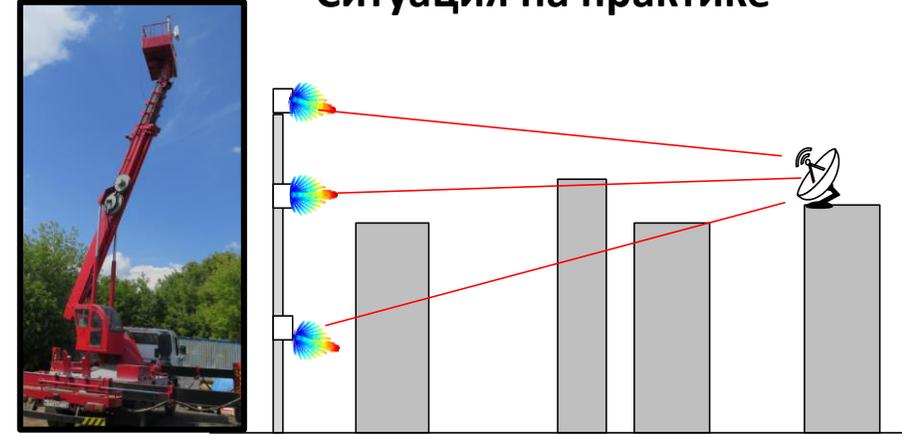


До 25 км при прямой видимости

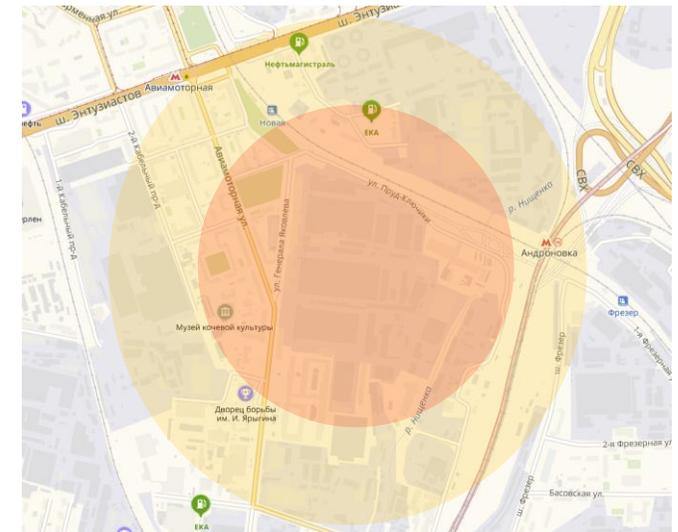


Единицы км при использовании дополнительных потерь по Рек.Р.452

Ситуация на практике



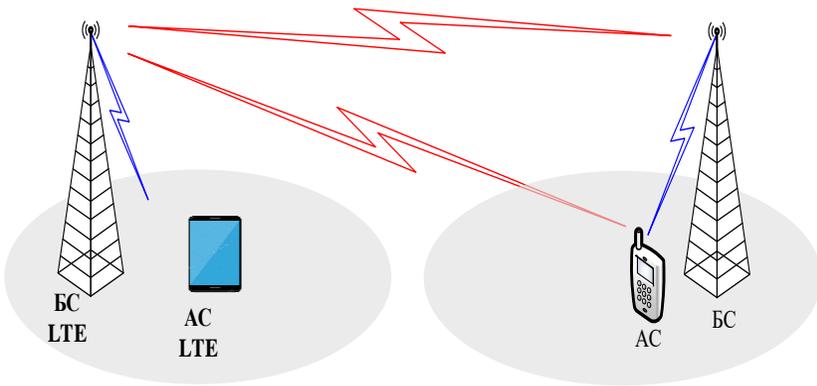
Измерения показали прямую зависимость от высоты и фактического профиля



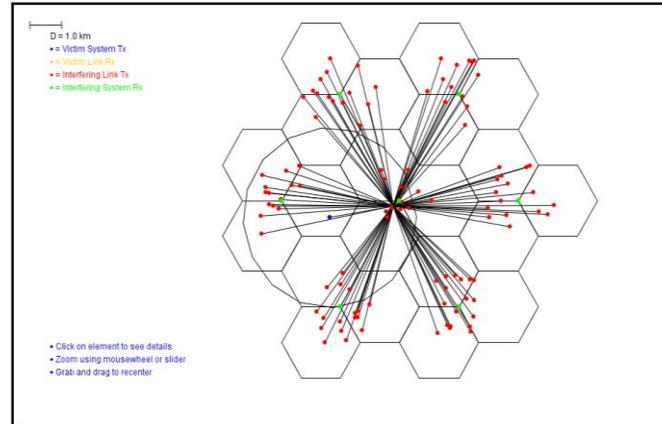
Разработка индивидуальных запретных зон в зависимости от высоты для каждой ЗС ССИЗ

Вопросы регулирования ИТ на национальном уровне

Ограничения на сети LTE для защиты действующих симплексных станций

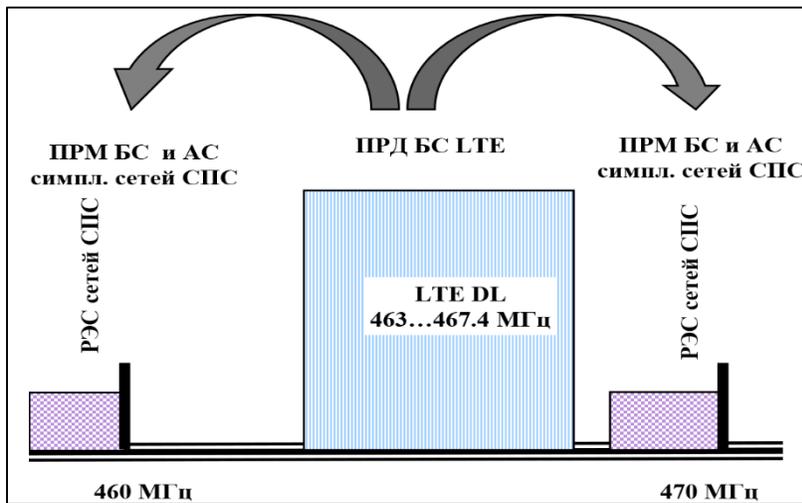


Статистические исследования с AC



Отсутствие помех в сценариях воздействия БС LTE на АС узкополосных сетей, а отсутствие помех от АС LTE во всех случаях

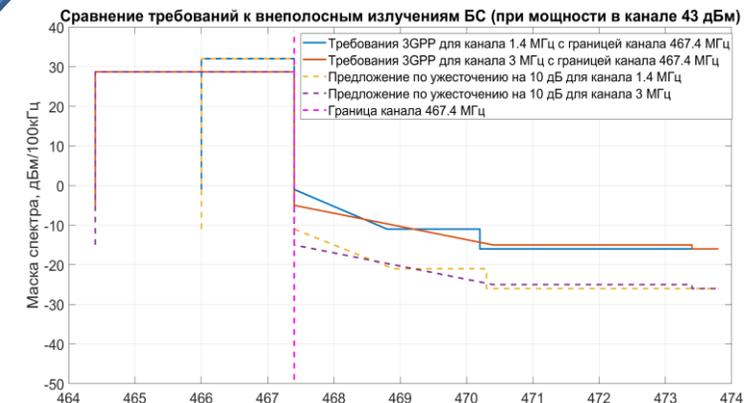
Ограничить использование полос 467,4-467,5 МГц для дуплексных систем и 467,4-467,9 МГц для симплексных систем узкополосной связи.



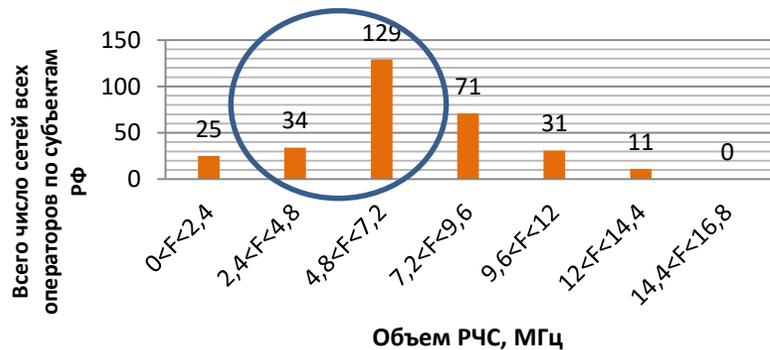
Детерминированные расчеты для сценариев БС-БС

$\Delta f, \text{ МГц}$	$\Delta R, \text{ м}$									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1.5	35290	19850	11160	6280	3530	1990	1120	630	360	200
2.0	7190	4040	2280	1280	720	410	230	130	80	50
2.5	4950	2780	1570	880	500	280	160	90	50	30
3.0	3440	1940	1090	620	350	200	110	70	40	20
3.5	2450	1380	780	440	250	140	80	50	30	20
4.0	1810	1020	580	330	190	110	60	40	20	20
4.5	1510	850	480	270	160	90	50	30	20	10
5.0	1510	850	480	270	160	90	50	30	20	10
5.5	1510	850	480	270	160	90	50	30	20	10
6.0	1510	850	480	270	160	90	50	30	20	10
6.5	1510	850	480	270	160	90	50	30	20	10
7.0	1510	850	480	270	160	90	50	30	20	10
7.5	1420	800	450	260	150	80	50	30	20	10
8.0	1420	800	450	260	150	80	50	30	20	10

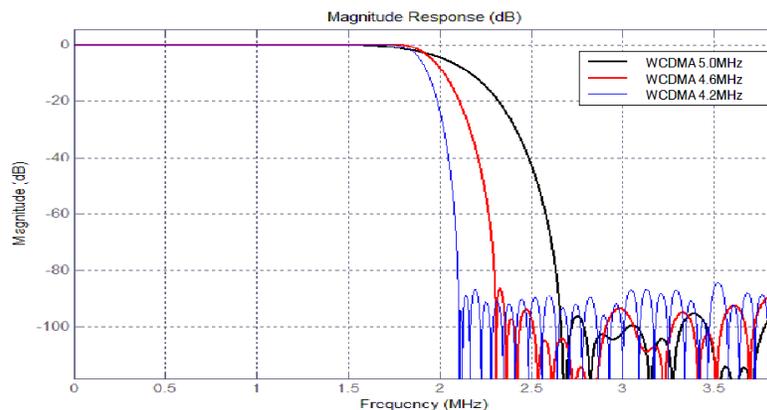
Ужесточить требования к внеполосному излучению БС на 10 дБ



Фрагментированность диапазона 900 МГц и потребность в узкой несущей UMTS

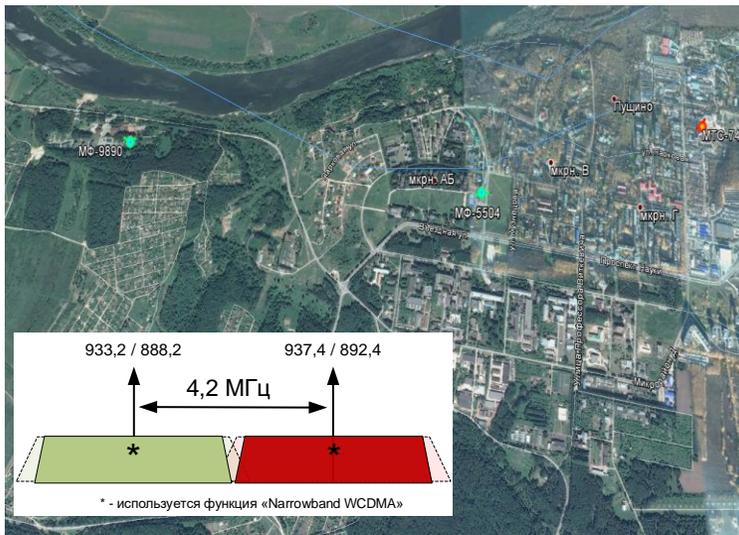
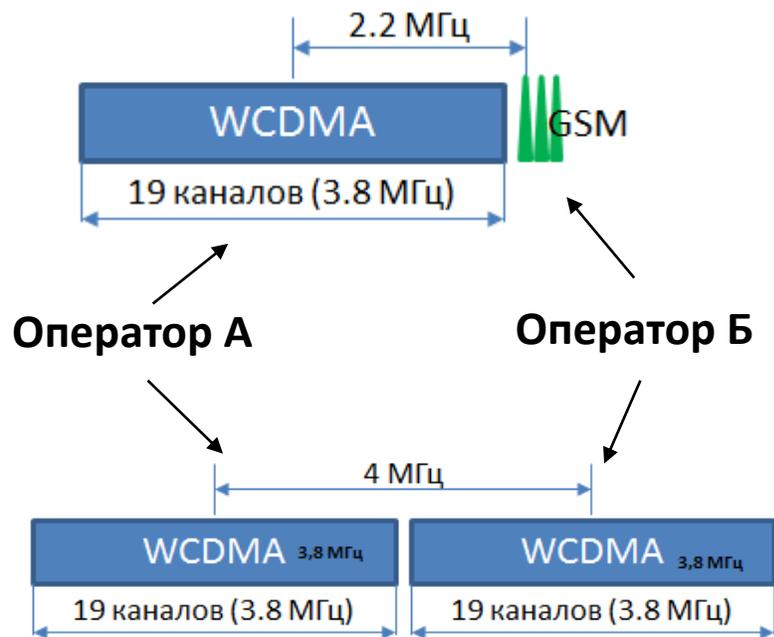


Теоретические и натурные исследования



Результат определения условий использования

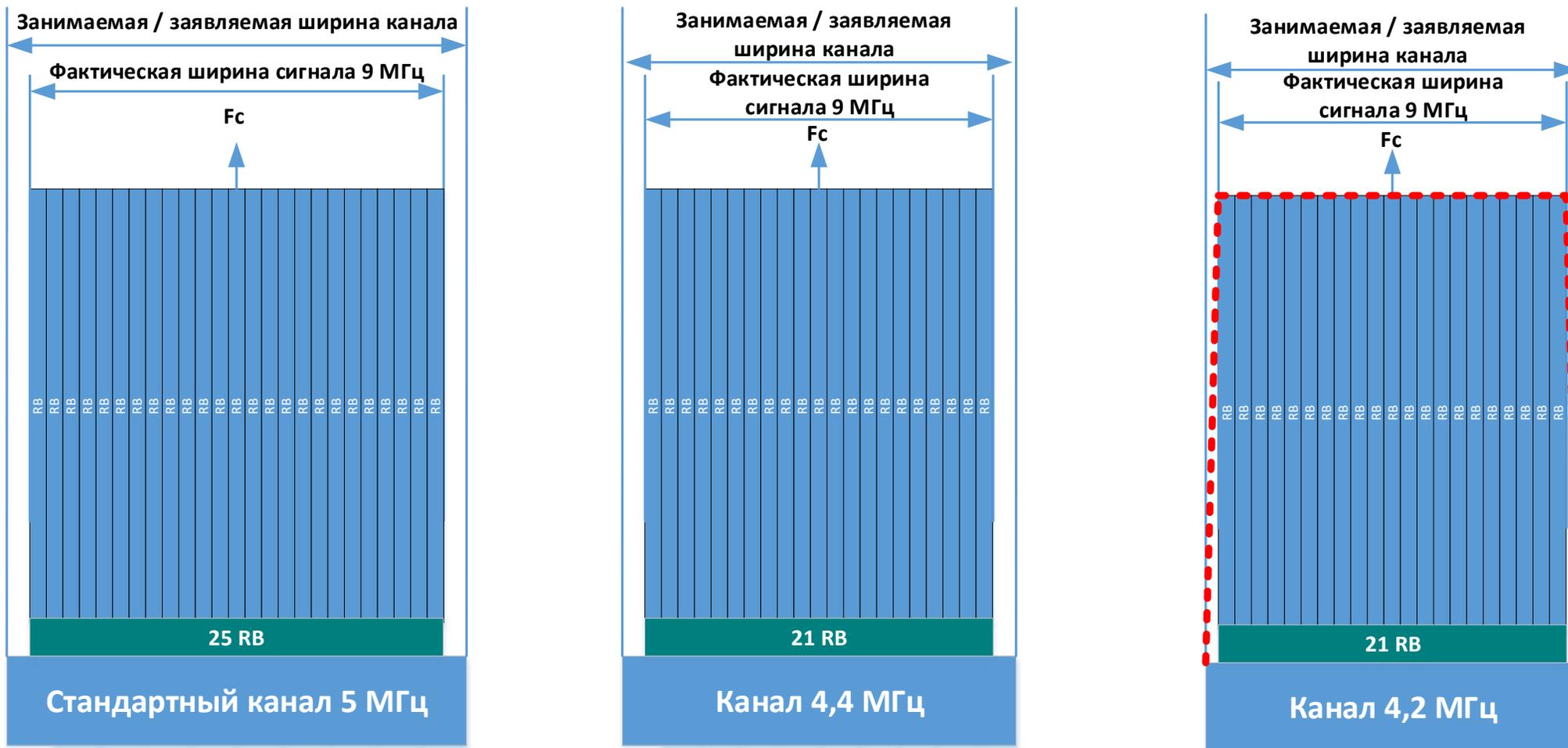
Минимальный частотный разнос между номиналами центральных (средних) частот сигналов сетей стандартов GSM и UMTS различных операторов связи не менее, МГц ¹	2,6
Минимальный частотный разнос между номиналами центральных (средних) частот сигналов сетей стандартов UMTS различных операторов связи не менее, МГц	2,4 ²
Минимальный частотный разнос между номиналами центральных (средних) частот сигналов сетей стандартов GSM и UMTS различных операторов связи не менее, МГц ³	4,8
Минимальный частотный разнос между номиналами центральных (средних) частот сигналов сетей стандартов UMTS различных операторов связи не менее, МГц ⁴	4,6 ³
	4,4 ⁴



1. в рамках сетей GSM и UMTS, принадлежащих одному оператору связи, минимальные частотные разности между каналами GSM и UMTS определяются этим оператором связи
2. допускается применение минимального частотного разноса 2,4 МГц при условии активации режима дополнительной фильтрации (Narrow Band) в оборудовании UMTS
3. допускается применение минимального частотного разноса 4,6 МГц при условии активации режима дополнительной фильтрации (Narrow Band) в оборудовании UMTS на сети оператора, использующего сниженный частотный разнос 2,4 МГц между номиналами центральных (средних) частот сигналов сети стандарта UMTS и сетей стандарта GSM других операторов связи
4. допускается применение минимального частотного разноса 4,4 МГц при условии активации режима дополнительной фильтрации (Narrow Band) в оборудовании UMTS на сетях обоих операторов

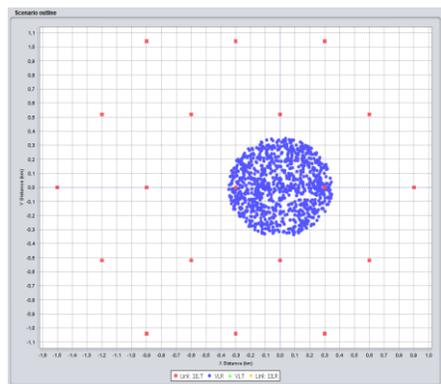
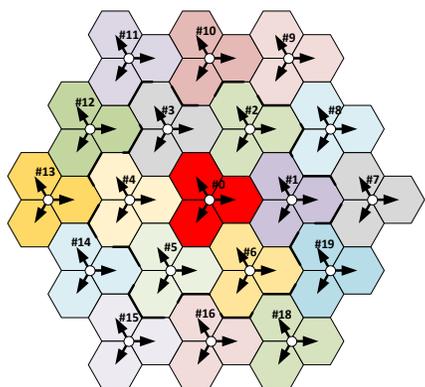
900/1800 МГц: нестандартные каналы LTE

Отключение использования ресурсных блоков на краю канала в программном обеспечении БС. Запрет на использование крайних ресурсных блоков АС через команды БС.

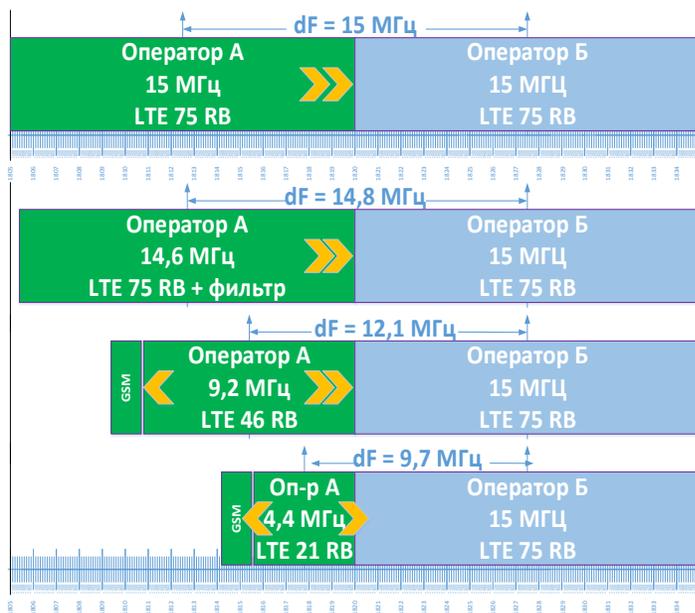
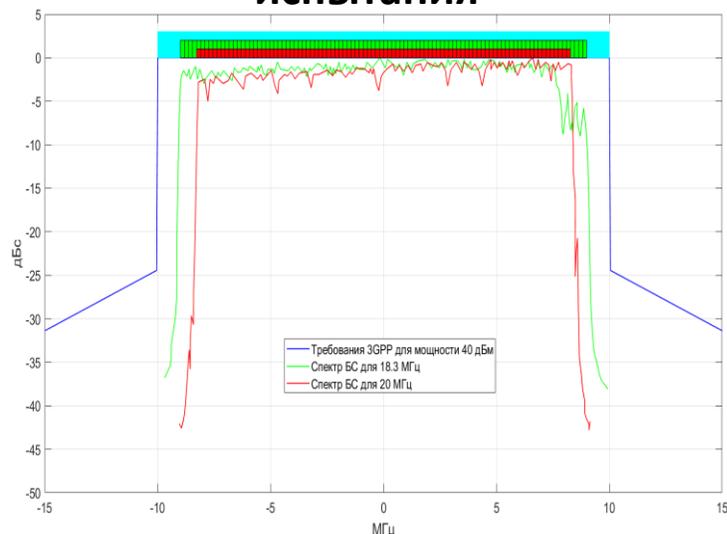


Дополнительная цифровая фильтрация сигнала БС для уменьшения внутриканальных защитных полос

Теоретические исследования путем моделирования



Стендовые и натурные испытания



Результат определения условий использования

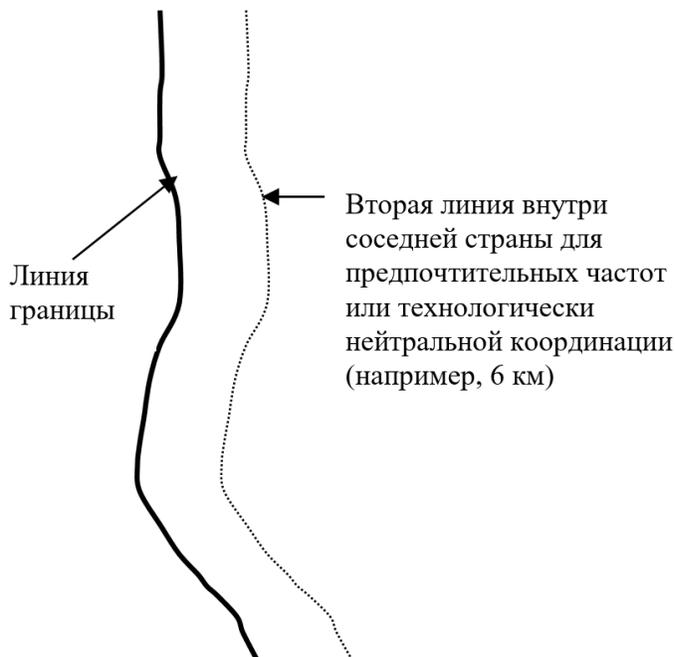
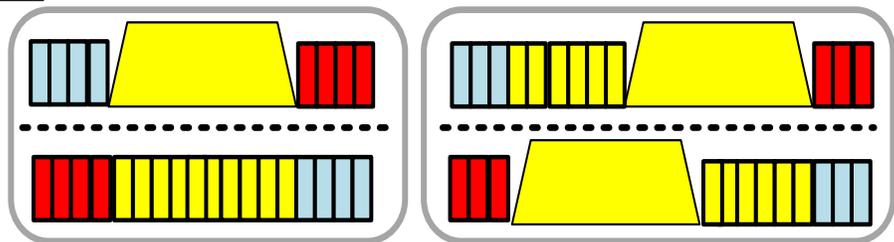
<p>Минимальный частотный разнос между номиналом центральной частоты сигнала (серединой ширины канала) сети стандарта LTE и границей канала сети другого оператора ¹</p>	<p>Минимальный частотный разнос определяется на основе ширины используемого канала сети LTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - с соседним в частотной области каналом сети стандарта LTE $F.разн = BW/2, \text{ МГц}$ - с соседним в частотной области каналом сети стандарта GSM $F.разн = (BW/2)+0,1, \text{ МГц}$ <p>где: BW – ширина используемого канала сети стандарта LTE ² от 1 МГц до 20 МГц с шагом 0,2 МГц</p>
<p>Уровни внеполосных излучений за пределами ширины канала</p>	<p>В соответствии с рекомендациями МСЭ-R³</p>

1. В рамках сетей GSM и LTE, принадлежащих одному оператору связи, минимальные частотные разности между каналами GSM и LTE определяются этим оператором связи.
2. Отличные от стандартных (20, 15, 10, 5, 3, 1,4 МГц) значения ширины канала сети стандарта LTE достигаются за счет использования функционала по снижению количества ресурсных блоков и/или за счет применения дополнительной фильтрации.
3. Для отличных от стандартных (20, 15, 10, 5, 3, 1,4 МГц) значений ширины канала применяются требования для ближайшей меньшей стандартной ширины канала.

Вопросы приграничной координации между системами ИМТ

Новый подход к координации при внедрении широкополосных сетей в полосы GSM

- Уровни, заявленные для предпочтительных каналов
- Уровни, заявленные для неpreferируемых каналов
- Уровни предлагаемые в качестве паритетных (с обеспечением покрытия)



Изначальное определение порогов для технологически нейтральной координации

$$C = B \cdot \lg \left(1 + \frac{P_c}{P_I} \right)$$

где

C = скорость передачи данных (бит/с)

B = ширина полосы пропускания (Гц)

P_c = мощность сигнала

P_I = мощность помехи

15-20 дБ запас на замирания.

Пороговое значение выведено, исходя из критериев планирования сетей, т.е. 50% времени и 90-95% мест

$$F_{\text{limit}} [\text{дБмкВ/м}] = F_{\text{min}} [\text{дБмкВ/м}] - 20\text{дБ}$$

$$F_{\text{min}} [\text{дБмкВ/м}] = pr_{\text{min}} [\text{дБм}] + 20 \cdot \log(f [\text{МГц}]) + 77.2\text{дБ} - g_{\text{isotr. ant. BS or MS}}$$

$$pr_{\text{min}} [\text{дБм}] = 10 \cdot \log(B \cdot K \cdot T) + 30\text{дБ} + F_r + c/i$$

где

F_{limit} = пороговое значение напряженности поля на границе

F_{min} = минимальная напряженность поля для установления связи

pr_{min} = минимальная входная мощность

f = частота несущей [например 1800 МГц или 900 МГц]

$g_{\text{isotr. Ant}}$ = КУ антенны относительно изотропной, dBi [напр. 0 dBi]

B = ширина полосы стандартного блока/ Гц [напр. 5 МГц]

K = постоянная Больцмана = 1.38×10^{-23} Втс/К

T = температура окружающей среды = 293 К

F_r = уровень шума приемника, дБ [например 6 дБ]

c/i = отношение сигнал/помеха [0 дБ для тех.нейтральности]

См. детали в документе:

ECC PT1(10)170_Annex 13 - X-border coordination working document

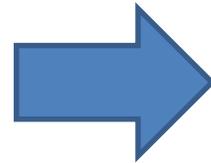
Текст приложения по модели распространения радиоволн в Рекомендациях ЕСС по приграничной координации сетей MFCN

Site General model

If it is not desirable to utilise detailed terrain height data for the propagation modelling in the border area, the basic model to be used to trigger coordination between administrations and to decide, if coordination is necessary, is Recommendation ITU-R P.1546-5 [5]. This model is to be employed for 50% locations, 10% time and using a receiver height of 3 m.

For specific reception areas where terrain roughness adjustments for improved accuracy of field strength prediction are needed, administrations may use correction factors according to terrain irregularity and/or an averaged value of the terrain clearance angle (TCA) parameter in order to describe the roughness of the area on and around the coordination line.

Administrations and/or operators concerned may agree to deviate from the aforementioned model by mutual consent^[1].



В Рекомендациях ЕСС по приграничной координации существует неявный запас по повышению порогов координации на 10-20. При этом современные системы позволяют исключать неконтролируемый роуминг в соседние страны, что было изначальной причиной консервативных подходов при координации GSM.

Ряд администраций при наличии крупных городов на границе были вынуждены повысить пороги координации (при сохранении модели распространения) для обеспечения нормальной работы сетей на границе.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

**Поскакухин Вадим,
руководитель проектов
ООО «Спектрум Менеджмент»
v.poskakukhin@spectrum-m.ru
тел. +7 903 756 12 26**