



**Частотно-территориальное планирование (ЧТП) сетей
стандартов DMR/GSM-R/LTE.
Программно - методическое обеспечение**

Гриценко Андрей

Генеральный директор, кандидат технических наук

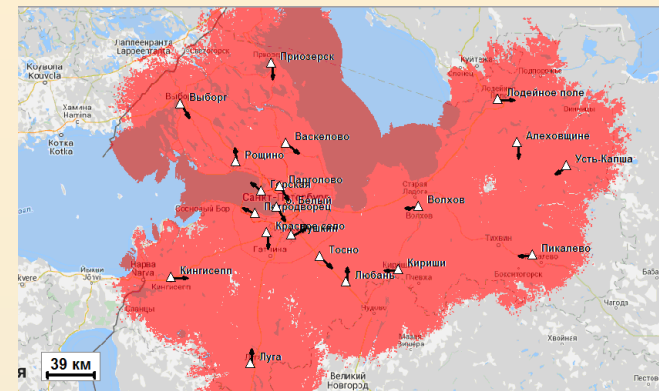
**XIV Международный форум «Профессиональная мобильная радиосвязь,
спутниковая связь и навигация»
Холидей Инн Лесная, Москва
29 сентября 2020 г**



АО «ИКЦ «Северная Корона» - основные направления деятельности

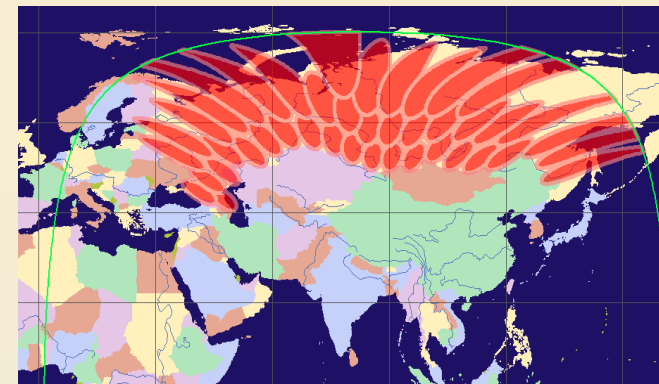
1. Наземные радиосистемы (профессиональные)

Разработка и планирование наземных радиосистем передачи информации (ЧТП сетей ПМР с учетом внутрисистемной ЭМС, расчет линий радиосвязи в диапазоне частот от 30 МГц до 120 ГГц и т.д.)



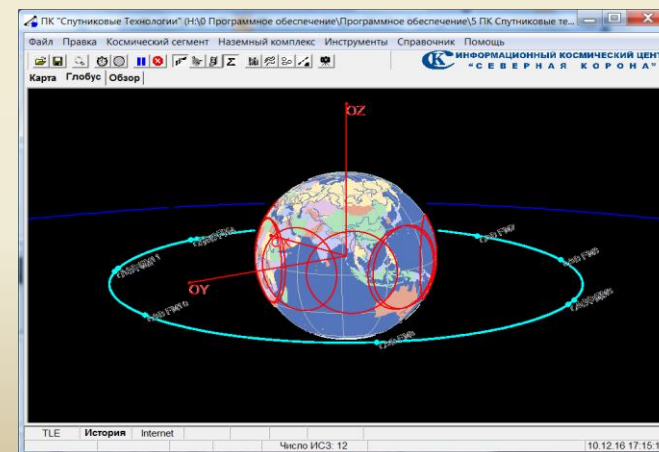
2. Спутниковые системы

Расчет и системно-техническое обоснование спутниковых систем и комплексов различного назначения (связь, навигация, ДЗЗ, системы радиоконтроля, спутниковые сети и др.). Баллистика, энергетика радиолиний, оценка качественных показателей (оперативность, доступность, качество функционирования) и т.д.



3. Программное обеспечение (САПР «Альбатрос»)

Разработка, модернизация и поставка специализированного программного обеспечения (расчет, имитационное моделирование) по всем ключевым направлениям наземных и спутниковых систем.



АО «Информационный Космический Центр «Северная Корона»

Более 20 лет на рынке высоких технологий!



РН-ИНФОРМ



группа компаний
РУСГАЗИНЖИНИРИНГ



МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ
СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
МРСК
ВОЛГИ



Акционерное общество
Завод имени С.М. Кирова



ЛУКОЙЛ-ИНФОРМ
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

elcomplus





ЧТП сетей ПМР – цели и задачи

Цель частотно-территориального планирования: обеспечить на заданной территории обслуживание заданного числа абонентов с требуемым качеством минимальным составом БС

Надежность радиопокрытия в сетях ПМР: от 95% (однократное радиопокрытие) до 99% (двойное радиопокрытие)

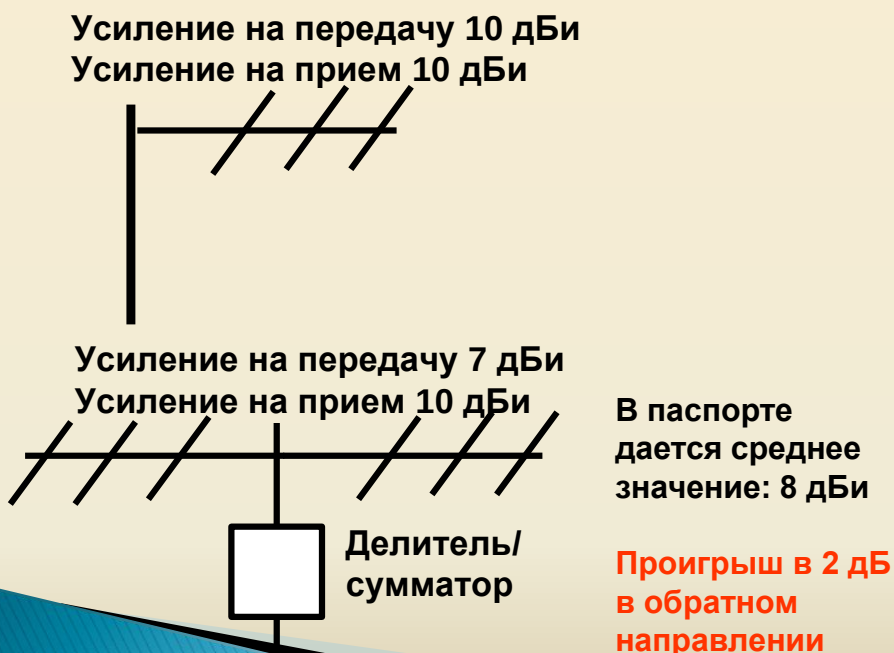
Задачи частотно-территориального планирования:

- определение оптимального расположения базовых станций, удовлетворяющих требованиям к радиопокрытию;
- определение типа, достаточной высоты подвеса и азимутов наведения антенн;
- формирование структуры и оценка потерь в антенно-волновом тракте;
- определение мощности передатчиков;
- формирование частотного плана сети, удовлетворяющей требованиям к канальной емкости.

Что важно при ЧТП сетей ПМР:

- четкое представление о радиointерфейсе и требованиях стандартов;
- использование адекватных моделей распространения радиоволн (РРВ);
- использование адекватных моделей цифровых карт местности (ЦКМ);
- детальный учет потерь в АВТ;
- учет режимов работы оборудования;
- учет помех (внутрисистемных, межсистемных, интермодуляция и др.).

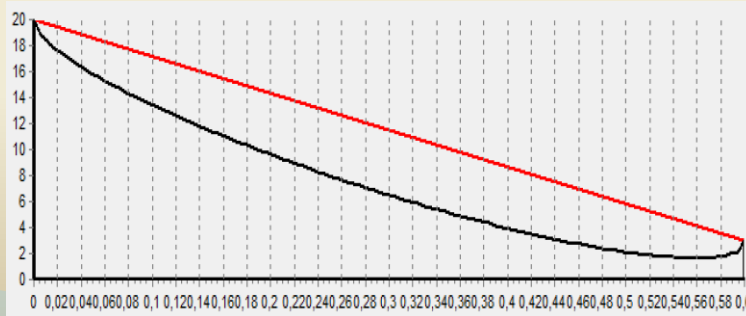
Пример 1



Пример 2



Учет специфики применяемой модели РРВ



Модели РРВ:	Доп. потери:
- Рек. Р.1546	24 дБ
- Рек Р.1812	0 дБ
- Рек Р.526	0 дБ
- Окумура-Хата	31 дБ
-	

Основу методического обеспечения должны составлять Рекомендации БР МСЭ:

А) **ITU-R P.1546-6** «Метод прогнозирования для трасс связи пункта с зоной для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц»

- упрощенный учет рельефа, можно использовать упрощенные карты;
- субъективизм в настройках;
- широко применяется для планирования вещания

Б) **ITU-R P.1812-5** «Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб "из пункта в зону" в диапазонах УВЧ и ОВЧ»:

- более детальный учет рельефа, нужны более детальные карты;
- большая вычислительная сложность.

В) **ITU-R P.526-15** «Распространение радиоволн за счет дифракции»

- позволяет создавать модели, учитывающие местную специфику;
- может быть сложна в вычислительном плане.

Г) **ITU-R P.2001-3** «A general purpose wide-range terrestrial propagation model in the frequency range 30 MHz to 50 GHz»

- более детальный учет рельефа, нужны более детальные карты;
- большая вычислительная сложность.

Д) Целый набор других рекомендаций



Геоинформационное обеспечение

А) ЦКМ с отметками высот:

1. Растровые

- SRTM3 (3 угл.сек или 50..90 м по территории РФ, получили широкое распространение, хорошо согласуются с моделями РРВ по БР МСЭ, бесплатны);
- GTOPO30 (30угл.сек или 500..900 м по территории РФ, используются как дополнение к SRTM3, бесплатны);
- ASTER(1угл.сек или16..30 м по территории РФ, использование не всегда целесообразно, бесплатны)

2. Векторные

- SHAPE, MapInfo, Панорама и др. (высокая стоимость при большом территориальном охвате, требуют специальной настройки моделей РРВ, проблема поддержания актуальности карт)

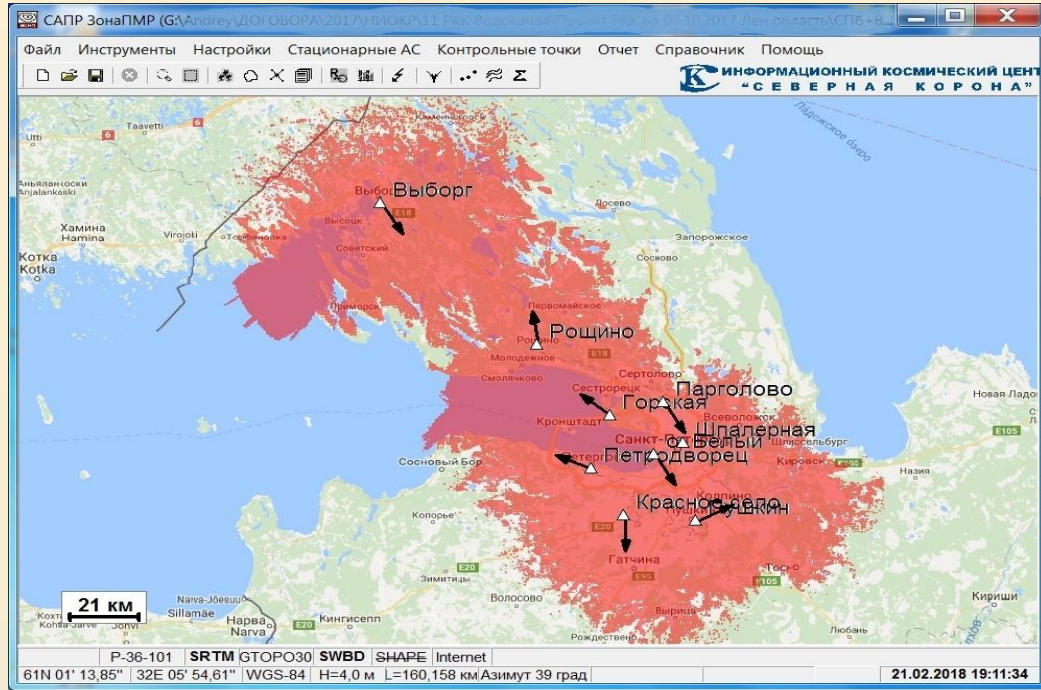
Б) **ЦКМ без высот** (для подложки)

- отсканированные листы топокарт, спутниковые снимки и др.



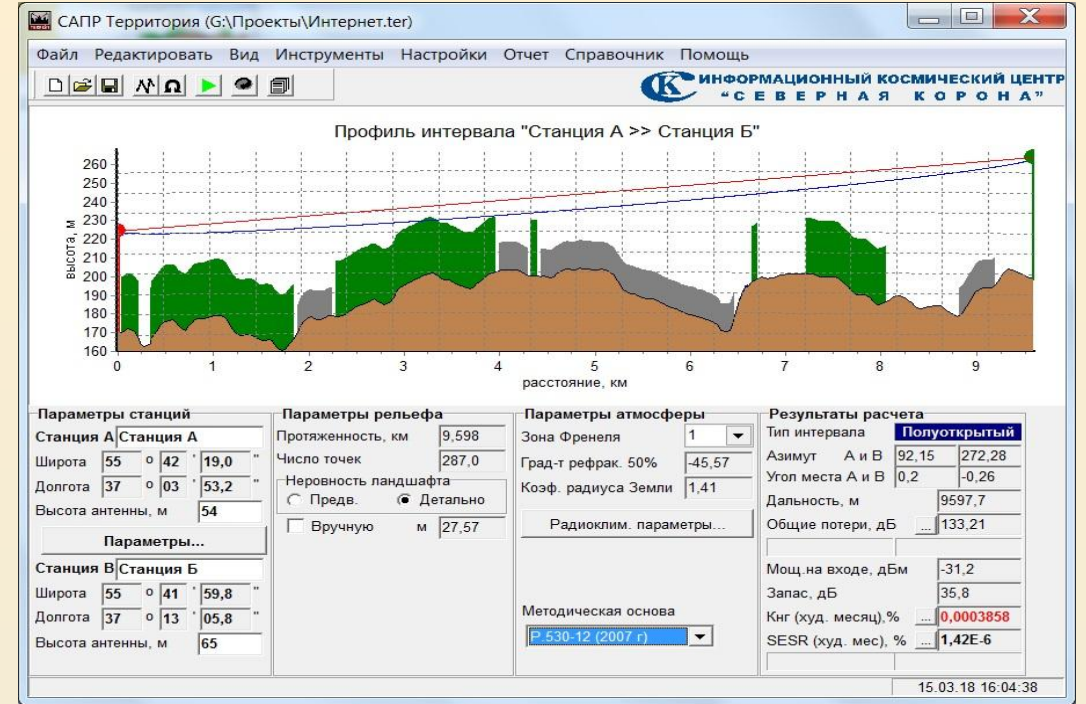


Программное обеспечение – САПР «Альбатрос»

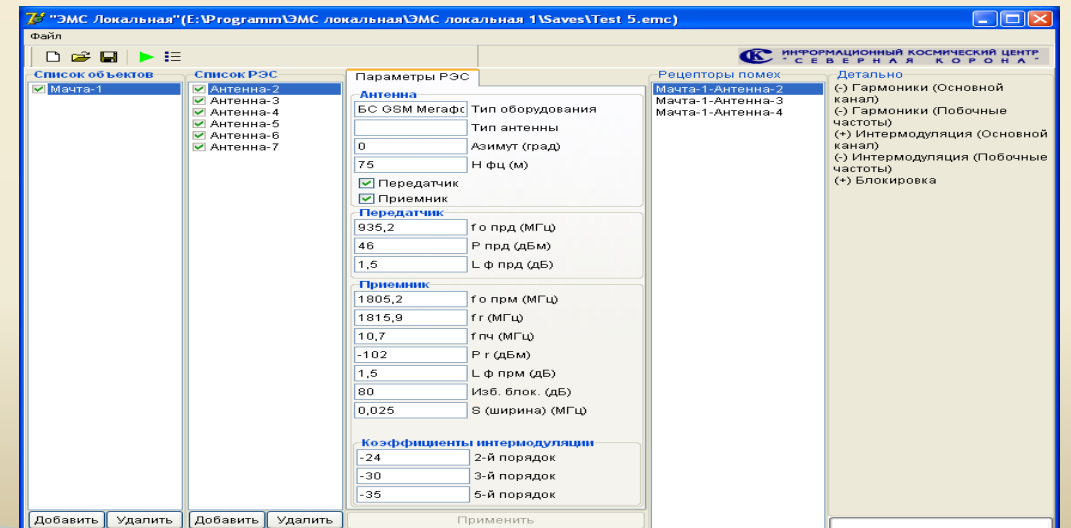


ПК «Зона» - ЧТП сетей ПМР с учетом ЭМС

САПР «Альбатрос» - современная система для проектирования радиосистем различного целевого назначения, удовлетворяющая требованиям систем ПМР



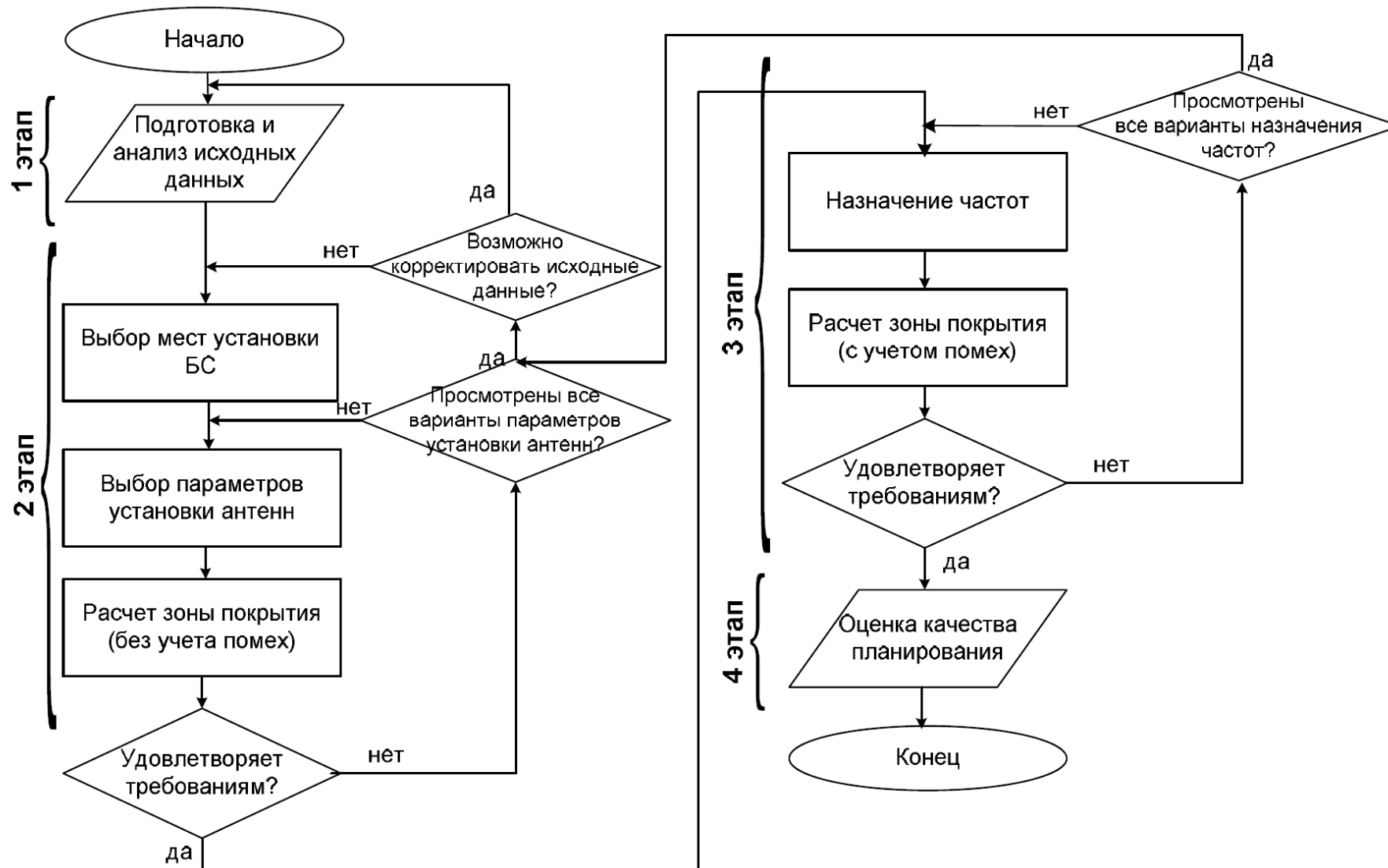
ПК «Территория» - расчет линий радиосвязи



ПК «ЭМС локальная»

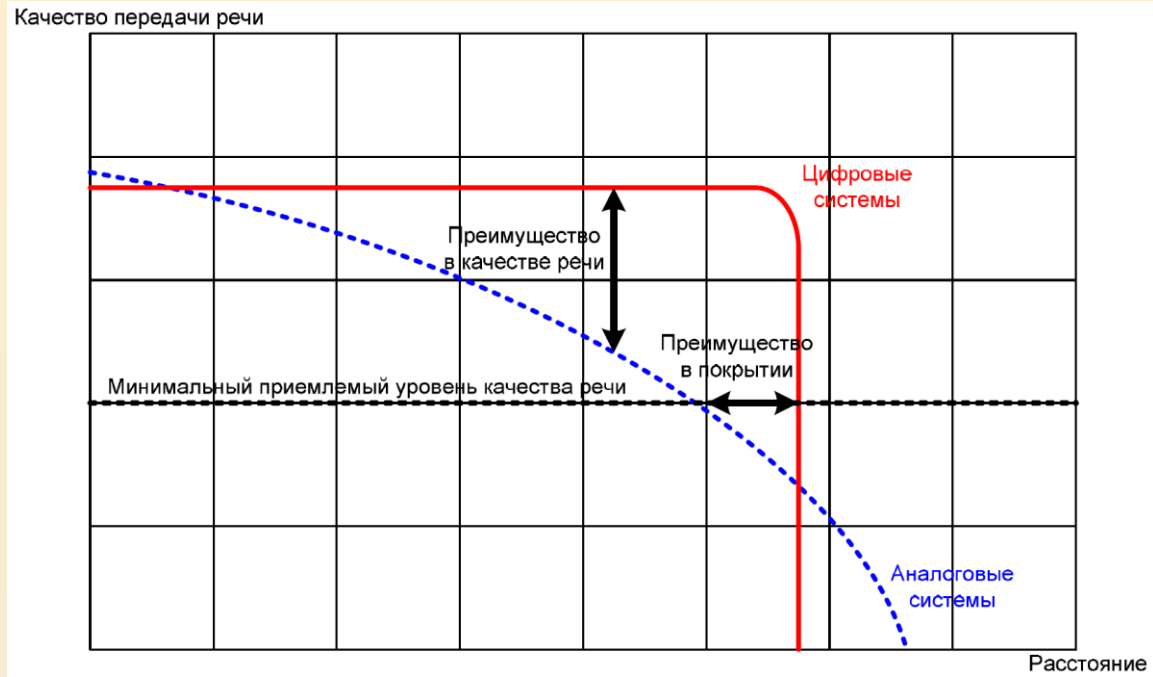


Алгоритм ЧТП сетей стандартов DMR и GSM-R





Особенности перехода на стандарт DMR



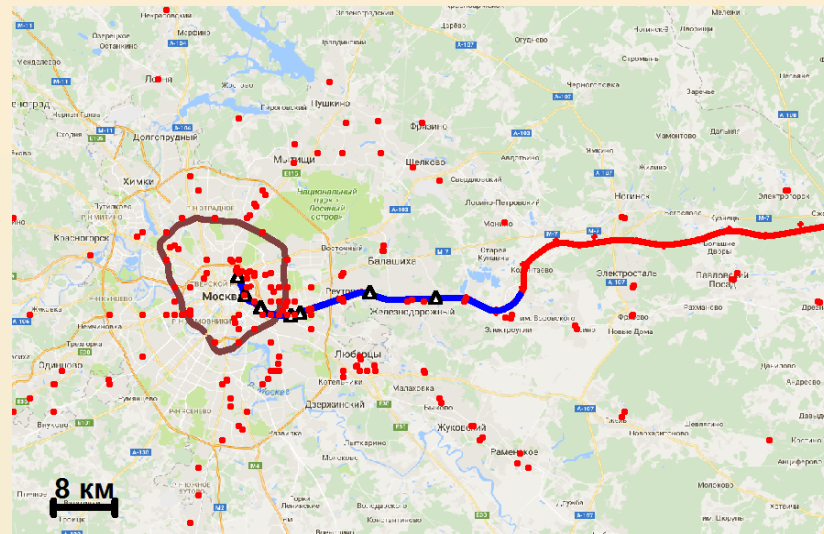
Поведение аналоговых и цифровых систем радиосвязи

Основные ТТХ АС стандарта DMR

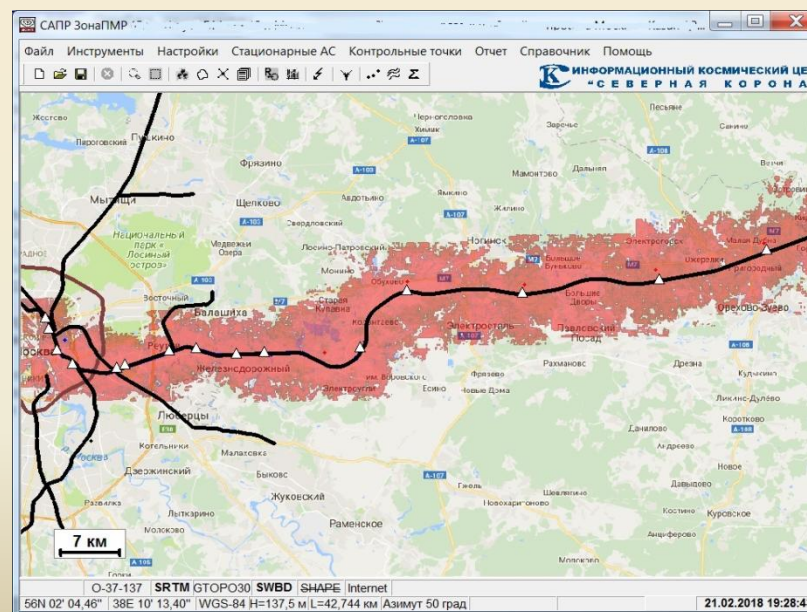
Наименование характеристики / диапазон частот	160 МГц	330 МГц	450 МГц
Тип модуляции	4FSK		
Метод уплотнения каналов	TDMA		
Число каналов на несущую	2		
Максимальное значение мощности передатчиков АС (возимая/носимая), Вт	10/2	15/5	20/2
Чувствительность приемника при С/Ш = 12 дБ не хуже, мкВ	0,5 (симплекс) 0,8 (дуплекс)	1	1
Избирательность приемника по соседнему каналу не хуже, дБ	70	70	75
Избирательность приемника по побочным каналам не хуже, дБ	70	70	80

Особенности ЧТП сетей стандарта DMR диапазона 160 МГц (на примере сетей ПРС-Ц ж.д. радиосвязи)

1. Использование «золотого» диапазона 160 МГц (дальности обслуживания 10 км и более, работа в условиях значительных перекрытий и затенений)
2. Существенный антропогенный шум
3. Запрет на излучение на отдельных РЧ-каналах со стороны МО РФ
4. Сложная ЭМО, наличие действующих аналоговых РЭС, работающих в этих же полосах частот в симплексном режиме (разнос БС на 50 км)
5. Симплексный режим БС ПРС-Ц (разнос на 50 км), при выполнении анализа ЭМС разнос удавалось сократить до 30 км
6. Фактически нет возможности использовать сетку 12,5 кГц, т.к. сигнал от РЧ-канала 12,5 кГц практически без ослабления поступает на вход приемников двух смежных РЧ-каналов 25 кГц

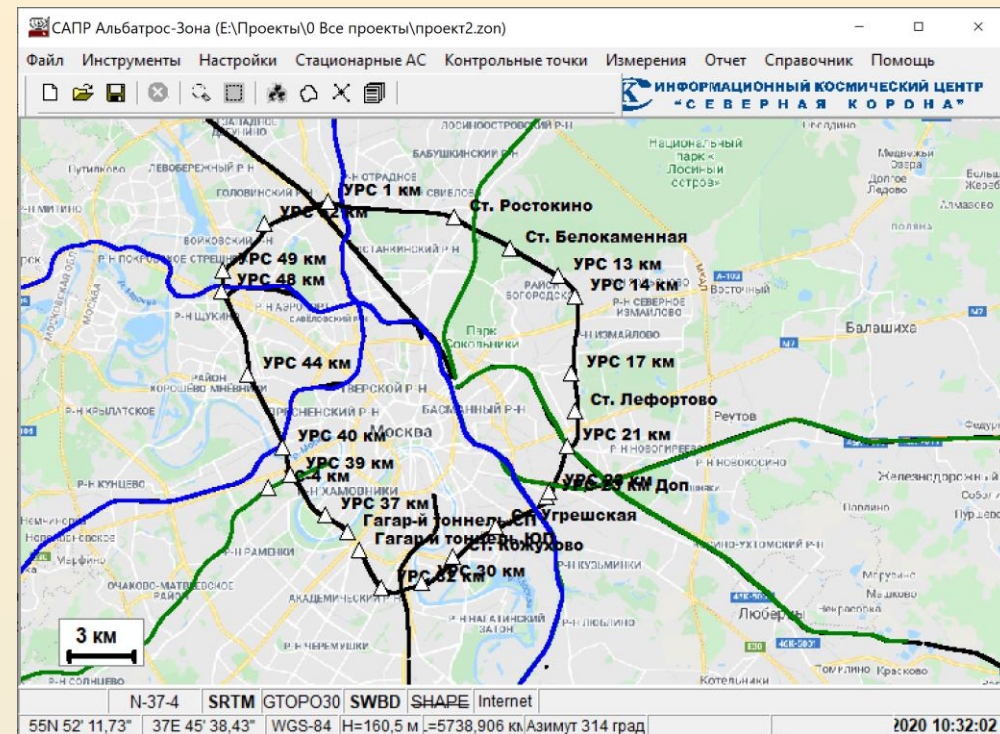


Сеть аналоговых РЭС (кружки красного цвета) ж.д. радиосвязи в зоне МЦК и ВСМ-2

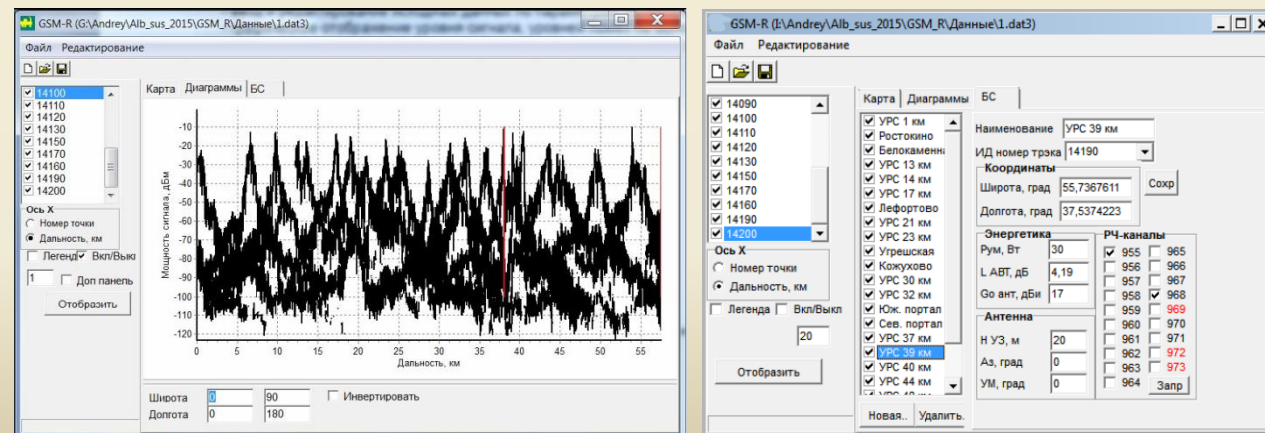


Радиопокрытие сети DMR ВСМ-2, участок "Москва-Владимир"

1. Ограниченное число РЧ- каналов (всего 19)
2. Дополнительный запрет на излучение на отдельных РЧ-каналах со стороны МО РФ (до 30% и более)
3. Существенное влияние внутрисистемных помех по соседнему каналу
4. Стандарт GSM-R ориентирован на линейно-протяженные участки с простой геометрией
5. Сети GSM-R в России уникальны. Например, МЦК – это круговая структура радиусом около 10 км. МЦК пересекают несколько МЦД. Есть ограничения на излучение на отдельных РЧ-каналах со стороны МО
6. Требования к точности прогноза радиопокрытия GSM-R – предельно максимальны
7. Для исключения ошибок прогноза необходимо проводить коррекцию ЧТП по результатам измерений
8. Проблема помех интермодуляции от публичных сетей



Сеть GSM-R на МЦК



Коррекция ЧТП по результатам измерений



Особенности ЧТП сетей стандарта LTE (на примере ж.д. радиосвязи)

1. Адаптивная система (при отсутствии ограничений)
2. Сложность формирования требований к радиопокрытию
3. Энергопотенциал прямого и обратного каналов существенно разный
4. Выбор полосы частот
5. Выбор типа префикса
6. Выбор типа кадра TDD
7. Выбор схемы MIMO
8. Выбор «Режим Beamforming» или «пространственное разнесение»
9. Выбор поляризации
10. Выбор режима: полный синхронный, не синхронный или частотно-территориально-временной план
11. На этапе планирования необходимо проводить моделирование работы сети LTE
12. Проблема помех интермодуляции от публичных сетей

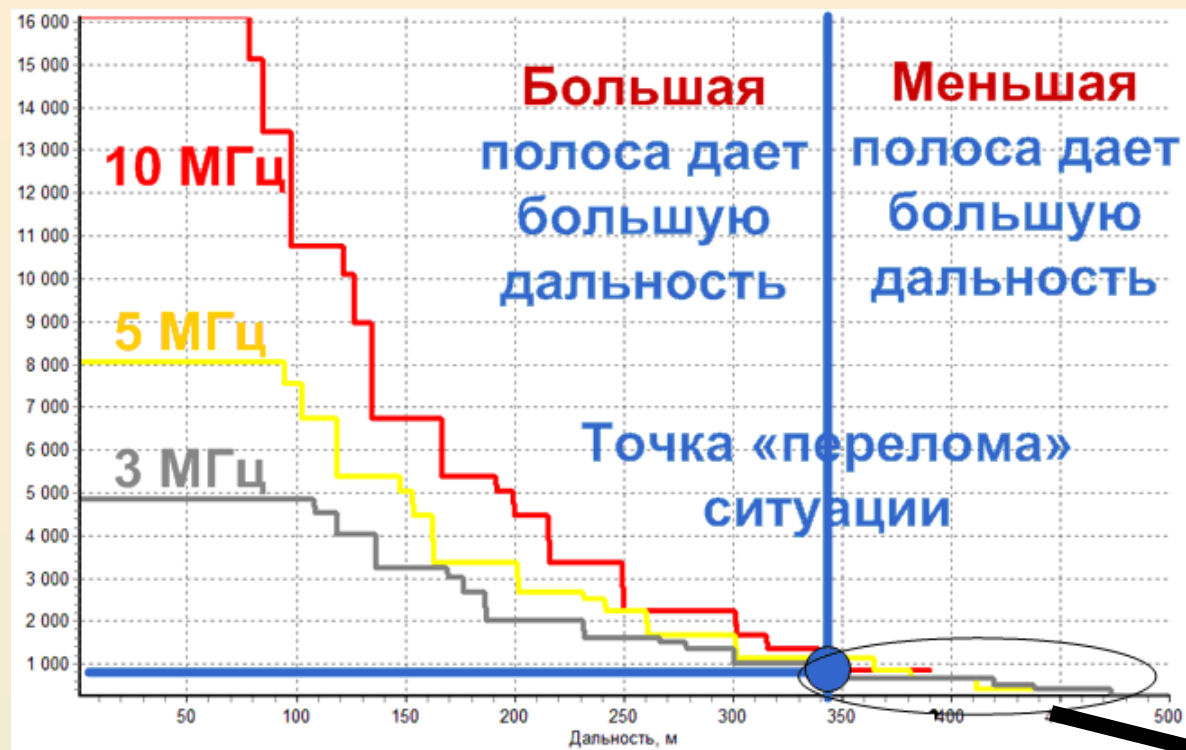
Наименование параметра	Значение параметра	
	Абонентская станция	Базовая станция
Мощность передатчика, не более	23 дБм (0.2 Вт)	43 дБм (20 Вт)
Усиление антенны, не более	3 дБ	18 дБ
Метод радиодоступа	SC-FDMA	OFDMA
Рабочий диапазон частот	1790-1800 МГц (ПРД и ПРМ)	
Ширина канала, не более	10 МГц	
Тип дуплекса	TDD (временной)	
Уровни внеполосных излучений	В соответствии с Рек. МСЭ-Р. В полосе 1710-1785 МГц не более -34,5 дБм/5 МГц	
Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	

ТТХ БС и АС стандарта LTE-R

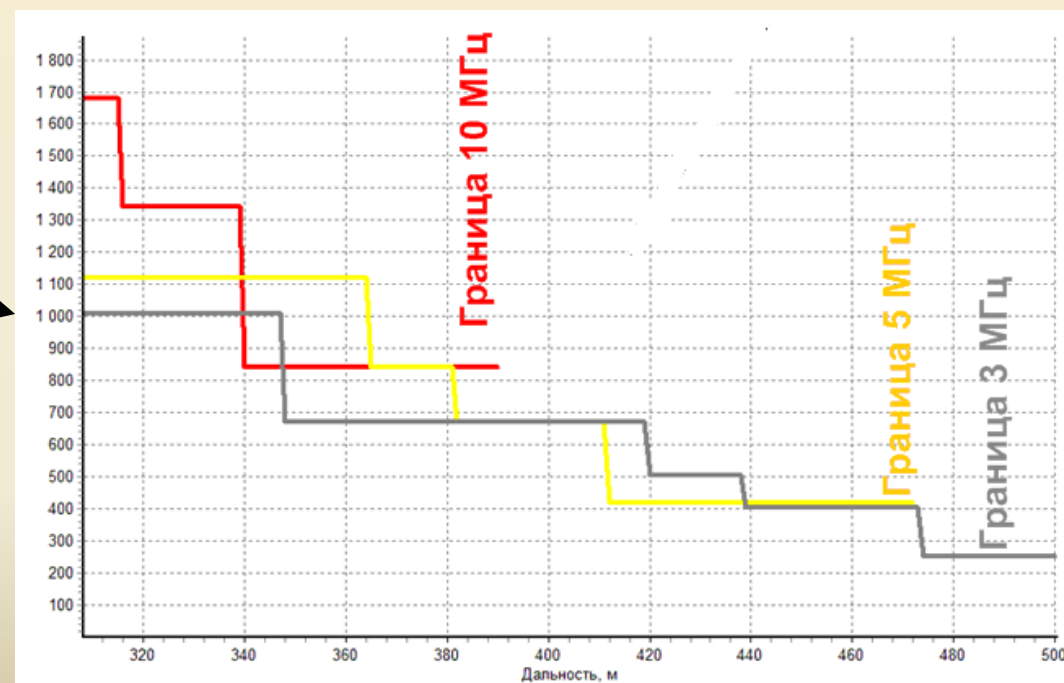
Полоса, МГц	1,4	3	5	10	15	20
Число РБ макс.	6	15	25	50	75	100
Число поднесущих макс	72	180	300	600	900	1200
Эффективная полоса (В), МГц	1,08	2,7	4,5	9	13,5	18
Мощность теплового шума (КТВ) в полосе В, дБм	- 113	- 109	- 107	-104	-102	-101
Пропускная способность, МБит/с						
- нормальный префикс	6,05	15,12	25,2	50,4	75,6	100,8
- расширенный префикс	5,2	12,96	21,6	43,2	64,8	86,4

Полосы частот

Особенности ЧТП сетей стандарта LTE (на примере ж.д. радиосвязи)



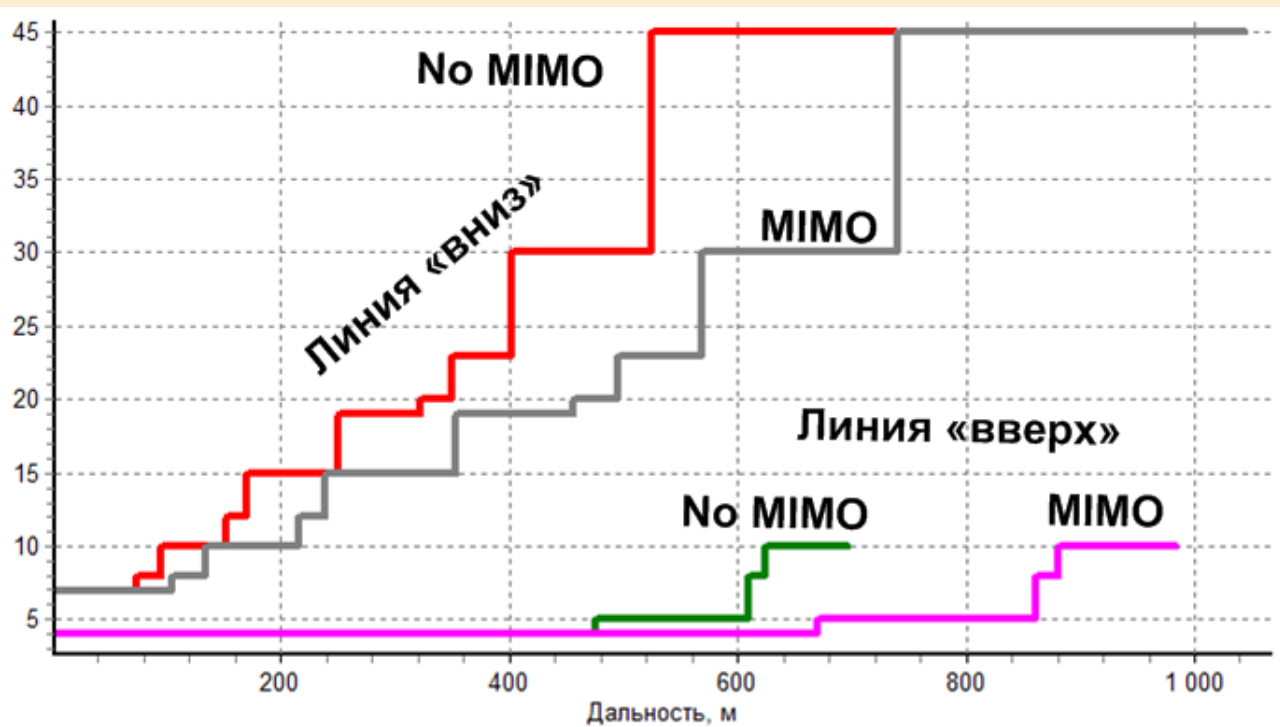
Моделирование работы системы
для различных полос частот





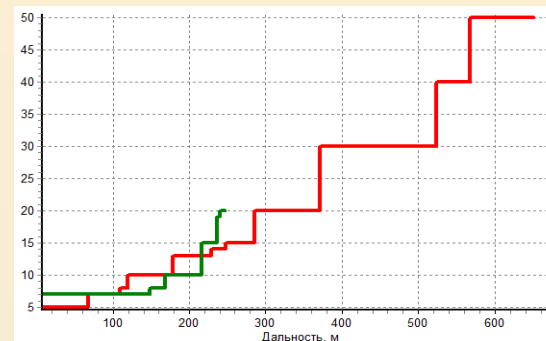
Особенности ЧТП сетей стандарта LTE (на примере ж.д. радиосвязи)

Выбор схемы MIMO



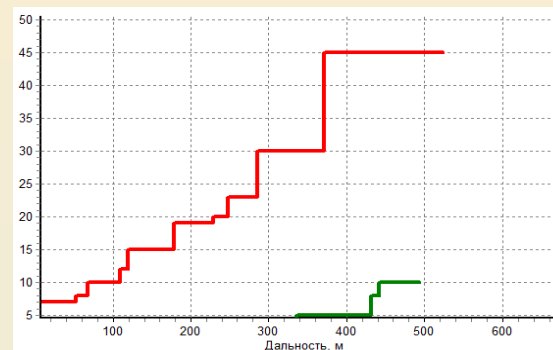
Изменение дальности
обслуживания при использовании
MIMO

Выбор конфигурации кадра TDD –
обеспечение максимальной дальности



6:2:2

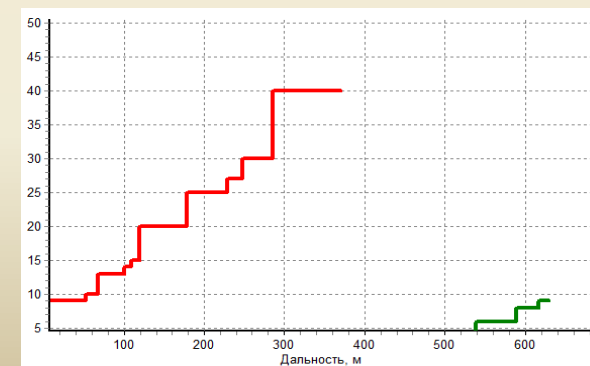
Красная линия –
прямое
направление,
зеленая линия –
обратное
направление



4:4:2

Баланс по
дальности
прямого и
обратного
направлений

3:5:2

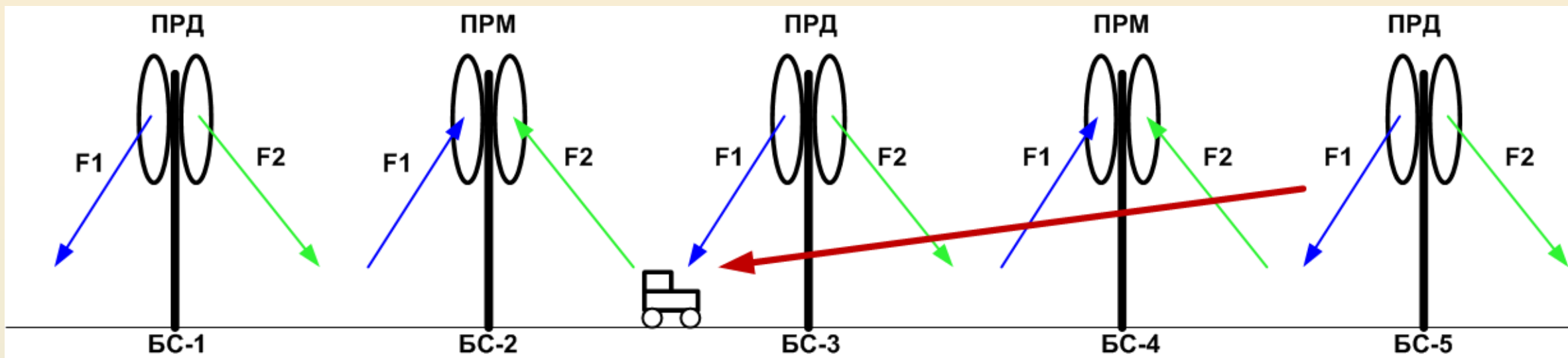




Особенности ЧТП сетей стандарта LTE (на примере ж.д. радиосвязи)

Внутрисистемные помехи – один из основных факторов снижения пропускной способности сети LTE

Необходимо детально прорабатывать вопросы выбора режимов работы и настройки аппаратуры сетей стандарта LTE, с учетом условий применения и эксплуатации



Частотно-территориально-временной план сети LTE, имеющей
линейно-протяженную структуру



Информационный Космический Центр «Северная Корона»

Спасибо за внимание!



199034, Россия, Санкт-Петербург,
17-я линия В.О., д.4-6

тел/факс +7 (812) 320-65-04
+7 (812) 922-36-21

e-mail: org@spacecenter.ru

сайт: www.spacecenter.ru