



**Особенности частотно - территориального планирования
(ЧТП) сетей ПМР стандартов DMR (160 МГц) и LTE.
Программно - методическое обеспечение**

Гриценко Андрей Аркадьевич

Генеральный директор, кандидат технических наук

**V РОССИЙСКИЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ IT САММИТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**

Москва

10 июня 2020 г

1. Наземные радиосистемы (профессиональные)

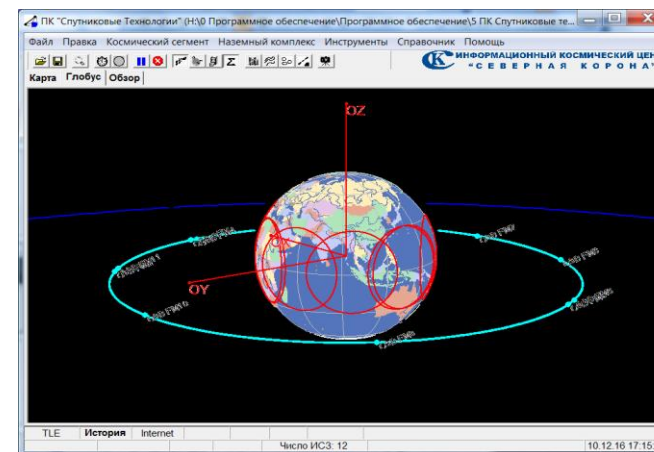
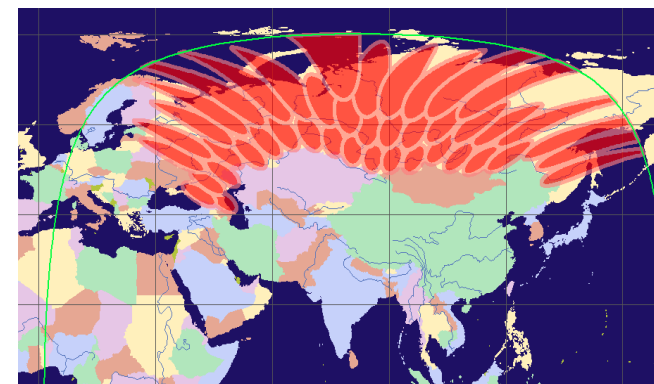
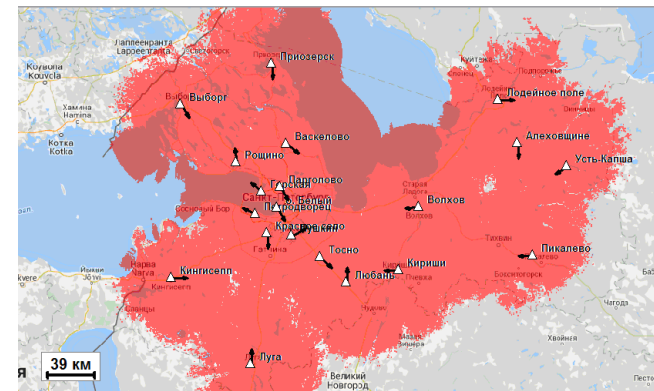
Разработка и планирование наземных радиосистем передачи информации (ЧТП сетей ПМР с учетом внутрисистемной ЭМС, расчет линий радиосвязи в диапазоне частот от 30 МГц до 120 ГГц и т.д.)

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.



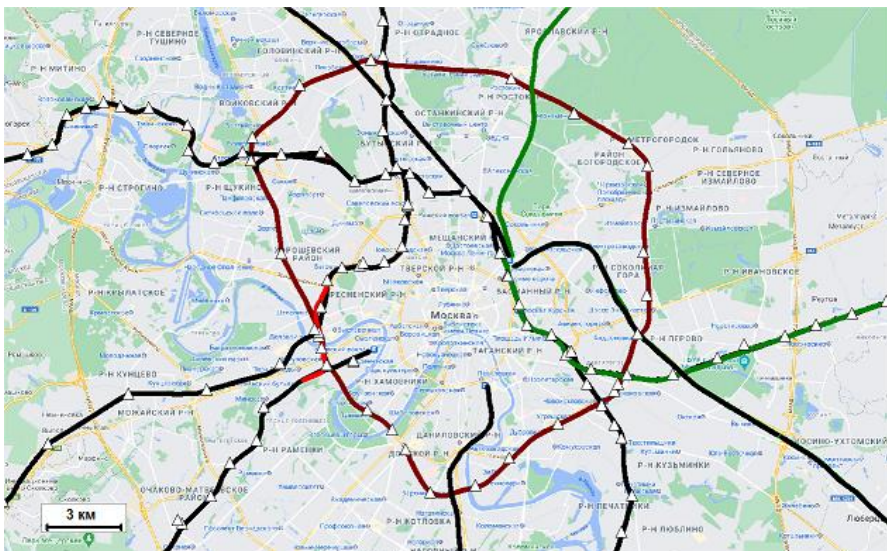


Рис.1. Сети LTE и GSM-R на МЦК и МЦД

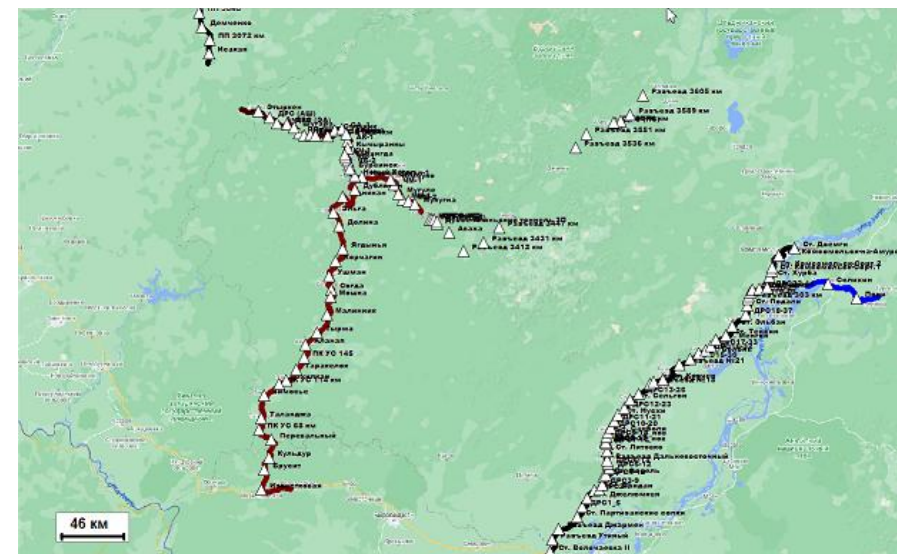


Рис.3. Сети DMR на объектах БМАа и Трансиба

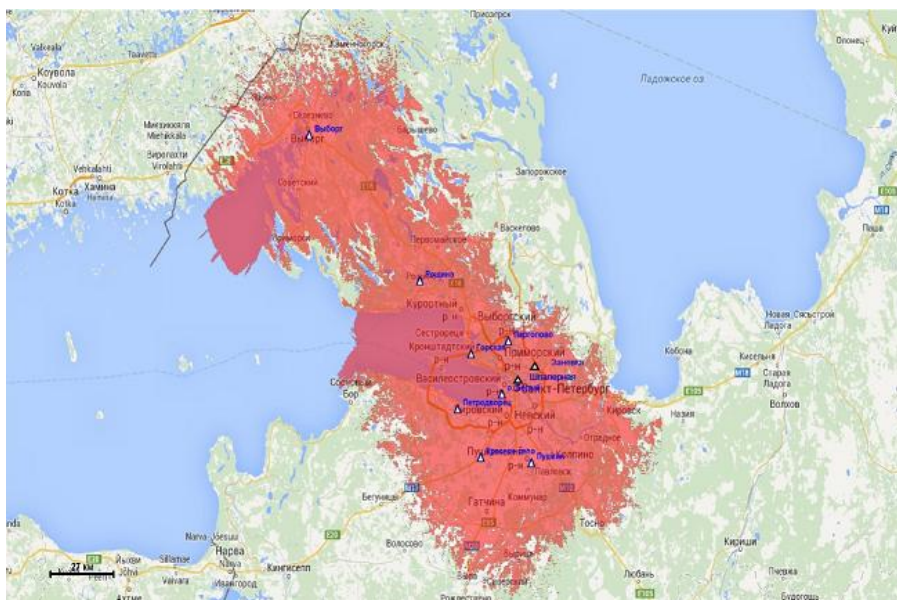


Рис.2. Сеть DMR ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

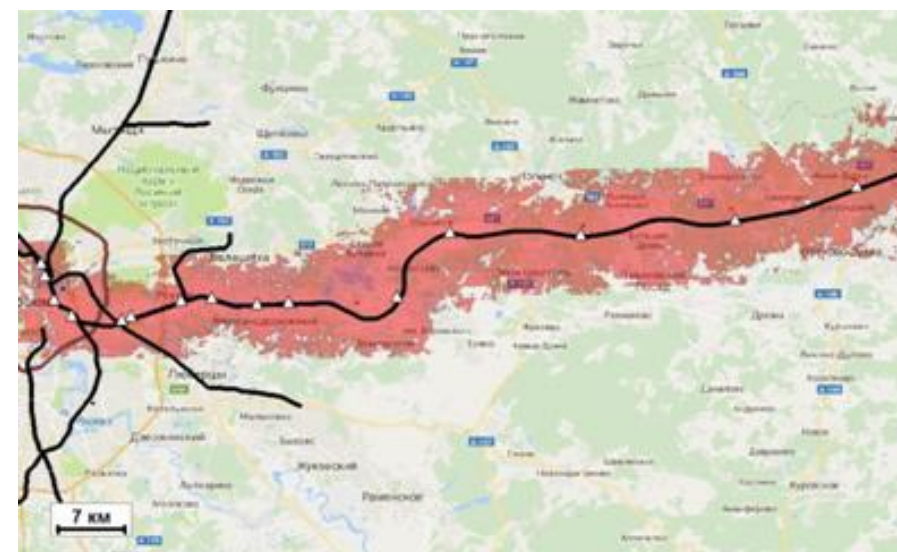


Рис.4. Сеть DMR на ВСМ-2 (Москва – Казань)

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

Частотно-территориальное планирование(ЧТП) предполагает разработку структуры сети базовых станций (территориального плана), конфигурирование базовых станций и формирование множества частотно-энергетических параметров (частотного плана) с учетом требований к радиопокрытию, сервису и ограничений

Требования:

- радиопокрытие территории с заданной надежностью (однократное, двойное, 95% или 99%);
- учет внутрисистемных (в ряде случаев и межсистемных) помех;
- поддержка режимов работы (видов сервиса)

Ограничения: тип оборудования, ограничения по доступным частотам, мощностям, высотам мачт, стоимостные ограничения и т.п.

Исходные данные: описание местности (цифровые карты), радиоклиматические параметры

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

А) ЦКМ с отметками высот:

1. Растровые

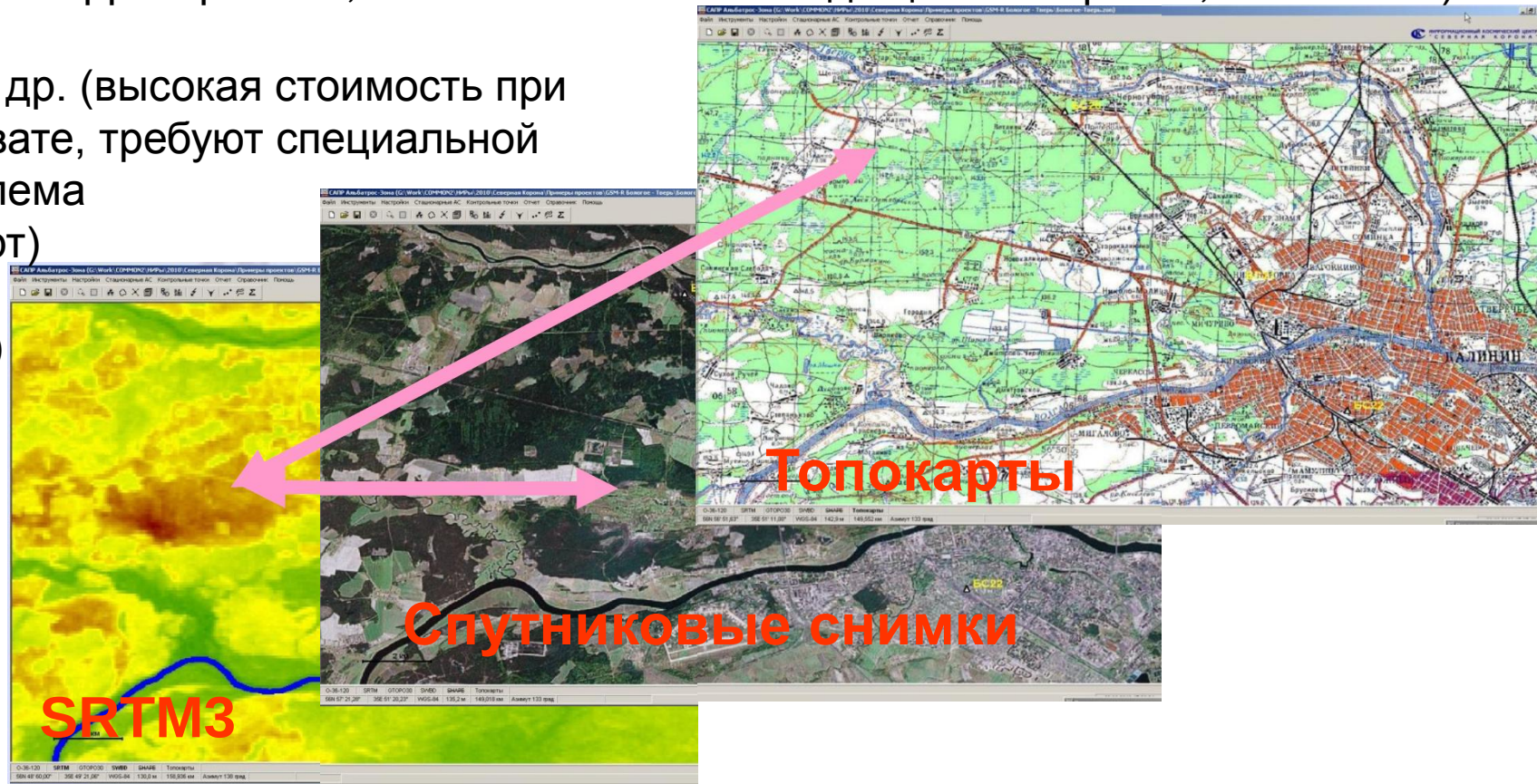
- SRTM3 (3 угл.сек или 50..90 м по территории РФ, получили широкое распространение, хорошо согласуются с моделями РРВ по БР МСЭ, бесплатны);
- GTOPO30 (30угл.сек или 500..900 м по территории РФ, используются как дополнение к SRTM3, бесплатны);
- ASTER(1угл.сек или16..30 м по территории РФ, использование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



Сравнительный анализ ЧТП аналоговых и цифровых систем радиосвязи

Качество передачи речи

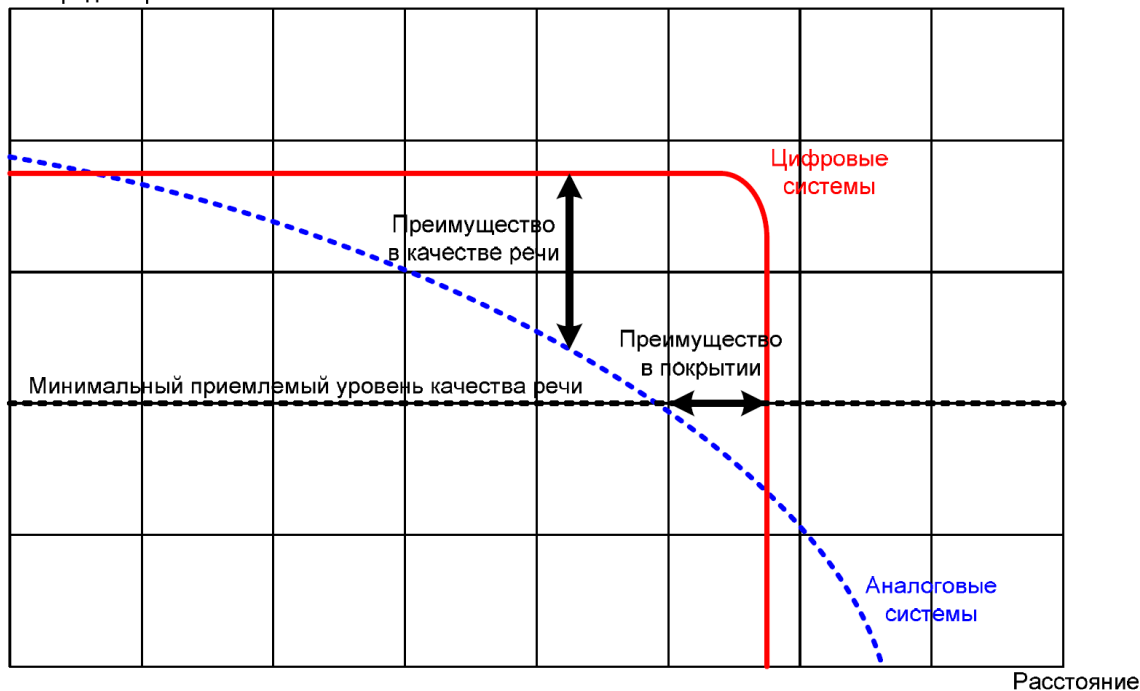


Рис.1 Поведение аналоговых и цифровых систем радиосвязи

Выводы:

- повышенные требования к надежности и достоверности прогноза радиопокрытия;
- необходимо использовать более точные методы прогноза;
- необходимо использовать современное программное обеспечение.

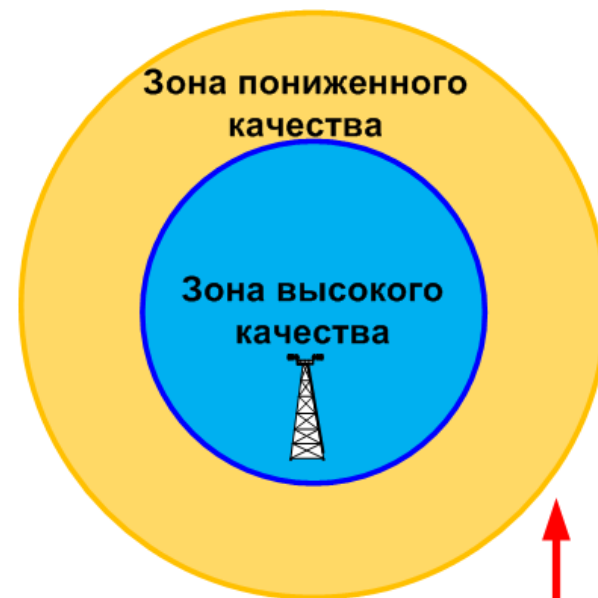


Рис.2 Аналоговая радиосистема



Рис.3 Цифровая радиосистема

Сравнительный анализ ЧТП аналоговых и цифровых систем радиосвязи

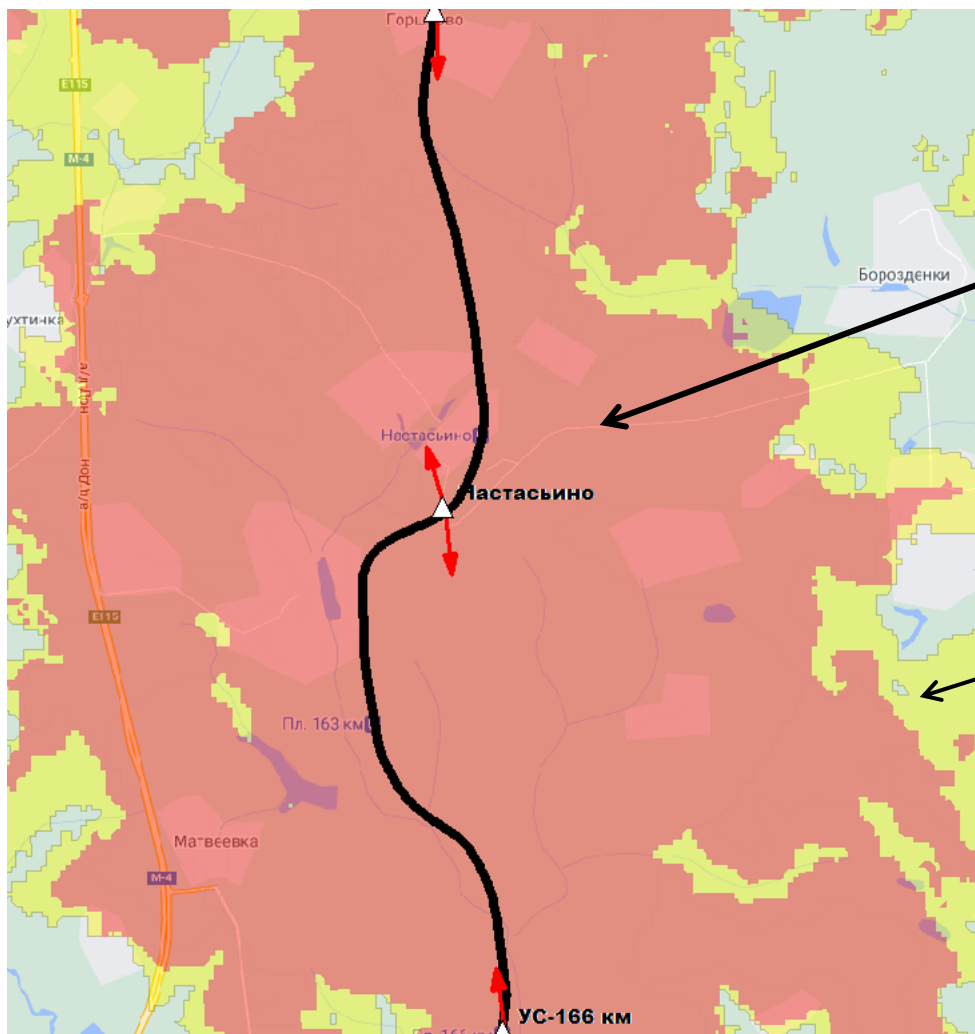


Рис.1 Аналоговая сеть радиосвязи
(требование двойного радиопокрытия выполнено)

Двойное
радиопокрытие

Однократное
радиопокрытие

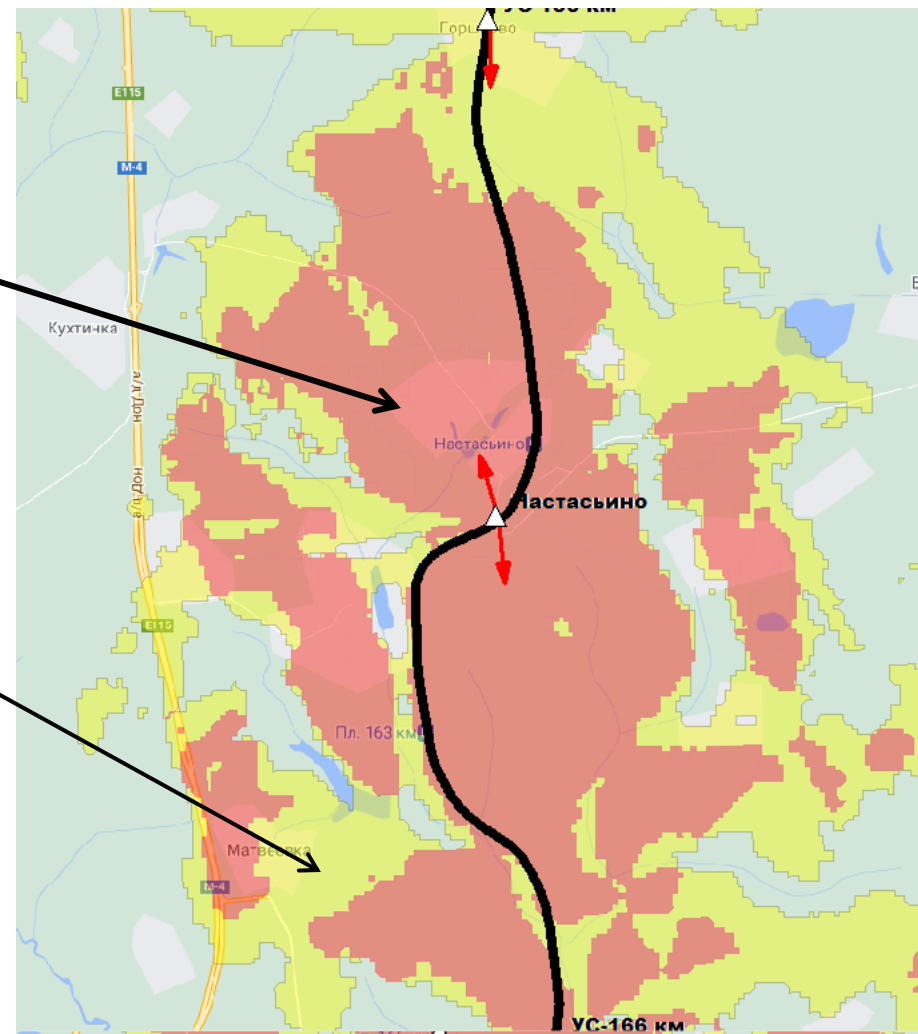


Рис.2 Цифровая сеть радиосвязи
(требование двойного радиопокрытия не выполнено)

Особенности ЧТП сетей стандарта DMR диапазона 160 МГц (146 МГц – 174 МГц)

1. Великолепная узкополосная система голосовой связи и низкоскоростной передачи данных
2. Использование «золотого» диапазона 160 МГц: значительные дальности обслуживания, работа в условиях перекрытий и затенений.
3. Проблема занятости РЧ спектра РЭС на сетке частот 25 кГц. Запрет на излучение на отдельных РЧ каналах со стороны МО РФ.
4. Фактически нет возможности использовать сетку 12,5 кГц, так как сигнал с полосой 12,5 кГц практически без ослабления поступает на вход приемников двух смежных РЧ-каналов с полосой 25 кГц.
5. Значительный антропогенный шум
 - чувствительность по паспорту: «минус»110 дБм;
 - реальная чувствительность : «минус» 104 дБм.
5. Симплексный режим БС требует пространственного разнеса в 50 км, при выполнении анализа ЭМС разнос удавалось сократить до 30 км.

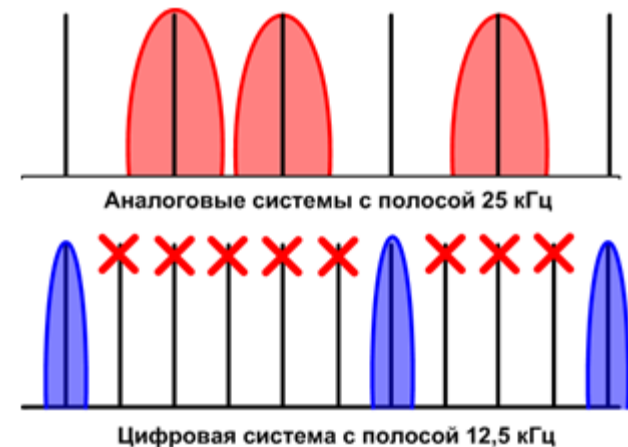


Рис.1 Проблема в выборе частот на сетке 12,5 кГц

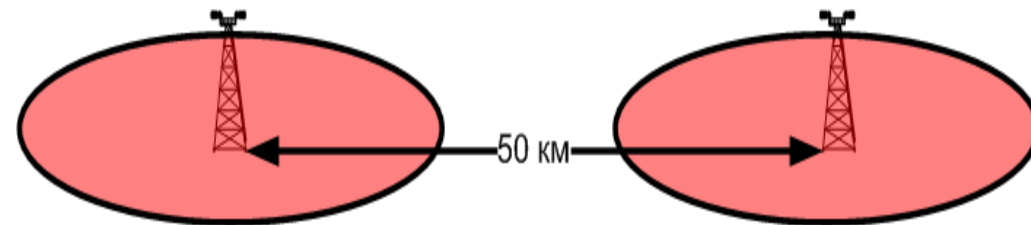
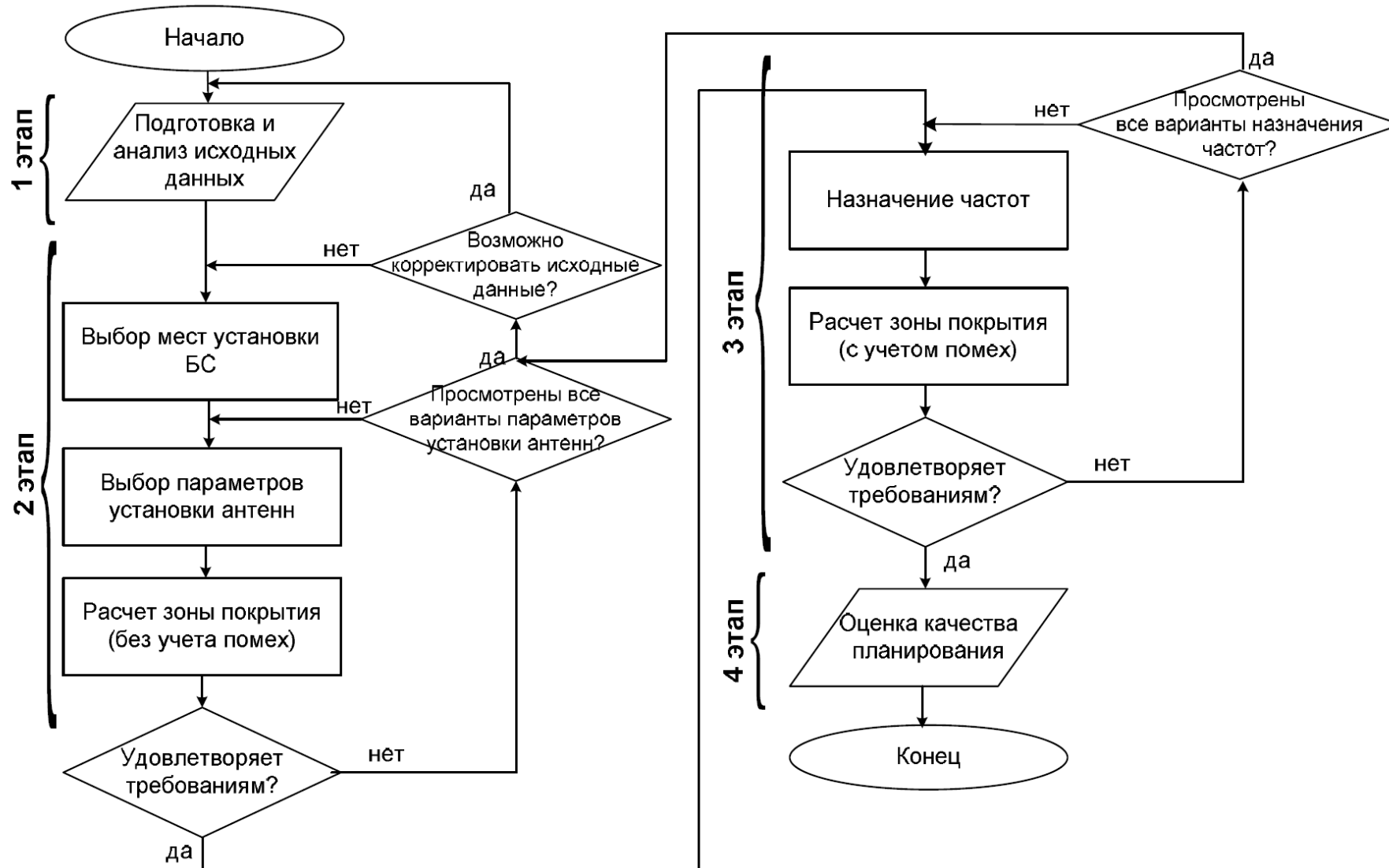


Рис.2 Режим одночастотного симплекса –
линейный разнос БС до 50 км



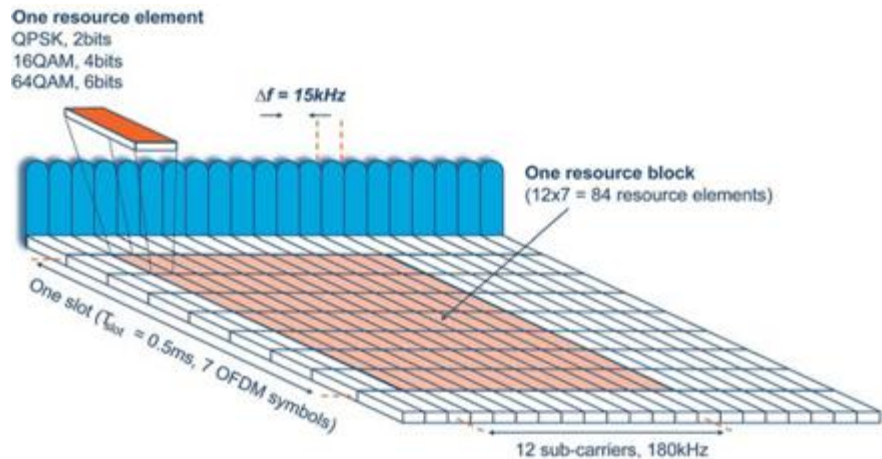


Рис.1 Принцип OFDM

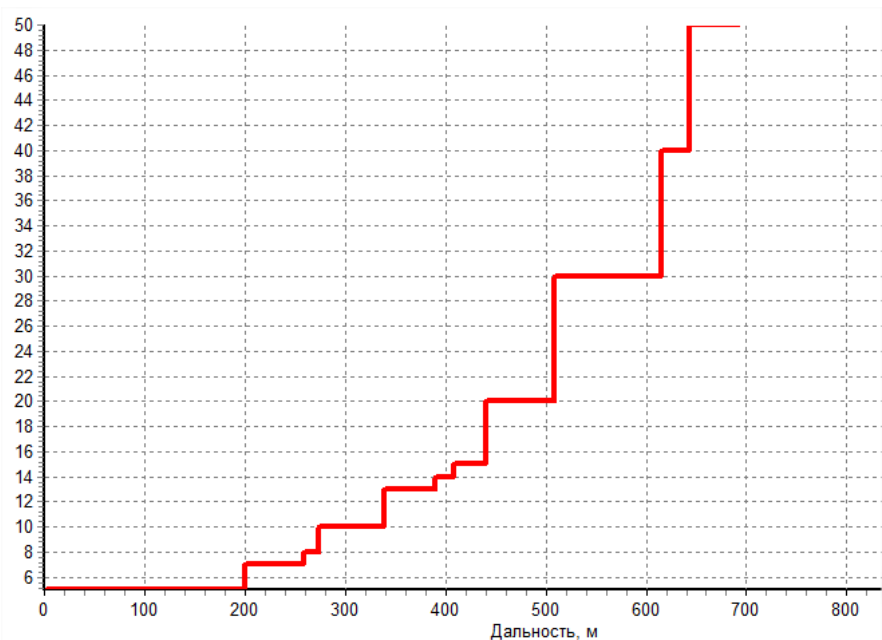


Рис.2 Изменение загрузки системы (числа выделенных абоненту ресурсных блоков) при удалении абонента от БС

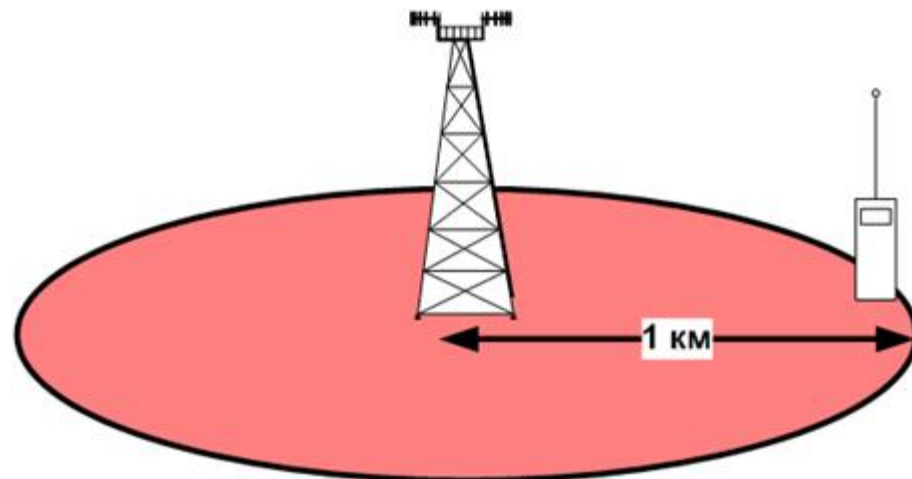


Рис.3 Зона обслуживания для одной АС

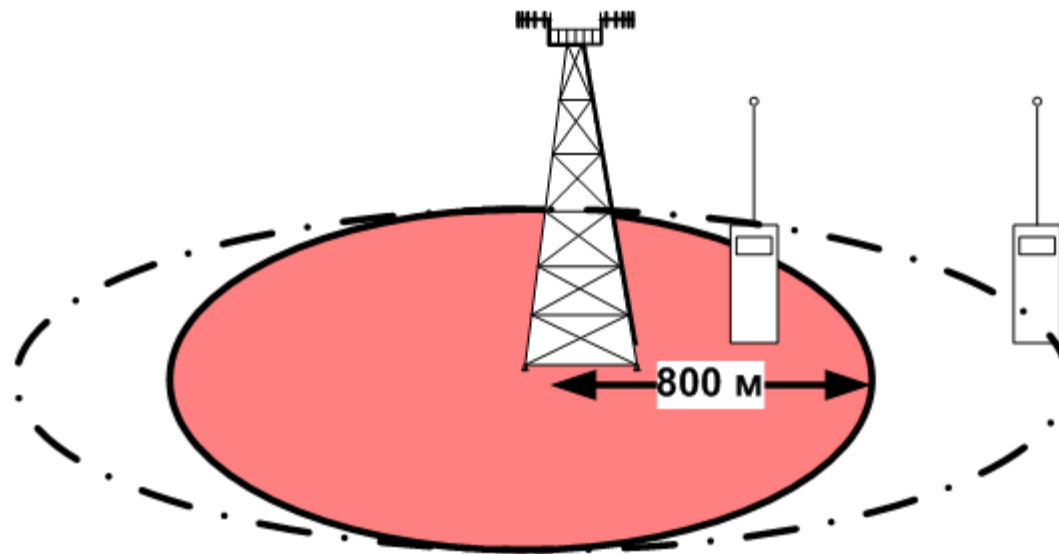


Рис.4 Зона обслуживания для двух АС

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

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

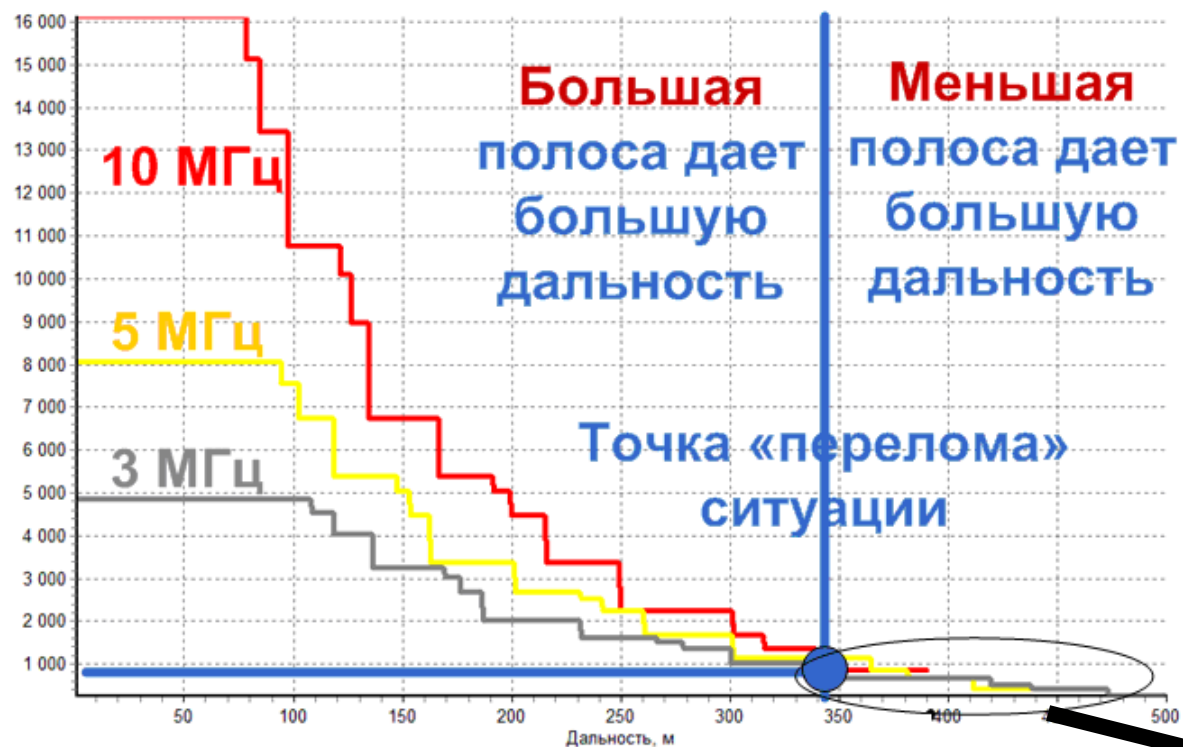
Наименование параметра	Значение параметра	
	Абонентская станция	Базовая станция
Мощность передатчика, не более	23 дБм (0.2 Вт)	43 дБм (20 Вт)
Усиление антенны, не более	3 дБ	18 дБ
Метод радиодоступа	SC-FDMA	OFDMA
Рабочий диапазон частот	1790-1800 МГц (ПРД и ПРМ)	
Ширина канала, не более	10 МГц	
Тип дуплекса	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

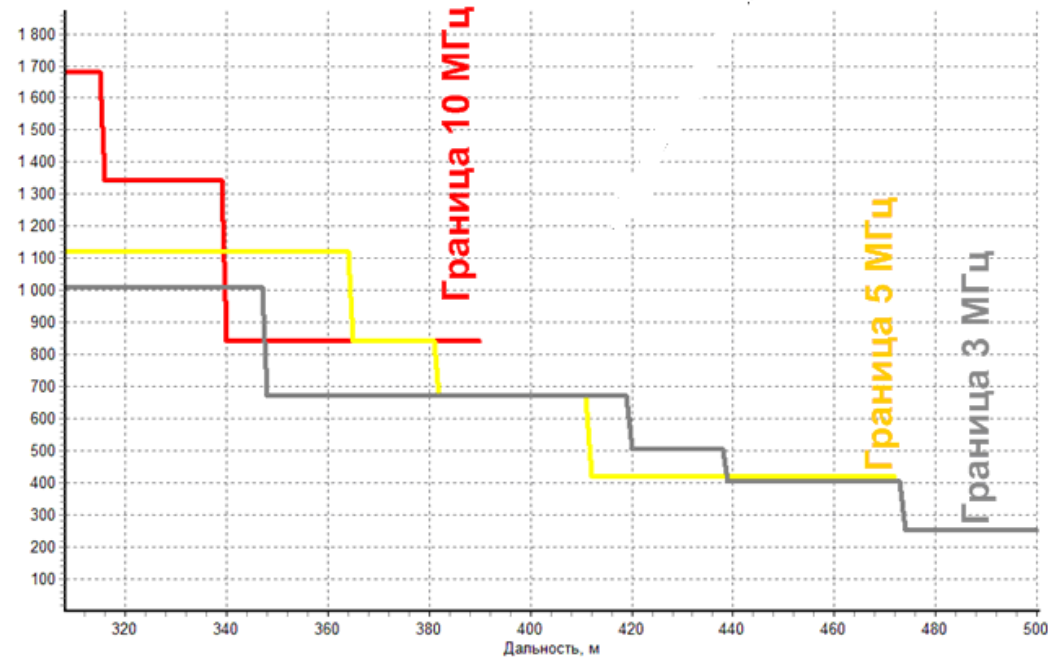
Полоса, МГц	1,4	3	5	10	15	20
Число РБ макс.	6	15	25	50	75	100
Число поднесущих макс	72	180	300	600	900	1200
Эффективная полоса (В), МГц	1,08	2,7	4,5	9	13,5	18
Мощность теплового шума (КТВ) в полосе В, дБм	- 113	- 109	- 107	-104	-102	-101
Пропускная способность, МБит/с						
- нормальный префикс	6,05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

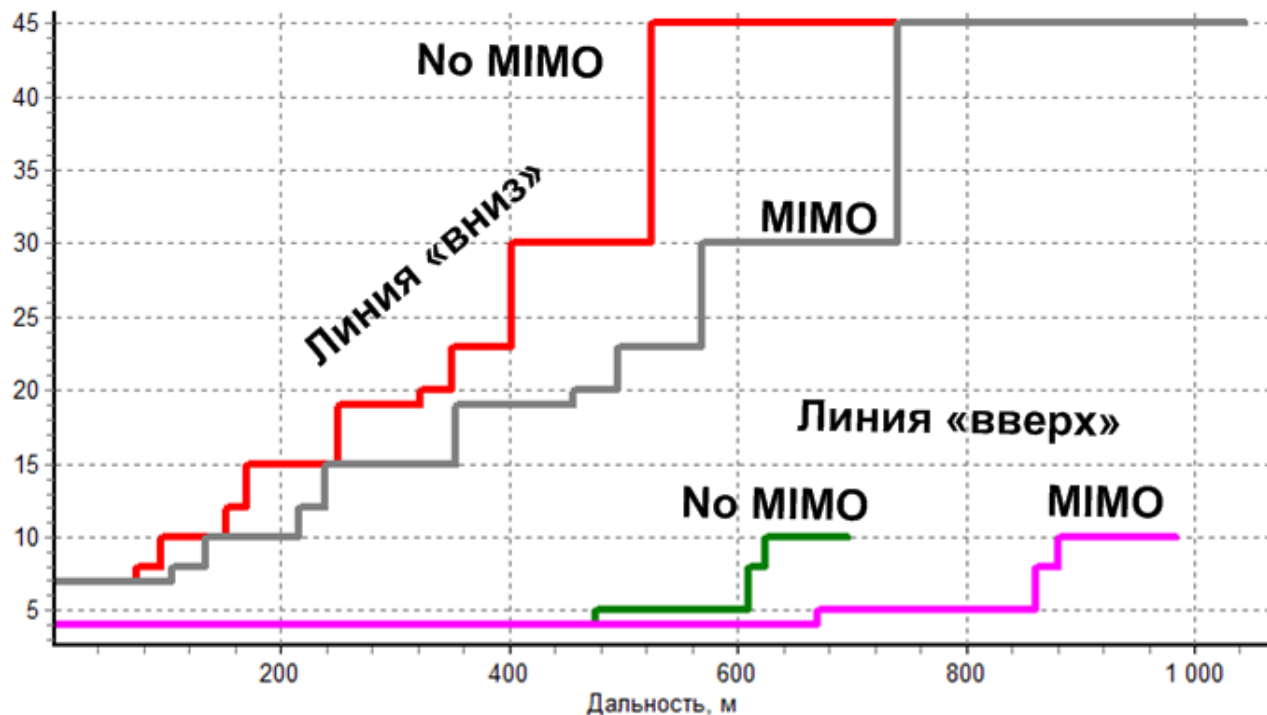


Моделирование работы системы
для различных полос частот

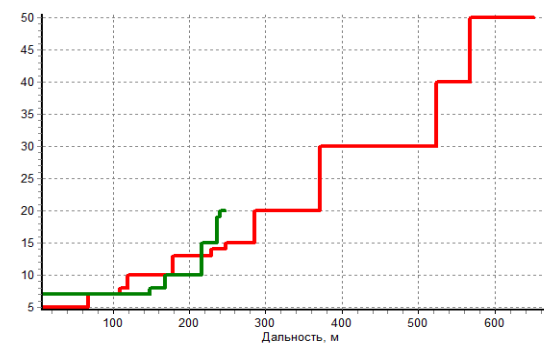


Особенности ЧТП сетей стандарта LTE (на примере ж.д. радиосвязи)

Выбор схемы MIMO

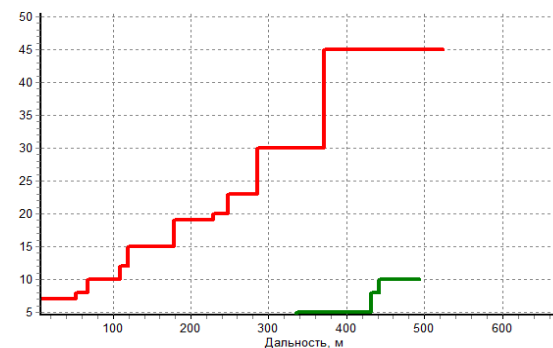


Выбор конфигурации кадра TDD –
обеспечение максимальной дальности



6:2:2

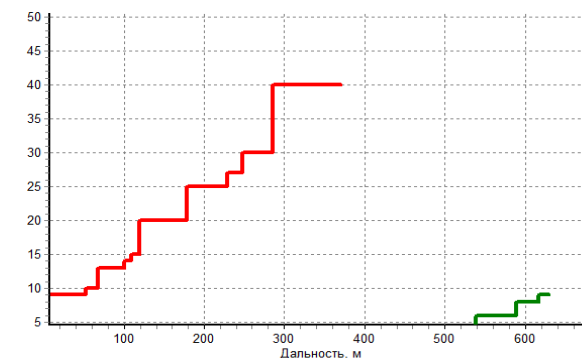
Красная линия –
прямое
направление,
зеленая линия –
обратное
направление



4:4:2

Баланс по
дальности
прямого и
обратного
направлений

3:5:2



1. Разработка частотно-территориального плана является одним из ключевых этапов при развертывании новых или модернизации действующих сетей профессиональной радиосвязи, который в конечном счете определит качество и надежность обслуживания на заданной территории
2. В отличие от публичных сотовых сетей, ЧТП сетей профессиональной радиосвязи требует применения современного программно-методического обеспечения и участие подготовленных специалистов для обеспечения требуемых точности, надежности и достоверности прогноза
3. Сети стандарта DMR 160 МГц при правильно выполненном ЧТП – великолепные узкополосные системы голосовой связи и низкоскоростной передачи данных
4. Сети стандарта LTE при правильно выполненном ЧТП – великолепные адаптивные высокоскоростные системы передачи данных
5. В качестве программного обеспечения для ЧТП может быть использована САПР «Альбатрос» (ИКЦ «Северная Корона»)
6. Значительную роль играет уровень подготовки и опыт специалистов, выполняющих работы по ЧТП



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