

УДК 621.396

О.И. Бокова, С.В. Канавин, Н.С. Хохлов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАЗЕМНЫХ РАДИОСИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ
ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ
ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Воронежский институт МВД России

В статье рассматриваются особенности проектирования наземных радиосистем передачи информации с помощью специализированных программных комплексов «Зона – Подвижная радиосвязь» и «Территория». Показаны возможности их применения для расчета качественных показателей радиолинии и частотно-территориального планирования сетей подвижной радиосвязи.

Ключевые слова: программные комплексы проектирования, частотно-территориальное планирование, подвижная радиосвязь.

В случаях, когда необходимо реализовать надежный канал передачи информации в сложных топографических условиях или промышленных зонах, одним из решений могут стать наземные радиосистемы передачи информации. Для автоматизации процесса разработки, планирования и применения таких систем, целесообразно использовать программные комплексы автоматизированного проектирования на основе существующих рекомендаций (МСЭ: Р.530 (2009 г.), Р.1812-1 (2009 г.), Р.1546-4 (2009 г.), Р.526-11 (2009 г.)) [1-4]. Комплексы автоматизированного проектирования позволяют проводить компьютерное моделирование распространения сигнала с учетом различных препятствий, а также уровня застройки и рельефа местности. Используемые при их построении методы исследования можно разделить на две группы: численные, учитывающие непосредственное взаимодействие излучения с веществом и возникающие в связи с этим эффекты (дифракция, отражение, преломление и др.), и полуфеноменологические, основанные на введении экспериментальных или эмпирически определенных коэффициентов затухания для того или иного типа ландшафта. В России созданием программного обеспечения для проектирования занимаются такие компании как: Санкт-Петербургский филиал "Ленинградского отделения научно-исследовательского института радио" г. Санкт-Петербург с линейкой ПК «Балтика»; ООО «Центр телекоммуникационных технологий» г. Новосибирск с ПК «ProfEdit», «DRRL», «RadioPlanner» и др. Одним из разработчиков таких специализированных программных комплексов является ЗАО «Информационный Космический Центр «Северная Корона» г. Санкт-Петербург.

Для расчета трасс цифровых радиорелейные линии (ЦРРЛ), в том числе с пассивным ретранслятором (РТР) в режиме «точка-точка» в диапазоне частот от 30 МГц до 250 ГГц с учетом геоклиматических

факторов по показателям качества и готовности применяется программный комплекс «Территория».

Программный комплекс (ПК) обеспечивает расчет как линий прямой видимости (открытых), так и линий с дифракционными потерями (полуоткрытых и закрытых). Учитываются условия возникновения замираний (гладких и частотно-селективных) вследствие многолучевого распространения радиоволн и субрефракции, поглощения и рассеяния в осадках. Учет частотно-селективных замираний (на основе метода сигнатуры) позволяет производить расчеты для линий со скоростями до 155 Мбит/с. Проведение расчетов обеспечивается для любой конфигурации современного радиорелейного оборудования, включая поддержку расчетов для случаев пространственного, частотного, пространственно-частотного и углового разнесения, а также передачи на ортогональной поляризации. Поддерживается режим расчета РРЛ с пассивным ретранслятором (плоский отражатель или «спина к спине»). При этом дополнительно отображаются расчетные данные наведения антенн («спина к спине») или направление нормали (плоский отражатель) РТР. При наличии участков, подозрительных на отражения, загорается транспарант «Отражения». Поиск участков отражения проводится автоматически для всех возможных условий рефракции атмосферы и по всему интервалу с учетом местных предметов. При наличии условий возникновения субрефракции (для 99.9%) загорается транспарант «Субрефракция». Необходимые для выполнения расчета геоклиматические параметры автоматически подгружаются из встроенных цифровых карт БР МСЭ. При необходимости, ввод геоклиматических параметров может быть выполнен в ручном режиме.

Методическую основу составляют:

- Рекомендация МСЭ-R P.530 (2007 или 2009г). Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, требующиеся для проектирования наземных систем прямой видимости;
- Методика расчета трасс цифровых РРЛ прямой видимости в диапазоне частот 2 – 20 ГГц; Москва, 1998 г [5].
- Программный комплекс поддерживает все основные форматы цифровых карт местности (ЦКМ): растровые: (SRTM1, SRTM3, GTOPO30) и векторные (ESRI SHAPE). При наличии ЦКМ форматов ГИС, MapInfo, Панорама и др., они могут быть конвертированы в универсальный SHAPE-формат средствами самих ГИС.

Основные результаты расчета в ПК «Территория»:

- показатель качества по ошибкам в периоды готовности линии (SESR,%) и его составляющие (гладкие и частотно-селективные

замирания) для углового, пространственного, частотного и пространственно-частотного разнесения;

- показатель неготовности (Кнг, %);
- медианный уровень высокочастотного сигнала на входе приемника;
- запас уровня высокочастотного сигнала на входе приемника;
- постоянные составляющие потерь на трассе;
- надежность УКВ-радиолинии (при расчете УКВ-радиолиний) и др.

Основные исходные данные и результаты расчета экспортируются в Excel для генерации отчета.

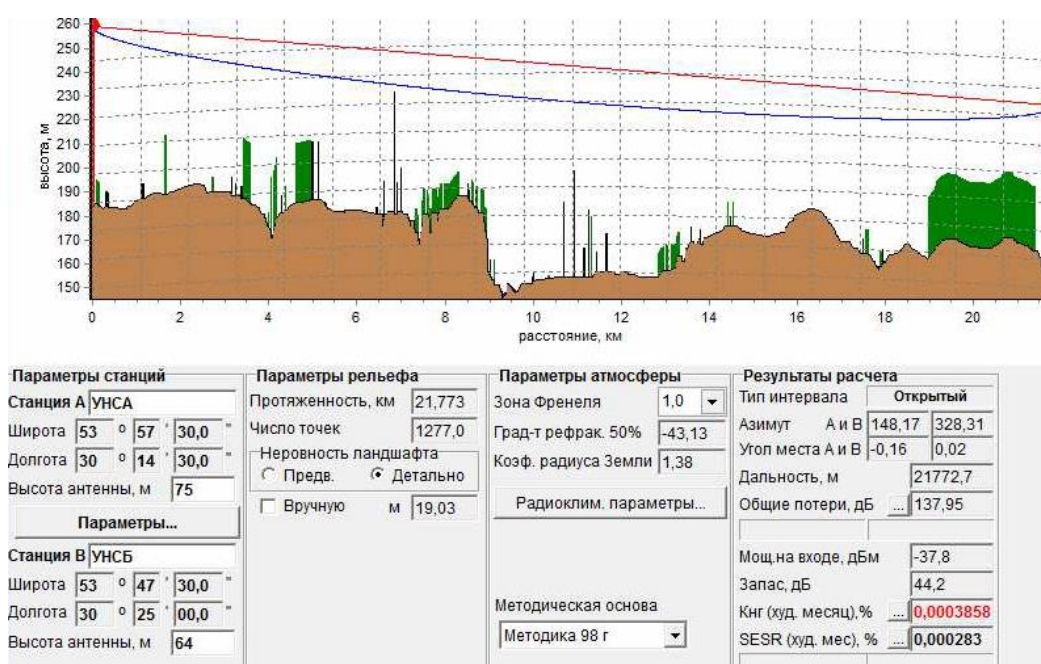


Рисунок 1- Пример профиля интервала, построенный в ПК «Территория»

Программный комплекс «Зона – Подвижная радиосвязь» предназначен для частотно-территориального планирования (ЧТП) сетей профессиональной подвижной и технологической радиосвязи (TETRA, DMR, GSM-R и др.) с учетом геоклиматических факторов в режимах «точка-зона» и «точка - многоточка». Рабочий диапазон частот: от 30 МГц до 10 ГГц. Программный комплекс обеспечивает расчет зон радиопокрытия и диаграмм уровней сигналов и помех сети радиосвязи (дуплексной или симплексной) для заданного проекта мест и времени с учетом внутрисистемной ЭМС. Встроенная геоинформационная система (ГИС), заложенные современные модели прогноза распространения радиоволн, мощный инструментарий и широкие функциональные

возможности создают все необходимые условия для оперативного и качественного выполнения работ по ЧТП [6].

Комплекс поддерживает практически все возможные конфигурации приемо-передающих трактов базовых станций (БС). Встроенная библиотека диаграмм направленности антенн (ДНА) позволяет импортировать готовые ДНА из файлов или оперативно создавать новые.

Для повышения оперативности ввода исходных данных используется принцип формирования параметров БС по «кубикам»: вначале вводятся данные об используемых в сети типах антенн, приемников и передатчиков, а затем осуществляется сборка приемо-передающих трактов каждой БС путем выбора оборудования по типу и настройки частных параметров (например, углов ориентации антенн).

В качестве методической основы используются рекомендации МСЭ: Р.1812-1 (2009 г.), Р.1546-4 (2009 г.), Р.526-11 (2009 г.), а также ряд других. Выбор методики расчета осуществляется пользователем.

Встроенная ГИС собственной разработки поддерживает работу практически со всеми основными форматами цифровых карт местности (ЦКМ): растровые (SRTM1, SRTM3, GTOPO30) и векторные (ESRI SHAPE). При наличии ЦКМ форматов ГИС MapInfo, Панорама и др. они могут быть конвертированы в универсальный SHAPE-формат средствами самих ГИС.

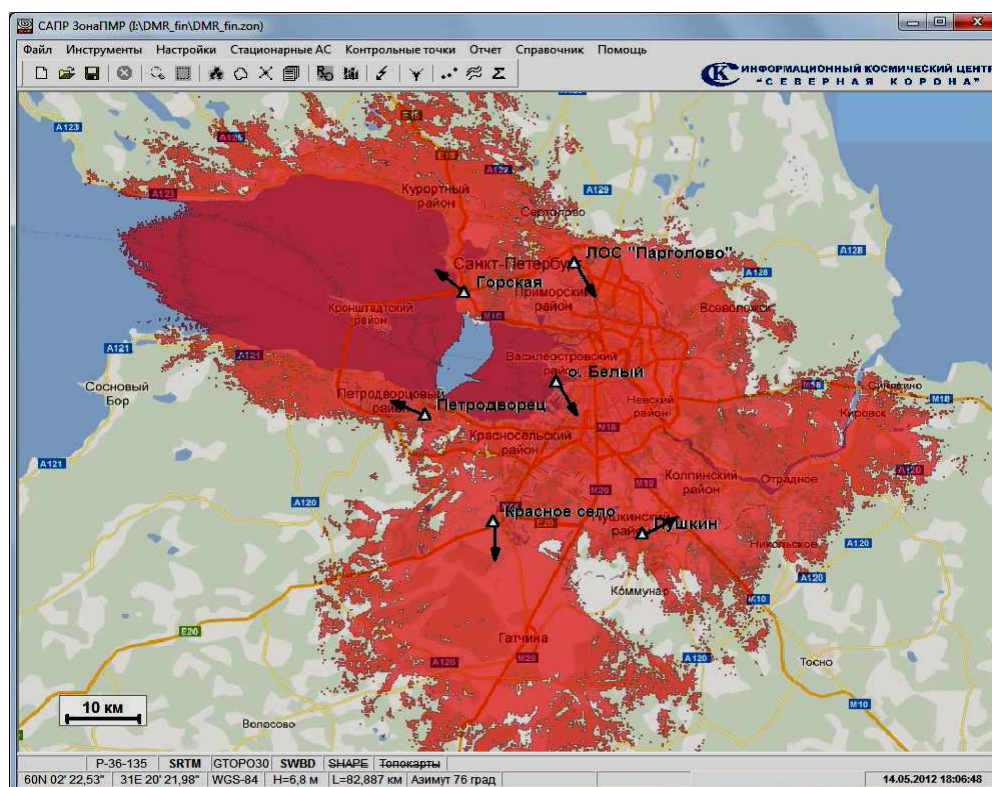


Рисунок 2 - Примеры зоны радиопокрытия

Отображение инфраструктуры сети и зон радиопокрытия может быть выполнено как на основе ЦКМ, так и на отсканированных листах топографических карт или спутниковых снимках и картах Google.

Инструмент привязки топографических карт обеспечивает их оперативную привязку и «бесшовное склеивание». Встроенный конвертор поддерживает работу в любой системе координат: WGS-84, СК-42, СК-95.

Отображение зон радиопокрытия может быть выполнено для заданной кратности покрытия (БС или трактами). При необходимости, могут быть построены зоны, в пределах которых выполняются требования для заданной напряженности поля. Необходимые для выполнения расчета геоклиматические параметры автоматически подгружаются из встроенных цифровых карт БР МСЭ.

При выполнении работ по ЧТП сети, где радиопокрытие необходимо обеспечить на протяженных не площадных участках (железная или автомобильная дорога, речные фарватеры, трубопроводы и т.д.) используется функционал, обеспечивающий построение диаграмм уровней сигналов и помех, а также отношений «сигнал/помеха» по основному и соседнему каналам приема на участке планирования. Данный функционал позволяет на порядок сократить время выполнения ЧТП сети без потери качества планирования.

Отдельный инструмент предназначен для получения численной оценки качества выполненного ЧТП. Он позволяет оперативно получить информацию о процентах невыполнения требований на участке планирования по сигналу (насколько правильно выбраны места размещения БС, высоты подвеса антенн, режимы работы передатчиков), по помехам (насколько правильно назначены частоты в сети) и суммарно.

Набор инструментов по анализу зон радиопокрытия и сигнально-помеховой обстановки на участках планирования позволяет:

- детально оценить уровень сигнала в зоне радиопокрытия (в прямом и обратном направлениях) с отображением профиля интервала;
- получать данные об уровне сигнала (помех) от всех доступных БС в произвольной точке на карте,
- выявлять причины возникновения помеховых ситуаций;
- оперативно вырабатывать решения по ликвидации помеховых ситуаций.

Режим расчета «точка-многоточка» позволяет выполнить расчет сети, включающей базовые и стационарные абонентские станции. Основные исходные данные и результаты расчета экспортируются в виде отчета в Excel. Построенные зоны радиопокрытия сохраняются в файле проекта и могут быть экспортированы в графический файл.

Опыт частотно-территориального планирования сетей подвижной радиосвязи свидетельствует о необходимости соблюдения следующих рекомендаций [1, 6]:

- необходима строгая этапность планирования;
- при планировании должны использоваться модели прогнозирования радиопокрытия, учитывающие особенности рельефа;
- для объективной оценки качества радиопокрытия следует использовать количественные показатели;
- необходимо использовать специализированное программное обеспечение, учитывающее особенности технологии и специфику планирования радиосетей.

Следование этим рекомендациям позволит повысить качество частотно-территориального планирования, исключить ошибки и снизить затраты не только на строительство, но и на эксплуатацию сети.

Программные комплексы «Зона – Подвижная радиосвязь» и «Территория» применяется в учебном процессе Воронежского института МВД России на кафедре инфокоммуникационных систем и технологий для курсантов и слушателей радиотехнического факультета, обучающихся по специальности 210701.65 – «Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи», а также для практических сотрудников повышающих свою квалификацию по категории «Сотрудники подразделений связи, обеспечивающие управление и работоспособность цифровых систем радиосвязи». ПК «Зона – Подвижная радиосвязь» и «Территория» нашли широкое применение в качестве инструментов проектирование наземных радиосистем передачи информации не только в учебных заведениях, проектных организациях, но и в практических подразделениях МВД России. Использование специализированных программных комплексов позволит автоматизировать деятельность по проектированию, сократить время, затрачиваемое на работу и иметь актуальную информацию о возможности построения радиосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Частотно-территориальное планирование систем подвижной радиосвязи органов внутренних дел нового поколения: методические рекомендации / под ред. Боковой О.И. – Воронеж, Воронежский институт МВД России, 2013. – 39 с.
2. Рекомендация МСЭ-R P.1546-4. Метод прогнозирования для трасс связи «пункта с зоной» для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц. – Женева: ITU, 2010.

3. Рекомендация МСЭ-R P.1812-1. Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб «из пункта в зону» в диапазонах УВЧ и ОВЧ. – Женева: ITU, 2010.
4. Методика расчета трасс цифровых РРЛ прямой видимости в диапазоне частот 2 – 20 ГГц; Москва, 1998 г
5. Рекомендация МСЭ-R P.530-13. Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, требующиеся для проектирования наземных систем прямой видимости. – Женева: ITU, 2010.
6. Е.О. Гладкова, А.А. Гриценко, В.А. Жиров, Ю.А. Молотков (ЗАО «Центр «Северная корона») Частотно-территориальное планирование сетей подвижной профессиональной радиосвязи стандарта DMR / http://www.spacecenter.ru/Resurses/2012/PGUPS_DMR_2012.pdf.

O.I. Bokova, S.V. Kanavin, N.S. Khokhlov
**PLANNING OF TERRESTRIAL WIRELESS COMMUNICATION
THROUGH SPECIALIZED SOFTWARE**

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia

The article discusses the features of the design of terrestrial radio transmission of information using specialized software systems "Zone - Mobile radio" and "territory". The possibilities of their use for the calculation of quality indicators and radio frequency-spatial planning of mobile radio networks.

Keywords: software engineering systems, frequency planning, mobile radio.

REFERENCES

1. Chastotno-territorial'noe planirovanie sistem podvizhnoj radiosvjazi organov vnutrennih del novogo pokolenija: metodicheskie rekomendacii / pod red. Bokovoj O.I. – Voronezh, Voronezhskij institut MVD Rossii, 2013. – 39 s.
2. Rekomendacija MSJe-R R.1546-4. Metod prognozirovanija dlja trass svjazi «punkta s zonoj» dlja nazemnyh sluzhb v diapazone chastot ot 30 MGc do 3000 MGc. – Zheneva: ITU, 2010.
3. Rekomendacija MSJe-R R.1812-1. Metod prognozirovanija rasprostraneniya signala na konkretnoj trasse dlja nazemnyh sluzhb «iz punkta v zonu» v diapazonah UVCh i OVCh. – Zheneva: ITU, 2010.
4. Metodika rascheta trass cifrovyh RRL prjamoj vidimosti v diapazone chastot 2 – 20 GGc; Moskva, 1998 g
5. Rekomendacija MSJe-R R.530-13. Dannye o rasprostranении radiovoln i metody prognozirovanija, trebujushhiesja dlja proektirovanija nazemnyh sistem prjamoj vidimosti. – Zheneva: ITU, 2010.

6. Е.О. Gladkova, А.А. Gricenko, V.A. Zhirov, Ju.A. Molotkov (ZAO «Centr «Severnaja korona») Chastotno-territorial'noe planirovanie setej podvizhnoj professional'noj radiosvjazi standarta DMR / http://www.spacecenter.ru/Resurses/2012/PGUPS_DMR_2012.pdf.