

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС поддержки принятия решений при планировании сетей связи силовых структур

Е.Зайчик, к.т.н., эксперт ООО "Инфотел"/ zaem@mail.ru,
С.Одоевский, д.т.н., директор по развитию ООО "Инфотел",
В.Степанец, к.т.н., генеральный директор ООО "Инфотел",
В.Тучин, старший инженер службы технической
поддержки ООО "Инфотел"

УДК 621.396, DOI: 10.22184/2070-8963.2020.87.2.26.31

В статье описывается применение программного комплекса для поддержки принятия решений при планировании сетей подвижной и фиксированной связи в силовых структурах.

Стихийные бедствия, техногенные катастрофы и иные чрезвычайные ситуации (ЧС), к сожалению, становятся все более частыми, масштабными и разрушительными. Задачи обеспечения общественной и корпоративной безопасности, предотвращения и ликвидации последствий ЧС выдвигают на первый план вопросы повышения эффективности применения сил и средств силовых структур, спасателей и ликвидаторов. Эффективность применения сил и средств силовых структур показывает степень достижения конечной цели (спасательной операции) всеми принимаемыми мерами по отношению к затратам всех видов ресурсов.

Практика показала, что самая совершенная техника и значительные человеческие ресурсы могут простаивать при отсутствии грамотно организованной системы управления. Приоритетное развитие и комплексирование систем сбора, обработки и обмена информации в направлении автоматизации процессов управления являются наиболее быстрым и экономичным путем,

позволяющим в несколько раз увеличить возможности имеющихся сил и средств силовых структур за счет их правильного распределения, маневра и сокращения времени простоя. Одним из направлений повышения эффективности системы управления является оптимизация средств управления, материальной основой которых является система связи.

Общая задача системы связи – обеспечение своевременного, достоверного и безопасного информационного обмена между пунктами управления, комплексами средств автоматизации различных уровней управления при минимальных затратах всех видов ресурсов. Выполнение этой сложной задачи включает решение целого ряда взаимоувязанных подзадач как технического, так и организационного плана, касающихся выбора, планирования и применения сил и средств связи.

Де-факто сети подвижной радиосвязи (включая сотовую связь) давно и успешно применяются в работе силовых структур, в том числе и в



Рис.1. SWOT-анализ применения сетей сотовой связи в Вооруженных силах РФ

Вооруженных силах РФ. Использование сетей подвижной связи позволяет максимально приблизить средство связи к лицам, принимающим решение и сбалансировать потребности автоматизированных систем контроля и управления и возможности систем связи по обеспечению своевременной, достоверной и безопасной передачи требуемых видов и объемов информации в условиях воздействия всевозможных дестабилизирующих факторов. В качестве примера на рис.1 представлен SWOT-анализ, который показывает преимущества и недостатки применения сетей сотовой связи в Вооруженных силах РФ.

Однако преимущества сетей подвижной радиосвязи могут оказаться утерянными без обеспечения их качественного автоматизированного планирования и оптимизации. Под планированием сетей подвижной радиосвязи будем понимать синтез топологии сети и пространственно-технических характеристик ее элементов, которые удовлетворяют требованиям к информационному обмену с учетом ограничений и воздействия дестабилизирующих факторов. Учитывая

информационно-расчетную сложность задач планирования сетей подвижной радиосвязи, невозможно достигнуть высокой оперативности и обоснованности принимаемых при этом решений без применения специализированных программно-аппаратных комплексов с использованием компьютерного моделирования [1].

Для реализации автоматизированного планирования сетей подвижной и фиксированной радиосвязи в силовых структурах предлагается использовать программный комплекс ONEPLAN RPLS, который может устанавливаться на защищенный ноутбук/планшет для реализации отдельного автоматизированного рабочего места или обеспечивать удаленную работу для множества пользователей в виде сервера приложений и данных. Целевое назначение программно-аппаратного комплекса – это поддержка принятия своевременных и обоснованных решений по оперативному обеспечению связью аварийно-спасательных бригад, созданию условий для безотказной работы радиосвязи в экстремальных ситуациях, обеспечению требуемой зоны радиопокрытия, заданной надежности

линий беспроводного радиодоступа и радиорелейных линий, а также пропускной способности транспортных сетей связи (первичных и опорных) на основе автоматизации выполнения расчетных задач [2].

Программный комплекс (ПК) ONEPLAN RPLS позволяет оперативно принимать обоснованные решения при решении следующих основных задач планирования развертывания сетей подвижной радиосвязи:

- определение мест развертывания элементов сетей подвижной радиосвязи и беспроводного широкополосного доступа выбранных технологий для обеспечения зоны радиопокрытия заданной площади и формы конфигурации с учетом вида и интенсивности трафика, особенностей рельефа, застройки, растительности и климатических параметров региона;
- построение профилей радиорелейных интервалов с учетом географических и радиоклиматических особенностей района развертывания и оценка пригодности интервалов для обеспечения связи требуемого качества и надежности;
- поиск оптимальных основных и резервных маршрутов на транспортных сетях с учетом загрузки участков сети и поиск альтернативных маршрутов при перегрузке линий.

Для выполнения указанных задач состав ПК ONEPLAN RPLS имеет модульную структуру и позволяет формировать конфигурации под решение конкретных задач:

- ONEPLAN RPLS-DB: сбор, загрузка, редактирование, обновление, хранение исходных данных, взаимодействие с БД и информационными системами, интеллектуальные конвертеры данных, подготовка цифровых моделей местности;
- ONEPLAN RPLS-DB RFP: радиочастотное планирование аналоговых и цифровых систем радиосвязи и беспроводного широкополосного доступа в диапазоне частот от 30 МГц до 30 ГГц, модели топологии сети радиодоступа, оборудования БС и трафика, анализ радиопокрытия сети и интерференции, расчет частотно-территориального плана, анализ измерений радиосигналов, автоматическая оптимизация пространственно-технических параметров сети;
- ONEPLAN RPLS-DB Link: планирование и оптимизация радиорелейной связи типа точка-точка и точка-многоточка в диапазоне частот от 100 МГц до 350 ГГц, модели сети радиорелейной связи, оборудования РРС и условий распространения радиоволн, расчет РР интервалов

и линий по пяти методам, расчет частотно-территориального плана и внутрисистемной ЭМС, оптимизация параметров РРС, автоматический подбор оборудования, отчеты;

- ONEPLAN RPLS-DB TE (Traffic Engineering): модели транспортной сети, оконечных и транзитных элементов, логическая структура TDM/IP/MPLS / Ethernet на уровне потоков данных, поиск основных и резервных маршрутов на сети, расчет емкости и пропускной способности;
- Sazon – автономный модуль расчета санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки от передающих радиотехнических объектов по электромагнитному фактору в соответствии с руководящими документами.

В результате решения информационно-расчетных задач и моделирования функционирования сетей с учетом реальной окружающей обстановки определяются координаты размещения и технические параметры элементов сети подвижной радиосвязи, показатели качества линий привязки. По результатам планирования автоматически формируются распорядительные документы для развертывания каждого сетевого элемента. Отличительной особенностью является то, что указанные программные модули могут использоваться как комплексно (в составе ПК ONEPLAN RPLS), так и автономно для решения отдельных узкоспециализированных задач радиопланирования. Например, для начального номинального планирования размещения базовых станций используется модуль ONEPLAN RPLS-DB RFP NEO, а для планирования интервалов и линий радиорелейной связи используется модуль ONEPLAN RPLS-DB Link.

С помощью ПК ONEPLAN RPLS оперативно осуществляется радиопланирование и оптимизация сетей подвижной радиосвязи и беспроводного ШПД, ведомственных сетей УКВ-радиосвязи, аналоговых и цифровых сетей транкинговой связи, включая TETRA и DMR, совместное планирование 2G/3G/4G-сетей с поддержкой технологий GSM/GPRS/EDGE, CDMA2000/EV-DO, UMTS/HSPA+, LTE, LTE-Advanced; Wi-Fi, WiMAX, WiMIC, McWill с использованием исчерпывающего инструментария для автоматизированного расчета зон радиопокрытия, оценки качества услуг связи, распределения частот и PCI-кодов, списков соседних сот, анализа измерений и статистики; автоматизированной комплексной оптимизации пространственно-технических характеристик базовых станций с учетом затрат на реализацию решений.

Таблица 1. Данные о величине ошибки расчета уровня радиосигнала на входе приемника для различных стандартов сетей подвижной радиосвязи

Стандарты сетей мобильной связи	Средняя ошибка, дБ	СКО, дБ	Коэффициент корреляции
Конвенциональная радиосвязь (146–174 МГц)	0	5,27	0,94
TETRA 400–430 МГц	0	5,97	0,93
2G 900 МГц	0	4,72	0,91
3G UMTS 2100 МГц	0	5,35	0,89
4G LTE	0	5,25	0,95

Качество радиопланирования в значительной мере зависит от точности прогнозирования уровня радиосигнала на входе приемника, поэтому в ПК ONEPLAN RPLS используются известные и оригинальные модели расчета потерь радиосигналов, проверенные реальными экспериментами:

- модель MCЭ-R P.370-7, Okumura Hata, COST 231 Walfisch Ikegam;
- модель MCЭ-R P.1546-6;
- модель Ksj-Bertoni;
- модель Дего (дифракция на клиновидных препятствиях);
- оригинальная модель Metod B;
- оригинальная многолучевая модель SOFDMA (Raytracing);
- оригинальная универсальная комбинированная модель расчета (УКМР), построенная на основе Рекомендаций MCЭ-R P.525-4/526-14, 833-9, 1812-4, 2108-0, 2109-1, а также методов Введенского, Хата, Ольсбрука. Диапазон модели от 30 МГц до 60 ГГц.

Типовая величина ошибки расчета уровня радиосигнала на входе приемника по сравнению с реальными измерениями радиосигналов различных диапазонов радиочастот и стандартов сетей подвижной радиосвязи приведена в табл.1.

Указанная в табл.1 величина ошибки обеспечивается в результате автоматической калибровки моделей расчета на основании измерений уровней радиосигналов с координатной привязкой, полученных в ходе драйв-тестов. Результаты измерений, полученные различными приборами (TEMS, NEMO, Actix, R&S,

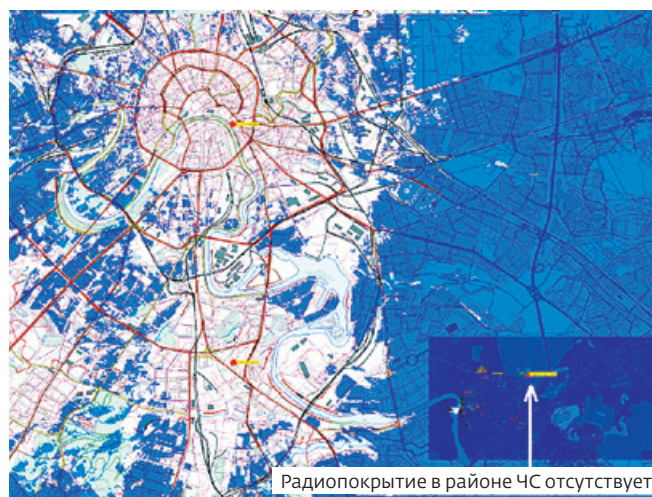


Рис.2. Тематическая карта радиопокрытия стационарной сети связи

Agilent), загружаются в программный модуль ONEPLAN RPLS-DB, который ранжирует измерения по типам интервалов связи, проводит статистическую обработку и рассчитывает корректирующие коэффициенты для модели расчета уровней радиосигнала.

Другим определяющим показателем качества планирования сетей подвижной радиосвязи является время необходимых расчетов частотно-территориального плана (ЧТП), например зоны радиопокрытия. В ПК ONEPLAN RPLS применены оригинальные методы ускорения расчетов радиопокрытия и ЧТП, которые позволяют при незначительном (на 5–8%) снижении точности вычислений значительно увеличить скорость расчетов радиопокрытия (до 10 раз). При этом ограничений на размер территории нет. Реализованные многопроцессорные расчеты и распределенные вычисления позволяют дополнительно сократить время планирования и рационально использовать вычислительные мощности рабочих мест.

Обеспечение связью оперативных групп МЧС России и других силовых структур в полевых условиях осуществляется с помощью носимых и возимых средств УКВ-радиосвязи. С целью увеличения дальности радиосвязи применяются мобильные узлы связи (МУС), в состав которых входят базовые станции подвижной радиосвязи и беспроводного ШПД. Применение ПК ONEPLAN RPLS в целях обеспечения принятия своевременных и обоснованных решений при развертывании МУС в условиях ЧС включает этапы предварительного и оперативного планирования.

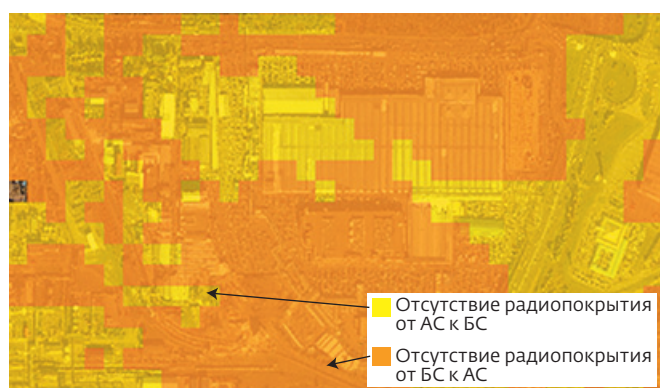


Рис.3. Увеличенный фрагмент карты радиопокрытия в двух направлениях – от АС до БС, и, наоборот – от БС к АС

На этапе предварительного планирования для оценки зоны радиопокрытия действующей (стационарной) сети связи в районе ЧС и принятия обоснованного решения о необходимости развертывания МУС выполняется расчет тематических карт радиопокрытия и уровней радиосигналов от стационарных узлов связи. Результаты предварительного планирования представляются в графическом виде (тематические карты) и в форме табличных данных. Полученные тематические карты различной цветовой гаммой показывают пространственное распределение выбранного параметра или показателя качества функционирования сети подвижной радиосвязи, например уровней радиосигналов, отношения сигнал/помеха, скорости передачи информации, доступных видов модуляции и др. На рис.2 представлен пример тематической карты радиопокрытия стационарной сети связи, который наглядно показывает, что покрытие в районе ЧС отсутствует. Для удобства сравнения вариантов топологии размещения стационарных базовых станций и МУС, а также выбора наилучшего из них программный модуль ONEPLAN RPLS-DB формирует в табличном виде статистические данные о площадях радиопокрытия каждого сектора БС (зона назначения сектора), о площадях радиопокрытия с определенными уровнями радиосигнала, о площади, на которой присутствуют внутрисистемная интерференция и внешние помехи. ПК ONEPLAN RPLS обеспечивает хранение результатов предварительного планирования, а также экспорт расчетов и тематических карт радиопокрытия в различные форматы для отображения на мониторах ситуационных центров.

На этапе оперативного планирования в случаях отсутствия связи в районе ЧС или потребности увеличения пропускной способности существующей

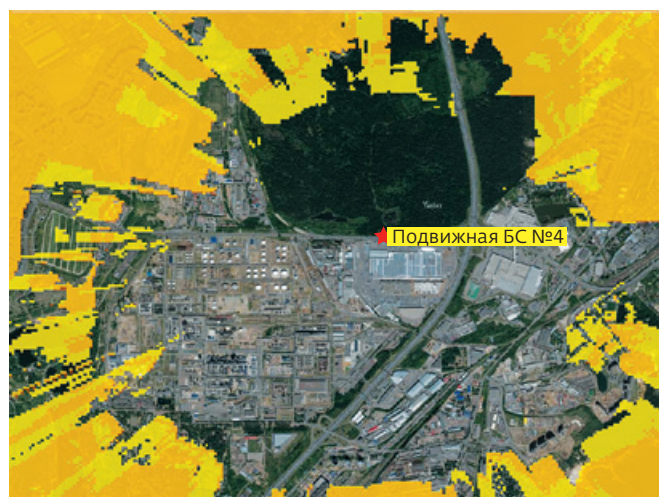


Рис.4. Тематическая карта радиопокрытия в районе ЧС от МУС

сети необходимо оперативно принять обоснованное решение о месте развертывания МУС, высотах подвеса и азимутах антенн, а также режимах работы БС. Анализ радиопокрытия на увеличенном фрагменте тематической карты (рис.3) показывает, что связь в районе ЧС отсутствует в двух направлениях – от абонентской станции (АС) до базовой станции, и, наоборот – от БС к АС. При возникновении ЧС для решения задачи оперативного планирования выбора места развертывания МУС, определения высоты подвеса и азимутов антенн, мощности передатчика и параметров базовой станции подвижной радиосвязи ПК ONEPLAN RPLS позволяет реализовать следующий алгоритм:

1. Рассчитать тематическую карту прямой радиовидимости от ближайшего к району ЧС стационарного узла связи. Определить в районе ЧС область пространства, имеющую прямую радиовидимость до стационарного узла связи и потенциально пригодную для развертывания МУС.
2. Используя детальный спутниковый снимок или видеоинформацию от беспилотного средства, выбрать место развертывания МУС и определить его координаты. Место развертывания выбирается с учетом возможности подъезда, размеров и наклона площадки развертывания МУС, а также возможности подключения к электросети.
3. Выполнить расчет тематической карты радиопокрытия в районе ЧС от МУС для возимой и носимой абонентских станций (рис.4). Анализ результатов расчета показывает, что на всей территории ЧС

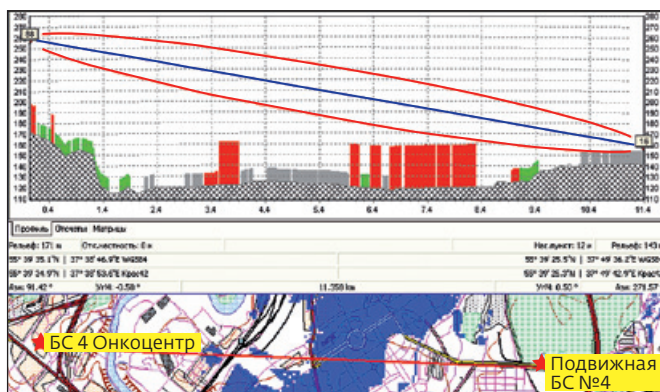


Рис.5. Профиль интервала РРЛ

обеспечивается требуемое качество связи всем спасательным бригадам.

4. Пересчитать частотно-территориальный план (ЧТП) сети подвижной радиосвязи с учетом развертывания новой базовой станции МУС, произвести оценку внутрисистемной (при необходимости внешней) интерференции и закрепить рабочие частоты за базовой станцией МУС. Функциональные возможности ONEPLAN RPLS позволяют выполнить пересчет ЧТП, оценку интерференции и назначение частот в автоматическом режиме.
5. Проверить пригодность и оценить качество связи на интервале РРЛ для привязки МУС к стационарному узлу связи или другому элементу транспортной сети (рис.5).

Если в районе ликвидации ЧС не обеспечиваются требуемые параметры надежности радиосвязи, необходимо повторить пункты 2-5 данного алгоритма.

При достижении требуемых результатов надежности радиосвязи сформировать встроенными инструментами ONEPLAN RPLS и передать

экипажу задание на развертывание МУС с указанием координат развертывания, высот подвеса и типов антенн, азимутов и наклонов для направленных антенн, основных и запасных рабочих частот, мощности передатчика.

Произвести экспорт полученных результатов в требуемые форматы и представить их в ситуационный центр в требуемом формате.

Оперативное планирование применения МУС в районе ЧС с использованием ПК ONEPLAN RPLS обеспечивает управление и взаимодействие спасательных бригад и создает объективные предпосылки для успешной ликвидации ЧС минимальными силами и средствами. Эффективность применения ONEPLAN RPLS при планировании сетей подвижной радиосвязи оценивается сокращением времени на решение расчетных задач, а также повышением обоснованности принимаемых решений на основе возможности автоматизированного анализа нескольких вариантов развертывания и наращивания сети подвижной радиосвязи, сети БШД и цифровых радиорелейных линий. Применение ПК ONEPLAN RPLS при радиопланировании сокращает время решения расчетных задач в 25-30 раз. При этом появляется возможность использовать высвободившееся время для решения других задач анализа информации и синтеза рациональной структуры системы связи, что в конечном итоге обеспечивает более высокую обоснованность принятых решений – за счет подсчета большего количества вариантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев П., Набоких Л. Форум в Кубинке: инфотелекоммуникации для армии и не только // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2019. № 5. С. 12-21.
2. Одолевский С., Степанец В. Планировать беспроводную связь с комфортом: программный комплекс ONEPLAN RPLS (ONEGA) // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2013. № 2. С. 34-39.



ИНФОТЕЛ
Интеллект. Опыт. Результат.

ONEPLAN

**ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ И УСЛУГИ
ПО ПЛАНИРОВАНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ
СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ
И ФИКСИРОВАННОЙ СВЯЗИ**



step@rpls.ru
+7 812 590-77-11
www.rpls.ru