* 1. **Проектирование сотовых систем связи**

**4.2.1. Технология проектирования сотовых систем связи.**

Проектирование – один из наиболее сложных и ответственных этапов развертывания систем сотовой связи, поскольку он должен обеспечить возможно более близкое к оптимальному построение сети по критерию эффективность/стоимость. При проектировании необходимо определить места установки БС и распределить имеющиеся частотные каналы между ячейками (составить территориально-частотный план в соответствии с принципом повторного использования частот) таким образом, чтобы обеспечить обслуживание сотовой связью заданной территории с требуемым качеством при минимальном числе БС, т.е. при минимальной стоимости инфраструктуры сети. Фактически эта задача очень сложна. С одной стороны чрезмерно частая расстановка БС невыгодна, т.к. влечет за собой неоправданные затраты. С другой стороны, слишком редкое расположение БС может привести к появлению необслуживаемых участков территории, что недоступно. Задача дополнительно осложняется трудностью аналитической оценки характеристики расположения сигналов и расчета напряженности поля, а также необходимостью учета неравномерности трафика в пределах обслуживаемой территории.

В проектируемой сети обязательно производятся экспериментальные измерения характеристик электромагнитного поля, и по результатам измерений схема сети также корректируется. Окончательно качество проекта оценивается уже на этапе эксплуатации сети, где также неизбежны его корректировка и доработка, особенно в самом начале работы, когда производятся настройка и оптимизация сети. Этот этап работы фактически оказывается наиболее трудоемким. Доработки проекта требуются по мере развития и совершенствования сети, для повышения ее качества.

Качество услуг, предоставляемых сотовыми системами связи, во многом определяется характеристиками ее подсистемы БС. В процессе планирования сети БС решаются следующие задачи:

* *Обеспечения радиопокрытия территории*, на которой должны предоставляться услуги связи;
* *Построение сети*, емкости которой будет достаточно для обслуживания создаваемого абонентами трафика с допустимым уровнем перегрузок;
* *Оптимизация решения указанных выше задач* (с использованием минимального числа сетевых подсистем и элементов) *на протяжении всего цикла сети*.

Без решения перечисленных задач нельзя обеспечить высокое качество предоставляемых услуг. Согласно определению Международного союза электросвязи, под качеством обслуживания понимают – совокупный эффект от предоставления услуг, который определяет степень удовлетворения ими абонента. Кроме технических аспектов качества работы сети в это определение включены и аспекты, связанные с предоставлением дополнительных услуг (например, таких, как передача коротких сообщений), стоимостью обслуживания, ценой и качеством работы мобильных терминалов и т.д.

На протяжении всего жизненного цикла сети число ее абонентов, объем трафика и его распределение по обслуживаемой территории постоянно изменяются. Кроме того, существуют сезонные (периодические) изменения объема трафика и его территориального распределения. Конфигурация сети БС должна адаптироваться к происходящим изменениям, поэтому ее планирование – это непрерывный процесс. В нем можно выделить несколько этапов:

* Планирование радиопокрытия;
* Планирование емкости;
* Частотное планирование;
* Анализ работы и оптимизация сети.

Такое поэтапное деление в значительной степени условно, так как все этапы тесно взаимосвязаны между собой. Последовательность этапов планирования сети БС показана на рис.4.2.1.



Рис. 4.2.1. Последовательность этапов планирования сети БС

На этапе *планирования радиопокрытия* определяется минимально необходимое число БС (сот), их оптимальное расположение на местности и радиотехнические параметры для обеспечения радиопокрытия заданной территории с требуемым уровнем мощности радиосигнала, принимаемым мобильным терминалом.

**Модели распространения радиоволн.** Условия распространения радиоволн включают 5 моделей:

* Статическая модель;
* Для сельской местности;
* Для холмистой местности;
* Для типичной городской застройки;
* Для плотной городской застройки.

В динамических моделях распространения оговорены два варианта изменения параметров, которые соответствуют условиям движения автомобиля в городе со скоростью 50 км/ч и в сельской местности – 200 км/ч.

Статическая модель характеризуется отсутствием амплитудных и фазовых искажений сигнала.

Модель распространения сигнала *в сельской местности* описывает флуктуации сигнала распределением Райса и имитирует постоянный доплеровский сдвиг частоты.

Условия распространения сигнала *над холмистой местностью* предполагают отсутствие прямой радиовидимости между приемником и передатчиком, а также наличие достаточно удаленных переотражающих объектов. Такие условия описываются двулучевой моделью со средним соотношением уровня лучей -8,6 дБ. Флуктуации сигнала на входе приемника описываются законом Релея.

Модели распространения сигнала *в городских условиях* предполагают отсутствия прямой радиовидимости между приемником и передатчиком, и наличие большого количества переотражающих объектов. Данный случай также описывается двулучевой моделью, но с другими амплитудными и временными соотношениями. Например, задержка между лучами составляет приблизительно 1/10 символа, то есть сигнал на входе приемника практически не испытывает межсимвольных искажений.