

УДК 621.317.328

С.В. Елягин

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ АНТЕНН СТАНДАРТА GSM

Приведены результаты анализа электромагнитных экранов от излучения антенн *GSM*. Даны рекомендации по организации процесса измерения и обработки результатов измерений.

Поддержано грантом РФФИ 08-07-97000-Р_поволжье_а.

В настоящее время во многих населенных пунктах одновременно работают несколько операторов сотовой связи, что приводит к повышению, как общего фона, так и локального уровня электромагнитного поля. Проведенные автором предварительные исследования центральных улиц г. Ульяновска с помощью мобильного измерительного терминала [1] показали, что средний уровень плотности потока мощности составляет 0.3 мкВт/см^2 (произведено 7788 замеров в течение трех часов, причем каждое измерение есть среднее значение 1024 измерений, полученных с интервалом в 1 мс). При этом максимальное значение плотности потока мощности достигало 6.6 мкВт/см^2 . Таким образом, можно предположить, что на верхних этажах домов плотность потока мощности может оказаться близкой к предельно допустимому значению 10 мкВт/см^2 . Следовательно, необходимо продумывать меры по организации защиты от электромагнитного излучения.

Вопросам разработки и исследованию систем защиты от электромагнитного излучения диапазонов 900/1800 МГц посвящено большое количество научных работ [2-5]. Основными и широко доступными средствами бытовой защиты населения от электромагнитного излучения являются металлические экраны, выполненные в виде сетки, сплошного металлического экрана или в виде металлизированного напыления на изоляционном материале и обеспечивающие ослабление сигнала от 3 дБ до 30 дБ [2-5]. Следует отметить, что основным методом обработки измерительных данных в современных измерительных приборах является процедура усреднения накопленных данных по времени или по точкам измерения [6].

В настоящей работе представлен результат анализа подобных экранов от излучения антенн стандарта GSM. Кроме того, при обработке измерений предлагается дополнительно учитывать значение уровня сигнала, имеющего наибольшую вероятность появления за время конкретного измерения. Исследования проводились на открытом пространстве. При этом в качестве источника излучения использовались три антенны разных операторов связи (две антенны 900 МГц и одна антенна 1800 МГц), имеющих одинаковый азимутальный угол и направленных перпендикулярно к исследуемым экранам. Сложность измерений связана с сильным влиянием местных предметов на точность измерения [3]. Открытое пространство использовалось с целью дальнейшего использования результатов измерения при исследовании свойств электромагнитных экранов, установленных в оконных проемах жилых помещений. Особенностью работы антенн стандарта GSM является достаточно сильный разброс уровня излучаемого сигнала, что подтверждается типовыми гистограммами уровня излучаемого сигнала (рис. 1а и рис. 1б), полученными на контролируемой территории.

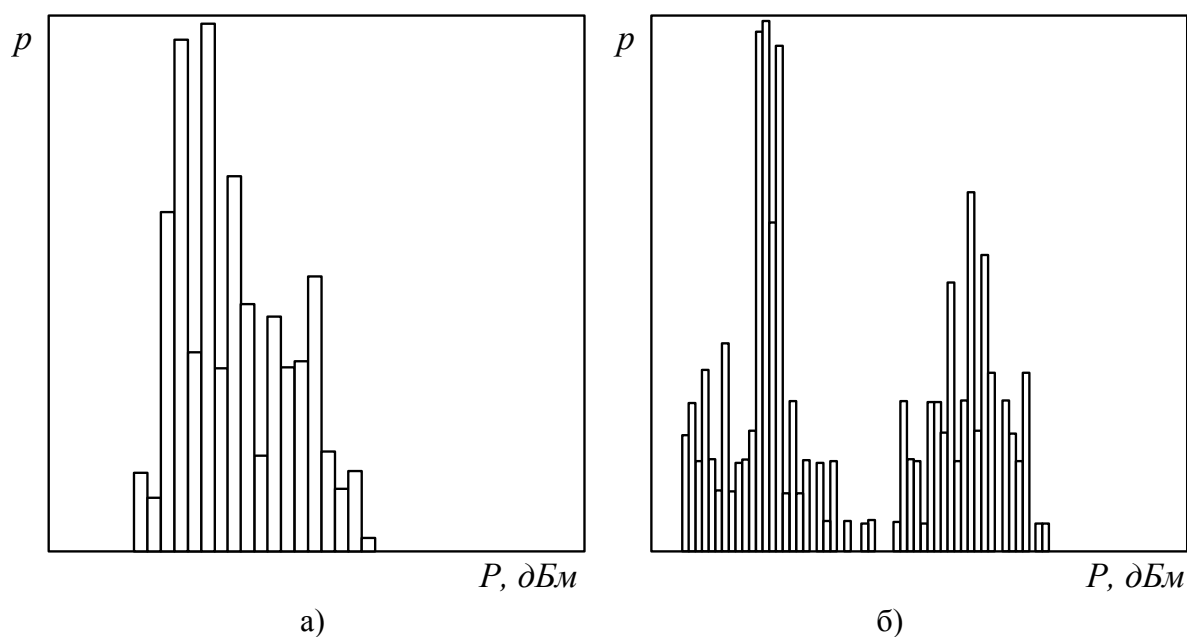


Рис. 1. Типовые гистограммы уровня излучаемого сигнала антеннами GSM

Таким образом, использование реального сигнала для определения защитных свойств электромагнитных экранов требует учета его нестабильности. Для компенсации частотно-временных флуктуаций сигнала использовался принцип накопления измерительных данных в течение нескольких минут. При этом осуществлялись несколько однотипных измерений с незначительным изменением места проведения измерений. Изменение места измерения позволяет уменьшить влияние медленных замираний контролируемого сигнала на результат исследования.

В виду того, что измеряемый сигнал имеет достаточно сильный разброс, то для определения тестового уровня использовались три метода:

1. Вычисление оценки математического ожидания уровня сигнала;
2. Построение гистограммы уровня сигнала с целью определения наиболее вероятного значения уровня сигнала за время измерения;
3. Комплексование [7] результатов вычисления уровня сигнала по первому и второму методу с одинаковыми весовыми коэффициентами.

Для сравнения точности этих методов предварительно было построено семейство экспериментальных характеристик зависимостей среднеквадратического отклонения (СКО) уровня сигнала без использования экрана, усредненных по шести различным измерениям от числа повторных измерений при различных интервалах времени накопления (см. рис. 2). Из рис. 2 видно, что СКО уровня сигнала, а, следовательно, и разброс излучаемой антеннами мощности при определенных условиях имеет наименьшее значение. Таким образом, для определения ослабления экранов будем использовать четыре повторных измерения и интервал времени накопления равный трем минутам. Следует отметить, что мобильный измерительный терминал [1] обеспечивает 45 измерений в минуту и эта величина согласуется с принятым числом (10 – 30) измерений, выполняемых на одном месте при мониторинге электромагнитной обстановки [8].

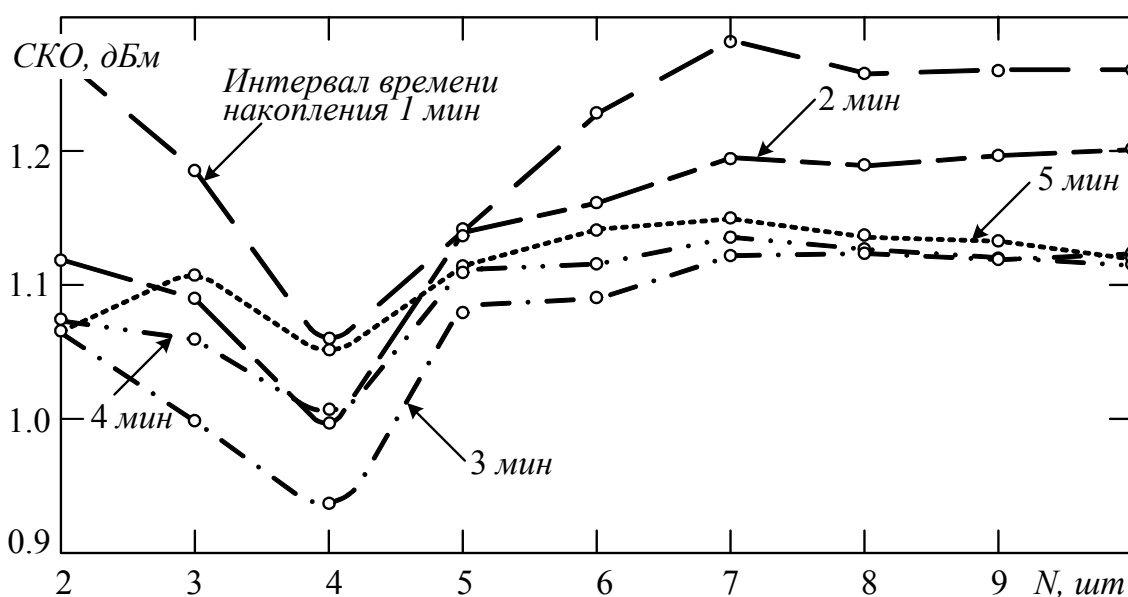


Рис. 2. Зависимость СКО уровня сигнала от числа повторных измерений при различных интервалах времени накопления

Теперь, при четырех повторных измерениях определим значение СКО для трех предлагаемых методов определения тестового уровня сигнала. Результаты анализа приведены на рис. 3, из которого видно, что наименьшее значение СКО уровня сигнала обеспечивается при использовании метода оценки математического ожидания уровня сигнала.

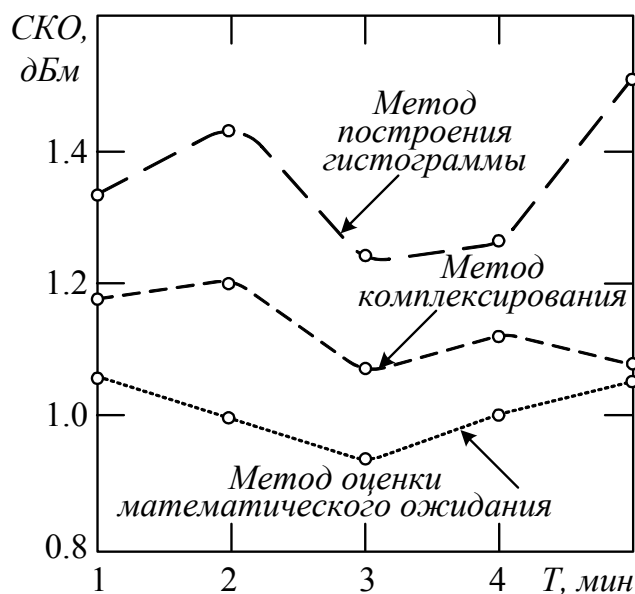


Рис. 3. Зависимость СКО уровня сигнала от интервала времени накопления при четырех повторных измерениях

Поскольку тестовые уровни сигнала по методу вычисления оценки математического ожидания уровня сигнала и методу построения гистограммы уровня сигнала определяются с помощью одного измерительного прибора, то их весовые коэффициенты принимаются одинаковыми. Проверено, что изменение весовых коэффициентов одного метода относительно другого в любом случае не приводит к улучшению результата. Следует отметить, что в методе построения гистограммы уровня сигнала наименьшее значение СКО уровня сигнала соответствует интервалу времени накопления равному трем минутам, что совпадает с методом вычисления оценки математического ожидания уровня сигнала.

Поскольку экранирующие свойства электромагнитного экрана характеризуются величиной ослабления уровня сигнала, то для его нахождения вычислялась разность значений уровня сигнала в точке измерения без экрана и с экраном. Анализировались четыре типа экрана: металлическая сетка с размером ячейки $16 \times 16 \text{ мм}^2$ (0.1 от наименьшей длины волны), алюминиевая фольга и пленка с металлизированным напылением порядка 0.2 мкм и 0.3 мкм . Кроме того, были определены значения ослабления экрана для случая экрана с заземлением. Результаты вычисления ослабления для четырех типов экранов для метода оценки математического ожидания уровня сигнала приведены в таблице. Для наглядности в ней представлены результаты измерения при различном числе повторных измерений.

Из таблицы видно, что наличие заземления не дает существенного выигрыша ослабления, кроме того, ослабление можно считать практически независимым от толщины металлизированного слоя.

Результаты измерения ослабления электромагнитных экранов

| Тип экрана | Ослабление (СКО), дБм | | | |
|------------------|-----------------------------|------------|------------------------------|------------|
| | Число повторных измерений 4 | | Число повторных измерений 10 | |
| | Заземление | | Заземление | |
| | нет | есть | нет | есть |
| Сетка | 3.8 (0.95) | 4.0 (1.29) | 4.4 (2.21) | 4.4 (1.64) |
| Фольга | 7.0 (1.61) | 7.4 (0.52) | 5.5 (2.07) | 5.9 (1.76) |
| Пленка (0.2 мкм) | 5.7 (0.61) | 5.9 (0.86) | 6.1 (1.22) | 5.9 (0.96) |
| Пленка (0.3 мкм) | 6.5 (1.38) | 7.3 (0.33) | 6.6 (1.76) | 6.9 (1.91) |

Таким образом, в работе показано, что для определения величины ослабления электромагнитного экрана с использованием мобильного измерительного терминала и сигнала антенн GSM необходимо вычислять оценку математического ожидания уровня сигнала. При этом необходимо выполнять четыре повторных измерения при интервале времени накопления равном трем минутам.

Анализ результатов показывает, что дальнейшие исследования свойств электромагнитных экранов, с целью защиты жилых помещений, следует проводить с использованием пленки с металлизированным напылением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. на полезную модель №73144 Российская Федерация, МПК7 Н04Q9/00. Мобильный измерительный терминал уровня электромагнитного поля / Елягин С.В., Армер А.И.; заявитель и патентообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. Бюл. №13, 10.05.2008.
2. <http://www.tesla.ru>
3. http://grachev.distudy.ru/Uch_kurs/sredstva/main_1_6.htm
4. http://www.ecopole.ru/zashita_naselenia.html
5. <http://www.pole.com.ru/protect.htm#protect>
6. <http://www.pole.com.ru/measure.htm>
7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов/В.Е. Гмурман. – 11-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2005. – 479 с.
8. Григорьев О.А., Меркулов А.В., Григорьев К.А. Электромагнитные поля базовых станций подвижной радиосвязи и экология. Характеристика и оценка электромагнитной обстановки вокруг базовых станций подвижной радиосвязи // Радиационная биология. Радиозащита. - 2005. - Т.45, N 6. - С.722-725.