

## КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БЕСПРОВОДНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ И БЫТОВЫХ СВЧ-ПРИБОРОВ

Интенсивное развитие бытовых и промышленных радиоизлучающих приборов приводит к увеличению их экологического воздействия на человека. Особую остроту на современном этапе приобретает контроль суммарного излучения многих мобильных телефонов в местах скопления людей (гипермаркеты, транспорт, учебные заведения государственные учреждения и др.). Нормированию излучений уделяется внимание [1, 2], однако вопросы оперативного контроля реальных уровней излучения в большинстве учреждений и в бытовых условиях практически не разработаны. Одной из причин такого несоответствия является слабое развитие (относительно радиоизлучающих приборов) недорогих портативных средств измерения мощности излучения и доз облучения радиотехнического диапазона.

Цель работы – разработка средств объективного контроля полей беспроводных телекоммуникационных сетей и бытовых СВЧ-приборов в диапазоне 0.1–3.5 ГГц. Авторами разработан комплекс для экологического мониторинга излучений, в состав которого входит малогабаритный индикатор мощности для диапазона частот 0.1–3.5 ГГц [3] и компьютер с программой обработки данных. Индикатор позволяет оценивать мощность радиоизлучения в пределах от +10 до -70 ДБм с дискретностью отсчета 10 ДБм. Программное обеспечение экологического комплекса осуществляет:

- прием сигнала, поступающего от индикатора мощности;
- вычисление дозы облучения, усредненной в пределах заданного периода накопления в пределах от 0, 01–60 с;
- вычисление и индикацию спектрограммы огибающей сигнала;
- построение гистограммы распределения частот.

На рис. 1 представлен вид экрана монитора комплекса для экологического мониторинга.

Пример огибающей регистрируемого сигнала приведен на рис. 1, а. Текущая спектрограмма (рис. 1, б) представляет собой преобразование Фурье от выборки из 2048 точек сигнала на протяжении заданного интервала накопления (по умолчанию 30 с). Частота дискретизации сигнала 8 кГц и может быть увеличена до 44 кГц. Усредненная спектрограмма (рис. 1, в) представляет собой среднее значение амплитуд спектральных составляющих за заданный период накопления (30 с). На спектрограмме (рис. 1, д) представлены плотности вероятности попадания амплитуд спектральных составляющих в заданные интервалы. Количество интервалов равно 100.

Структурная схема связи между элементами комплекса для экологического радиомониторинга приведена на рис. 2.

Из графика регистрируемого сигнала (рис. 1, а) следует, что сигналы имеют сложную форму. Для многих телекоммуникационных систем характерен импульсный режим работы. В связи с этим для сопоставления сигналов разной формы целесообразно использовать методику, основанную на расчете максимальной вероятной дозы облучения. Для вероятности попадания значения дозы в диапазон от нуля до  $x$  справедливо:

$$P = \int_0^x p(x) \cdot dx, \quad (1)$$

где  $P$  – вероятность попадания в интервал  $[0, x]$ ;  $p(x)$  – плотность вероятности распределения дозы облучения.

Оценка плотности вероятности распределения дозы может быть получена по экспериментальным данным на основе соотношения:

$$p_i(x_i) = \frac{h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (2)$$

где  $h_i$  – значение гистограммы распределения дозы.

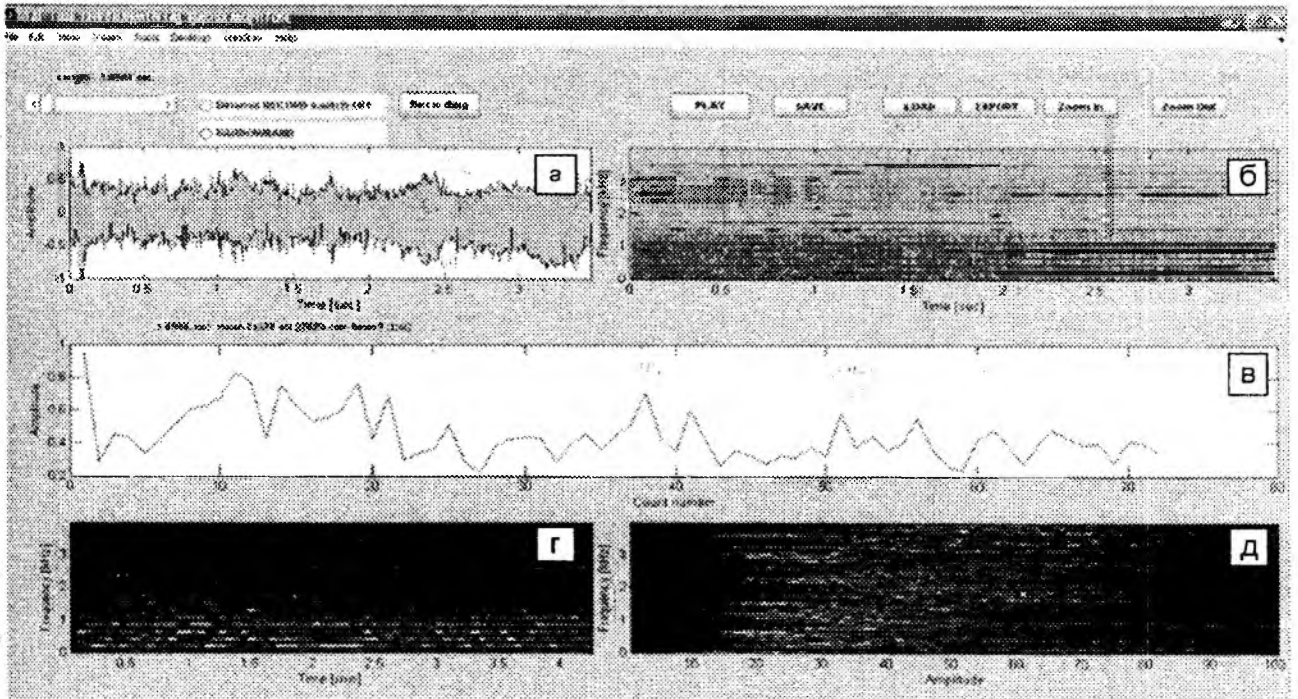


Рис. 1. Экран компьютера комплекса для экологического радиомониторинга:

*a* – огибающая входного сигнала электромагнитного излучения, *б* – спектр входного сигнала, *в* – график дозы усредненной в пределах заданного промежутка, *г* – усредненная спектрограмма сигнала, *д* – распределение амплитуд вероятности спектральных составляющих

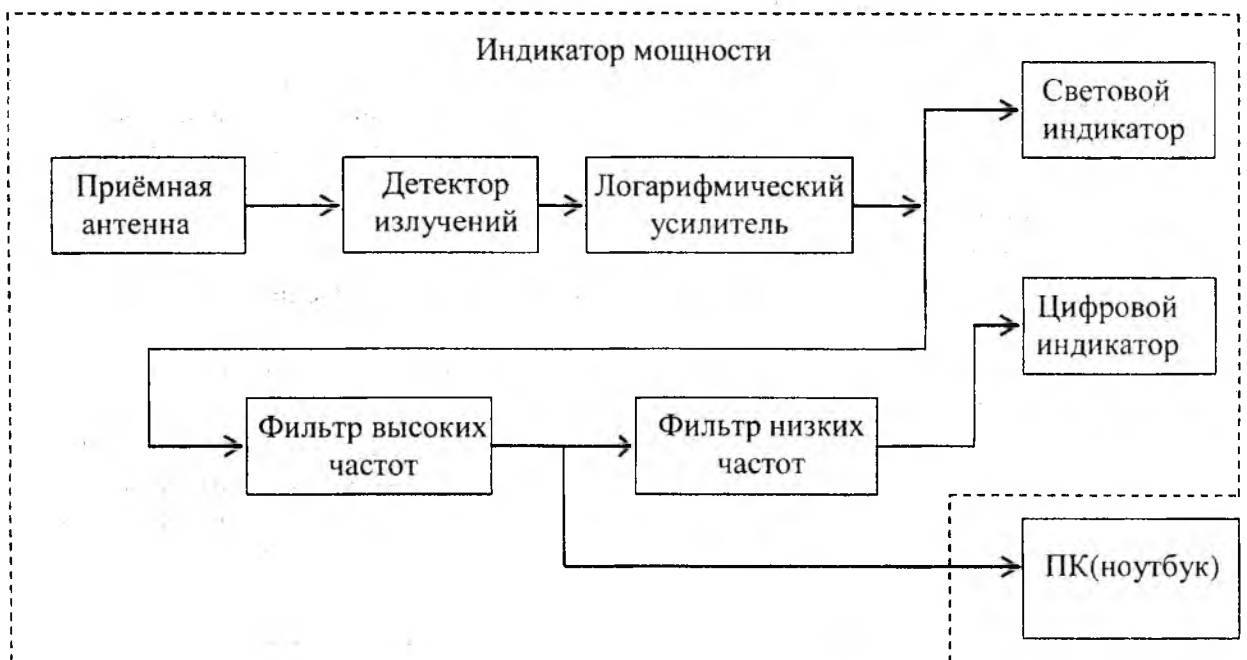


Рис. 2. Структурная схема комплекса для экологического радиомониторинга

Максимальная вероятная доза облучения  $x_{\max}$  и минимальная доза облучения  $x_{\min}$  определяются из соотношений:

$$P_{\text{задан}} = \int_0^{x_{\max}} p(x) \cdot dx, \quad (3)$$

$$1 - P_{\text{задан}} = \int_0^{x_{\min}} p(x) \cdot dx, \quad (4)$$

где  $P_{\text{задан}} = 0,999$  заданная вероятность.

Предлагаемый комплекс был использован для экологического мониторинга радиоизлучающих устройств, работающих в различных условиях. Результаты определения максимальной вероятной дозы облучения  $x_{\max}$ , средняя доля облучения  $x_{\text{ср}}$ , ее среднеквадратичное отклонение  $\sigma_x$ , вероятный уровень фоновой дозы облучения  $x_{\min}$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

|                               | СВЧ- печь | Вызов телефона Sony Eric | Вызов телефона SGHX200 | Разговор по телефону SGHX200 | Второй этаж здания | Первый этаж здания | Квартира | Аудитория 301а | Аудитория 310 |
|-------------------------------|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|----------|----------------|---------------|
| $x_{\text{ср}}$<br>желательно | 4,990514  | 3,879067087              | 3,467333814            | 4,524164212                  | 2,621227           | 3,575818           | 0,716777 | 1,714451       | 4,004377      |
| $\sigma_x$                    | 0,667485  | 0,910672998              | 0,978871382            | 1,184485566                  | 0,80818            | 0,883368           | 0,093613 | 0,475825       | 0,933481      |
| $x_{\max}$                    | 11,98348  | 10,49015317              | 9,871281773            | 12,60178512                  | 7,666992           | 9,801741           | 1,714394 | 4,856378       | 10,8092       |
| $x_{\min}$                    | 2,98806   | 1,147048093              | 0,530719667            | 0,970707514                  | 0,196688           | 0,925713           | 0,435936 | 0,286975       | 1,203934      |

На основании исследований, проведенных с использованием предлагаемого комплекса, можно сформулировать следующие выводы и рекомендации, направленные на уменьшение дозы электромагнитного облучения.

1. В связи с повышением мощности излучения мобильных телефонов в режиме вызова, рекомендуется прикладывать телефон к уху только после ответа вызываемого абонента (что можно контролировать по экрану телефона), а при ответе на вызов прикладывать телефон к уху не ранее чем через 1.2-2 с после нажатия кнопки ответа.

2. При разговоре по мобильному телефону желательно использовать проводную гарнитуру.

3. Целесообразно находиться на возможно большем расстоянии от людей, говорящих по мобильному телефону и располагаться так, чтобы говорящий был между вами и своим телефоном.

4. Рекомендуется, по возможности, избегать мест массового скопления людей, говорящих по мобильному телефону.

5. Целесообразно выключать мобильный телефон во время совещаний, конференций и учебных занятий.

6. Рекомендуется не располагать мобильный телефон и беспроводной стационарный телефон у изголовья кровати.

7. После включения СВЧ-печи необходимо отойти от нее на расстояние около 7 м.

**Список литературы:** 1. *Наказ міністерства охорони здоров'я України N 239 від 01.08.96 "Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань"* 2. *Мордачев В. И.* Оценка экологической опасности электромагнитного поля, создаваемого средствами мобильной радиосвязи // *Электросвязь.* 2007. №9. С. 31–41. 3. *Поповский В. В., Черный С. В., Нетикова Л. И., Акулов В. Н.* Портативный измеритель мощности излучения беспроводных телекоммуникационных систем диапазона 0.1– 3.5 ГГц // *МРФ-2008.* Т.2. "Телекоммуникационные системы и технологии". 2008. С. 218 – 221.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 13.02.2009