

Построены графики распределения интенсивности обратнорассеянного излучения в зоне облучения объекта. Установлена зависимость интенсивности обратнорассеянного рентгеновского излучения от материала образца при его облучении рентгеновским излучением.

Полученные данные приведены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что интенсивность обратнорассеянного излучения выше от материалов с меньшим порядковым номером.

Исключение составляет железо, что связано с рентгеновской флуоресценцией атомов, которые эффективно поглощают излучения от рентгеновской трубки с медным анодом.

### Литература

1. Сканер для получения изображения объектов в обратнорассеянных рентгеновских лучах / Ю.И. Дудчик, Г.И. Хилько, П.В. Кучинский,

А.Н. Новик, М.И. Новик, И.В. Белый, Крекоть О.В. // Материалы девятой Международной научно-технической конференции Приборостроение-2016 – Минск, БНТУ, 2017 – С. 50– 51.

2. Ю.И. Дудчик, Г.И. Хилько, Ю.К. Ломашко. Получение изображения объектов во вторичных рентгеновских лучах с использованием пинхол камеры. Приборы и методы измерений» 2016, т. 7, № 2, стр. 14-18.

3 Дудчик, Ю.И. Получение изображения источников рентгеновского излучения с использованием пинхол камеры [Текст] / Ю.И.Дудчик, И.Ю. Звягин // Материалы 6-ой Межд. научно-техн. конференции «Приборостроение -2013» БНТУ. – Минск, 2013. – С. 290 – 292.

4. В.А.Забродский. Применение обратнорассеянного рентгеновского излучения в промышленности. – М.:Энергоатомиздат, 1989. –120 с.

УДК 004.056:061.68

## МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ КОНТЕЙНЕРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИГНАЛОВ С ППРЧ

Бокуть Л.В.<sup>1</sup>, Деев Н.А.<sup>2</sup>

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь  
Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

Методы скремблирования и стеганографии относятся к перспективным направлениям защиты информации. Суть методов заключается в незначительной одновременной модификации целого ряда определенных битов контейнера при сокрытии одного бита информации.

В стеганографических методах исходный сигнал модулируется высокочастотной псевдослучайной последовательностью  $W(t)$ , которая определена на области значений  $\{-1,1\}$ . Результирующий стегосигнал представляет собой суммарный сигнал контейнерной составляющей  $V(t)$  и скрываемых данных  $D(t)$ :

$$S(t)=V(t)+\alpha \cdot D(t) \cdot W(t),$$

где  $\alpha$  – коэффициент затухания, предназначенный для выбора оптимального уровня шума, который вносится данными. Для извлечения скрытых данных  $D(t)$  на принимающей стороне необходимо иметь ту же самую псевдослучайную импульсную последовательность  $W(t)$ , обеспечив ее синхронизацию со стегосигналом:

$$S(t)W(t)=V(t)W(t)+\alpha D(t).$$

Рассматривается система передачи с фазовой информационной манипуляцией сигнала и межбитовой псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ). В качестве контейнерной составляющей  $V(t)$  в этом случае служат узкополосные ЧМ-сигналы, а скрываемые данные  $D(t)$  передаются на фоне сигнала распределенные по диапазону и модулированные с помощью межсимвольной ППРЧ.

Оценка контейнерной составляющей (типа узкополосных ЧМ-сигналов  $y_j(t)$ ) может быть существенно повышена за счёт введения адаптивного

компенсатора контейнерной составляющей (АКК) (рис.1) в каждый из каналов устройства обработки (УО) (рис.2). Процесс обнаружения контейнерной составляющей и оценки её параметров осуществляется во время паузы в частотном канале. При этом сигнал не оказывает влияния на ошибки оценивания контейнерной составляющей, что обеспечивает существенное увеличение отношения информационного сигнала и контейнерной составляющей на выходе АКК, превышающее 0 дБ.

Коммутатор адаптивных компенсаторов контейнерных составляющих в каналах приёма осуществляется в соответствии с синхронизированной ПСП. Оценка амплитуды  $\alpha_{ni}^*$  контейнерной составляющей осуществляется в течение времени, пока полезный сигнал скрываемых данных  $D(t)$  в  $i$ -м подканале отсутствует. Характеристика АКК  $i$ -го подканала определяется соотношением:

$$Z_i(y_i) = k \cdot \frac{d \ln W_y(y_i)}{dy_i}, \quad (1)$$

где  $W_y(y_i)$  – плотность распределения вероятности (ПРВ) мгновенных значений контейнерной составляющей  $\ell n y_i$ .

Во время включения  $i$ -го подканала  $g_i = 1$  на вход вычитателя АКК поступает оценка контейнерной составляющей с амплитудой  $a_{ni}^*$ , сформированной на предыдущем интервале  $T_g$ . Полосовые фильтры (ПФ) на входе АКК обеспечивают селекцию контейнерной составляющей и исключают одновременное действие более одного сигнала ЧМ в частотном канале. Выходные ПФ необ-

ходимы для подавления нечётных гармонических составляющих, образующихся в результате нелинейного преобразования контейнерной составляющей  $\text{sign}(y)$ . Оценка амплитуды  $a_n^*$  контейнерной составляющей осуществляется в устройстве оценки контейнерной составляющей (УОК). Компенсация контейнерной составляющей осуществляется во время подключения частотного канала сигналом  $g(t - \tau^*)$  от ГПСП приёмника.

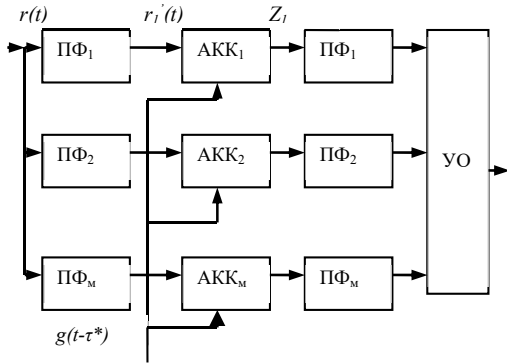


Рисунок 1 – Схема включения АКК

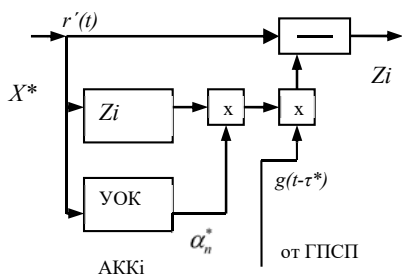


Рисунок 2 – Структура АКК<sub>i</sub> компенсации контейнерной составляющей i-го подканала

Если контейнерная составляющая представляет модулированное колебание (например, узкополосное частотно-модулированное), то ПРВ его мгновенных значений имеет бимодальный характер, что может быть учтено при построении нелинейного преобразователя (НП). Оценённые узкополосные контейнерные составляющие компенсируются в вычитающем устройстве.

Рассмотрим пример построения компенсатора, задавшись конкретными статистическими характеристиками преобразуемых процессов. Примем ПРВ суммы контейнерных составляющих  $y_i$  и гауссовского шума  $n_{oi}$  в виде бимодальной функции, обусловленной действием контейнерного узкополосного частотно-модулированного сигнала с амплитудой  $a_i$  и шумовой составляющей с дисперсией  $\sigma_i^2$ :

$$W_y(y_{oi}) = C \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_i^2}(y_{oi} - a_i \text{sign}(y_{oi}))^2\right], \quad (2)$$

где  $C$  – постоянная нормировки;  $\sigma_i^2$  – дисперсия шумовой составляющей подканала.

В соответствии с (2) и (3) получим:

$$Z_i(y_i) = k \cdot (y_i - a_i^* \text{sign}(y_i)). \quad (3)$$

Принимая независимыми сечения случайного процесса  $\{r_{ij}\}, j = \overline{1, k}$ , взятые с дискретом  $\Delta t = T/k$ , вычислим логарифм отношения правдоподобия. На интервале  $T_m$  определяем максимально правдоподобную оценку контейнерной составляющей  $\alpha_i^*$ . Максимально правдоподобная оценка моды  $\alpha_i^*$  определяется формулой

$$\alpha_i^* = \frac{1}{T} \int_0^T |r_i(t)| dt. \quad (4)$$

В соответствии с (3) и (4) определяем характеристику нелинейного преобразования  $Z_{oi}(r)$  в  $i$ -м канале оценки контейнерной составляющей:

$$Z_{oi}(r_i) = \frac{1}{T} \int_0^T |r_i(t)| dt \cdot \text{sign}(r_i(t)). \quad (5)$$

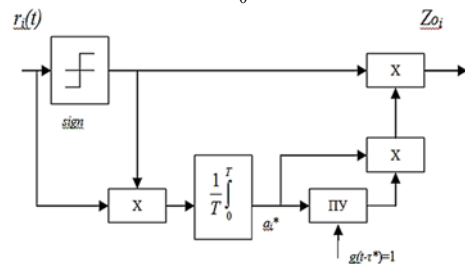


Рисунок 3 - Структурная схема нелинейного оценщика контейнерной составляющей i-го частотного подканала

Характеристика  $Z_{oi}(\cdot)$  обеспечивает инвариантность преобразования к частоте контейнерной составляющей. Вместе с тем при клипировании смеси  $r_i(t)$  в спектре появляются составляющие на частотах  $\omega_i(2n-1), n \geq 2, 3, \dots$ . Эти составляющие спектра на частотах вне полосы ПФ<sub>i</sub> подавляются, обеспечивая снижение ошибки оценивания контейнерной составляющей  $y_i^*(t)$ .

Показателем качества компенсации может служить коэффициент подавления контейнерной составляющей  $\mu^2$  на выходе компенсатора, определяемый соотношением

$$\mu_i^2 = \frac{1 + \alpha_i^2 / \sigma_i^2}{1 + \sigma_a^2 / \sigma_i^2}, \quad (6)$$

где  $\sigma_i^2$  – средняя мощность шумовой составляющей на выходе ПФ<sub>i</sub>;  $\sigma_a^2$  – дисперсия ошибки оценивания моды  $\alpha_i$ , при этом  $(\sigma_a^2 \leq \sigma_i^2 2\tau_k / T)$ ,  $\tau_k$  – величина, зависящая от нормированной корреляционной функции  $\rho(t_1 - t_2)$  процесса  $y_i(t)$  и времени  $T$  интегрирования:  $\tau_k = \int_0^T \int_0^T \rho(t_1 - t_2) dt_1 dt_2 \cdot (7)$

При относительно большом времени интегрирования  $T \gg \tau_k$  дисперсия  $\sigma_a^2$  оценки моды может быть снижена до требуемой величины.