

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 534.6:621.391

ОБНАРУЖЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ В МАСКИРУЮЩИХ ШУМАХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

*канд. техн. наук, доц. И.Б. БУРАЧЕНОК, д-р техн. наук, проф. В.К. ЖЕЛЕЗНЯК,
канд. техн. наук А.Г. ФИЛИПОВИЧ
(Полоцкий государственный университет)*

Описана методика обнаружения измерительных сигналов, используемых для оценки защищенности речевой информации в технических каналах утечки в условиях маскирующих шумов высокого уровня при значительных неравномерностях их амплитудно-частотных характеристик. Приведены результаты исследования оценки защищенности при использовании сложных измерительных сигналов с большой базой в полосах равной разборчивости с весовым коэффициентом 0,5 при их зашумлении хаотической импульсной последовательностью.

Ключевые слова: *маскирующие шумы, гармонические измерительные сигналы, сложные измерительные сигналы, оценка защищенности, технические каналы утечки информации.*

Введение. В основе теории оценивания защищенности речевых сигналов (РС) в технических каналах утечки (КУ) основным критерием их защищенности, как правило, является коэффициент разборчивости речи (информационный показатель) – уровень разборчивости речи, воспринимаемый человеческим слухом за пределами выделенного помещения объекта информатизации (ОИ). Он равен нормативному численному значению словесной разборчивости речи [1]. В научной школе под руководством Н.Б. Покровского разработана формантная теория разборчивости русской речи с учетом ее статистических особенностей с использованием стандартных акустических таблиц ГОСТ Р 50840-95. Однако оценка разборчивости речи по инструментально-расчетному методу, предложенному Н.Б. Покровским, весьма дорогостоящее и трудоемкое мероприятие (необходимо иметь целую артикуляционную экспертную бригаду). Поэтому чаще всего используется объективный метод оценки, когда разборчивость речи определяют по отношению мощности сигнала к мощности шума (ОСШ) (энергетический показатель), который математически зависит от разборчивости речи [2].

В Республике Беларусь оценка защищенности речевой информации (РИ) по техническим КУ на соответствие значениям, установленным нормативными требованиями к показателям эффективности защиты, регламентирована СТБ 34.101.29-2011. Оценка осуществляется при использовании гармонического измерительного сигнала (ИС) во всех технических КУ объектов информатизации, включая первую категорию, в реальном масштабе времени с высокой точностью и высокой чувствительностью по численным значениям ОСШ и критерию разборчивости речи. Защищенность РС в техническом КУ оценивают выделением слабых ИС из шумов высокого уровня с учетом неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), определяя ОСШ за пределами выделенного помещения ОИ при разбиении спектра РС (диапазон от 100 Гц до 10 кГц) на двадцать полос равной разборчивости (ПРП) с равными весовыми коэффициентами 0,05 [2].

В руководстве по эксплуатации на «Комплекс переносной автоматизированный программно-аппаратный для измерения акустических и виброакустических параметров "Филин А"» [3] установлено время излучения гармонических ИС в зависимости от влияющих факторов. Рекомендуемое время излучения гармонических измерительных сигналов $T_c = 1, 10$ и 25 с для каждой ПРП, что соответствует суммарному времени излучения всех ИС в двадцати полосах равной разборчивости соответственно $T_{\text{сум}} = 20, 200$ и 500 с. Время излучения гармонического измерительного сигнала определяется ослаблением преграды и степенью оценки защищенности РС по 1-й, 2-й и 3-й категориям. Для измерений с ослаблением преграды (например, стеклян-ное ограждение, двери и т.п.) достаточно излучать гармонический ИС длительностью $T_c = 1$ с, так как в точке приема за преградой его уровень достаточен для выделения на фоне шумов. Такой вид измерений используют для оценки защищенности РС по 3-й категории. Для преград с большим ослаблением сигнала (например, кирпичные, железобетонные стены и т.п.) и необходимостью оценки защищенности РС по 1-й и 2-й категориям необходимо увеличивать время излучения гармонического ИС до $T_c = 10$ с или $T_c = 25$ с. Выделяемые оптимальным приемником полосы частот гармонических ИС с заданными длительностями равны: 1 Гц для сигналов длительностью $T_c = 1$ с; 0,1 Гц – $T_c = 10$ с; 0,04 Гц – $T_c = 25$ с [2]. Таким образом, при ограничении

времени излучения гармонического ИС в измеряемом диапазоне частот его параметры ухудшаются, что приводит к снижению точности оценки в техническом КУ с явно выраженными неравномерностями АЧХ. Методическая погрешность оценки защищенности РС гармоническим ИС помимо ограничения продолжительности сигнала не учитывает и ряд других факторов: линейные искажения входного сигнала и точность его передачи через систему звукопередачи; возможность предскажений; ограничение полосы; значительные неравномерности АЧХ преграды (КУ речевой информации); его спектральную плотность в широком диапазоне частот и кривую чувствительности уха. Поэтому возникает необходимость в анализе и синтезе ИС и разработке новых методов их извлечения из шумов высокого уровня в условиях значительной неравномерности АЧХ, обеспечивающих улучшение важнейших параметров оценки защищенности технических каналов утечки.

Целью работы является повышение численных значений основных параметров оценки защищенности технических КУ при выделении ИС из маскирующих шумов высокого уровня в условиях значительной неравномерности АЧХ.

Формирование измерительных сигналов для обнаружения при маскировании шумами высокого уровня. С целью исключения методической погрешности присущей гармоническому измерительному сигналу и повышения численных значений основных параметров оценки защищенности РИ в технических каналах утечки предложено использовать сложный ИС с большой базой (значительно больше единицы). База сигнала B равна произведению длительности сигнала T_c на ширину спектра частот $2\Delta f$ [4].

Средствами пакета MatLab были сформированы в каждой ППП k ($k = \{1, \dots, N\}$; $N = 20$) ИС длительностью $T_c = 2$ с и частотой дискретизации $F_s = 44\,100$ Гц.

В таблице 1 представлены значения частот на которых проводилось излучение двадцати гармонических ИС.

Таблица 1. – Характеристики гармонических измерительных сигналов

Номер полосы k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота полосы, f_{0k} , Гц	260	495	640	787,5	947,5	1125	1315	1505	1690	1870

Окончание таблицы 1

Номер полосы k	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Частота полосы, f_{0k} , Гц	2050	2230	2435	2725	3100	3480	3855	4530	6130	8625

В таблице 2 представлены основные характеристики двадцати сложных ИС с большой базой.

Таблица 2. – Характеристики сложных измерительных сигналов с большой базой

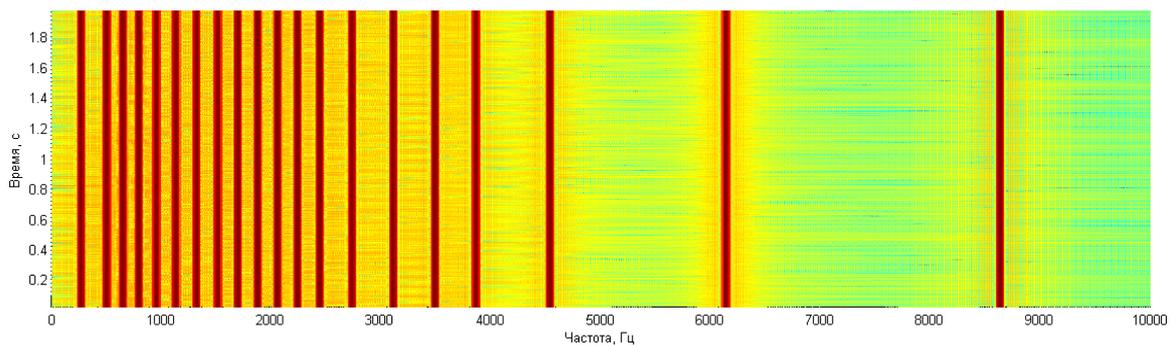
Номер полосы k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ширина полосы частот $2\Delta f_k$, Гц	320	150	140	155	165	190	190	190	180	180
База B_k	640	300	280	310	330	380	380	380	360	360

Окончание таблицы 2

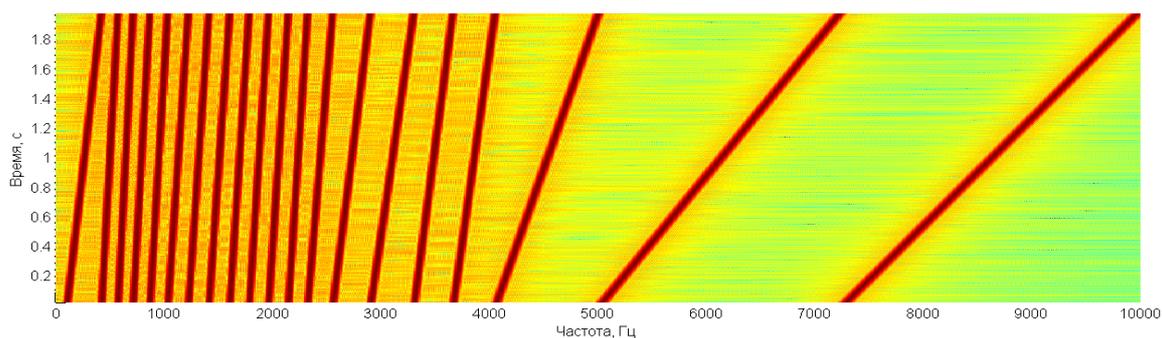
Номер полосы k	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ширина полосы частот $2\Delta f_k$, Гц	180	180	230	350	400	360	390	960	2240	2750
База B_k	360	360	460	700	800	720	780	1920	4480	5500

Спектрограммы сравниваемых ИС, представленные на рисунке 1, наглядно демонстрируют, что использование при оценке защищенности РИ в КУ в качестве измерительных двадцати сложных сигналов (рисунок 1, б) с большой базой в отличие от двадцати гармонических (рисунок 1, а) позволяет контролировать всю полосу РС, а не только отдельные точки на оси частот.

В статье [4] приводятся экспериментальные доказательства преимущества при приеме сложного ИС, выраженного в улучшении ОСШ на величину его базы, равную $B_k = 2\Delta f_k T_c$ в каждой отдельно взятой ППП.



а



б

а – гармонические измерительные сигналы;
б – сложные измерительные сигналы с большой базой
Рисунок 1. – Спектрограммы измерительных сигналов
в двадцати полосах равной разборчивости

Обоснование выбора сложных ИС с большой базой и оптимальными параметрами в ПРР позволило значительно снизить в сравнении с известными методами суммарное время оценки защищенности КУ РИ.

Доказанное преимущество предлагаемого для оценки сложного измерительного сигнала с большой базой перед гармоническим, равное величине базы сложного ИС, позволило при известной величине его базы установить величину разборчивости [4].

Обоснованные оптимальные значения базы сложного ИС в пределах ПРР спектра РС (в нашем случае при постоянном значении длительности $T_c = 4$ с в каждой отдельно взятой ПРР) позволили получить нормированные значения оценки защищенности РИ сложным ИС [5].

Обоснование выбора шума для маскирования. Степень защиты информации при активном зашумлении определяется характеристикой маскирующего шума [2]. Этой характеристикой является его коэффициент качества, который принято оценивать энтропийным коэффициентом подобия. Энтропийный коэффициент качества для нормального шума (гауссов случайный процесс) принят равным единице. При отклонении энтропийного коэффициента качества от единицы качество шума ухудшается [2].

Принято считать, что наилучшими маскирующими свойствами обладает шум с нормальным распределением вероятностей мгновенных значений [2, 6], определяемых по формуле

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где σ – среднеквадратичное отклонение (σ^2 – дисперсия) шумового сигнала;

x – вектор выборочных значений;

m – математическое ожидание (среднее арифметическое) распределения.

Дисперсия шумового сигнала характеризует меру разброса случайной величины около математического ожидания m . Если случайная величина x имеет математическое ожидание $m(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot P(x) dx$,

то дисперсия случайной величины x определяется как $D(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x-m)^2 \cdot P(x)dx$ [6]. Для определения меры разброса значений случайной величины используется среднеквадратичное отклонение, связанное с дисперсией соотношением $\sigma = \sqrt{D}$.

Шум с нормальным (гауссовым) распределением имеет наибольшее значение информационной энтропии, которое определяется по формуле [6]

$$H = - \int_{-\infty}^{+\infty} P(x) \ln P(x) dx = \ln \sqrt{2\pi e \sigma^2}, \quad (2)$$

где $P(x)$ – плотность распределения вероятности измеряемой величины.

Энтропийный коэффициент качества маскирующего шума определяют по формуле [6]

$$K_H = \frac{e^H}{\sqrt{2\pi e \sigma^2}}. \quad (3)$$

Мощность эквивалентного нормального шума определяется произведением мощности реальной помехи на его энтропийный коэффициент качества K_H . Сигнал будет иметь меньшую энтропию при условии, что его дифференциальный закон распределения отличается от нормального. Следует заметить, что распределение нормального шума симметрично и имеет нулевой эксцесс [5]. Отличие распределения реального шумового сигнала от «нормального» определяется в соответствии с числовыми характеристикам закона распределения вероятностей, к которым относятся: коэффициент асимметрии γ_a и коэффициент эксцесса γ_3 [7]:

$$\gamma_a = \frac{\mu_3}{\sigma^3} \quad \text{и} \quad \gamma_3 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3 \quad (4)$$

где $\mu_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$ – четвертый эмпирический центральный момент;

$\mu_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$ – третий эмпирический центральный момент;

n – количество элементов в выборке.

Коэффициент асимметрии положителен, если правый хвост распределения длиннее левого, и отрицателен в противном случае. Чтобы шум удовлетворял заданным требованиям, распределение его случайных выборок должно стремиться к симметричному нормальному закону, т.е. иметь коэффициенты асимметрии и эксцесса близкими к нулю. Поэтому для имитации виброакустического зашумления в технических КУ в соответствии с обеспечением минимума слоговой разборчивости речи важным является выбор маскирующего шума.

Для проведения эксперимента с целью снижения разборчивости после записи (передачи по каналу связи) сформирована хаотическая импульсная помеха (далее шум ХИП) в акустическом диапазоне частот при использовании генератора маскирующих сигналов (рисунок 2) на базе диодов-генераторов серии ND 100.

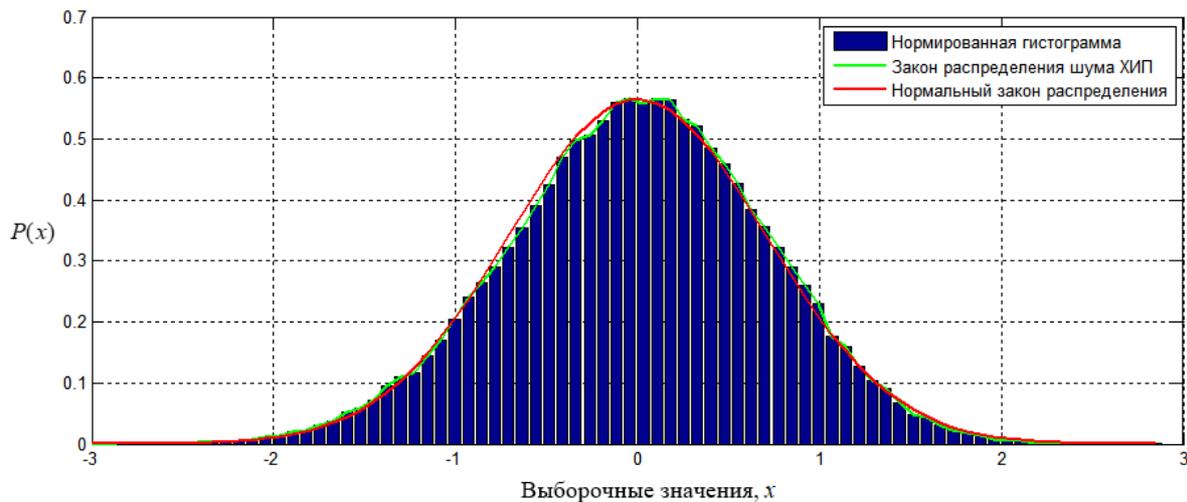
Шум ХИП предназначен для защиты различного рода переговоров от прослушивания противником в замкнутых пространствах.

Нормированная гистограмма распределения плотности вероятности шума ХИП с наложенной функцией плотности вероятности нормального закона представлена на рисунке 3.

Согласно полученным данным (см. рисунок 3) для шума ХИП определены коэффициент асимметрии $\gamma_a = -0,1 \pm 0,02$ и коэффициент эксцесса $\gamma_3 = -0,02 \pm 0,01$. Особенностью шума ХИП является его спектральная плотность мощности, которая экспоненциально спадает в заявленных диапазонах частот. Диапазон частот ХИП от 50 Гц до 10 МГц. Достоинством используемого для экспериментов шума является и высокий энтропийный коэффициент качества, не ниже $K_H \geq 0,92$.



Рисунок 2. – Генератор маскирующих сигналов



**Рисунок 3. – Нормированная гистограмма
распределения плотности вероятности шума ХИП**

ХИП универсален и применим для маскирования не только аналоговых РС, но и РС в цифровой форме, видеосигналов, сигналов звукового сопровождения видео и сигналов передачи данных. ХИП позволяет сократить количество генераторов маскирующих сигналов минимум в 2 раза, повысить адаптивность маскируемого и маскирующего сигналов и снизить уровень шумового излучения не менее чем в 3 раза. Кроме того, его использование повышает защищенность аналоговых и цифровых сигналов не менее чем в 3 раза по сравнению с известными маскирующими сигналами (например, белый шум), повышает акустическую комфортность в 2 раза. Он имеет высокую устойчивость метрологических параметров и характеристик, а также контролепригодность и превосходит известные шумы по уровню излучения, неравномерности АЧХ в рабочем диапазоне частот, разбросу характеристик при воздействующих факторах. Пик-фактор ХИП (отношение максимальной амплитуды сигнала к его среднеквадратичному значению [8]) превосходит белый шум.

Таким образом, для имитации виброакустического зашумления шум ХИП полностью соответствует всем заявленным требованиям.

Методика исследования. Предлагаемая методика базируется на методах корреляционного анализа с учетом различий между шумом и полезным сигналом (их некоррелированности). В ее основе лежит применение взаимокорреляционной функции (ВКФ) по времени $R_{1,2}(\tau)$:

$$R_{1,2}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t) s_2(t-\tau) dt, \quad (5)$$

где τ – сдвиг по времени между входным и выходным сигналами;

$s_1(t)$ – не зашумленный в точке излучения сложный ИС (входной);

$s_2(t)$ – зашумленный шумом $n(t)$ в техническом КУ в точке приема сложный ИС с большой базой,

$s_2(t) = s_1(t) + n(t)$ (выходной).

Взаимокорреляционная функция при $s_1(t) = s_2(t)$ является автокорреляционной функцией (АКФ) сигнала. В точке $\tau = 0$ она максимальна и численно равна энергии сигнала, выделяющейся на сопротивлении $R = 1$ Ом. Функция $R_{1,2}(\tau)$ оценивает степень сходства двух сигналов, а также их взаимное расположение по оси времени. Она необязательно симметрична и ее максимум может оказаться не в точке $\tau = 0$. Сдвиг пика ВКФ относительно $\tau = 0$ равен времени задержки сигнала $s_2(t)$ относительно $s_1(t)$. Математический подход при использовании производных от ВКФ позволил, установив положение точки на временной оси, в которой данная производная равна нулю, с высокой точностью определить величину задержки τ между сложными ИС с большой базой на входе $s_1(t)$ и выходе $s_2(t)$ технического КУ и, тем самым, скомпенсировать случайное временное запаздывание сложного измерительного сигнала в каналах утечки [9]. Сдвиг определяют как разность между точками максимального значения АКФ сложного ИС с большой базой в точке излучения в техническом КУ и максимального значения построенной ВКФ [10].

По вновь построенной ВКФ определяют точку максимума, равного взаимной энергии двух сравниваемых сложных ИС с большой базой в точке излучения и точке приема в техническом КУ ($\text{Re}(R_{1,2}) \leq \frac{E_{s_1} + E_{s_2}}{2}$). Зная взаимную энергию двух сравниваемых сигналов, определяют их взаимную мощность:

$$R_{1,2}(\tau) = \frac{1}{T_c} \int_0^{T_c} s_1(t) s_2(t-\tau) dt, \quad (6)$$

где T_c – длительности сигнала.

Далее определяют величину ОСШ в каждой k -й ПРР спектра РС и рассчитывают разборчивость речи, используя алгоритм расчета [2]. Полученные средние значения коэффициентов разборчивости речи в каждой k -й ПРР спектра РС сравнивают с нормативным значением.

На основании проведенных исследований, использование ВКФ ослабило шумовую составляющую $n(t)$ сложного ИС с большой базой и исключило погрешности, связанные с его запаздыванием в техническом КУ [10]. Применение математического подхода с использованием производных для определения положения точки на временной оси, сдвинутой на величину задержки, повысило точность оценки временного запаздывания, что позволило определить максимальное значение ВКФ с точностью, равной одному периоду дискретизации T_Δ , и повысило точность оптимальной оценки параметров сложных ИС с большой базой при приеме. Использование взаимокорреляционной обработки сложного ИС позволило получить наилучшее ОСШ и упростить процедуру автоматизированных измерений за счет усовершенствования алгоритма оценки защищенности РИ в техническом КУ и без усложнения аппаратной части ПАК.

Корреляционная обработка также открывает дополнительную возможность определения не только взаимной мощности двух сравниваемых сигналов (это нам дает выигрыш в ОСШ), но и мощности принятого сложного ИС с большой базой в точке приема на выходе технического КУ, которая определяется по формуле [11]

$$P_{s_2} = \frac{E_{s_1 s_2}^2}{E_{s_1} T_c}, \quad (7)$$

где $E_{s_1 s_2}$ – энергия взаимодействия сложных ИС с большой базой в точках излучения $s_1(t)$ и приема $s_2(t)$ в техническом канале утечки, равная их взаимной корреляции $R_{1,2}(\tau)$ при $\tau = 0$;

E_{s_1} – энергия $s_1(t)$ сложного ИС с большой базой в точке излучения в техническом КУ.

Наиболее быстрым способом определения ОСШ является использование АКФ принятого в точке приема в техническом КУ прошедшего через преграду зашумленного маскирующим шумом при ОСШ 0 дБ сложного ИС. На рисунке 4, а показана нормированная АКФ исследуемого измерительного сигнала в третьей ПРР, а на рисунке 4, б – ее огибающая (без симметричного отражения).

Сужение АКФ выше уровня 0,5 наглядно демонстрирует наличие и величину присутствующего в полезном сигнале шума. Таким образом, при необходимости, возможно осуществить экспресс-анализ ОСШ по АКФ зашумленного маскирующим шумом некоррелированным с сигналом в техническом КУ в точке приема сложного ИС с большой базой по АКФ без дополнительных временных затрат.

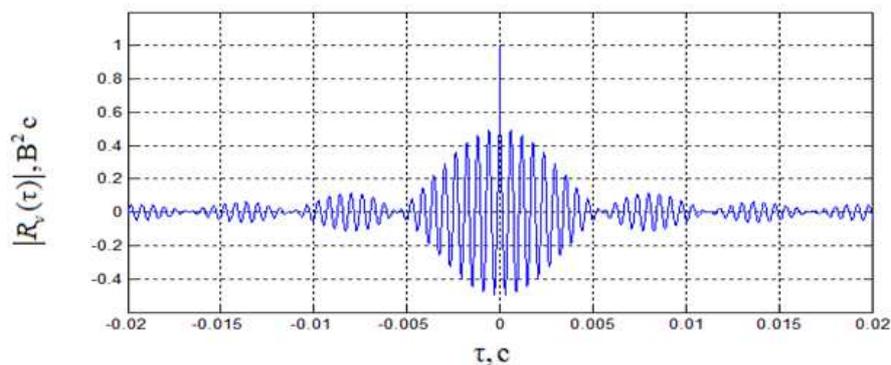
Дополнительно улучшить ОСШ пропорционально корню квадратному из количества накопленных сложных ИС (в \sqrt{n} раз) возможно за счет его n -кратного синхронного накопления.

Проведенные исследования позволили получить следующие **результаты**.

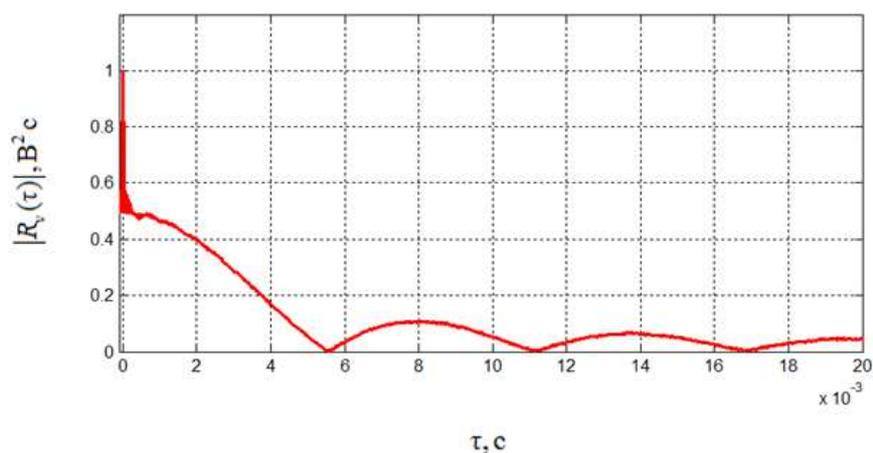
Исследования процесса обнаружения слабых сложных ИС с большой базой с помощью процесса корреляции из шумов высокого уровня, генерируемых современными устройствами акустического и виброакустического зашумления [8], показали, что в третьей полосе ПРР измерительный сигнал обнаруживается при ОСШ -19 ± 1 дБ, а в двадцатой полосе – при ОСШ -32 ± 1 дБ. При формировании ИС с заданным уровнем эффективной длительности сигнала $a = 1$ получены наилучшие результаты оценки [12]. Это позволило выделить из маскирующих шумов высокого уровня слабые по уровню ИС в условиях значительной неравномерности и значительно повысить точность, а также чувствительность при оценке защищенности РИ в технических каналах утечки.

Предлагаемая методика оценки рекомендуется для проведения специальных акустических и вибрационных измерений в условиях шумов высокого уровня при значительных неравномерностях АЧХ в ОИ (системах передачи и обработки информации 3, 2 и 1 категории, выделенных помещениях 3, 2 и 1 катего-

рии, подвижных объектах: летательных аппаратах, командно-штабных машинах и стационарных объектах, где эксплуатируется специальная аппаратура преобразования РС, делающих их неразборчивыми) с целью оценки их защищенности от утечки РИ по акустическому, вибрационному и электроакустическому КУ и позволяет учитывать: энергетические показатели полос РС; усредненную спектральную плотность мощности РС с учетом неравномерности ее АЧХ; спектральную плотность мощности фонового шума; частотно-зависимую характеристику затухания в диапазоне частот РС элементами конструкции помещений; кривую чувствительности уха.



а



б

**а – автокорреляционная функция;
б – огибающая автокорреляционной функции (без симметричного отражения)**
**Рисунок 4. – АКФ принятого сложного измерительного сигнала с большой базой,
зашумленного шумом ХИП**

Разработанная методика оценки ориентирована на технические каналы утечки РИ (акустический, виброакустический, электроакустический, магнитный, электрический, наводки сигналов рассеивания этих каналов на цепи управления, питания и заземления) при преобразовании физических информационных полей рассеивания в электрический сигнал с целью удобной реализации процедур оценки, контроля и технической диагностики. С использованием предлагаемой методики можно также проводить проверку эффективности маскирующих РС шумов, генерируемых современными устройствами акустического и виброакустического зашумления.

Выводы. Использование предложенной методики обнаружения сложных ИС в маскирующих шумах высокого уровня позволяет:

1) программными компонентами выполнять генерацию ИС и измерение их параметров, заменяя ряд приборов (генератор сигналов низкочастотный, селективный вольтметр, осциллограф, нановольтметр), что снижает стоимость ПАК, предназначенного для инструментального контроля эффективного защиты РИ по техническим каналам утечки, а также расширяет возможности в области генерации, анализа и оценки параметров стимулирующих сигналов, увеличивает масштабируемость;

- 2) проводить измерения не на отдельных средних частотах ПРР спектра РС, а в пределах диапазона каждой отдельной ПРР, охватывая весь диапазон РС при снижении времени генерирования ИС и их обработки;
- 3) учитывать неравномерность АЧХ спектра РС;
- 4) осуществить одновременное измерение энергетических показателей сигнала и шума;
- 5) снизить влияние эффектов реверберации и резонанса в выделенном помещении;
- 6) повысить разрешающую способность по времени и частоте, снизить предельную чувствительность и методическую погрешность оценки;
- 7) снизить время проведения исследования ОИ;
- 8) снизить массогабаритные характеристики ПАК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Покровский, Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи / Н. Б. Покровский. – М. : Гос. изд-во лит. по вопросам связи и радио. 1962. – 392 с.
2. Железняк, В. К. Защита информации от утечки по техническим каналам : учеб. пособие / В. К. Железняк. – СПб. : ГУАП, 2006. – 188 с.
3. Бураченко, И. Б. Определение разборчивости речи в условиях воздействия шумов высокого уровня / И. Б. Бураченко, В. К. Железняк, К. Я. Раханов // Обеспечение пограничной безопасности и охрана Государственной границы Республики Беларусь: теория и практика : материалы 5-й науч.-практ. конф., Минск, 2015 г. : в 3 ч. / ГУО «ИПС РБ» ; редкол.: А. Е. Виноградов [и др.]. – Минск, 2015. – Ч. 1. – С. 228–231.
4. Бураченко, И. Б. Оценка нормативного показателя защищенности речевого сигнала сложным сигналом с большой базой / В. К. Железняк, И. Б. Бураченко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2015. – № 12. – С. 10–14.
5. Рябенко, Д. В. Критерии оценки защищенности от утечки речевых сигналов / Д. В. Рябенко, И. Б. Бураченко, В. К. Железняк // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. – 2017. – № 1. – С. 122–128.
6. Харкевич, А. А. Очерки общей теории связи / А. А. Харкевич. – М. : Гос. изд-во науч.-техн. лит., 1955. – 271 с.
7. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения : ГОСТ Р ИСО 5479–2002. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 30 с.
8. Вибрация. Воздействие вибрации на человека. Средства измерения : ГОСТ ИСО 8041-2006 (ISO 8041:2005 Human response to vibration – Measuring instrumentation IDT). – М. : Стандартинформ, 2006. – 81 с.
9. Бураченко, И. Б. Компенсация временного запаздывания измерительного сигнала на выходе канала утечки речевой информации / И. Б. Бураченко, В. К. Железняк // Доклады БГУИР. – 2016. – № 6. – С. 100–106.
10. Бураченко, И. Б. Оценка с высокой точностью параметров измерительного сигнала компенсацией его временной задержки в каналах утечки речевой информации / И. Б. Бураченко, В. К. Железняк // Доклады БГУИР. – 2016. – № 5. – С. 60–66.
11. Раханов, К. Я. Оценка разборчивости речи взаимной корреляцией сигнала линейной частотной модуляции в каналах утечки информации / К. Я. Раханов, В. К. Железняк, И. Б. Бураченко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2015. – № 12. – С. 22–27.
12. Бураченко, И. Б. Анализ измерительных сигналов для оценки защищенности речевой информации в технических каналах утечки / В. К. Железняк, И. Б. Бураченко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2017. – № 4. – С. 8–14.

Поступила 20.03.2018

DETECTION OF MEASURING SIGNALS IN HIGH-LEVEL MASKING NOISE

I. BURACHONAK, V. ZHELEZNYAK, A. FILIPOVICH

The paper describes a method of detecting the measurement signals used for estimating speech information protection in technical channels of leakage under conditions of high-level masking noise at significant nonuniformities of their amplitude-frequency characteristics. The results of research of assessment of speech information protection using complex measuring signals with a large base in bands of equal intelligibility with a weighting factor of 0.5 when they are noisy by a chaotic impulse sequence.

Keywords: *masking noise, harmonic measuring signals, complex measurement signals, assessment of speech information protection, technical channels of information leakage.*