М. В. Королев

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГРАНИЦ ЗОНЫ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ПЭМИ В ДАЛЬНЕЙ ВОЛНОВОЙ ЗОНЕ ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ

При организации и проведении мероприятий по защите информации от утечки по техническим каналам одной из наиболее важных задач является определение радиуса зоны 2 (R_2), характеризующего минимальное расстояние от технического средства, за пределами которого соотношение «сигнал/шум» $\Delta = U_с/U_ш$ (ОСШ) не превышает нормированного значения (границ зоны защищенности). Для информации, относящейся к государственной тайне, порядок определения расстояния R_2 задается соответствующими методиками и жестко фиксирован. Порядок определения зоны R_2 для конфиденциальной информации отражен во «Временной методике оценки защищенности основных технических средств и систем, предназначенных для обработки, хранения и (или) передачи по линиям связи конфиденциальной информации», утвержденной заместителем председателя Гостехкомиссии России 8 ноября 2001 г. Однако в ряде случаев при определении зоны защищенности (ЗЗ) информации, не содержащей государственной тайны, в частности для конфиденциальной информации, возможно применить иной, более гибкий подход.

В настоящее время известны методики, в которых рассмотрен порядок определения границы ЗЗ [1, 2]. Однако существующие методики дают лишь точечную оценку границы ЗЗ. Истинное же значение границы ЗЗ зависит от множества случайных факторов, связанных с условиями размещения и функционирования технических средств, с условиями окружающей среды, и, следовательно, является случайной величиной, которая в ряде случаев может значительно отличаться от ее нормированной оценки. Для определения границ ЗЗ как случайной величины возможно осуществлять ее интервальную оценку, которая позволяет получить вероятностную характеристику точности оценивания неизвестного параметра. Такое интервальное оценивание осуществляется путем прогнозирования величины напряженности электромагнитного поля на различном удалении от источника излучения и предполагает указание области, в которой с заданной вероятностью находится истинное значение параметра. Вероятностная оценка параметра осуществляется на основе экспериментальных данных и позволяет получить интервальную оценку границ зоны защищенности.

В общем виде сущность предлагаемой методики оценивания защищенности информации от утечки по ПЭМИ заключается в следующем.

1. Исследованию подлежит не каждое техническое средство, предназначенное для обработки защищаемой информации, а их совокупность (статистическая выборка). При этом измерение параметров ПЭМИ проводится на конкретных частотах в диапазоне излучения на каждом исследуемом экземпляре выборки. Проверку партии (статистической выборки) технических средств целесообразно осуществлять до их рассылки на объекты эксплуатации с целью предварительного определения размеров зоны R_2. Так, например, полученные ориентировочные оценки размеров зоны могут быть использованы для определения возможности применения технических средств из данной партии в помещениях, размер контролируемой зоны которых известен.

2. Измерение параметров ПЭМИ проводится в нескольких точках на различном расстоянии от источника излучения. Количество удаленных от технического средства точек исследования и расстояние (интервал) удаления определяются в каждом конкретном случае с учетом ряда факторов, в том числе и с учетом зоны расположения точки измерения.

3. По результатам обработки измеренных значений определяется характер дрейфа параметра побочных электромагнитных излучений (линейный или нелинейный) и характер распределения

измеренных значений параметра ПЭМИ в каждой точке анализа по ансамблю результатов (в сечениях процесса).

4. На основании выбранной модели дрейфа параметра ПЭМИ определяется плотность распределения вероятности расстояния до границы контролируемой зоны (зоны защищенности), что позволяет с любой заданной вероятностью определить границы контролируемой зоны.

Таким образом, предлагаемая методика включает в себя следующую последовательность действий:

— измерение значений напряженности электромагнитного поля (сигнала и помехи) на различных расстояниях от источника излучения (исследуемого технического средства) и определение соответствующих значений ОСШ (Δ);

— изучение закономерностей изменения величины Δ в зависимости от расстояния до источника излучения и представление реального процесса этого дрейфа квазидетерминированными (КД) моделями, т. е. в виде неслучайных функций, зависящих от нескольких случайных величин (коэффициентов); при этом в качестве базовых функций для КД-моделей могут быть использованы различные детерминированные функции [3];

— прогнозирование значений величины Δ на различном расстоянии от источника излучения методами экстраполяции для получения вероятностной характеристики случайной величины (дальности возможного перехвата информации за счет утечки по ПЭМИ) — плотности распределения ω(r);

— определение радиуса зоны 2 из условия

$$\int_{0}^{R_2} \omega(r)dr \le P_{\text{треб}}\,, \tag{1}$$

где $P_{\text{треб}}$ — требуемая вероятность невыхода значения Δ за пределы установленных норм на расстоянии R_2 от источника излучения, r — расстояние от объекта до точки измерения.

Рассмотрим использование вышеописанной методики применительно к линейной модели изменения ОСШ, характерной для дальней зоны излучения источника [3]. Эта линейная модель в общем случае имеет следующий вид:

$$\Delta(r) = a_0 - \grave{a}_1 r\,, \tag{2}$$

где r — расстояние от источника излучения до точки измерения напряженности поля, $\Delta(r)$ — функция, показывающая изменение $U_с/U_ш$ в зависимости от расстояния до источника излучения, a_0 и a_1 — случайные коэффициенты, зависящие от мощности источника, уровня шумов и условий распространения электромагнитного поля (ЭМП) в пространстве.

От выражения вида (2) есть возможность перейти к уравнениям, связывающим между собой величины r, $\Delta(r)$, предельно допустимое (нормированное) значение отношения «сигнал/шум» $\Delta_{норм}$ и радиус R_2. При этом будем иметь в виду, что каждому значению $\Delta_{норм}$ соответствует определенное расстояние R_2, т. е.

$$\Delta(R_2) = \Delta_{норм}\quad . \tag{3}$$

Процедура решения этого уравнения для модели вида (2) была рассмотрена в работах [4, 5]. Было показано, что для линейной модели дрейфа параметров окончательное выражение для уравнения отказа будет иметь вид:

$$\Delta(r) = \Delta_{норм} - a_1(r - R_2)\,. \tag{4}$$

Обозначая расстояние между точкой измерения и границей зоны 2 как Δr, можно записать:

$$\Delta r = r - R_2\,.$$

Решив уравнение (4) относительно Δr, запишем:

$$\Delta r = \frac{\Delta(r) - \Delta_{норм}}{a_1} = \frac{\Delta_{прев}}{a1}, \qquad (5)$$

где $\Delta_{прев}$ — превышение значения величины Δ на расстоянии r над ее нормированным значением $\Delta_{норм}$.

Данная функция в общем виде описывает линейную закономерность дрейфа и имеет случайные коэффициенты $\Delta_{прев}$, a_1, распределенные по произвольному закону. Задача состоит в определении плотности распределения функции по заданному распределению аргументов. Общий подход к решению данной задачи применительно к квазидетерминированному процессу состоит в следующем.

Пусть задан КД-процесс вида $\Delta_{кд} = \varphi_{кд}(r; a_1 \dots a_n)$, зависящий от n случайных коэффициентов $a_1 \dots a_n$, и их совместная плотность распределения $\omega(a_1 \dots a_n)$. Рассмотрим m сечений процесса $\Delta(r_1) \dots \Delta(r_m)$, взятых в фиксированные моменты $r_1 \dots r_m$, как функции от случайных величин $a_1 \dots a_n$, записав их в виде неслучайных функций $\Delta_1 \dots \Delta_m$, зависящих от случайных аргументов $a_1 \dots a_n$, при этом функциональная связь между $\Delta_{кд}(r_1) \dots \Delta_{кд}(r_m)$ и $a_1 \dots a_n$ имеет вид:

$$\begin{cases} \Delta_1 = f_1(r_1; a_1 \dots a_n), \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \Delta_m = f_m(r_1; a_1 \dots a_n); \end{cases}$$

Чтобы, располагая плотностями распределения случайных величин $\omega_1(a_1) \dots \omega_n(a_n)$, найти совместную плотность распределения $\omega(a_1 \dots a_n)$, необходимо выполнить следующие операции:

1. Решить полученную систему уравнений относительно переменных $a_1 \dots a_n$, получив при этом систему:

$$\begin{cases} a_1 = \varphi_1(\Delta_1 \dots \Delta_m; r_1 \dots r_m), \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ a_n = \varphi_n(\Delta_1 \dots \Delta_m; r_1 \dots r_m). \end{cases}$$

2. В соответствии с правилом нахождения законов распределения функций от случайных величин найти функциональный определитель, составленный из частных производных функций $\psi_1 \dots \psi_n$ по переменным $\Delta_1 \dots \Delta_m$, имеющий вид:

$$J1 = \frac{d(a_1 \dots a_n)}{d(\Delta_1 \dots \Delta_m)} = \begin{vmatrix} \dfrac{da_1}{d\Delta_1} \dots\dots \dfrac{da_1}{d\Delta_m} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dfrac{da_n}{d\Delta_1} \dots\dots \dfrac{da_n}{d\Delta_m} \end{vmatrix}.$$

Этот определитель является якобианом обратного преобразования.

Воспользовавшись правилом нахождения законов распределения функций от случайных величин, совместную плотность распределения сечений для случая независимых коэффициентов $a_1 \dots a_n$ запишем в виде:

$$\omega(\Delta_1 \dots \Delta_m; r_1 \dots r_m) = \omega_1(\varphi_1(\Delta_1 \dots \Delta_m; r_1 \dots r_m) \cdot \dots \cdot \omega_n(\varphi_n(\Delta_1 \dots \Delta_m; r_1 \dots r_m) \cdot |J1|. \qquad (6)$$

При линейной модели дрейфа параметров возможны три случая:

1) случайной величиной является $\Delta_{\text{прев}}$, что характерно, например, для случаев, когда мощность источника излучения может изменяться со временем;

2) случайной величиной является a_1 — в случаях различных условий распространения ЭМП;

3) a_1 и $\Delta_{\text{прев}}$ — случайные величины.

Рассмотрим каждый из этих случаев в отдельности.

Случай 1. В уравнении отказа (4) a_1 — случайная величина, распределенная по определенному закону, $\Delta_{\text{прев}}$ — постоянная величина (константа). В соответствии с общим подходом к решению задачи, описанным выше, запишем выражение для Δr в виде (5). Выразив случайную величину a_1, получим:

$$a_1 = \frac{\Delta\text{прев}}{\Delta r}. \tag{7}$$

Находя модуль ее производной, получаем якобиан J_2:

$$J_2 = \frac{\Delta\text{прев}}{\Delta r^2}. \tag{8}$$

В соответствии с (8), выражение для плотности распределения расстояния от места измерения до границы зоны 2 имеет вид:

$$\omega(\Delta r) = \omega(a_1) \cdot J_2. \tag{9}$$

Подставив в (9) выражения (7) и (8), запишем итоговое выражение для плотности распределения:

$$\omega(\Delta r) = J_2 \cdot \omega(a_1) = \frac{\Delta\text{прев}}{\Delta r^2} \cdot \omega(a_1). \tag{10}$$

Случай 2. Пусть теперь в выражении (4) $\Delta_{\text{прев}}$ — случайная величина, распределенная по определенному закону, a_1 — постоянная. Для данного случая по аналогии с предыдущей задачей в качестве обратной функции выберем случайную величину $\Delta_{\text{прев}}$, выразив ее из формулы (5):

$$\Delta\text{прев} = a_1 \cdot \Delta r. \tag{11}$$

Найдя модуль производной этого выражения, получим якобиан J_3:

$$J_3 = a_1. \tag{12}$$

Подставив в формулу (9) выражения (11) и (12), запишем итоговое выражение:

$$\omega(\Delta r) = a_1 \cdot \omega(\Delta\text{прев}). \tag{13}$$

Полученная формула является выражением для плотности распределения расстояния от места измерения до границы зоны 2.

Случай 3. Коэффициенты уравнения (4) $\Delta_{\text{прев}}$ и a_1 — случайные величины, которые имеют определенный закон распределения. Аналогично предыдущим случаям, в качестве обратной функции выберем случайную величину $\Delta_{\text{прев}}$, выразив ее из формулы (5). Получим выражение, аналогичное (12). Дифференцируя обе части этого выражения, получим якобиан J_4 в виде (13). Выражение для плотности распределения после подстановки в него выражений (12) и (13) имеет вид [4, 5]:

$$\omega(\Delta r) = \int_0^{\infty} \omega(a_1) \cdot \omega(a_1 \cdot \Delta r) \cdot J4 \cdot da_1. \tag{14}$$

Выражение для плотности распределения расстояния от места измерения до границы зоны 2 после подстановки в него полученных выражений в соответствии с формулой (6) имеет вид:

$$\omega(\Delta r) = \int_0^{\infty} \omega(\Delta\text{прев}) \cdot \omega\left(\frac{\Delta\text{прев}}{\Delta r}\right) \cdot J2 \cdot da_1. \tag{15}$$

От формул плотности распределения в общем виде (10), (13), (14) и (15) перейдем к случаю, когда коэффициенты $\Delta_{\text{прев}}$ и a_1 имеют не произвольный, а заранее известный закон распределения. Если случайные коэффициенты $\Delta_{\text{прев}}$ и a_1 распределены по нормальному закону, то уравнения (10), (13), (14) и (15) запишем в следующем виде:

— для случаев, когда случайными являются коэффициенты a_1 и $\Delta_{\text{прев}}$, — в виде формул (16) и (17) соответственно:

$$\omega(\Delta r) = \frac{\Delta}{\Delta r^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{a_1}} \cdot exp\left[-\frac{\left(\frac{\Delta}{\Delta r} - M_{a_1}\right)^2}{2\sigma_{a_1}^2} \right], \tag{16}$$

$$\omega(\Delta r) = a_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{\Delta}} \cdot exp\left[-\frac{(a\Delta r - M_{\Delta})^2}{2\sigma_{\Delta}^2} \right]; \tag{17}$$

— для двух случайных коэффициентов a_1 и $\Delta_{\text{прев}}$ — в виде (18):

$$\omega(\Delta r) = \int_0^{\infty} \frac{1}{2\pi \cdot \sigma_{a_1} \cdot \sigma_{\Delta\,\text{прев}}} exp[-\frac{(a_1 - M_{a1})^2}{2\sigma_{a_1}^2}]\, exp[\frac{-(\Delta\,\text{прев} - \text{M}_{\Delta\,\text{прев}})^2}{2\sigma_{\Delta\text{прев}}^2}] a_1 da_1\,. \tag{18}$$

Таким образом, для линейной модели дрейфа $\Delta(r)$, характерной для дальней волновой зоны источника излучения, в работе были получены аналитические выражения плотности распределения расстояния, на котором отношение «информативный сигнал/шум» не превышает нормированного значения. Эти выражения позволяют получить искомую интервальную оценку случайной величины R_2. При нелинейных закономерностях убывания напряженности ЭМП в зависимости от расстояния от источника излучения (ближняя и промежуточная волновые зоны источника излучения) определять границы ЗЗ предлагается по аналогичной методике.

Очевидно, что размеры зоны защищенности могут меняться в зависимости от времени года, погодных условий, изменения параметров сети электропитания и, возможно, иных факторов, т. е. могут иметь определенный случайный разброс значений. Данные погрешности должны быть учтены методикой проведения эксперимента, т. е. набор статистики для определения размеров зоны R_2 должен производиться в наихудших относительно защищаемого объекта условиях. В противном случае (при учете всех перечисленных выше параметров) стоимость защиты информации может намного превысить стоимость самой защищаемой информации.

Изложенный в работе методический подход может быть использован для оценки погрешностей методики проведения измерений и норм защиты при проведении специальных исследований по конфиденциальной информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Генне В. И.* Защита информации от утечки через ПЭМИ цифрового электронного оборудования // Конфидент. 1998. № 2. С. 19–24.

2. *Наваркин В. В.* Оценка эффективности защиты информации, обрабатываемой СВТ при применении средств активной защиты // Спецтехника. 2004. № 6. С. 31–37.

3. *Суворов П. А., Кондратьев А. В., Белихов А. Н.* Некоторые особенности поля ПЭМИ ТС, обрабатывающих конфиденциальную информацию // Спецтехника. 2004. № 2. С. 26–31.

4. *Шляпцев С. Н., Ходжаев И. А., Королев М. В.* Об определении показателей безотказности систем виброакустического зашумления помещений // Межвузовский сборник научных трудов. № 6. Том 1. Краснодарское высшее военное училище, 2006. С. 94–97.

5. *Шляпцев С. Н., Ходжаев И. А., Королев М. В.* Определение границ зоны защищенности конфиденциальной информации от утечки за счет ПЭМИ // Аспирант и соискатель. 2005. № 6 (31). С. 41–45.