

Д. С. Звягин, кандидат технических наук
А. А. Жмыхова

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ СТОХАСТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

CHOICE OF EFFICIENT MEANS OF ACTIVE PROTECTION OF ACOUSTIC INFORMATION USING STOCHASTIC PETRI NETS

В статье дана классификация акустических каналов утечки информации и методов защиты данной информации. Для выбора эффективных средств активной защиты акустической информации используется математическое моделирование. Построена модель при помощи стохастических сетей Петри. Определены эффективные средства по всем акустическим каналам утечки.

This article gives a classification of acoustic channels of information leakage and methods for protecting this information. Mathematical modeling is used to select effective means of active protection of acoustic information. A model was built using stochastic Petri nets. Effective means have been determined for all acoustic leakage channels.

Введение. К одной из основных угроз безопасности акустической информации ограниченного доступа относится утечка информации по техническим каналам, под которой понимается неконтролируемое распространение информативного сигнала от его источника через физическую среду до технического средства, осуществляющего прием информации.

Технический канал утечки информации — совокупность носителя информации (средства обработки), физической среды распространения информативного сигнала и средств, которыми добывается защищаемая информация [1].

Выделяют пять основных технических каналов утечки акустической информации, являющихся потенциально опасными для защищаемых помещений органов внутренних (рис. 1) [2].



Рис. 1. Виды акустических каналов утечки информации

Для защиты акустической (речевой) информации используются пассивные и активные методы и средства защиты информации (далее — СЗИ) (рис. 2).

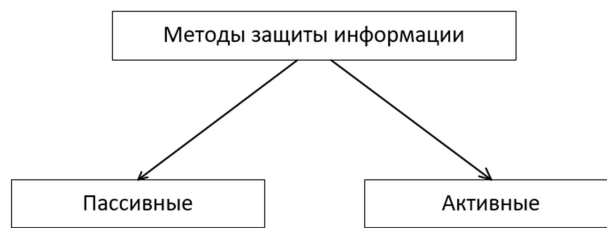


Рис. 2. Классификация методов защиты информации

Основная цель применения пассивных СЗИ — снижение соотношения сигнал/шум в возможных точках перехвата информации за счет снижения информативного сигнала, а активных — внесение в канал утечки информации определённых шумов, которые лишают сигнал его информативности.

В данной статье будут рассмотрены активные СЗИ, каждое из которых может осуществлять защиту информации от утечки как по одному техническому каналу перехвата конфиденциальной информации, так и по нескольким.

В настоящее время на отечественном рынке представлено большое разнообразие СЗИ, отличающихся друг от друга своим функционалом, стоимостью и удобством использования.

Постановка задачи. В связи с разнообразием СЗИ возникает вопрос их оптимального выбора, позволяющего учитывать различные критерии. Математическое моделирование — метод моделирования, с помощью которого удобно структурировать и анализировать различные системы информационной безопасности. Результатами моделирования в информационной безопасности являются: оценка возможности реализации различных угроз на систему защиты информации и проведения атак; оценка качества функционирования системы защиты; оценка эффективности применения различных методов и СЗИ. В связи с этим для выбора эффективных средств активной защиты акустической информации предлагается использовать стохастические сети Петри (ССП).

Решение. ССП предназначены для изучения поведения моделируемой системы и количественного анализа построенной модели.

ССП называется пара $M_s = \{C, \mu^s\}$, где $C = \{P, T, I, O\}$ является описанием структуры сети Петри, а μ^s является функцией, присваивающей определенной позиции P_i вектор вероятностей $p \rightarrow V_s$ наличия фишек $\mu^s(P_i)$ [6, 9].

Для того чтобы получить вероятность распределения фишек в выходной позиции, необходимо вычислить значение вектора диагональной свертки матрицы Грама [3].

Для сравнения актуальных средств защиты информации при помощи ССП построим математическую модель, разработанную для выявления наиболее эффективных СЗИ от утечки по различным техническим акустическим каналам (рис. 3).

Представленный на рис. 3 граф состоит из совокупности множеств $C = \{P, T, I, O\}$, где:

$$P = \{p1, p2, ..., p27\},$$

$$T = \{t1, t2, ..., t12\}.$$

В таблице 1 представлено описание всех позиций разработанной сети.

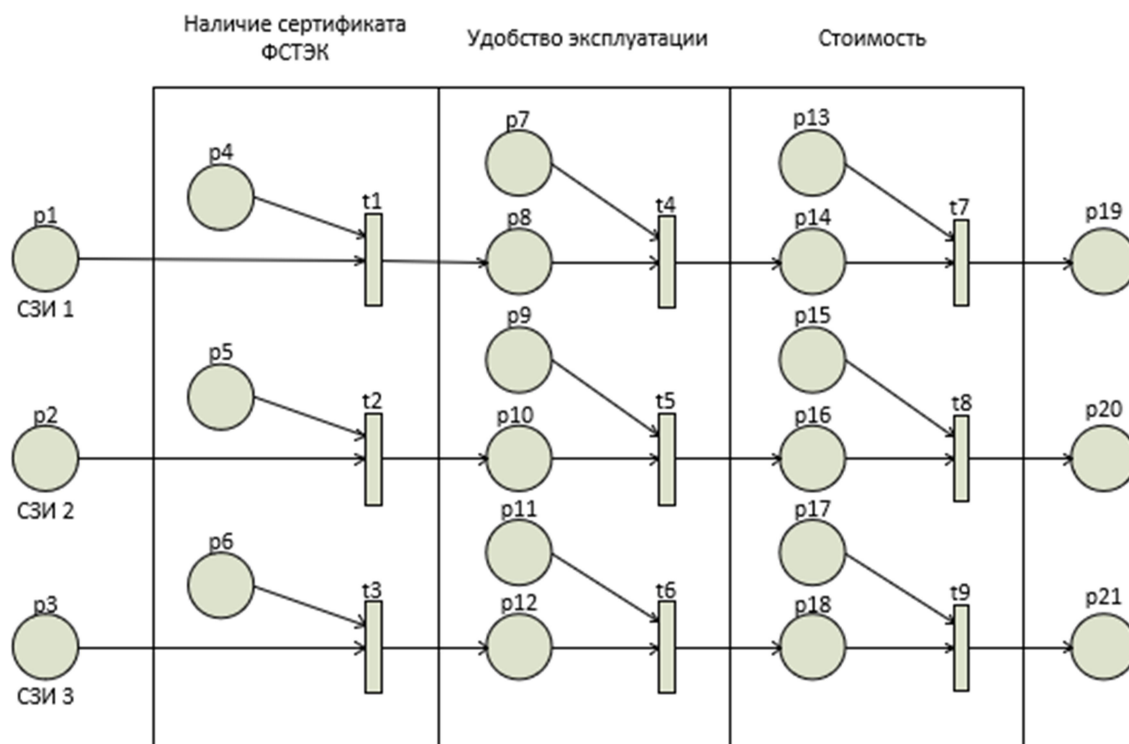


Рис. 3. Модель процесса сравнения СЗИ от утечки по различным техническим акустическим каналам

Таблица 1

Описание позиций модели процесса сравнения СЗИ от утечки по различным техническим акустическим каналам

Позиции	Описание позиции
<i>p1, p2, p3</i>	позиции, в которых представлено 1-е, 2-е, 3-е средство защиты акустической информации от утечки по определенному техническому каналу соответственно
<i>p4, p5, p6</i>	позиции, в которых имеются сертификаты ФСТЭК России у соответствующих СЗИ
<i>p8, p10, p12</i>	позиции, в которых представлено 1-е, 2-е, 3-е средство защиты акустической информации от утечки по определенному техническому каналу соответственно с действующим сертификатом ФСТЭК России
<i>p7, p9, p11</i>	позиции, в которых вероятность нахождения фишки равна оценке удобства эксплуатации соответствующего СЗИ, полученная путем опроса профессорско-преподавательского состава кафедры информационной безопасности Воронежского института МВД России
<i>p14, p16, p18</i>	позиции, в которых метки находятся с вероятностью, зависящей от наличия у СЗИ сертификата ФСТЭК России и от удобства эксплуатации данного средства
<i>p13, p15, p17</i>	позиции, в которых вероятность нахождения фишки зависит от стоимости рассматриваемого СЗИ (чем выше стоимость средства защиты, тем ниже вероятность нахождения фишки в позиции)
<i>p19, p20, p21</i>	позиции, в которых находятся фишки с вероятностью равной эффективности соответствующего СЗИ

При рассмотрении СЗИ для каждого канала утечки акустической информации мы получаем оценки эффективности данных средств защиты, полезные для анализа продуктивности их использования на практике в подразделениях МВД России. Чтобы получить

данные оценки, в ходе дальнейшего исследования применим вероятностный метод, основанный на сочетании метода экспертных оценок и математического метода. Выбор сравниваемых СЗИ основывался на результатах опроса профессорско-преподавательского состава кафедры информационной безопасности Воронежского института МВД России.

Прямой (воздушный) акустический канал утечки информации.

Сравниваемые СЗИ:

СЗИ 1 — система акустической и вибрационной защиты «Кабинет»;

СЗИ 2 — система акустической и виброакустической защиты «Соната-АВ-4Б»;

СЗИ 3 — система «Шорох-5Л».

Система «Кабинет» имела сертификат соответствия №70/6, выданный ФСТЭК России, со сроком действия до 18.05.2021. Система «Соната-АВ», модель 4Б, имеет сертификат соответствия № 3625, выданный ФСТЭК России, со сроком действия до 20.09.2024. У системы «Шорох-5Л» есть сертификат соответствия № 3596, выданный ФСТЭК России и имеющий срок действия до 12.07.2024.

Рассматривая первый фрагмент модели (рис. 3), опишем начальную маркировку:

$$\begin{aligned}\mu^s(p_1) &= \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_4) = \|1\|, \mu^s(p_8) = \|1\|; \\ \mu^s(p_2) &= \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_5) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{10}) = \|1\|; \\ \mu^s(p_3) &= \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_6) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{12}) = \|1\|,\end{aligned}$$

где $\mu^s(P_i) = \|1\|$ означает, что в позиции P_i фишки нет.

Переход t_1 запрещен, так как $\mu_1^s(p_1) = 1, \mu_1^s(p_4) = 0$. Переход t_2 разрешен, так как $\mu_1^s(p_2) = 1, \mu_1^s(p_5) = 1$. Переход t_3 разрешен, так как $\mu_1^s(p_3) = 1, \mu_1^s(p_6) = 1$.

Так как переход t_1 не сработает, то $\mu_1^s(p_8) = 0$. Таким образом, СЗИ «Кабинет» далее мы рассматривать не будем, так как у него отсутствует действующий сертификат соответствия ФСТЭК России.

Маркировка выходной позиции $\bar{\mu}^s(p_{10})$ перехода t_2 равна вектору диагональной свертки вектора $\mu^s(p_{10})$ и вектора

$$r^T = \|r_0 \quad r_1 \quad \dots \quad r_k\|,$$

где

$$k = \#(p_{10}, O(t_2)) = 1.$$

В итоге получаем, что маркировка позиции p_{10} после срабатывания перехода t_2 :

$$\bar{\mu}^s(p_{10}) = \text{di}(G(\mu^s(p_{10}), r)) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|.$$

Аналогичным образом вычисляем маркировку остальных позиций.

Маркировка выходной позиции p_{12} после срабатывания перехода t_3 :

$$\bar{\mu}^s(p_{12}) = \text{di}(G(\mu^s(p_{12}), r)) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|.$$

Рассматривая второй фрагмент модели (рис. 3), опишем начальную маркировку:

$$\mu^s(p_{10}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{12}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{16}) = \|1\|, \mu^s(p_{18}) = \|1\|.$$

Методом экспертных оценок мы выяснили вероятности нахождения меток в позициях p_9 и p_{11} :

$$\mu^s(p_9) = \left\| \begin{matrix} 0,168 \\ 0,832 \end{matrix} \right\|, \mu^s(p_{11}) = \left\| \begin{matrix} 0,138 \\ 0,862 \end{matrix} \right\|.$$

Маркировка позиции p_{16} после срабатывания перехода t_5 :

$$\bar{\mu}^s(p_{16}) = \text{di}(G(\mu^s(p_{16}), r)) = \left\| \begin{matrix} 0,168 \\ 0,832 \end{matrix} \right\|.$$

Маркировка позиции p_{18} после срабатывания перехода t_6 :

$$\bar{\mu}^s(p_{18}) = \text{di}(G(\mu^s(p_{18}), r)) = \left\| \begin{matrix} 0,138 \\ 0,862 \end{matrix} \right\|.$$

Рассматривая третий фрагмент модели (рис. 3), опишем начальную маркировку:

$$\mu^s(p_{16}) = \left\| \begin{matrix} 0,168 \\ 0,832 \end{matrix} \right\|, \mu^s(p_{18}) = \left\| \begin{matrix} 0,138 \\ 0,862 \end{matrix} \right\|, \mu^s(p_{20}) = \|1\|, \mu^s(p_{21}) = \|1\|.$$

Для вычисления вероятностей нахождения меток в позициях p_{15} и p_{17} нам необходимо узнать стоимость рассматриваемых средств защиты информации. Для этого зайдем на сайт компании «Detector Systems» и приведем полученные данные в таблице 2 [4].

Таблица 2

Стоимость средств защиты информации

Средство защиты информации	Стоимость	Ссылка на интернет-ресурс	Дата обращения к ресурсу
«Соната-АВ», модель 4Б	44 200 руб.	https://detsys.ru/catalog/vibroakusticheskaya_zashchita_vibroakusticheskaya_zashchita_sonata_av_4b/	08.07.2022
«Шорох-5Л»	21 500 руб.	https://detsys.ru/catalog/vibroakusticheskaya_zashchita/shorokh_15/	08.07.2022

Так как стоимость системы «Шорох-5Л» является минимальной, возьмем вероятность приобретения данного средства защиты информации равной

$$\mu^s(p_{17}) = \left\| \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} \right\|.$$

А вероятность нахождения метки в позиции p_{15} возьмем равной

$$\mu^s(p_{15}) = \left\| \begin{matrix} 0,5 \\ 0,5 \end{matrix} \right\|,$$

так как стоимость системы «Соната-АВ-4Б» в два раза выше, чем системы «Шорох-5Л», с которой мы ее сравниваем.

Маркировка позиции p_{20} после срабатывания перехода t_8 :

$$\bar{\mu}^s(p_{20}) = \text{di}(G(\mu^s(p_{20}), r)) = \left\| \begin{matrix} 0,584 \\ 0,416 \end{matrix} \right\|.$$

Маркировка позиции p_{21} после срабатывания перехода t_9 :

$$\bar{\mu}^s(p_{21}) = \text{di}(G(\mu^s(p_{21}), r)) = \left\| \begin{matrix} 0,138 \\ 0,862 \end{matrix} \right\|.$$

Рассчитав вероятности нахождения меток в позициях p_{20} и p_{21} , мы получаем оценки эффективности использования систем «Соната-АВ-4Б» и «Шорох-5Л» для защиты акустической информации от утечки по воздушному каналу, равные 0,416 и 0,862 соответственно. Значит, при выборе средства защиты информации от утечки по рассматриваемому техническому каналу целесообразно будет выбрать систему «Шорох-5Л».

Виброакустический и акустооптический каналы утечки информации.

Сравниваемые СЗИ:

СЗИ 1 — система акустической и вибрационной защиты речевой информации «Шторм-10»;

СЗИ 2 — система акустической и виброакустической защиты «Соната-АВ-4Б»;

СЗИ 3 — система «Шорох-5Л».

Начальная маркировка всей сети:

$$\mu^s(p_1) = \mu^s(p_2) = \mu^s(p_3) = \mu^s(p_4) = \mu^s(p_5) = \mu^s(p_6) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|;$$

$$\mu^s(p_7) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,19 \\ 0,81 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_9) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,168 \\ 0,832 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{11}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,138 \\ 0,862 \end{smallmatrix} \right\|;$$

$$\mu^s(p_{13}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,63 \\ 0,37 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{15}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{17}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|.$$

После срабатывания всех возможных переходов получаем:

$$\bar{\mu}^s(p_{19}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,7 \\ 0,3 \end{smallmatrix} \right\|, \bar{\mu}^s(p_{20}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,584 \\ 0,416 \end{smallmatrix} \right\|, \bar{\mu}^s(p_{21}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,138 \\ 0,862 \end{smallmatrix} \right\|.$$

Акустоэлектрический канал утечки информации.

Сравниваемые СЗИ:

СЗИ 1 — генератор шума «ЛГШ-503»;

СЗИ 2 — прибор защиты сетей электропитания и заземления «Соната-РСЗ»;

СЗИ 3 — генератор шума «Покров».

Начальная маркировка всей сети:

$$\mu^s(p_1) = \mu^s(p_2) = \mu^s(p_3) = \mu^s(p_4) = \mu^s(p_5) = \mu^s(p_6) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|;$$

$$\mu^s(p_7) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,1 \\ 0,9 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_9) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,305 \\ 0,695 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{11}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,152 \\ 0,848 \end{smallmatrix} \right\|;$$

$$\mu^s(p_{13}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,45 \\ 0,55 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{15}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,1 \\ 0,9 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{17}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,25 \\ 0,75 \end{smallmatrix} \right\|.$$

После срабатывания всех возможных переходов, получаем:

$$\bar{\mu}^s(p_{19}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,505 \\ 0,495 \end{smallmatrix} \right\|, \bar{\mu}^s(p_{20}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,374 \\ 0,626 \end{smallmatrix} \right\|, \bar{\mu}^s(p_{21}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,364 \\ 0,636 \end{smallmatrix} \right\|.$$

Акустоэлектромагнитный канал утечки информации.

Сравниваемые СЗИ:

СЗИ 1 — генератор шума «ЛГШ-503»;

СЗИ 2 — генератор шума «ЛГШ-513»;

СЗИ 3 — генератор шума «Покров».

Начальная маркировка всей сети:

$$\mu^s(p_1) = \mu^s(p_2) = \mu^s(p_3) = \mu^s(p_4) = \mu^s(p_5) = \mu^s(p_6) = \left\| \begin{smallmatrix} 0 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\|;$$

$$\mu^s(p_7) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,1 \\ 0,9 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_9) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,093 \\ 0,907 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{11}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,152 \\ 0,848 \end{smallmatrix} \right\|;$$

$$\mu^s(p_{13}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,33 \\ 0,67 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{15}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,25 \\ 0,75 \end{smallmatrix} \right\|, \mu^s(p_{17}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,1 \\ 0,9 \end{smallmatrix} \right\|.$$

После срабатывания всех возможных переходов получаем:

$$\bar{\mu}^s(p_{19}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,397 \\ 0,603 \end{smallmatrix} \right\|, \bar{\mu}^s(p_{20}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,32 \\ 0,68 \end{smallmatrix} \right\|, \bar{\mu}^s(p_{21}) = \left\| \begin{smallmatrix} 0,237 \\ 0,763 \end{smallmatrix} \right\|.$$

Заключение. Используя модель, разработанную в ходе данного исследования, можно сделать вывод, что среди актуальных средств защиты речевой информации, используемых на данный момент в подразделениях МВД России, оптимально будет выбрать систему «Шорох-5Л» для защиты информации от утечки по прямому, вибрационному и оптическому акустическим каналам и генератор шума «Покров» для защиты информации от утечки по акустоэлектрическому и акустоэлектромагнитному каналам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хорев А. А. Техническая защита информации. Т. 1 : Технические каналы утечки информации. — М. : НПЦ «Аналитика», 2008. — 436 с.
2. Нестеровский О. И., Звягин Д. С., Жмыхова А. А. Моделирование каналов утечки акустической информации при помощи сетей // Вестник Воронежского института МВД России. — 2022. — № 1. — С. 40—46.
3. Лескин А. А., Мальцев П. А., Спиридонов А. М. Сети Петри в моделировании и управлении. — Л. : Наука, 1989. — 135 с.
4. Сайт ООО «Detector Systems». — URL: <http://detsys.ru>.
5. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. — М. : Мир, 1984. — 264 с.

REFERENCES

1. Horev A. A. Tekhnicheskaya zashchita informacii. T. 1 : Tekhnicheskie kanaly utechki informacii. — M. : NPC «Analitika», 2008. — 436 s.
2. Nesterovskij O. I., Zvyagin D. S., Zhmyhova A. A. Modelirovanie kanalov utechki akusticheskoy informacii pri pomoshchi setej // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. — 2022. — № 1. — S. 40—46.
3. Leskin A. A., Mal'cev P. A., Spiridonov A. M. Seti Petri v modelirovanii i upravlenii. — L. : Nauka, 1989. — 135 s.
4. Sajt ООО «Detector Systems». — URL: <http://detsys.ru>.
5. Piterson Dzh. Teoriya setej Petri i modelirovanie sistem. — M. : Mir, 1984. — 264 s.