

УДК 004.056:519.1

О.С. Авсентьев, Д.А. Гудков

## Исследование характеристик акустооптического канала утечки речевой информации в условиях реализации механизмов защиты

Определяются динамические характеристики реализации процессов передачи речевой информации от источника к ее получателю, а также перехвата этой информации злоумышленником по акустооптическому каналу утечки. Формализуются вероятности корректности согласования данных характеристик на каждом этапе смены материального носителя информационного речевого сигнала в условиях использования средств защиты информации от утечки по каналам рассматриваемого типа.

**Ключевые слова:** речевая информация, акустооптический канал утечки речевой информации, лазерные акустические локационные системы, электрические характеристики канала связи, условия согласования характеристик сигналов и канала связи, корректность согласования, вероятность утечки речевой информации.

**doi:** 10.21293/1818-0442-2018-21-2-88-94

Деятельность правоохранительных органов по всем направлениям [1] предусматривает использование информации в различных формах ее представления. В процессе осуществления возложенных на органы внутренних дел (ОВД) задач, широко используется речевая информация (РИ). Это обусловлено естественностью процессов приема и передачи РИ для человека, а также рядом важных для решаемых задач свойств информации, характерных для данной формы ее представления: оперативностью, аутентичностью, разборчивостью, своевременностью и др. [2].

Информационный обмен в данном случае может осуществляться в различных условиях:

- в помещениях, выделенных для проведения конфиденциальных переговоров (выделенных помещениях (ВП));

- в служебных кабинетах, в которых расположены различные технические средства и системы, как предназначенные для обработки конфиденциальной информации, например терминалы и периферийные устройства инфокоммуникационных систем (ИКС), так и не предназначенные для этих целей (различного рода вспомогательные технические средства и системы (ВТСС) [3].

Исполнение поставленных задач перед ОВД сопряжено с передачей, получением, обработкой и хранением информации ограниченного доступа. Для этих целей также используется речевая форма представления такого рода информации. Это определяет высокий интерес со стороны злоумышленников к ее перехвату с объектов рассматриваемого типа.

Одним из наиболее эффективных путей перехвата такой информации является перехват по техническим каналам утечки информации (ТКУИ) [4]. Для их реализации применяются различные технические средства разведки (ТСР).

Согласно [4], одним из основных принципов ведения технической разведки (ТР) является скрытность, которая обеспечивается путем маскировки разведывательной аппаратуры, а также за счет увеличения дальности ее использования.

Одним из способов реализации этого принципа злоумышленниками при перехвате РИ является применение лазерных микрофонов в структуре лазерных акустических локационных систем (ЛАЛС). Условия их применения рассмотрены в [4–6].

Данная работа посвящена исследованию основных параметров канала передачи РИ и канала ее перехвата с использованием ЛАЛС а также условий влияющих на параметры возникающего при этом акустооптического канала (АОК) утечки.

### Структурно-логическое представление информационных процессов по передаче и перехвату речевой информации

Рассмотрим информационные процессы (ИПр) по передаче РИ на объектах рассматриваемого типа, а также процессы ее перехвата (ПрПИ) при помощи ЛАЛС, представленные на рис. 1.

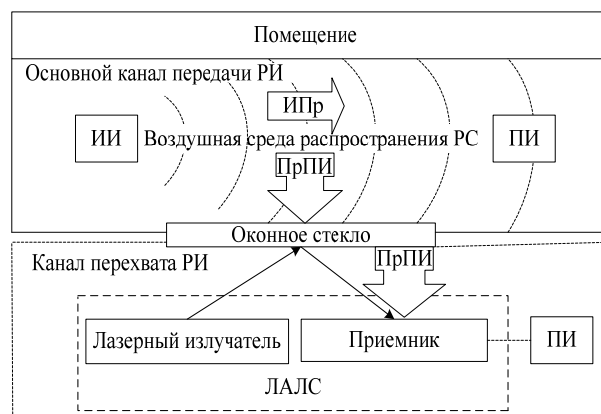


Рис. 1. Обобщенная структура процессов передачи и перехвата речевого сигнала

Основной канал передачи РИ включает источник РИ (ИИ), среду распространения и получателя РИ (ПИ).

ИИ может быть человек или устройство, воспроизводящее ранее записанную речь. В качестве материального носителя РИ выступают акустические колебания упругой среды, которые могут быть охарактеризованы множеством сигнальных (выходных) характеристик  $S = \{s_x, x = 1, 2, \dots, X\}$ . В насто-

ящей работе рассмотрим следующие из них [7]:  $s_1$  – громкость звука, зависящая от амплитуды звуковой волны ( $A_c$ );  $s_2$  – диапазон звуковых частот ( $\Delta f_c$ );  $s_3$  – время передачи речевого сигнала (РС) ( $\Delta t_c$ );  $s_o$  – обобщенная характеристика сигнала, определяемая как его объем ( $V_c$ ).

ПИ может быть человек или звукозаписывающее устройство, которые могут быть охарактеризованы множеством входных (линейных) характеристик  $R = \{r_x, x = 1, 2, \dots, X\}$ . В настоящей работе рассмотрим следующие из них [4]:  $r_1$  – чувствительность ( $\mu_{np}$ );  $r_2$  – полоса пропускания по частоте ( $\Delta f_{np}$ );  $r_3$  – время приема РС ( $\Delta t_{np}$ );  $r_o$  – обобщенная характеристика канала связи, определяемая как его емкость (пропускная способность) ( $V_{kc}$ ).

Средой распространения звуковых колебаний между ИИ и ПИ в рассматриваемом случае является воздух. Будем считать, что характеристики РС, передаваемого по основному каналу, определяются типом ИИ, конструктивными особенностями помещения и при проектировании объекта.

В процессе распространения звуковые колебания воздействуют на различные ограждающие конструкции, в том числе стекла в оконных рамах, или другие отражающие поверхности (ОП). В результате такого рода воздействий возникают вибрации ОП, обуславливающие образование побочных информационных РС, а реализация ПрПИ осуществляется при помощи ЛАЛС. Эти вибрации модулируют лазерное узконаправленное излучение, которое после отражения принимается злоумышленником при помощи оптического разведывательного приемника. ПИ в канале перехвата РИ может быть человек или звукозаписывающее устройство, обладающие аналогичными характеристиками, что и ПИ основного канала передачи РИ.

Образованный таким образом АОК является составным, включающим акустический, вибрационный и оптический участки. При этом осуществляется изменение материального носителя информации: акустические колебания преобразуются в механические колебания ОП, в свою очередь, выступающей в качестве датчика информационного сигнала для ЛАЛС, где материальным носителем перехватываемой РИ являются электромагнитные колебания оптического диапазона волн.

Для обеспечения качественного информационного обмена по основному каналу передачи РИ требуется согласование между сигнальными характеристиками ИИ и линейными характеристиками ПИ [6, 7].

РС представляет собой сложный акустический сигнал, частотный диапазон которого  $\Delta f_c$  находится в пределах 50–12000 Гц. Основная часть энергии такого сигнала сосредоточена в области частот от 300 до 4000 Гц. Данная полоса частот считается достаточной для обеспечения приемлемой для ПИ разборчивости речи с возможностью идентификации говорящего [9, 10].

Для комфортного восприятия РС получателем информации требуется обеспечить достаточный

уровень громкости речи. При этом характеристика громкости, в качестве которой рассматривается амплитуда акустических колебаний  $A_c$  определяется звуковым давлением  $N$ , создаваемым ИИ, и выражается в децибелах (дБ).

$$N = 20 \lg(P/P_0), \quad (1)$$

где  $P$  – формируемое звуковое давление;  $P_0$  – статическое давление, при отсутствии звуковых колебаний.

Диапазон значений звукового давления  $N$  в нормальных условиях речевого обмена может изменяться от 35 до 85 дБ [9]. При значениях амплитуды РС  $A_c$  ниже минимального уровня затрудняется его восприятие ПИ. При уровне  $A_c$  выше максимального у ПИ возникает дискомфорт от излишней громкости. Средний уровень звукового давления составляет 55–75 дБ при расположении ИИ на расстоянии 1 м от ПИ [11].

Зависимость между энергетическими и частотными параметрами РС имеет сложный характер [12]. В диапазоне частот от 500 до 7000 Гц энергия частотных составляющих уменьшается примерно на 10 дБ на октаву. Поскольку под октавой понимается интервал частот, в котором соотношение между верхней и нижней частотами составляет два к одному, можно отметить более существенное уменьшение энергии речевого сигнала в низкочастотной области, чем в высокочастотной [3].

Важным свойством речи является разборчивость, под которой понимается относительное количество (в процентах) правильно понятых человеком или перехваченных (зарегистрированных) средством разведки слов или фрагментов сообщения. Данное свойство определяет достоверность принимаемой получателем РИ.

Значения весовых коэффициентов октавных частотных полос для определения разборчивости речи представлены в таблице. Из приведенных значений следует, что первая, вторая и седьмая октавные полосы являются малоинформативными. Основной вклад в разборчивость речи вносят полосы с третьей по шестую [13].

**Характеристики октавных полос частотного диапазона речи**

Номер полосы	Частотные границы полосы, Гц	Среднегеометрическое значение частотной полосы, Гц	Весовой коэффициент полосы
1	90...180	125	0,01
2	180...355	250	0,03
3	355...710	500	0,12
4	710...1400	1000	0,20
5	1400...2800	2000	0,30
6	2800...5600	4000	0,26
7	5600...11200	8000	0,07

Среднегеометрическое значение частотной полосы – это среднее значение частоты РС, равное квадратному корню из произведения значений нижней и верхней частотной границ полосы, используемое для удобства исследования характеристик РС.

Весовой коэффициент характеризует энергетический вклад конкретной полосы частот в формирование РС. Из таблицы следует, что диапазон частот от 355 до 5600 Гц является наиболее информативным.

Усредненный за длительный промежуток времени спектр мощности речи, измеренной на расстоянии 30 см от ИИ, представлен на рис. 2 [12]. Из этого рисунка видно, что энергетический максимум звукового давления находится в пределах 500 Гц, что соответствует частоте основного тона ИИ [14, 15].

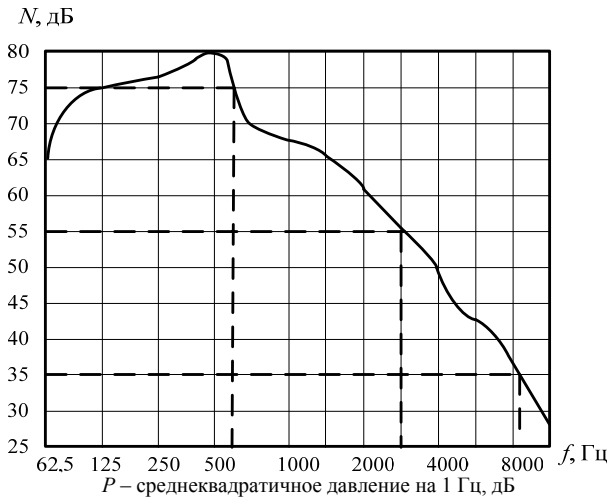


Рис. 2. Усредненный за длительный промежуток времени спектр мощности речи, измеренной на расстоянии 30 см от ИИ

Рассмотрим взаимосвязи параметров РС с информационными параметрами ИИ и электрическими параметрами каналов передачи или перехвата РИ. Для этих целей по аналогии с [16] рассматриваемые на рис. 1 информационные процессы представим в виде, показанном на рис. 3.

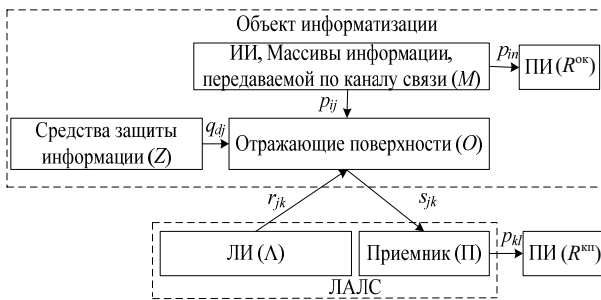


Рис. 3. Обобщенная предметно-функциональная структура взаимосвязей информационных и электрических параметров РС, АОК и СЗИ

На рис. 3 используются следующие обозначения:  
 $M = \{m_i, i = 1, 2, \dots, I\}$  – массивы информации, передаваемой по основному каналу связи;  $i$  и  $I$  – номер массива информации и их количество соответственно;

$O = \{o_j, j = 1, 2, \dots, J\}$  – ОП, преобразующие акустические колебания воздушной среды в механические колебания этой поверхности,  $j$  и  $J$  – номер ОП и их количество соответственно;

$Z = \{z_d, d = 1, 2, \dots, D\}$  – средства защиты информации (СЗИ), используемые для подавления АОК;  $d$  и  $D$  – номер СЗИ и их количество соответственно;

$R^{ок} = \{r_n^{ок}, n = 1, 2, \dots, N\}$  – получатели речевой информации в основном канале;  $n$  и  $N$  – номер ПИ и их количество соответственно;

$R^{кп} = \{r_l^{кп}, l = 1, 2, \dots, L\}$  – получатели речевой информации в АОК (канале перехвата);  $l$  и  $L$  – номер ПИ и их количество соответственно;

ЛИ – лазерный излучатель;

$\Lambda = \{\lambda_k, k = 1, 2, \dots, K\}$  – множество видов ЛИ ЛАЛС, используемых для облучения ОП;  $k$  и  $K$  – номер и количество ЛИ соответственно;

$\Pi = \{\pi_k, k = 1, 2, \dots, K\}$  – множество видов приемников отраженного лазерного луча;  $k$  и  $K$  – номер и количество приемников, соответственно;

$p_{in}$  – вероятность реализации ИПР между  $i$ -м ИИ и  $n$ -м ПИ в основном канале;

$p_{ij}$  – вероятность реализации ПрПИ на акустико-вибрационном участке АОК между  $i$ -м ИИ и  $j$ -й ОП;

$r_{jk}$  – вероятность облучения  $k$ -м ЛИ ЛАЛС  $j$ -й ОП;

$s_{jk}$  – вероятность реализации ПрПИ между  $j$ -й ОП и  $k$ -м ЛИ ЛАЛС (модуляции) и образования вибрационно-оптического участка АОК, содержащего информационный РС;

$q_{dj}$  – вероятность воздействия  $d$ -го СЗИ на  $j$ -ю ОП в целях подавления АОК;

$p_{kl}$  – вероятность восприятия перехваченного РС  $l$ -м ПИ в АОК от  $k$ -го приемника ЛАЛС.

В качестве условий, определяющих взаимосвязи элементов структуры, представленной на рис. 3, будем полагать справедливыми следующие:

- 1) одна и та же ЛАЛС может использоваться злоумышленником для перехвата РС с различных ОП;
- 2) одно и то же СЗИ может использоваться для подавления побочного информационного РС в нескольких ОП.

Обозначим  $P_{АОК}$  и  $P_{АОК}^{ЗИ}$  – вероятности утечки РИ по АОК в условиях отсутствия механизмов защиты и в условиях их реализации соответственно.

Как ОК, так и КП могут быть представлены в виде некоторых траекторий преобразований РС, состоящих в изменении вида его материального носителя. При этом в каждой из этих траекторий могут быть выделены передающие, приемные и преобразующие элементы [17, 18]. По аналогии с [17, 18] следует отметить взаимосвязи расположенных рядом элементов в рассматриваемых траекториях. Изменение вида материального носителя приводит к некоторым искажениям соответствующих сигналов.

Одним из основных условий минимизации этих искажений является обеспечение согласования входных характеристик последующего элемента с выходными характеристиками предыдущего элемента рассматриваемой траектории. При этом степень согласованности рассматриваемых характеристик определим как корректность их согласования, а

для ее оценки будем использовать соответствующую вероятность [17, 18].

Так, для согласования выходных характеристик ИИ с входными характеристиками ПИ в основном канале требуется одновременное выполнение следующих условий:

$$A_c^{ИИ} \hat{=} \mu_{пр}^{ПИ}, \text{ при } A_c^{ИИ} > \mu_{пр}^{ПИ}; \quad (2)$$

$$\Delta f_c^{ИИ} \hat{=} \Delta f_{пр}^{ПИ}, \text{ при } \Delta f_c^{ИИ} \leq \Delta f_{пр}^{ПИ}; \quad (3)$$

$$\Delta t_c^{ИИ} \hat{=} \Delta t_{пр}^{ПИ}, \text{ при } \Delta t_c^{ИИ} \leq \Delta t_{пр}^{ПИ}; \quad (4)$$

$$V_c^{ИИ} \hat{=} V_{кc}^{ПИ}, \text{ при } V_c^{ИИ} \leq V_{кc}^{ПИ}, \quad (5)$$

где  $A_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_1$  ИИ;  $\mu_{пр}^{ПИ}$  – характеристика  $r_1$  ПИ;  $\Delta f_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_2$  ИИ;  $\Delta f_{пр}^{ПИ}$  – характеристика  $r_2$  законного ПИ;  $\Delta t_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_3$  ИИ;  $\Delta t_{пр}^{ПИ}$  – характеристика  $r_3$  законного ПИ;  $V_c^{ИИ} = A_c^{ИИ} \cdot \Delta f_c^{ИИ} \cdot \Delta t_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_0$  ИИ;  $V_{кc}^{ПИ} = \mu_{пр}^{ПИ} \Delta f_{пр}^{ПИ} \Delta t_{пр}^{ПИ}$  – характеристика  $r_0$  законного ПИ;  $\hat{=}$  – знак согласования рассматриваемых характеристик.

Вероятность корректности согласования обобщенных характеристик  $V_c^{ИИ}$  и  $V_{кc}^{ПИ}$  может быть использована как показатель качества основного канала передачи речевой информации  $p_m$  (см. рис. 3).

$$p(V_c^{ИИ} \hat{=} V_{кc}^{ПИ}) = p_m = |1 - V_c^{ИИ} / V_{кc}^{ПИ}|. \quad (6)$$

Применяя обозначения, используемые на рис. 3, запишем условия (2)–(5) в виде

$$m_{is_1}^{ок} \hat{=} r_{n_1}^{ок}, \text{ при } m_{is_1}^{ок} > r_{n_1}^{ок}, \quad (7)$$

$$m_{is_2}^{ок} \hat{=} r_{n_2}^{ок}, \text{ при } m_{is_2}^{ок} \leq r_{n_2}^{ок}, \quad (8)$$

$$m_{is_3}^{ок} \hat{=} r_{n_3}^{ок}, \text{ при } m_{is_3}^{ок} \leq r_{n_3}^{ок}, \quad (9)$$

$$V_c^{ИИ} \hat{=} V_{кc}^{ПИ} \text{ при } V_c^{ИИ} \leq V_{кc}^{ПИ}, \quad (10)$$

$$p(V_c^{ИИ} \hat{=} V_{кc}^{ПИ}) = p_m \rightarrow 1, \quad (11)$$

где  $m_{is_1}^{ок} = A_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_1$  ИИ;  $r_{n_1}^{ок} = \mu_{пр}^{ПИ}$  – характеристика  $r_1$  законного ПИ;  $m_{is_2}^{ок} = \Delta f_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_2$  ИИ;  $r_{n_2}^{ок} = \Delta f_{пр}^{ПИ}$  – характеристика  $r_2$  законного ПИ;  $m_{is_3}^{ок} = \Delta t_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_3$  ИИ;  $r_{n_3}^{ок} = \Delta t_{пр}^{ПИ}$  – характеристика  $r_3$  законного ПИ.

Будем считать, что в ОК обеспечение согласованности рассматриваемых характеристик стремится к 1 в соответствии с требованиями законных пользователей.

Аналогично условиям (7)–(10) в канале перехвата информации запишем условия обеспечения согласования выходных характеристик ИИ с входными характеристиками ОП:

$$m_{is_1}^{кп} \hat{=} o_{j_1}^{кп}, \text{ при } m_{is_1}^{кп} > o_{j_1}^{кп}; \quad (12)$$

$$m_{is_2}^{кп} \hat{=} o_{j_2}^{кп}, \text{ при } m_{is_2}^{кп} \leq o_{j_2}^{кп}; \quad (13)$$

$$m_{is_3}^{кп} \hat{=} o_{j_3}^{кп}, \text{ при } m_{is_3}^{кп} \leq o_{j_3}^{кп}; \quad (14)$$

$$V_c^{ИИ} \hat{=} V_{кc}^{ОП}, \text{ при } V_c^{ИИ} \leq V_{кc}^{ОП}, \quad (15)$$

где  $m_{is_1}^{кп} = A_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_1$  ИИ;  $o_{j_1}^{кп} = \mu_{пр}^{ОП}$  – характеристика  $r_1$  ОП;  $m_{is_2}^{кп} = \Delta f_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_2$  ИИ;  $o_{j_2}^{кп} = \Delta f_{пр}^{ОП}$  – характеристика  $r_2$  ОП;  $m_{is_3}^{кп} = \Delta t_c^{ИИ}$  – характеристика  $s_3$  ИИ;  $o_{j_3}^{кп} = \Delta t_{пр}^{ОП}$  – характеристика  $r_3$  ОП;  $V_c^{ИИ} = m_{is_1}^{кп} \cdot m_{is_2}^{кп} \cdot m_{is_3}^{кп}$  – характеристика  $s_0$  ИИ;  $V_{кc}^{ОП} = o_{j_1}^{кп} \cdot o_{j_2}^{кп} \cdot o_{j_3}^{кп}$  – характеристика  $r_0$  ОП в канале перехвата.

Вероятность корректности согласования обобщенных характеристик  $V_c^{ИИ}$  и  $V_{кc}^{ОП}$  может быть использована как показатель качества акусто-вибрационного участка АОК перехвата РИ:

$$p(V_c^{ИИ} \hat{=} V_{кc}^{ОП}) = p_{ij} = |1 - V_c^{ИИ} / V_{кc}^{ОП}|. \quad (16)$$

Условия согласования входных и выходных характеристик рассматриваемых элементов в основном канале учитываются на этапе проектирования, при этом в канале перехвата информации данные условия могут не выполняться либо выполняться лишь частично, что приводит к снижению качества перехватываемой информации [18, 19].

В этих условиях следует отметить противоположность целей законного получателя информации и злоумышленника. Целью злоумышленника в канале перехвата информации является обеспечение максимального качества перехватываемой информации за счет согласования входных характеристик ОП и выходных характеристик лазерного излучателя (ЛИ):

$$o_{j_1} \hat{=} \lambda_{ks_1}, \text{ при } o_{j_1} < \lambda_{ks_1}, \quad (17)$$

$$o_{j_2} \hat{=} \lambda_{ks_2}, \text{ при } o_{j_2} \geq \lambda_{ks_2}, \quad (18)$$

$$o_{j_3} \hat{=} \lambda_{ks_3}, \text{ при } o_{j_3} \geq \lambda_{ks_3}, \quad (19)$$

$$V_c^{ОП} \hat{=} V_{кc}^{ЛИ}, \text{ при } V_c^{ОП} \leq V_{кc}^{ЛИ}, \quad (20)$$

где  $o_{j_1} = \mu_{пр}^{ОП}$  – характеристика  $r_1$  ОП;  $\lambda_{ks_1} = A_c^{ЛИ}$  – характеристика  $s_1$  ЛИ;  $o_{j_2} = \Delta f_{пр}^{ОП}$  – характеристика  $r_2$  ОП;  $\lambda_{ks_2} = \Delta f_c^{ЛИ}$  – характеристика  $s_2$  ЛИ;  $o_{j_3} = \Delta t_{пр}^{ОП}$  – характеристика  $r_3$  ОП;  $\lambda_{ks_3} = \Delta t_c^{ЛИ}$  – характеристика  $s_3$  ЛИ;  $V_c^{ОП} = o_{j_1} \cdot o_{j_2} \cdot o_{j_3}$  – характеристика  $r_0$  ОП;  $V_{кc}^{ЛИ} = \lambda_{ks_1} \lambda_{ks_2} \lambda_{ks_3}$  – характеристика  $s_0$  ЛИ в канале перехвата.

Вероятность корректности согласования обобщенных характеристик  $V_c^{ОП}$  и  $V_{кc}^{ЛИ}$  может быть использована как показатель  $r_{jk}$ , характеризующий качество облучения ОП лазерным лучом:

$$p(V_c^{ОП} \hat{=} V_{кc}^{ЛИ}) = s_{jk} = |1 - V_c^{ОП} / V_{кc}^{ЛИ}|. \quad (21)$$

Целью законных пользователей является обеспечение требуемого уровня защищенности РИ от утечки в канале перехвата рассматриваемого типа. Это может быть достигнуто за счет нарушения условий (16)–(19):

$$o_{jr1} \hat{=} \lambda_{ks1}, \quad (22)$$

$$o_{jr2} \hat{=} \lambda_{ks2}. \quad (23)$$

$$o_{jr3} \hat{=} \lambda_{ks3}, \quad (24)$$

$$V_c^{OP} \hat{=} V_{KC}^{ПИ}. \quad (25)$$

Для этого используются СЗИ, действующие на ОП.

Заключительным этапом в канале перехвата является использование злоумышленником перехваченного информационного РС от приемника ЛАЛС:

$$\pi_{ks1} \hat{=} r_{nr1}^{KP}, \text{ при } \pi_{ks1} > r_{nr1}^{KP}, \quad (26)$$

$$\pi_{ks2} \hat{=} r_{nr2}^{KP}, \text{ при } \pi_{ks2} \leq r_{nr2}^{KP}, \quad (27)$$

$$\pi_{ks3} \hat{=} r_{nr3}^{KP}, \text{ при } \pi_{ks3} \leq r_{nr3}^{KP}, \quad (28)$$

$$V_c^{П} \hat{=} V_{KC}^{ПИ}, \text{ при } V_c^{ПИ} \leq V_{KC}^{ПИ}, \quad (29)$$

где  $\pi_{ks1} = A_c^{ПИ}$  – характеристика  $s_1$  приемника ЛАЛС;  $r_{nr1}^{KP} = \mu_{np}^{OP}$  – характеристика  $r_1$  ПИ в канале перехвата;  $\lambda_{k2} = \Delta f_c^{ПИ}$  – характеристика  $s_2$  приемника ЛАЛС;  $r_{nr2}^{KP} = \Delta f_{np}^{OP}$  – характеристика  $r_2$  ПИ в канале перехвата;  $\lambda_{ks3} = \Delta t_c^{ПИ}$  – характеристика  $s_3$  приемника ЛАЛС;  $r_{nr3}^{KP} = \Delta t_{np}^{OP}$  – характеристика  $r_3$  ПИ в канале перехвата;  $V_c^{П} = \pi_{ks1} \cdot \pi_{ks2} \cdot \pi_{ks3}$  – характеристика  $s_0$  ОП;  $V_{KC}^{ПИ} = r_{nr1}^{KP} \cdot r_{nr2}^{KP} \cdot r_{nr3}^{KP}$  – характеристика  $r_0$  ПИ в канале перехвата.

Вероятность корректности согласования обобщенных характеристик  $V_c^{П}$  и  $V_{KC}^{ПИ}$  может быть использована как показатель  $p_{kl}$ , характеризующий качество восприятия перехваченного РС  $l$ -м ПИ в АОК от  $k$ -го приемника ЛАЛС:

$$p(V_c^{OP} \hat{=} V_{KC}^{ПИ}) = p_{kl} = |1 - V_c^{П} / V_{KC}^{ПИ}|. \quad (30)$$

Вероятность утечки по АОК  $P_{АОК}$  определим как произведение вероятностей каждого участка перехвата РС по АОК:

$$P_{АОК} = p_{ij} s_{jk} p_{kl}. \quad (31)$$

Вероятность  $s_{jk}$  будем рассматривать как условную вероятность от  $r_{jk}$ . При этом поскольку вероятности  $r_{jk}$  и  $s_{jk}$  взаимосвязаны за счет общей ЛАЛС и одной и той же ОП, то

$$s_{jk} / r_{jk} = r_{jk}. \quad (32)$$

Тогда выражение (31) для условий отсутствия СЗИ запишем в виде

$$P_{АОК} = p_{ij} r_{jk} p_{kl}. \quad (33)$$

Применение механизмов защиты позволяет представить вероятности в следующем виде:

$$p_{ij}^{ЗИ} = p_{ij} / q_{dj}, \quad (34)$$

$$r_{jk}^{ЗИ} = r_{jk} / q_{dj}. \quad (35)$$

С учетом наличия взаимосвязей по аналогии с выражением (32) запишем:

$$p_{ij}^{ЗИ} = q_{dj}, \quad (36)$$

$$r_{jk}^{ЗИ} = q_{dj}. \quad (37)$$

Тогда вероятность утечки РИ по АОК в условиях реализации механизмов защиты запишем в виде

$$P_{АОК} = q_{dj} q_{dj} p_{kl} = q_{dj}^2 p_{kl}. \quad (38)$$

### Заключение

На практике параметры выражений (17)–(25) оцениваются как в процессе проектирования, разработки и развертывания защищенного ОИ путем реализации организационных и технических мероприятий пассивного и активного характера [4, 5], так и в процессе мероприятий по защите информации и дальнейшей аттестации ОИ по требованиям к защищенности информации путем противодействия применению злоумышленником различных средств технической разведки.

При этом определение вероятностей, представленных на рис. 3, осуществляется для конкретных ОИ путем моделирования соответствующих информационных процессов и является предметом дальнейших исследований авторов.

### Литература

1. О полиции: Федеральный закон от 7 февраля 2011 г. № 3-ФЗ (в ред. от 7 марта 2018 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2011. – № 7. – 900 с.
2. Авсентьев А.О., Мишина Н.О., Гудков Д.А. Особенности использования речевой информации в деятельности органов внутренних дел // Охрана, безопасность, связь. – 2017. – № 1-2. – С. 20–26.
3. Авсентьев О.С., Мишина Н.О. Условия образования технических каналов утечки речевой информации в деятельности правоохранительных органов // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. – 2017. – № 3-3. – С. 220–228.
4. Меньшаков Ю.К. Теоретические основы технических разведок: учеб. пособие / под ред. Ю.Н. Лаврухина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 536 с.
5. Зайцев А.П., Мещеряков Р.В., Шелупанов А.А. Технические средства и методы защиты информации: учеб. для вузов – 7-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 442 с.
6. Бузов Г.А. Защита информации ограниченного доступа от утечки по техническим каналам. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 586 с.
7. Теория электрической связи: конспект лекций / под общ. ред. В.А. Григорьева. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 148 с.
8. Авсентьев О.С., Гудков Д.А. Особенности каналов утечки речевой информации в деятельности органов внутренних дел // Актуальные вопросы эксплуатации систем охраны и защищенных телекоммуникационных систем: сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 108–111.
9. Бондарко Л.В., Вербицкая Л.А., Гордина М.В. Основы общей фонетики: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1991. – 152 с.
10. Халяпин Д.Б. Защита информации. Вас подслушивают? Защищайтесь! – М.: НОУ ШО «Баярд», 2004. – 432 с.
11. ГОСТ Р ИСО 24504–2015. Уровни звукового давления речевых сообщений для продукции и систем оповещения.

12. Джеймс Л. Фланаган. Анализ, синтез и восприятие речи / пер. с англ. под ред. А.А. Пирогова. – М.: Связь, 1968. – 396 с.

13. Хорев А.А., Макаров Ю.К. К оценке эффективности защиты акустической (речевой) информации // Специальная техника. – М.: 2000. – № 5. – С. 46–56.

14. Голубинский А.Н. Расчёт частоты основного тона речевого сигнала на основе полигармонической математической модели // Вестник Воронеж. ин-та МВД России. – 2009. – № 1. – С. 81–90.

15. Ахмад Х.М. Введение в цифровую обработку речевых сигналов: учеб. пособие / Х.М. Ахмад, В.Ф. Жирков. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2007. – 192 с.

16. Авсентьев О.С., Авсентьев А.О., Вальде А.Г. Исследование условий возникновения технических каналов утечки информации по побочным электромагнитным излучениям на объектах информатизации // Вестник Воронеж. ин-та МВД России. – 2017. – № 3. – С. 22–31.

17. Авсентьев О.С., Меньших В.В., Авсентьев А.О. Моделирование и оптимизация процессов передачи и защиты информации в каналах связи // Специальная техника. – 2015. – №5. – С. 47–50.

18. Авсентьев О.С., Меньших В.В., Авсентьев А.О. Модель оптимизации процесса передачи информации по каналам связи в условиях угроз ее безопасности // Телекоммуникации. – 2016. – №1. – С. 28–32.

19. Авсентьев О.С., Авсентьев А.О., Вальде А.Г. Математическая модель защиты информации от утечки по электромагнитным каналам // Вестник Воронеж. ин-та МВД России. – 2016. – № 3. – С. 42–50.

#### Авсентьев Олег Сергеевич

Д-р техн. наук, профессор каф. информационной безопасности Воронежского института МВД России Патриотов пр., д. 53, г. Воронеж, Россия, 394065  
Тел.: +7-(473-2) 00-52-36  
Эл. почта: osaos@mail.ru

#### Гудков Данила Андреевич

Адъюнкт каф. информационной безопасности Воронежского института МВД России Патриотов пр., д. 53, г. Воронеж, Россия, 394065  
Тел.: +7-(473-2) 00-52-36  
Эл. почта: guddan@mail.ru

Avsientiev O.S., Gudkov D.A.

#### Study of characteristics of the acousto-optic channel of speech information leakage in the conditions of implementation of protection mechanisms

The dynamic characteristics of the processes of speech information transmission from the source to its recipient, as well as the interception of this information by an attacker through the acousto-optical leakage channel are determined. The authors formalized the probability of correctness of matching these characteristics at each stage of the change of the material carrier of the information speech signal when using the means of information protection from leakage through channels of the considered type.

**Keywords:** speech information, acousto-optical channel of speech information leakage, laser acoustic location system, electrical characteristics of the communication channel, matching conditions of signal characteristics, communication

channel, correctness of matching, possibility of speech information leakage.

doi: 10.21293/1818-0442-2018-21-2-88-94

#### References

1. About the police: Federal law of 7 February 2011 г. № 3-FL (as amended on March 7, 2018). Collected legislation of the Russian Federation, 2011, no. 7, St. 900. (In Russ.).

2. Avsientiev A.O., Mishina N.O., Gudkov D.A. Features of the use of speech information in the activities of the internal Affairs bodies. Security, safety, communication, 2017, № 1-2, pp. 20–26. (In Russ.).

3. Avsientiev O.S., Mishina N.O. Conditions of formation of technical channels of speech information leakage in the activities of law enforcement agencies. Public security, rule of law in the III Millennium, 2017, no. 3-3, pp. 220–228. (In Russ.).

4. Menshakov U.K. *Teoreticheskie osnovy tehnikeskikh razvedok* [The theoretical basis of technical intelligence]. Proc. Benefit, under the editorship. U.N. Lavruhina. Moscow, Publishing house MSTU im. N.E. Bauman, 2008, 536 p. (In Russ.).

5. Zaitsev A.P., Mesheryakov R.V., Shelupanov A.A. *Tekhnicheskie sredstva i metody zaschity informatsii* [Technical means and methods of information protection]. Textbook for high schools, 7th ed., the Rev. Moscow, Goryatchaya liniya, Telecom, 2012, 442 p. (In Russ.).

6. Buzov G.A. *Zaschita informatsii ogranichenogo dostupa ot utechki po tehnikeskim kanalam* [Protection of restricted information from leakage through technical channels]. Moscow, Goryatchaya liniya, Telecom, 2015, 586 p. (In Russ.).

7. *Teoriya elektricheskoi svyazi: konspekt lektsiy* [Theory of electrical communication: lecture notes]. Under the General editorship of V.A. Grigoriev, SPb, NIU ITMO, 2012, 148 p. (In Russ.).

8. Avsientiev O.S., Gudkov D.A. Features of channels of leakage of speech information in activity of law-enforcement bodies. Actual questions of operation of systems of protection and the protected telecommunication systems. The collection of materials of the all-Russian scientific and practical conference. 2016, pp. 108–111. (In Russ.).

9. Bondarko L.V., Verbitskaya L.A., Gordina M.V. *Osnovy obshey fonetiki* [Basics of General phonetics]. Studies. Benefit, SPb, Publishing house S.-Peterburg un-ty, 1991, 152 p. (In Russ.).

10. Halyapin D.B. *Zaschita informatsii. Vas podslushivayut? Zashishaites!* [Information protection. Are you eavesdropping? Defend yourself!]. Moscow, NOU SHO «Bayard», 2004, 432 p. (In Russ.).

11. GOST R ISO 24504-2015. Sound pressure levels of voice messages for products and warning systems. (In Russ.).

12. James L. Flanagan. *Analiz, sintez i vospriyatie rechi* [Analysis, synthesis and speech perception]. Translation from English edited by A.A. Pirogov, Moscow, Publishing House «Svyaz», 1968, 396 p. (In Russ.).

13. Horev A.A., Makarov U.K.. To assess the effectiveness of protection of acoustic (speech) information. *Special equipment*, Moscow, 2000, no. 5, pp. 46–56 (In Russ.).

14. Golubinskii A.N. Calculation of the basic tone frequency of a speech signal based on a polyharmonic mathematical model. *Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of internal Affairs of Russia*, 2009, № 1, pp. 81–90 (In Russ.).

15. Ahmad H.M. *Vvedenie v tsifrovuyu obrabotku rechevykh signalov* [Introduction to digital speech processing]. Studies. Benefit, H.M. Ahmad, V.F. Zhirkov, Vlad. state un-

ty, Vladimir, Publishing house Vladimir. state un-ty, 2007, 192 p. (In Russ.).

16. Avsentiev O.S., Avsentiev A.O., Valde A.G. Research of conditions of emergence of technical channels of information leakage on side electromagnetic radiation at objects of in-formatting. *Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of internal Affairs of Russia*, 2017, no. 3, pp. 22–31 (In Russ.).

17. Avsentiev O.S., Men'shikh V.V., Avsentiev A.O. Modeling and optimization of information transmission and protection processes in communication channels. *Special equipment*, 2015, no. 5, pp. 47–50 (In Russ.).

18. Avsentiev O.S., Men'shikh V.V., Avsentiev A.O. Model of optimization of information transmission through communication channels in the conditions of threats to its security. *Telecommunication*, 2016, no. 1, pp. 28–32 (In Russ.).

19. Avsentiev O.S., Avsentiev A.O., Valde A.G. Mathematical model of information protection from leakage through electromagnetic channels. *Bulletin of the Voronezh*

*Institute of the Ministry of internal Affairs of Russia*, 2016, no. 3, pp. 42–50 (In Russ.).

---

**Oleg S. Avsentiev**

Dr. techn. sciences, professor of the Department of information security of the Voronezh Institute of the Ministry of internal Affairs of Russia  
53, Patriots pr., Voronezh, Russia, 394065  
Phone: +7-(473-2) 00-52-36  
Email: osaos@mail.ru

**Danila A. Gudkov**

Adjunct of the Department of information security of the Voronezh Institute of the Ministry of internal Affairs of Russia  
53, Patriots pr., Voronezh, Russia, 394065  
Phone: +7-(473-2) 00-52-36  
Email: guddan@mail.ru