

*ХОРЕВ Анатолий Анатольевич*  
*доктор технических наук*

*МАКАРОВ Юрий Константинович*

## **Оценка эффективности систем виброакустической маскировки**

Защита акустической (речевой) информации является одной из важнейших задач в общем комплексе мероприятий по обеспечению информационной безопасности объекта или учреждения и осуществляется использованием пассивных и активных методов.

Пассивные методы защиты информации, как правило, реализуются при строительстве или реконструкции зданий на этапе разработки проектных решений, что позволяет заранее учесть типы строительных конструкций, способы прокладки коммуникаций, оптимальные места размещения выделенных помещений.

В случае технической невозможности использования пассивных средств защиты помещений или если они не обеспечивают требуемых норм по звукоизоляции, используются активные меры защиты, заключающиеся в создании маскирующих акустических и вибрационных помех средствами акустической речевой разведки, то есть использованием виброакустической маскировки информационных сигналов.

Акустическая маскировка эффективно используется для защиты речевой информации от утечки по всем каналам утечки, а виброакустическая – по виброакустическому и оптико-электронному (акустооптическому) каналам.

В настоящее время создано большое количество различных систем активной виброакустической маскировки, успешно используемых для подавления средств перехвата речевой информации. К ним относятся: системы "Заслон", "Кабинет", "Барон", "Порог-2М", "Фон-В", "Шорох", VNG-006, ANG-2000, NG-101 и т.д. [4].

В системах акустической и виброакустической маскировки, как правило, используются шумовые помехи следующих видов:

1 – "белый" шум (шум с постоянной спектральной плотностью в речевом диапазоне частот);

2 – "розовый" шум (шум с тенденцией спада спектральной плотности 3 дБ на октаву в сторону высоких частот);

3 – шум с тенденцией спада спектральной плотности 6 дБ на октаву в сторону высоких частот;

4 – шумовая "речеподобная" помеха (шум с огибающей амплитудного спектра, подобной речевому сигналу).

Оценка эффективности систем виброакустической маскировки осуществляется инструментально-расчетным методом, основанном на результатах экспериментальных исследований, проведенных Н.Б. Покровским [3].

Суть этого метода заключается в следующем [2, 3].

Спектр речи разбивается на  $N$  частотных полос, в общем случае произвольных.

Для каждой  $i$ -й ( $i = 1 \dots N$ ) частотной полосы на среднегеометрической частоте  $f_{cp,i} = \sqrt{f_{в,i} \cdot f_{н,i}}$  определяется формантный параметр  $\Delta A_i$ , характеризующий энергетическую избыточность дискретной составляющей речевого сигнала:

$$\Delta A_i = L_{с,i} - A_i = \Delta A(f_{cp,i}), \text{ дБ}, \quad (1)$$

где  $L_{с,i}$  – средний спектральный уровень речевого сигнала в месте измерения в  $i$ -й спектральной полосе, дБ;

$A_i$  – средний спектральный модальный уровень формант (под формантой понимается область частот, характерная для определенного звука [3]) в  $i$ -й спектральной полосе, дБ;

$\Delta L(f_{в,i})$  и  $\Delta L(f_{н,i})$  – значения весового коэффициента для верхней  $f_{в,i}$  и нижней  $f_{н,i}$  граничной частот  $i$ -й частотной полосы спектра речевого сигнала.

Для каждой  $i$ -й частотной полосы определяется весовой коэффициент  $\kappa_i$ , характеризующий вероятность наличия формант речи в данной полосе:

$$\kappa_i = \kappa(f_{в,i}) - \kappa(f_{н,i}), \quad (2)$$

где  $\kappa(f_{в,i})$  и  $\kappa(f_{н,i})$  – значения весового коэффициента для верхней  $f_{в,i}$  и нижней  $f_{н,i}$  граничной частот  $i$ -й частотной полосы спектра речевого сигнала.

Для каждой частотной полосы на среднегеометрической частоте  $f_{cp.i}$  определяется коэффициент восприятия формант слуховым аппаратом человека  $p_i$ , представляющий собой вероятное относительное количество формантных составляющих речи, имеющих уровни интенсивности выше порогового значения, которое зависит от отношения сигнал/шум  $q_i$ .

С учетом (3) и (4) определяются спектральный индекс артикуляции (понимаемости) речи  $R_i$  (информационный вес  $i$ -й спектральной полосы частотного диапазона речи) и рассчитывается интегральный индекс артикуляции речи  $R$ :

$$R_i = p_i \cdot \kappa_i; \quad (5)$$

$$R = \sum_{i=1}^N R_i. \quad (6)$$

По интегральному индексу артикуляции речи определяются слоговая  $S$  и словесная  $W$  разборчивости речи.

Зависимости  $\Delta A(f)$ ,  $\kappa(f)$ ,  $p_i(q_i)$ ,  $S(R)$  и  $W(S)$  определены Н.Б. Покровским экспериментально и представлены в виде графиков в [3]. Данные графики можно аппроксимировать следующими аналитическими соотношениями (ошибка аппроксимации менее 1 %) [2]:

$$\kappa(f) = \begin{cases} 2,57 \cdot 10^{-8} \cdot f^{2,4}, & \text{если } 100 < f \leq 400 \text{ Гц;} \\ 1 - 1,074 \cdot \exp(-10^{-4} \cdot f^{1,18}), & \text{если } 400 < f \leq 10000 \text{ Гц.} \end{cases} \quad (7)$$

$$\Delta A(f) = \begin{cases} 200 / f^{0,43} - 0,37, & \text{если } f \leq 1000 \text{ Гц;} \\ 1,37 + 1000 / f^{0,69}, & \text{если } f > 1000 \text{ Гц.} \end{cases} \quad (8)$$

$$p_i = \begin{cases} \frac{0,78 + 5,46 \cdot \exp[-4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (27,3 - |Q_i|)^2]}{1 + 10^{0,1|Q_i|}}, & \text{если } Q_i \leq 0; \\ 1 - \frac{0,78 + 5,46 \cdot \exp[-4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (27,3 - |Q_i|)^2]}{1 + 10^{0,1|Q_i|}}, & \text{если } Q_i > 0, \end{cases} \quad (9)$$

где  $Q_i = A_i - L_{u.i} = (L_{c.i} - \Delta A_i) - L_{u.i} = q_i - \Delta A_i$ ;

$L_{u.i}$  – уровень шума (помехи) в  $i$ -й спектральной полосе, дБ.

$q_i = L_{c.i} - L_{u.i}$  – отношение "уровень речевого сигнала/уровень шума", дБ.

$$S = \begin{cases} 4 \cdot R^{1,43}, & \text{если } R \leq 0,15; \\ 1,1 \cdot [1 - 1,17 \cdot \exp(-2,9 \cdot R)], & \text{если } 0,15 \leq R \leq 0,7; \\ 1,01 \cdot [1 - 9,1 \cdot \exp(-6,9 \cdot R)], & \text{если } R > 0,7. \end{cases} \quad (10)$$

$$W = 1,05 \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{6,15 \cdot S}{1 + S}\right) \right]. \quad (11)$$

С учетом (10) и (11) легко получить зависимость словесной разборчивости от интегрального индекса артикуляции речи:

$$W = \begin{cases} 1,54 \cdot R^{0,25} [1 - \exp(-11 \cdot R)], & \text{если } R < 0,15; \\ 1 - \exp\left(-\frac{11 \cdot R}{1 + 0,7 \cdot R}\right), & \text{если } R \geq 0,15. \end{cases} \quad (12)$$

Анализ формул (1) ... (12) показывает, что для оценки разборчивости речевой диапазон целесообразно разбивать на спектральные полосы, вносящие одинаковый вклад в разборчивость речи, то есть, имеющие одинаковый весовой коэффициент  $k_i$ . Покровским Н.Б. было предложено речевой диапазон разбить на двадцать равноартикуляционных полос со значением весовых коэффициентов  $k_i = 0,05$ , рассчитанные характеристики которых представлены в табл. 1.

Измерение уровней скрываемого речевого сигнала и шума (помехи) в различных спектральных диапазонах возможно с использованием низкочастотных анализаторов спектра. Однако наиболее часто в качестве средств контроля при оценке эффективности систем виброакустической маскировки используются измерители уровня шума и вибраций (шумомеры) со встроенными октавными фильтрами.

Характеристики октавных полос и рассчитанные числовые значения формантного параметра спектра речевого сигнала и весовых коэффициентов для них представлены в табл. 2.

Различным видам речи соответствуют типовые интегральные уровни речевых сигналов, измеренные на расстоянии 1 м от источника речи (говорящий человек, звуковоспроизводящее устройство):  $L_s = 64$  дБ – тихая речь;  $L_s = 70$  дБ – речь средней громкости;  $L_s = 76$  дБ – громкая речь;  $L_s = 84$  дБ – речь, усиленная техническими средствами.

Числовые значения типовых уровней речевого сигнала в октавных и равноартикуляционных полосах  $L_{s,i}$  в зависимости от их интегрального уровня  $L_s$ , представлены в табл. 3 и 4.

Характеристики равноартикуляционных полос  
частотного диапазона речи

Номер полосы	Частотные границы полосы $f_n \dots f_b$ , Гц	Среднегеометрическая частота полосы $f_i$ , Гц	Весовой коэффициент полосы, $k_i$	Значение формантного параметра речи в полосе $\Delta A_i$ , дБ
1.	100 ... 420	200	0,05	20,0
2.	420 ... 570	500	0,05	13,0
3.	570 ... 710	650	0,05	12,0
4.	710 ... 865	800	0,05	11,0
5.	865 ... 1030	950	0,05	10,0
6.	1030 ... 1220	1125	0,05	9,5
7.	1220 ... 1410	1300	0,05	9,0
8.	1410 ... 1600	1500	0,05	8,0
9.	1600 ... 1780	1700	0,05	7,5
10.	1780 ... 1960	1875	0,05	7,1
11.	1960 ... 2140	2050	0,05	7,0
12.	2140 ... 2320	2225	0,05	6,5
13.	2320 ... 2550	2425	0,05	6,2
14.	2550 ... 2900	2725	0,05	6,0
15.	2900 ... 3300	3100	0,05	5,5
16.	3300 ... 3660	3500	0,05	5,2
17.	3660 ... 4050	3850	0,05	5,0
18.	4050 ... 5010	4500	0,05	4,6
19.	5010 ... 7250	6000	0,05	4,1
20.	7250 ... 10000	8500	0,05	4,0

Таблица 2

## Характеристики октавных полос частотного диапазона речи

Номер полосы	Частотные границы полосы, $f_n \dots f_b$ , Гц	Среднегеометрическая частота полосы, $f_i$ , Гц	Весовой коэффициент полосы, $k_i$	Значение параметра речи в полосе, $\Delta A_i$ , дБ
1.	90 ... 180	125	0,01	25
2.	180 ... 355	250	0,03	18
3.	355 ... 710	500	0,12	14
4.	710 ... 1400	1000	0,20	9
5.	1400 ... 2800	2000	0,30	6
6.	2800 ... 5600	4000	0,26	5
7.	5600 ... 11200	8000	0,07	4

Таблица 3

Уровни речевого сигнала  $L_{si}$  в октавных полосах

Номер полосы речевого сигнала	Типовые интегральные уровни речи $L_s$ , измеренные на расстоянии 1 м от источника сигнала, дБ			
	$L_s=64$ (тихая речь)	$L_s=70$ (речь со средним уровнем)	$L_s=76$ (громкая речь)	$L_s=84$ (очень громкая речь, усиленная техническими средствами)
1.	47	53	59	67
2.	60	66	72	80
3.	60	66	72	80
4.	55	61	67	75
5.	50	56	62	70
6.	47	53	59	67
7.	43	49	55	63

Уровни речевого сигнала  $L_{si}$  в равноартикуляционных полосах

Номер полосы речевого сигнала	Типовые интегральные уровни речи $L_s$ , измеренные на расстоянии 1 м от источника сигнала, дБ			
	$L_s=64$ (тихая речь)	$L_s=70$ (речь со средним уровнем)	$L_s=76$ (громкая речь)	$L_s=84$ (очень громкая речь, усилен- ная техническими средствами)
1.	62	68	74	82
2.	56	62	68	76
3.	53	59	65	73
4.	51	57	63	71
5.	49	55	61	69
6.	48	54	60	68
7.	46	52	58	66
8.	44	50	56	64
9.	43	49	55	63
10.	42	48	54	62
11.	41	47	53	61
12.	40	46	52	60
13.	40	46	52	60
14.	41	47	53	61
15.	40	46	52	60
16.	39	45	51	59
17.	38	44	50	58
18.	41	47	53	61
19.	42	48	54	62
20.	41	47	53	61

Проведенные в соответствии с формулами (1) ... (12) расчеты показали, что ошибка в расчете разборчивости речи при измерении в семи октавных полосах по сравнению с измерением в двадцати равноартикуляционных полосах значительно зависит от вида шума и при значениях словесной разборчивости в пределах  $W = 30 \dots 80 \%$  не превышает  $1 \dots 2 \%$  для «речеподобной» помехи,  $3 \dots 5 \%$  – для «белого» и «розового» шума и  $15 \%$  – для шума с тенденцией спада спектральной плотности  $6 \text{ дБ}$  на октаву в сторону высоких частот (см. рис. 1).

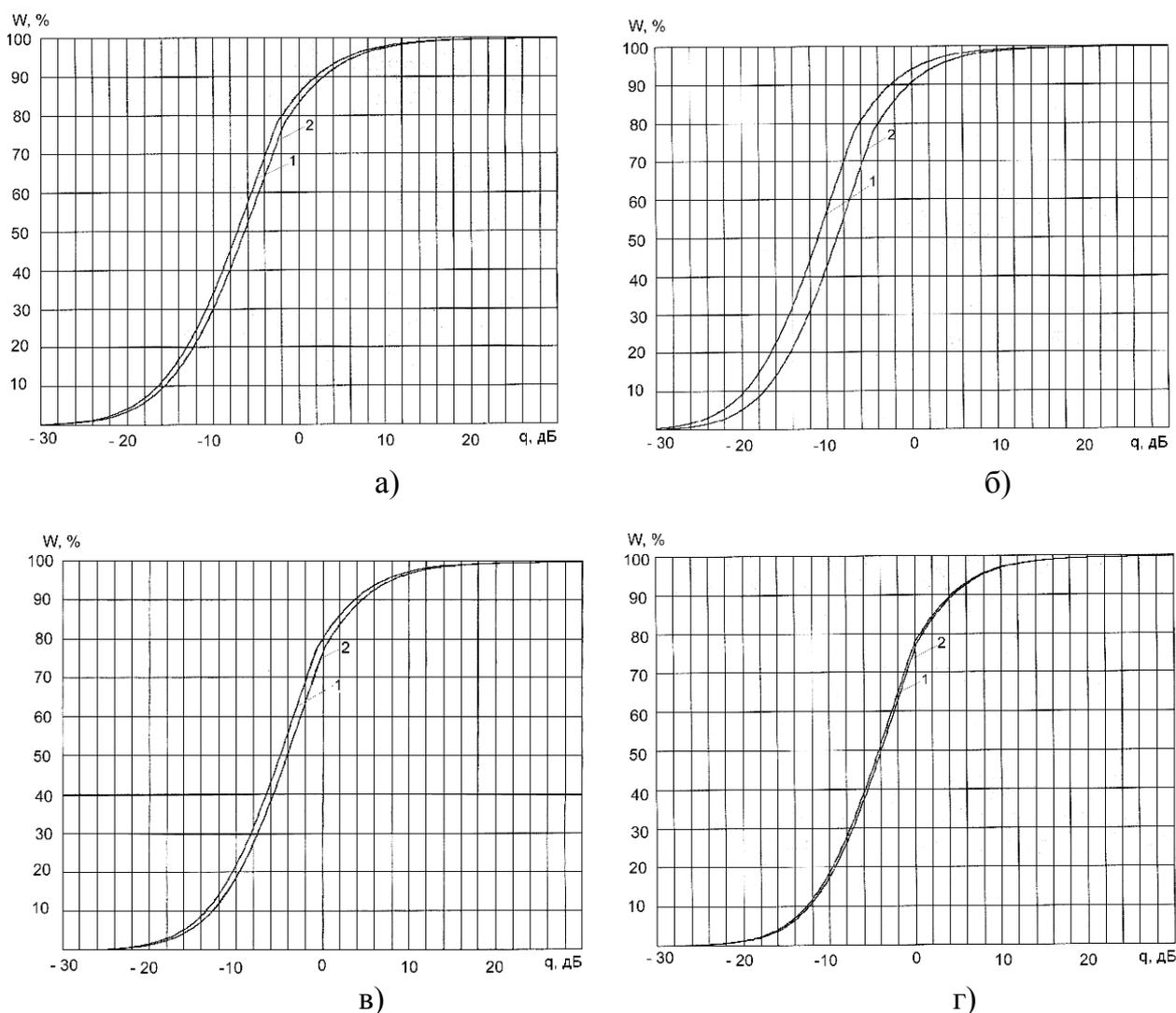


Рис. 1. Зависимость словесной разборчивости  $W$  (%) от интегрального в полосе частот  $100 \dots 10000 \text{ Гц}$  отношения сигнал/шум  $q$  (дБ), при измерении уровней сигнала и шума в 20-ти равноартикуляционных (1) и 7-ми октавных (2) полосах, для следующих видов помех: а) "белый" шум (шум с постоянной спектральной плотностью в речевом диапазоне частот); б) шум с тенденцией спада спектральной плотности  $6 \text{ дБ}$  на октаву в сторону высоких частот; в) "розовый" шум (шум с тенденцией спада спектральной плотности  $3 \text{ дБ}$  на октаву в сторону высоких частот); г) шумовая "речеподобная" помеха (шум с огибающей амплитудного спектра, подобной речевому сигналу)

Первая и седьмая октавные полосы являются малоинформативными, поэтому наиболее часто при оценке разборчивости речи измерения уровней сигнала и шума проводят только во 2 ... 6 октавных полосах. При этом ошибка в расчете разборчивости речи при измерении в пяти октавных полосах по сравнению с измерением в семи октавных полосах не превышает 1 ... 2 % для «белого» и «розового» шума и 4 ... 5 % – для «речеподобной» помехи и шума с тенденцией спада спектральной плотности 6 дБ на октаву в сторону высоких частот (см. рис. 2).

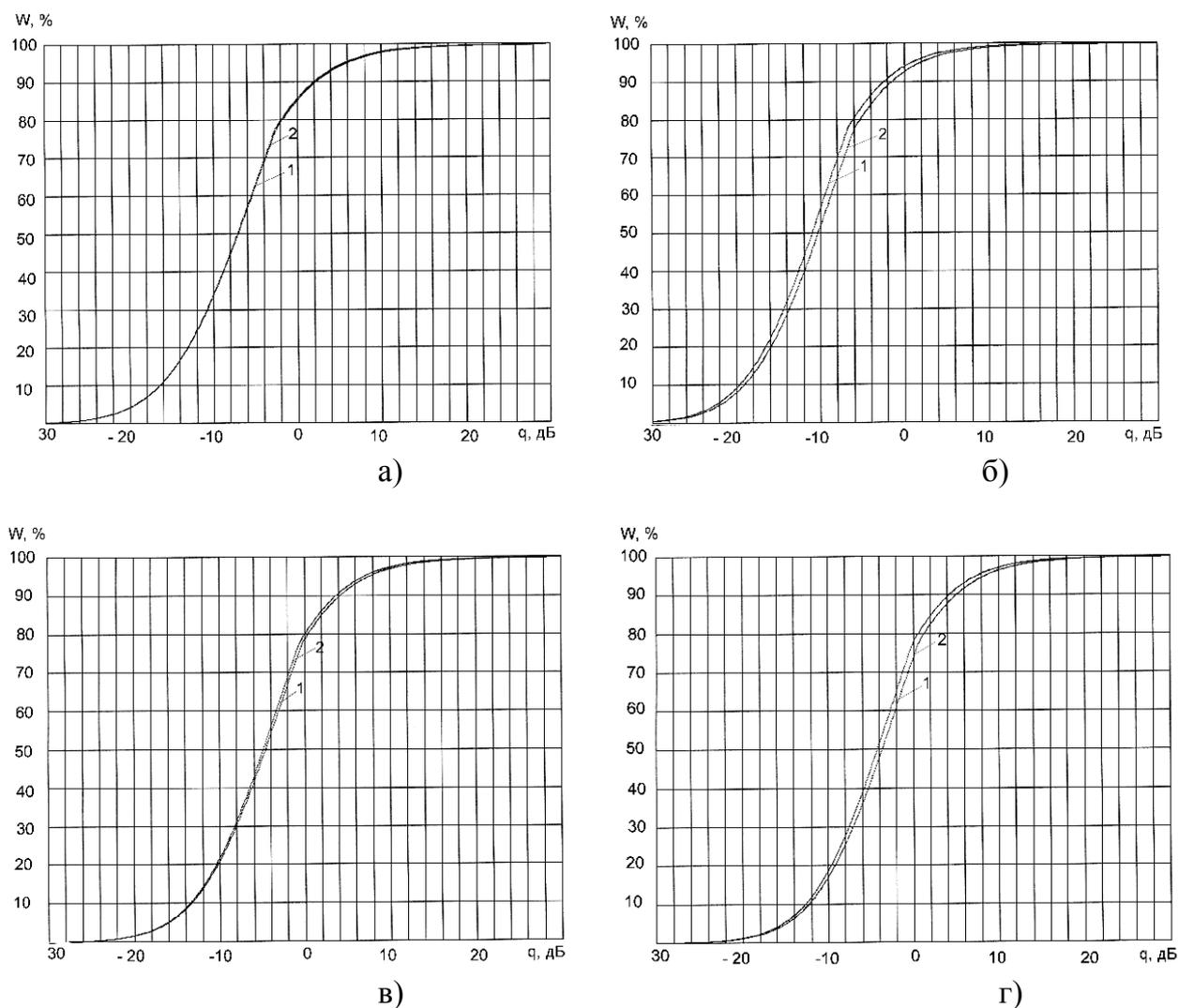


Рис. 2. Зависимость словесной разборчивости  $W$  (%) от интегрального в полосе частот 100 ... 10000 Гц отношения сигнал/шум  $q$  (дБ), при измерении уровней сигнала и шума в 7-ми (1) и 5-ти (2) октавных полосах, для следующих видов помех: а) "белый" шум (шум с постоянной спектральной плотностью в речевом диапазоне частот); б) шум с тенденцией спада спектральной плотности 6 дБ на октаву в сторону высоких частот; в) "розовый" шум (шум с тенденцией спада спектральной плотности 3 дБ на октаву в сторону высоких частот); г) шумовая "речеподобная" помеха (шум с огибающей амплитудного спектра, подобной речевому сигналу)

Методом математического моделирования с использованием формул (1) ... (12) получены зависимости словесной разборчивости  $W$  от интегрального отношения сигнал/шум  $q$  в пяти октавных полосах (в полосе частот 180 ... 5600 Гц) при различном виде шумовых помех, которые представлены на рис. 3.

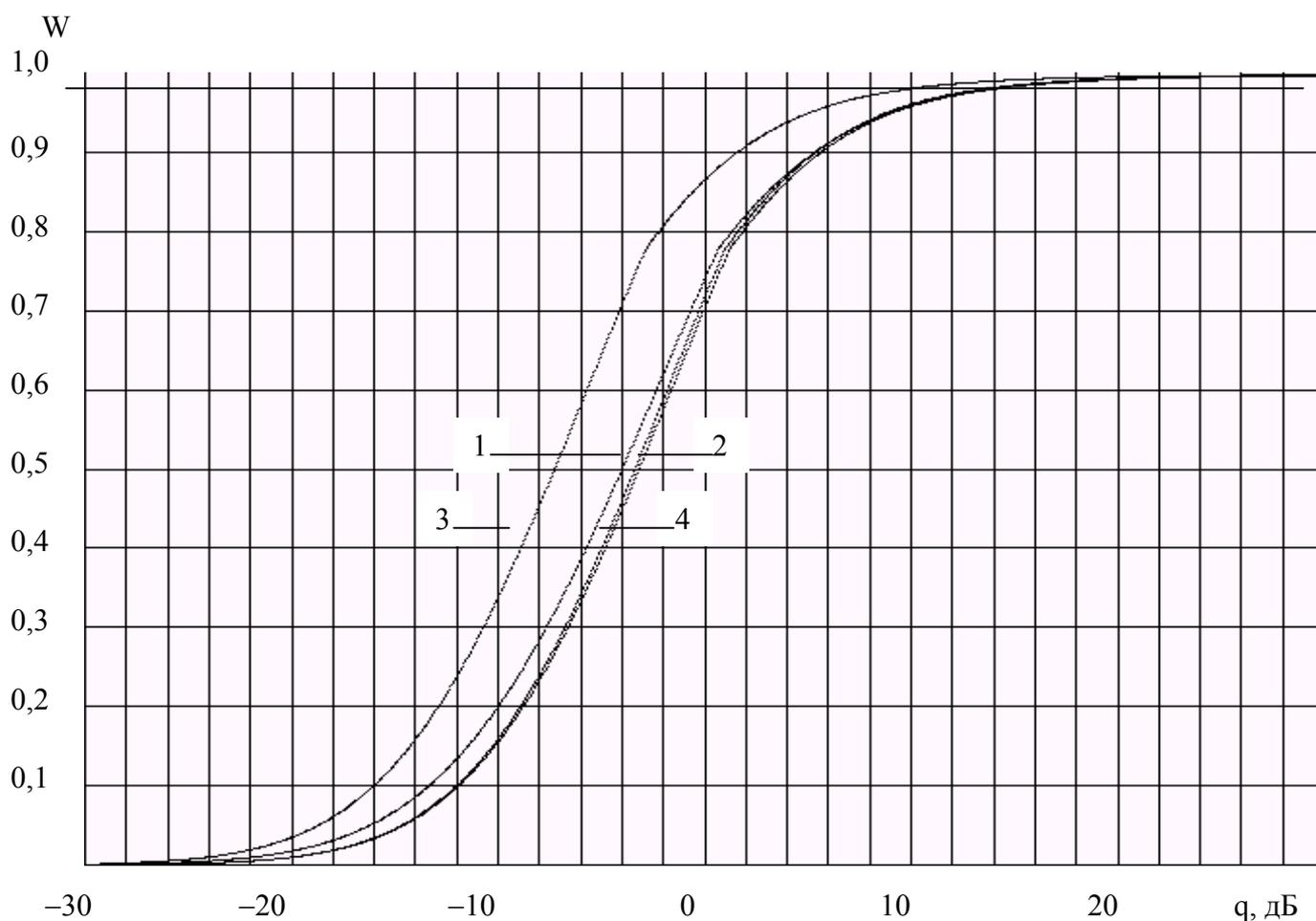


Рис. 3. Зависимость словесной разборчивости  $W$  от интегрального отношения сигнал/шум  $q$  в полосе частот 180 ... 5600 Гц: 1 – "белый" шум; 2 – "розовый" шум; 3 – шум со спадом спектральной плотности 6 дБ на октаву в сторону высоких частот; 4 – шумовая "речеподобная" помеха

Критерии эффективности защиты акустической (речевой) информации во многом зависят от целей, преследуемых при организации защиты, например:

- скрыть смысловое содержание ведущегося разговора;
- скрыть тематику ведущегося разговора и т.д.

Процесс восприятия речи в шуме сопровождается потерями составных элементов речевого сообщения. Понятность речевого сообщения характеризуется количест-

вом правильно принятых слов, отражающих качественную область понятности, которая выражена в категориях подробности справки о перехваченном разговоре, составляемой "агентом".

Проведенный анализ показал возможность ранжирования понятности перехваченного речевого сообщения. Из практических соображений может быть установлена некоторая шкала оценок качества перехваченного речевого сообщения:

1. Перехваченное речевое сообщение содержит количество правильно понятых слов, достаточное для составления подробной справки о содержании перехваченного разговора.

2. Перехваченное речевое сообщение содержит количество правильно понятых слов, достаточное только для составления краткой справки-аннотации, отражающей предмет, проблему, цель и общий смысл перехваченного разговора.

3. Перехваченное речевое сообщение содержит отдельные правильно понятые слова, позволяющие установить предмет разговора.

4. При прослушивании фонограммы перехваченного речевого сообщения возможно установить факт наличия речи, но нельзя установить предмет разговора.

В соответствии с ГОСТ Р 50840-95 понимание передаваемой речи с большим напряжением внимания, переспросами и повторениями наблюдается при слоговой разборчивости 25 – 40 %, а при слоговой разборчивости менее 25 % имеет место неразборчивость связного текста (срыв связи) на протяжении длительных интервалов времени [1]. Учитывая взаимосвязь словесной и слоговой разборчивости [3], можно рассчитать, что срыв связи будет наблюдаться при словесной разборчивости менее 71%.

Практический опыт показывает, что составление подробной справки о содержании перехваченного разговора невозможно при словесной разборчивости менее 60– 70 %, а краткой справки-аннотации – при словесной разборчивости менее 40 – 50 %. При словесной разборчивости менее 20 – 30 % значительно затруднено установление даже предмета ведущегося разговора, а при словесной разборчивости менее 10 % это практически невозможно даже при использовании современной техники фильтрации помех.

В табл. 5 приведены значения отношений сигнал/шум в октавных полосах  $q_i$ , при которых словесная разборчивость составляет  $W = 0,2; 0,3$  и  $0,4$ .

Значения отношений сигнал/шум, при которых обеспечивается требуемая эффективность защиты акустической (речевой) информации

Вид помехи	Словесная разборчивость $W$ , %	Отношение сигнал/шум $q_i$ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Отношение с/ш в полосе частот 180...5600 Гц
		250	500	1000	2000	4000	
"Белый" шум	<b>20</b>	+ 0,8	- 2,2	- 10,7	- 18,2	- 24,7	-10,0
	<b>30</b>	+ 3,1	+ 0,1	- 8,4	- 15,9	- 22,4	- 7,7
	<b>40</b>	+ 5,1	+ 2,1	- 6,4	- 13,9	- 20,4	- 5,7
"Розовый" шум	<b>20</b>	- 5,9	- 5,9	- 11,4	- 15,9	- 19,4	- 8,8
	<b>30</b>	- 3,7	- 3,7	- 9,2	- 13,7	- 17,2	- 6,7
	<b>40</b>	- 1,9	- 1,9	- 7,4	- 11,9	- 15,4	- 4,9
Шум со спадом спектральной плотности 6 дБ на октаву	<b>20</b>	- 14,1	- 11,1	- 13,6	- 15,1	- 15,6	-13,0
	<b>30</b>	- 12,0	- 9,0	- 11,5	- 13,0	- 13,5	- 10,8
	<b>40</b>	- 10,0	- 7,2	- 9,7	- 11,2	- 11,7	- 9,0
Шумовая "речеподобная" помеха	<b>20</b>	- 3,9	- 7,9	-12,9	- 15,9	- 16,9	- 9,0
	<b>30</b>	- 1,7	- 5,7	- 10,7	- 13,7	- 14,7	- 6,8
	<b>40</b>	+ 0,1	- 3,9	- 8,9	-11,9	- 12,9	- 5,0

Анализ полученных результатов показал, что:

наиболее эффективными являются помехи типа "розовый" шум и шумовая "речеподобная" помеха. При их использовании для скрытия смыслового содержания ведущегося разговора ( $W = 0,4$ ) необходимо обеспечить превышение уровня помех над уровнем скрываемого сигнала в точке возможного размещения датчика средства акустической разведки на 4,9 ... 5,0 дБ, а для скрытия тематики разговора ( $W = 0,2$ ) – на 8,8 ... 9,0 дБ;

помеха типа "белого" шума по сравнению с помехами типа "розовый" шум и шумовая "речеподобная" обладает несколько худшими маскирующими свойствами, проигрывая по энергетике 0,8 ... 1,2 дБ;

значительно более низкими маскирующими свойствами обладает шумовая помеха со спадом спектральной плотности 6 дБ на октаву в сторону высоких частот. По сравнению с помехами типа "розовый" шум и шумовая "речеподобная" она проигрывает по энергетике 4,1 ... 4,2 дБ, а при равной мощности приводит к повышению разборчивости более чем в полтора раза.

Таким образом, для оценки разборчивости речи необходимо измерить спектральные уровни скрываемого речевого сигнала и шума (помехи) в месте возможного размещения приемных датчиков аппаратуры акустической разведки или в месте возможного прослушивания речи без применения технических средств. Измерения производятся с использованием аттестованной измерительной аппаратуры контроля общего применения [2].

Выбор аппаратуры контроля осуществляется по результатам определения опасных средств речевой разведки.

Выбор мест (контрольных точек) размещения элементов аппаратуры контроля зависит от типа аппаратуры речевой разведки, в отношении которой осуществляется защита речевой информации.

При известном месте расположения источника речевого сигнала (рабочий стол, место беседы и пр.) точка установки источника тестовых акустических сигналов располагается в месте расположения источника речевого сигнала. При невозможности определения конкретного месторасположения источника речевого сигнала источник тестовых акустических сигналов располагается на расстоянии 1 м от ближайшей ограждающей конструкции на разведопасном направлении и на таком же расстоянии от других ограждающих конструкций и предметов.

Контрольными точками установки акустического датчика (измерительного микрофона) являются места возможного размещения аппаратуры речевой разведки (стоянки автомобилей, автобусные остановки, скамейки для отдыха, окна близлежащих зданий и т.п.). При невозможности установки измерительного микрофона в реальных местах возможного расположения аппаратуры речевой разведки контрольные точки размещают на границе контролируемой (охраняемой) зоны. При этом в оформлении результатов контроля об этом делается оговорка.

При контроле защищенности речевой информации от виброакустической аппаратуры речевой разведки контрольными точками установки измерительного контакт-

ного микрофона (виброакустического датчика) являются внешние по отношению к источнику речевого сигнала поверхности различных ограждающих конструкций, инженерных коммуникаций и других предметов, которые находятся на разведопасных направлениях, а также возможные места на инженерных коммуникациях (строительных конструкциях и т.п.), доступных посторонним лицам.

Для контроля выполнения норм защищенности речевой информации от оптико-электронной аппаратуры речевой разведки используется также контактный виброакустический датчик, который крепится с помощью специальной пасты или клея на внешних поверхностях стекол окон или других отражающих пластин, колеблющихся под действием речевых акустических сигналов, и нормаль к их поверхности совпадает с разведопасным направлением.

При проведении измерений с использованием аппаратуры общего применения в каждом конкретном случае из контрольно-измерительной аппаратуры создается измерительная установка, состоящая из генератора тестовых сигналов (Г), усилителя мощности (УМ), акустического излучателя или акустической системы (АС), измерительного датчика (Д) (микрофон или виброакустический преобразователь) и спектроанализатора или шумомера (см. рис. 4 и 5) [2].

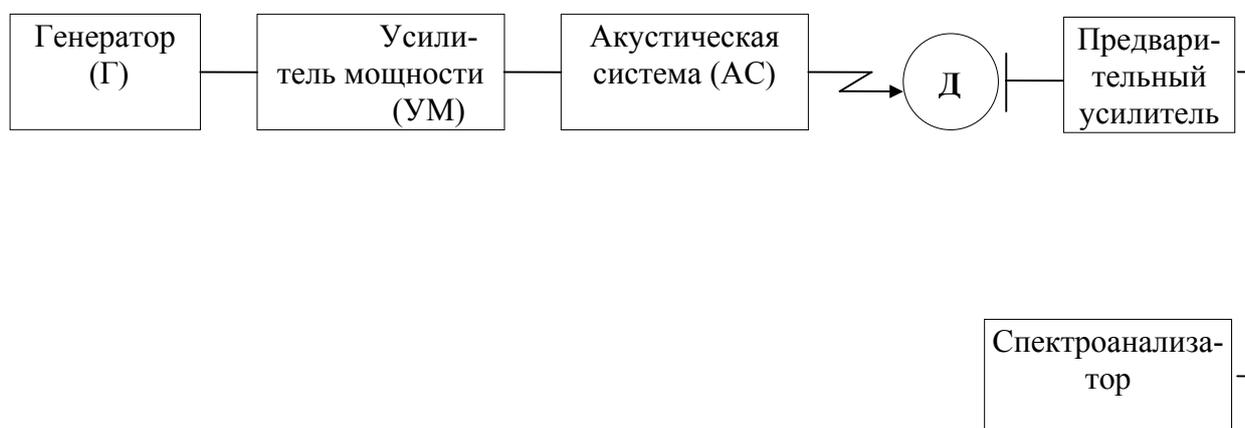


Рис. 4. Состав измерительной установки при контроле выполнения норм защищенности речевой информации с использованием спектроанализатора

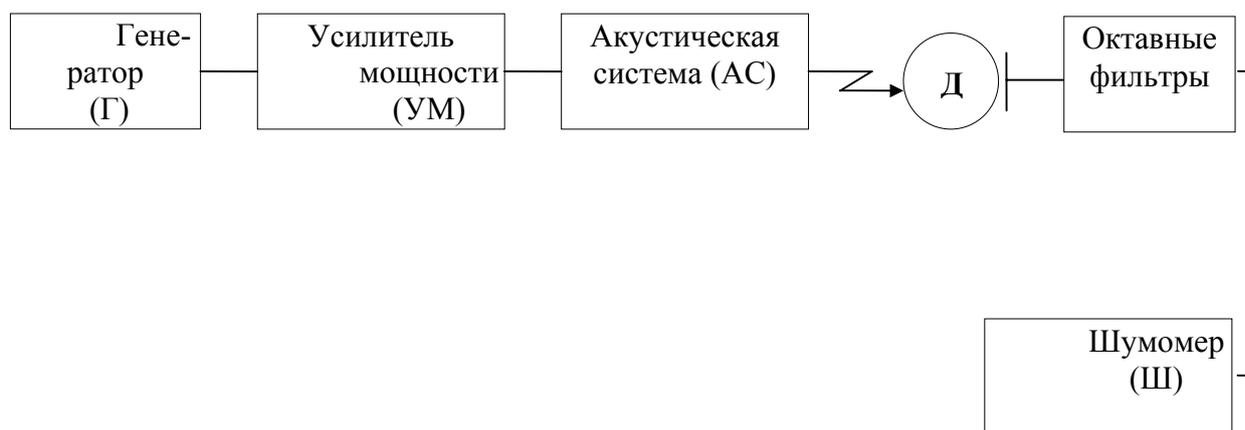


Рис. 5. Состав измерительной установки при контроле выполнения норм защищенности речевой информации с использованием шумомера

В качестве генератора тестовых сигналов (Г) могут использоваться генераторы стандартных сигналов (ГСС) или генераторы "белого" шума (ГШ).

В случае использования в качестве генератора тестовых сигналов генераторов стандартных сигналов, частоты тестовых сигналов должны соответствовать средним частотам октавных полос.

При прочих равных условиях предпочтение необходимо отдавать измерительной установке со спектроанализатором и генератором "белого" шума.

Уровень тестовых акустических сигналов устанавливается (подбирается) таким образом, чтобы на всех средних частотах октавных полос обеспечивалась бы четкая фиксация контрольного (тестового) сигнала соответствующим измерительным датчиком. При проведении измерений выбранный уровень этого тестового сигнала поддерживается постоянным.

Измерения при контроле защищенности речевой информации от акустической аппаратуры речевой разведки аппаратурой контроля общего применения проводятся в следующей последовательности [2]:

1. Измеряются уровни акустических сигналов в месте установки источника тестовых акустических сигналов  $L_{ТС.i}$  (дБ) и в месте возможного размещения аппаратуры речевой разведки (в точке контроля)  $L_{ТС.i}$  (дБ) в каждой  $i$ -й октавной полосе или на средней частоте  $f_{ср.i}$  каждой  $i$ -й октавной полосы.

2. Определяется коэффициент ослабления уровня речевого сигнала в  $i$ -й октавной полосе при его распространении в тракте "источник речи – приемник аппаратуры речевой разведки (датчик аппаратуры контроля)"  $Z_i$ :

$$Z_i = L_{тс.i} - L_{нс.i}, \text{ дБ.}$$

3. Измеряются уровни акустических помех  $L_{шi}$  (дБ) в точке возможного размещения аппаратуры разведки (в точке контроля) в каждой  $i$ -й октавной полосе.

4. Рассчитываются уровни скрываемого речевого сигнала  $L_{с.i}$  на входе приемника аппаратуры разведки в точке возможного ее размещения (в точке контроля) в каждой  $i$ -й октавной полосе:

$$L_{с.i} = L_{с.i} - Z_i + M_{ap} + G_i, \text{ дБ,}$$

где  $L_{с.i}$  – средний спектральный уровень речевого сигнала в месте установки источника тестовых акустических сигналов в  $i$ -й октавной полосе (берется из табл. 2), дБ;

$G_i$  – коэффициент пространственной селекции микрофона аппаратуры акустической разведки в  $i$ -й октавной полосе, дБ;

$M_{ap} = 10 \lg(N_p/N_k)$ , дБ;

$N_p$  – чувствительность микрофона аппаратуры акустической разведки, мВ/Па;

$N_k$  – чувствительность микрофона аппаратуры контроля, мВ/Па.

После проведения измерений по формулам (9), (5), (6) и (12) рассчитывается словесная разборчивость речи  $W$ .

При проведении контроля защищенности речевой информации от виброакустической и оптико-электронной аппаратуры речевой разведки измерения проводятся в следующей последовательности [2]:

1. Измеряются уровни тестовых акустических сигналов  $L_{тс.i}$  (дБ) на расстоянии 1 м от акустической системы в каждой  $i$ -й октавной полосе или на средней частоте  $f_{ср.i}$  каждой  $i$ -й октавной полосы.

2. Измеряются уровни тестовых виброакустических сигналов  $V_{тк.i}$  (дБ) на внешней стороне ограждающей конструкции в точке возможного расположения вибродатчика аппаратуры разведки в каждой  $i$ -й октавной полосе или на средней частоте  $f_{ср.i}$  каждой  $i$ -й октавной полосы.

3. Измеряются уровни виброакустических помех  $V_{ш.i}$  (дБ) на внешней стороне ограждающей конструкции в точке возможного расположения вибродатчика аппаратуры разведки в каждой  $i$ -й октавной полосе или на средней частоте  $f_{cp.i}$  каждой  $i$ -й октавной полосы.

Уровни тестовых акустических сигналов  $L_{тс.i}$  (дБ) задаются таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$V_{тк.i} - V_{ш.i} \geq 3, \text{ дБ.}$$

4. Рассчитываются уровни скрываемого речевого сигнала  $V_{с.i}$  на входе приемника аппаратуры разведки в точке возможного ее размещения (в точке контроля) в каждой  $i$ -й октавной полосе или на средней частоте  $f_{cp.i}$  каждой  $i$ -й октавной полосы:

$$V_{с.i} = V_{к.i} - \Delta, \text{ дБ,}$$

$$\text{где } \Delta = \begin{cases} 3, & \text{если } \Delta V = 3; \\ 2, & \text{если } \Delta V = 4 \dots 6; \\ 1, & \text{если } \Delta V = 6 \dots 10; \\ 0, & \text{если } \Delta V > 10. \end{cases}$$

5. Рассчитывается отношение «уровень речевого сигнала/уровень виброакустической помехи» в каждой  $i$ -й октавной полосе:

$$q_i = V_{с.i} - V_{ш.i}, \text{ дБ.}$$

После проведения измерений по формулам (9), (5), (6) и (12) рассчитывается словесная разборчивость речи  $W$ .

Оформление результатов контроля включает [2]:

анализ полученных результатов;

принятие по результатам контроля решения о выполнении норм защищенности речевой информации относительно каждого опасного средства речевой разведки;

документальное оформление проведенного контроля (составление протокола контроля).

Анализ полученных результатов предусматривает определение достоверности проведенных измерений, выявление внешних факторов, оказывающих существенное влияние на результаты измерений. Например: если измеренные значения уровня контрольного (тестового) сигнала  $V_{тк.i} - V_{ш.i} < 3$  дБ, то необходимо увеличить уровень контрольного сигнала  $L_{тс.i}$  и провести измерения.

Если в результате расчетов окажется, что  $W \leq W_{\text{п}}$ , (где  $W_{\text{п}}$  – нормативное (пороговое) значение), то принимается решение о невозможности перехвата речевой информации и распознавания ее источника.

При  $W > W_{\text{п}}$  принимается решение о необходимости использования мер защиты для данного вида аппаратуры акустической речевой разведки.

Документальное оформление результатов контроля осуществляется путем составления протокола контроля.

### Литература

1. ГОСТ Р 50840-95. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости.
2. Железняк, В.К., Макаров Ю.К., Хорев А.А. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации// Специальная техника. – М.: 2000. – № 4 – С. 39 ... 45.
3. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.: Связьиздат, 1962.
4. Хорев А.А., Макаров Ю.К. К оценке эффективности защиты акустической (речевой) информации// Специальная техника. – М.: 2000. – № 5 – С. 46 ... 56.