

К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ АКУСТИЧЕСКОЙ (РЕЧЕВОЙ) ИНФОРМАЦИИ

Защита акустической (речевой) информации является одной из важнейших задач в общем комплексе мероприятий по обеспечению информационной безопасности объекта или учреждения.

Для перехвата речевой информации предполагаемый "противник" (лицо или группа лиц, заинтересованных в получении данной информации) может использовать широкий арсенал портативных средств акустической речевой разведки, позволяющих перехватывать речевую информацию по прямому акустическому, виброакустическому, электроакустическому и оптико-электронному (акустооптическому) каналам, к основным из которых относятся [9]:

- портативная аппаратура звукозаписи (малогабаритные диктофоны, магнитофоны и устройства записи на основе цифровой схемотехники);
- направленные микрофоны;
- электронные стетоскопы;
- электронные устройства перехвата речевой информации (закладные устройства) с датчиками микрофонного и контактного типов с передачей перехваченной информации по радио, оптическому (в инфракрасном диапазоне длин волн) и ультразвуковому каналам, сети электропитания, телефонным линиям связи, соединительным линиям вспомогательных технических средств или специально проложенным линиям;
- оптико-электронные акустические системы и т.д.

Портативная аппаратура звукозаписи и закладные устройства с датчиками микрофонного типа (преобразователями акустических сигналов, распространяющихся в воздушной и газовой средах) могут быть установлены при неконтролируемом пребывании физических лиц ("агентов") непосредственно в выделенных (защищаемых) помещениях. Данная аппаратура обеспечивает регистрацию речи средней громкости при удалении микрофона на расстоянии до 15...20 м от источника речи [9].

Электронные стетоскопы и закладные устройства с датчиками контактного типа позволяют перехватывать речевую информацию без физического доступа "агентов" в выделенные помещения. При этом датчики закладных устройств наиболее часто устанавливаются вблизи мест возможной утечки речевой информации: микрофонного типа - в выходах кондиционеров и каналах систем вентиляции; контактного типа (преобразователи виброакустических сигналов, распространяющихся по строительным конструкциям зданий, инженерным коммуникациям и т.п.) - на наружных поверхностях зданий, на оконных проемах и рамах, в смежных (служебных и технических) помещениях за дверными проемами, ограждающими конструкциями, на перегородках, трубах систем отопления и водоснабжения, коробах воздуховодов вентиляционных и других систем. Экспериментальные исследования показали, что с использованием данных средств разведки обеспечивается перехват речевой информации с высоким качеством через ограждающие конструкции в железобетонных зданиях через 1...2 этажа, по трубопроводам через 2...3 этажа и по вентиляционным каналам на расстоянии до 20...30 м [1].

Применение для ведения разведки направленных микрофонов и оптико-электронных (лазерных) акустических систем не требует проникновения "агентов" не только в выделенные и смежные с ними помещения, но и на охраняемую территорию объекта.

Разведка может вестись из соседних зданий или автомашин, находящихся на автостоянках, прилегающих к зданию.

С использованием направленных микрофонов возможен перехват речевой информации из выделенных помещений при наличии открытых оконных проемов (форточек или фрамуг) в условиях города (на фоне транспортных шумов) на расстояниях до 50 м [1]. За городом при оптимальных условиях дальность разведки может составлять до 80...100 м днем и до 200 м в ночное время [1, 9].

Максимальная дальность разведки с использованием оптико-электронных (лазерных) акустических систем, снимающих информацию с внутренних стекол, составляет 150...200 метров в городских условиях (наличие интенсивных акустических помех, запыленность атмосферы) и до 500 м в загородных условиях [1,9].

Защита акустической (речевой) информации достигается проектно-архитектурными решениями, проведением организационных и технических мероприятий, а также выявлением электронных устройств перехвата информации.

Использование тех или иных методов и средств определяется характеристиками объекта защиты и аппаратуры разведки, условиями ее ведения, а также требованиями, предъявляемыми к эффективности защиты акустической (речевой) информации, в качестве показателя оценки которой наиболее часто используют словесную разборчивость W .

Для оценки разборчивости речи целесообразно использовать инструментально-расчетный метод, при котором числовое значение словесной разборчивости рассчитывается на основе измерения отношения уровней речевого сигнала и шума в местах предполагаемого расположения датчиков аппаратуры акустической разведки [4]:

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

где $R = \sum_{i=1}^N (p_i \cdot k_i)$ - интегральный индекс артикуляции речи;

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

k_i - значение весового коэффициента в i -й октавной полосе;

$$Q_i = q_i - \Delta A_i;$$

$q_i = L_{ci} - L_{mi}$ - отношение "уровень речевого сигнала/уровень шума" в месте измерения в i -й октавной полосе, дБ;

L_{ci} - средний спектральный уровень речевого сигнала в месте измерения в i -й октавной полосе, дБ;

L_{mi} - уровень шума (помехи) в месте измерения в i -й октавной полосе, дБ;

ΔA_i – значение формантного параметра спектра речевого сигнала в i -й октавной полосе, дБ;

N – количество октавных полос, в которых проводится измерение.

Числовые значения формантного параметра спектра речевого сигнала ΔA_i и весового коэффициента k_i в октавных полосах приведены в табл. 1 [4].

Таблица 1

Числовые значения формантного параметра спектра речевого сигнала ΔA_i и весового коэффициента k_i в октавных полосах

Наименование параметров	Среднегеометрические частоты октавных полос $f_{cp,i}$, Гц				
	250	500	1000	2000	4000
Числовое значение формантного параметра спектра речевого сигнала в октавной полосе ΔA_i , дБ	18	14	9	6	5
Числовое значение весового коэффициента в октавной полосе k_i	0,03	0,12	0,20	0,30	0,26

Числовые значения типовых уровней речевого сигнала, соответствующих различным видам речи, в октавных полосах L_{si} приведены в [4].

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 количеством 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 [3]. Учитывая взаимосвязь словесной и слоговой разборчивости [4], 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.

Проведенные многочисленные измерения и расчеты показали, что без применения специальных методов и средств защиты акустической (речевой) информации качество перехватываемых средствами акустической разведки сообщений вполне достаточно для составления подробной справки о содержании перехваченного разговора (см. табл. 2 [1]).

Из формулы (1) следует, что для снижения разборчивости речи необходимо стремиться уменьшить отношение "уровень речевого сигнала/уровень шума" (сигнал/шум) в местах возможного размещения датчиков аппаратуры акустической разведки. Уменьшение отношения сигнал/шум возможно путем или уменьшения (ослабления) уровня речевого сигнала (*пассивные методы защиты*), или увеличения уровня шума (создания акустических и вибрационных помех) (*активные методы защиты*).

Таблица 2

Разборчивость речи при перехвате информации средствами разведки по прямому акустическому и виброакустическому каналам

Место установки датчика аппаратуры акустической разведки	Вид принимаемого сигнала	Разборчивость, %	
		слоговая	словесная
За окном на расстоянии 1,0...1,5 м от оконной рамы при закрытой форточке	Акустический	20 - 30	67 – 80
За окном на расстоянии 1,0...1,5 м от оконной рамы при открытой форточке	Акустический	70 – 80	97 – 98
На оконной раме или внешнем оконном стекле при закрытой форточке	Вибрационный	25 - 30	71 – 80
За дверью (без тамбура)	Акустический	50 - 70	91 – 97
За перегородкой из материалов типа гипсолит, асбестоцемент	Акустический	25 - 40	71 – 87
На перегородке из материалов типа гипсолит, асбестоцемент	Вибрационный	35 - 60	84 – 95
На железобетонной стене	Вибрационный	30 – 80	80 – 98
В воздуховоде (6 - 8 м от ввода)	Акустический	40 - 60	87 – 95
На трубопроводе (через этаж)	Вибрационный	60 - 70	95 – 97

Ослабление акустических (речевых) сигналов осуществляется путем звукоизоляции помещений, которая направлена на локализацию источников акустических сигналов внутри них.

Звукоизоляция оценивается величиной ослабления акустического сигнала и обеспечивается с помощью архитектурных и инженерных решений, а также применением специальных строительных и отделочных материалов.

Звукоизоляция строительных конструкций приведена в табл. 3 [6, 7, 8].

Таблица 3

Звукоизоляция строительных конструкций

№ п/п	Элементы конструкций	Примечание	Звукоизоляция (дБ) на частотах, Гц				
			250	500	1000	2000	4000
1.	Кирпичная кладка	0,5 кирпича	40	42	48	54	60
		1,0 кирпич	44	51	58	64	65
		1,5 кирпича	48	55	61	65	65
		2,0 кирпича	52	59	65	70	70
		2,5 кирпича	55	60	67	70	70
2.	Стена (0,5 кирпича, гипсолитовые плиты толщиной 8 мм, обои)	без отверстий	38	49	57	59	52
		с незаделанными отверстиями для воздухопровода	36	46	52	53	50
		с незаделанными отверстиями под электропроводку	35	44	51	62	48
3.	Железобетонная плита	100 мм	40	44	50	55	60
		160 мм	47	51	60	63	-
		200 мм	44	51	59	65	65
		300 мм	50	58	65	69	70
		400 мм	55	61	67		70
4.	Межэтажное перекрытие из бетонных плит	незаделанные щели между плитами, сколот угол одной из плит	43	40	39	57	40

В случае если звукоизоляция помещения не обеспечивает требуемой эффективности защиты информации, то для ее повышения используют специальные звукопоглощающие материалы.

Наиболее часто применяют облицовочные звукопоглощающие материалы в виде плоских плит (плиты "Акмигран", "Акмант", "Силаклор", "Винипор", ПА/С, ПА/О, ПП-80, ППМ, ПММ), располагаемые или вплотную, или на небольшом расстоянии от сплошной строительной конструкции (стены, перегородки, ограждения и т.п.). Используются также звукопоглощающие облицовки из слоя пористо-волокнистого материала (стеклянного или базальтового волокна, минеральной ваты) в защитной оболочке из ткани или пленки с перфорированным покрытием (металлическим, гипсовым и др.).

Повышение звукоизоляции стен и перегородок помещений также достигается установкой на расстоянии в 6...10 см от них однослойных и многослойных (чаще двойных) ограждений. В многослойных ограждениях целесообразно подбирать материалы слоев с резко отличающимися акустическими сопротивлениями (например, бетон – поролон).

Для снижения величины вибрационного сигнала используются мягкие прокладки (виброизолирующие опоры), которыми развязываются друг от друга различные ограждающие конструкции. В качестве таких прокладок применяют твердую резину, пробку, свинец.

При звукопоглощающей отделке внутреннего пространства помещений можно добиться повышения звукоизоляции на 10...15 дБ, что в большинстве случаев оказывается достаточным для обеспечения требований по защите [1].

Между помещениями зданий и сооружений проходит много технологических коммуникаций (трубы тепло-, газо-, водоснабжения и канализации, кабельная сеть энергоснабжения, вентиляционные короба и т.д.). Для них в стенах и перекрытиях сооружений делают соответствующие отверстия и проемы, что значительно снижает звукоизоляцию помещений в целом (см. табл. 3).

Звукоизоляция отверстий и проемов обеспечивается применением специальных гильз, коробов, прокладок, глушителей, вязкоупругих заполнителей и т.д.

Развязка трубопроводов достигается установкой в разрыв трубы специальных резиновых вставок, которые могут выдерживать давление воды теплоцентрали. При этом сама труба должна быть виброразвязана от конструкции стен и перегородок, через которые она проходит.

Система приточно-вытяжной вентиляции и воздухообмена зон выделенных помещений не должна быть связана с системой вентиляции других помещений и иметь свой отдельный забор и выброс воздуха. Вентиляционные камеры забора и выброса рекомендуется располагать на крыше здания, а сами вентиляционные отверстия не должны выходить в места возможного дистанционного контроля. В случае невозможности выполнения этого требования рекомендуется на вводах и выходах каналов вентиляционных систем в зону выделенных помещений устанавливать акустические фильтры и глушители звука, а в разрыв воздуховода – мягкие вставки из плотной ткани или резины [1, 10].

Одним из наиболее слабых звукоизолирующих элементов ограждающих конструкций выделенных помещений являются двери и окна.

Звукопоглощающая способность окон зависит, главным образом, от поверхностной плотности стекла и степени прижатия притворов (см. табл. 4 [7, 8]).

Таблица 4

Звукоизоляция оконных рам

№ п/п	Конструкция	Примечание	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц				
			250	500	1000	2000	4000
1.	Оконный блок с двойным переплетом, толщина стекла 3 мм, воздушный зазор 170 мм	без прокладок	26	28	30	28	27
		с прокладками из пористой резины	33	36	38	38	38
2.	Оконный блок с двойным переплетом и толщина стекла 4 мм	воздушный зазор 100 мм, с герметизацией притворов	35	39	47	46	52
		воздушный зазор 200 мм, с прокладками	36	41	47	49	55
		воздушный зазор 300 мм, с прокладками	39	43	47	51	55
3.	Стеклопакет (толщина 98 мм)	с прокладками	40	42	45	48	50

Звукоизоляция окон с одинарным остеклением не обеспечивает требуемой эффективности защиты информации. Обычные окна с двойными переплетами обладают более высокой (на 4...5 дБ) звукоизолирующей способностью по сравнению с окнами со спаренными переплетами. Применение упругих прокладок значительно улучшает звукоизоляционные качества окон. Повышение звукоизоляции до 5 дБ наблюдается при облицовке межстекольного пространства по периметру звукопоглощающим покрытием [1, 10].

Существенное повышение звукоизоляции в сравнении с обычным окном дают оконные блоки специальной конструкции. Такие блоки выполняются из комбинаций 4...7 мм стекол, установленных на расстоянии не менее 200 мм (по крайней мере, двух из них), и имеют высококачественный притвор из уплотняющей резины, что в совокупности обеспечивает звукоизоляцию 40...45 дБ [1, 10].

Стандартные одинарные двери не могут обеспечить требования на звукоизоляцию, даже если выполнены требования на плотность и тщательность исполнения и подгонки дверного полотна к дверной коробке и устранены щели между дверью и полом (см. табл. 5 [7, 8]).

Увеличение звукоизолирующей способности дверей достигается применением уплотняющих прокладок, обивкой или облицовкой полотен дверей специальными материалами и т.д.

Для защиты информации в особо важных помещениях используются двери со звукоизолирующим дверным проемом, выполненном в виде тамбура с глубиной не менее 0,5 м [1,10]. При этом внутреннее пространство тамбура должно быть отделано звукопоглощающим материалом, притворы дверей оборудованы уплотнителями, а двери обиты звукопоглотителем на обивочном материале.

В особо важных помещениях используют специальные звукоизолирующие двери (см. табл. 5 [10]).

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.

Таблица 5

Звукоизоляция дверей

№ п/п	Конструкция	Примечание	Звукоизоляция (дБ) на частотах, Гц				
			250	500	1000	2000	4000
1.	Обыкновенная филенчатая дверь	без прокладок	14	16	22	22	20
		с прокладками	19	23	30	33	32
2.	Глухая щитовая дверь толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм	без прокладок	23	24	24	24	23
		с прокладками	27	32	35	34	35
3.	Типовая дверь	без прокладок	23	31	33	34	36
		с прокладками	30	33	35	39	41

4.	Щитовая дверь из древесноволокнистых плит толщиной 4...6 мм с воздушным зазором 50 мм, заполненным стекловатой	без прокладок	26	30	31	28	29
		с прокладками	30	33	36	32	30
5.	Дверь звукоизолирующая облегченная	одинарная	30	39	42	45	43
		двойная с зазором более 200 мм	42	55	58	60	60
6.	Дверь звукоизолирующая тяжелая	одинарная	36	45	51	50	49
		двойная с зазором более 300 мм	46	60	60	65	65
		двойная облицовкой тамбура	58	65	70	70	70

Активные методы защиты заключаются в создании маскирующих акустических и вибрационных помех средствам 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, "Эхо" и т.д. [10].

Для формирования виброакустических помех применяются специальные генераторы на основе электровакуумных, газоразрядных и полупроводниковых радиоэлементов. На практике наиболее широкое применение нашли генераторы шумовых колебаний.

Наряду с шумовыми помехами в целях активной акустической маскировки используют "речеподобные" помехи, хаотические последовательности импульсов и т.д.

Роль оконечных устройств, осуществляющих преобразование электрических колебаний в акустические колебания речевого диапазона частот, обычно выполняют малогабаритные широкополосные акустические колонки, а осуществляющих преобразование электрических колебаний в вибрационные - вибрационные излучатели.

Акустические колонки систем шумления устанавливаются в помещении в местах наиболее вероятного размещения средств акустической разведки, а вибрационные излучатели крепятся на оконных рамах, стеклах, коробах, трубопроводах, стенах, потолках и т.д.

В состав типовой системы виброакустической маскировки входят шумогенератор и от 6 до 12...25 вибрационных излучателей (пьезокерамических или электромагнитных) [10]. Дополнительно в состав системы могут включаться звуковые колонки.

Для полной защиты помещения по виброакустическому каналу вибродатчики должны устанавливаться на всех ограждающих конструкциях (стенах, потолке, полу), оконных стеклах, а также трубах, проходящих через помещение. Требуемое количество вибродатчиков для защиты помещения определяется не только его площадью, количеством

окон и труб, проходящих через него, но и эффективностью датчиков (эффективный радиус действия вибродатчиков на перекрытии толщиной 0,25 м составляет от 1,5 до 5 м) [10].

Защита нескольких помещений маскирующим шумом от одного генератора нецелесообразна, поскольку реальной становится опасность эффективного применения многоканальной компенсации шума.

При организации акустической маскировки необходимо помнить, что акустический шум может создавать дополнительный мешающий для сотрудников фактор (дискомфорт) и раздражающе воздействовать на нервную систему человека, вызывая различные функциональные отклонения, приводить к быстрой утомляемости работающих в помещении. Степень влияния мешающих помех определяется санитарными нормативами на величину акустического шума. В соответствии с нормами для учреждений величина мешающего шума не должна превышать суммарный уровень 45 дБ [10].

Учитывая, что для выполнения требуемых норм по защите речевой информации необходимо создание на различных элементах и конструкциях (оконных рамах, стеклах, коробах, трубопроводах, стенах, потолках и т.д.) различных уровней помеховых сигналов, требуется создание многоканальных систем виброакустической маскировки с возможностью регулировки уровня помехи в каждом канале, используемом для зашумления того или иного элемента или конструкции. Оптимизация режима работы такой системы активного зашумления позволит снизить уровень побочных шумов и обеспечить большую комфортность ведения разговоров в защищаемом помещении.

Другим направлением повышения комфортности ведения разговоров является оптимизация спектра помехи, обеспечивающего выполнение требуемых норм по защите информации при минимальном интегральном уровне помехи.

В системах акустической и виброакустической маскировки используются шумовые, "речеподобные" и комбинированные помехи.

Наиболее часто из шумовых используются следующие виды помех:

- 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).

В системах акустической и виброакустической маскировки, как правило, используются помехи типа "белого" и "розового" шумов.

В ряде систем виброакустической маскировки возможна регулировка уровня помехового сигнала. Например, в системах "Кабинет" и ANG-2000 осуществляется ручная плавная регулировка уровня помехового сигнала, а в системе "Заслон-2М" – автоматическая (в зависимости от уровня маскируемого речевого сигнала). В комплексе "Барон" возможна независимая регулировка уровня помехового сигнала в трех частотных диапазонах (центральные частоты: 250, 1000 и 4000 Гц). Система "Шорох-1" позволяет регулировать форму генерируемой помехи пятиполосным октавным эквалайзером [10].

"Речеподобные" помехи формируются (синтезируются) из речевых сигналов. При этом возможно формирование помехи как из скрываемого сигнала, так и из некоррелированных со скрываемым сигналом речевых фрагментов (отрезков).

Характерным представителем помех, формируемых из речевых фрагментов, некоррелированных со скрываемым сигналом, является помеха типа "речевой хор". Такая помеха формируется путем смешения фрагментов речи нескольких человек (дикторов).

Среди помех, формируемых из скрываемого сигнала, можно выделить два типа: "речеподобную" реверборационную и "речеподобную" инверсионную.

"Речеподобная" реверборационная помеха формируется из фрагментов скрываемого речевого сигнала путем многократного их наложения с различными уровнями.

"Речеподобная" инверсионная помеха формируется из скрываемого речевого сигнала путем сложной инверсии его спектра.

Комбинированные помехи формируются путем смешения различного вида помех, например помех типа "речевой хор" и "белый" шум, "речеподобных" реверборационной и инверсионной помех и т.п.

"Речеподобная" помеха типа "речевой хор" и комбинированная помеха типа "речевой хор" и "белый" шум реализованы в комплексе "Барон". Для этих целей в его состав кроме обычного генератора шума включены три радиоприемника, независимо настраиваемые на различные радиовещательные станции FM (УКВ-2) диапазона [10].

"Речеподобная" комбинированная (реверборационная и инверсионная) помеха используется в системе акустической маскировки "Эхо". Помеха формируется путем многократного наложения смещенных на различное время задержек разноуровневых сигналов, получаемых путем умножения и деления частотных составляющих скрываемого речевого сигнала [5].

Оценка эффективности шумовых помех осуществляется инструментально-расчетным методом, подробно изложенным в [4] и обеспечивающим требуемую достоверность получаемых результатов оценки.

Оценка эффективности "речеподобных" помех, и особенно формируемых из скрываемого речевого сигнала, осуществляется методом артикуляционных испытаний (измерений).

Проведем оценку некоторых видов шумовых и "речеподобных" помех.

Методом математического моделирования с использованием формулы (1) получены зависимости словесной разборчивости W от интегрального отношения сигнал/шум q в полосе частот 180...5600 Гц при различном виде шумовых помех, которые представлены на рис. 1. В табл. 6 приведены значения отношений сигнал/шум в октавных полосах q_i , при которых словесная разборчивость составляет $W = 0,2; 0,3$ и $0,4$.

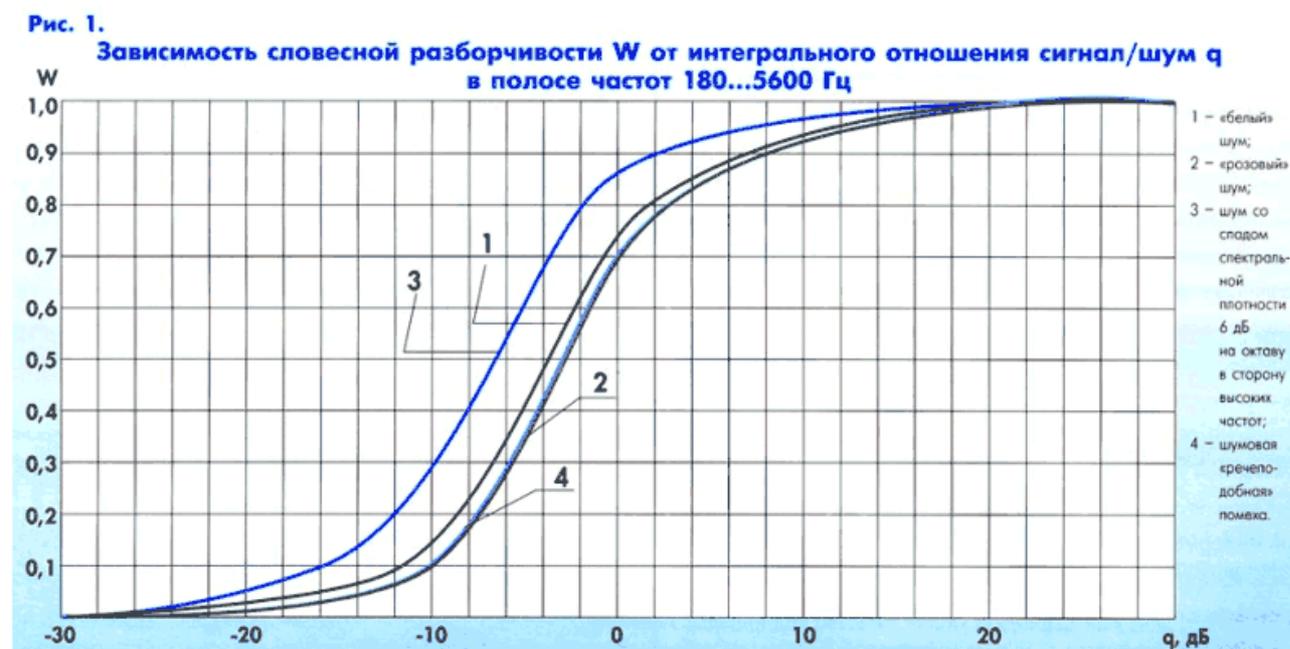


Рис. 1. Зависимость словесной разборчивости W от интегрального отношения сигнал/шум q в полосе частот 180...5600 Гц

- 1 – “белый” шум;
 2 – “розовый” шум;
 3 – шум со спадом спектральной плотности 6 дБ на октаву в сторону высоких частот;
 4 – шумовая “речеподобная” помеха

Анализ полученных результатов показал, что:

1. 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.
2. 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.
3. 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.

Таблица 6

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					Отношение с/ш в полосе частот 180...5600 Гц
		250	500	1000	2000	4000	
"Белый" шум	20	+ 0,8	- 2,2	- 10,7	- 18,2	- 24,7	- 10,0
	30	+ 3,1	+ 0,1	- 8,4	- 15,9	- 22,4	- 7,7
	40	+ 5,1	+ 2,1	- 6,4	- 13,9	- 20,4	- 5,7
"Розовый" шум	20	- 5,9	- 5,9	- 11,4	- 15,9	- 19,4	- 8,8
	30	- 3,7	- 3,7	- 9,2	- 13,7	- 17,2	- 6,7
	40	- 1,9	- 1,9	- 7,4	- 11,9	- 15,4	- 4,9
Шум со спадом спектральной плотности 6 дБ на октаву	20	- 14,1	- 11,1	- 3,6	- 15,1	- 15,6	- 13,0
	30	- 12,0	- 9,0	- 11,5	- 13,0	- 13,5	- 10,8
	40	- 10,0	- 7,2	- 9,7	- 11,2	- 11,7	- 9,0
Шумовая "речеподобная" помеха	20	- 3,9	- 7,9	- 12,9	- 15,9	- 16,9	- 9,0
	30	- 1,7	- 5,7	- 10,7	- 13,7	- 14,7	- 6,8

	40	+ 0,1	- 3,9	- 8,9	- 11,9	- 12,9	- 5,0
--	----	-------	-------	-------	--------	--------	-------

Результаты экспериментальных исследований эффективности трех видов "речеподобных" двух видов шумовых помех представлены в [2].

При проведении экспериментов скрываемый речевой сигнал формировался программным методом на ПЭВМ, преобразовывался в звуковой формат, смешивался с помеховым сигналом и воспроизводился через акустические колонки. В качестве скрываемого сигнала использовались случайные пятизначные цифровые группы.

Оператор программно-аппаратного комплекса осуществлял прием "зашумленных" пятизначных групп, записывал их и сравнивал результаты с исходной таблицей цифровых групп, предъявляемой ему после завершения цикла воспроизведения.

В качестве помех исследовались: помеха типа "белого" шума, шумовая "речеподобная", помеха типа "речевой хор", "речеподобная" ревербोरационная и "речеподобная" комбинированная помехи.

Шумовая "речеподобная" помеха формировалась из "белого" шума в соответствии с огибающей амплитудного спектра скрываемого речевого сигнала путем оценки спектральных параметров речевого сигнала в пяти октавных полосах диапазона 100...6000 Гц и корректировки уровня шума в тех же полосах таким образом, чтобы выдерживалось заданное соотношение "сигнал/помеха" в пределах всего диапазона частот защищаемого речевого сигнала.

"Речеподобная" помеха типа "речевой хор" формировалась путем микширования фрагментов речи трех дикторов радиовещательных станций УКВ-диапазона при примерно равных уровнях смешиваемых сигналов.

"Речеподобная" ревербोरационная помеха формировалась из фрагментов скрываемого речевого сигнала путем многократного их наложения с различными уровнями.

Комбинированная "речеподобная" помеха формировалась путем микширования отрезков речевых сигналов, музыкальных фрагментов и "белого" шума при доминировании уровня одного из фрагментов над общим уровнем остальных сигналов на 2...4 дБ.

В результате экспериментальных исследований установлено:

1. "Речеподобная" помеха типа "речевой хор", сформированная из "незашумленных" фрагментов речи различных дикторов при примерном равенстве уровней громкости, обладает низкими маскирующими свойствами, соизмеримыми с маскирующими свойствами "белого" шума.
2. Шумовая "речеподобная" помеха по сравнению с "белым" шумом при равной энергетике обеспечивает относительное снижение разборчивости речи на 15...30 %.
3. Комбинированная "речеподобная" помеха, содержащая "зашумленную" смесь речевых сигналов и музыкальных фрагментов при доминировании одного из них, обладает существенно лучшими маскирующими свойствами по сравнению с шумовой "речеподобной" помехой. Она при равной энергетике приводит к относительному снижению разборчивости речи на 25...40 %.
4. "Речеподобная" ревербोरационная помеха является наиболее эффективной из исследуемых помех. По сравнению с "белым" шумом она обеспечивает энергетический выигрыш более чем на 5 дБ.

К сожалению, учитывая, что при испытаниях в качестве скрываемого сигнала использовались не слова из артикуляционных таблиц, а цифровые группы, нельзя использовать полученные результаты исследований для количественной оценки эффективности систем акустической и виброакустической маскировки.

Артикуляционные испытания эффективности "речеподобной" комбинированной помехи, реализованной в системе акустического зашумления "Эхо", проведены на базе сертификационной лаборатории НПП "Квазар-Ц".

Артикуляционные испытания проводила бригада операторов в составе трех дикторов (двух мужчин и одной женщины) в возрасте от 18 до 30 лет, не имеющих явных дефектов речи, и трех аудиторов в возрасте от 21 до 22 лет, не имеющих дефектов слуха.

При подготовке к проведению измерений была осуществлена запись тестового речевого текста (артикуляционных таблиц слов), читаемых дикторами, на диктофоне MZ-R50 фирмы Sony.

Каждая таблица содержала 50 слов. При записи чтение слов осуществлялось диктором ровным голосом при нормальном темпе речи, средней громкости и интервале между словами ($3 \pm 0,3$) с. Диктор выдерживал постоянный ритм речи на протяжении чтения всей таблицы. Каждым диктором было записано по 20 таблиц.

При проведении испытаний тестовый речевой текст воспроизводился на диктофоне MZ-R50 через активную звуковую колонку. При этом регулятор громкости магнитофона устанавливался в положение, при котором интегральный (измеренный измерителем уровня шума и вибраций ВШВ- 003- М2) уровень речевых сигналов в месте установки микрофона системы акустического зашумления соответствовал громкой речи ($L_s = 70$ дБ).

Настройка системы акустического зашумления проводилась в соответствии с инструкцией по эксплуатации. В качестве имитатора средства акустической разведки использовался магнитофон РМД 201 фирмы "Marantz" (далее по тексту "контрольный" магнитофон), микрофон которого был установлен в зоне акустической маскировки ("зоне защиты") системы на расстоянии 1,5 м от границы "зоны переговоров".

Измерения разборчивости речи проводила бригада аудиторов, прошедшая специальное обучение (тренировку), путем прослушивания на головные телефоны тестового речевого текста (артикуляционных таблиц), записанного в условиях помех, создаваемых системой акустического зашумления (далее по тексту "контрольного" текста).

При прослушивании через головные телефоны "контрольного" текста аудитор записывал прослушанные слова в специальный бланк. Допускалось неограниченное количество прослушиваний фрагментов записи. Если при многократном прослушивании слово не было понято, то аудитор подчеркивал соответствующую пронумерованную строку в бланке принятых слогов.

Цикл измерений включал в себя прослушивание всеми аудиторами от всех дикторов 20 артикуляционных таблиц, записанных в условиях шума. Всего тремя аудиторами было прослушано 60 таблиц по 50 слов.

Обработка результатов измерений была проведена в соответствии с ГОСТом Р 50840-95 [3].

Анализ результатов артикуляционных испытаний показал, что словесная разборчивость составляет от 6 до 32 %, при среднем ее значении (при исключении сомнительных результатов измерений) $W_{cp} = 12,4$ % и среднеквадратическом отклонении $s = 3,4$ %.

Одновременно с артикуляционными испытаниями с использованием измерителя уровня шума и вибраций ВШВ- 003- М2 производилось изменение уровней тестовых сигналов (при отключенной системе акустического зашумления) и помех (при включенной системе акустического зашумления) в пяти октавных полосах в точке размещения микрофона "контрольного" магнитофона.

Измерения проводились при воспроизведении первой из очередной контрольной группы таблиц (в каждую группу было включено по пять артикуляционных таблиц) для каждого диктора.

Анализ спектра помехи показал, что его форма близка к форме спектра "розового" шума с некоторым "завалом" в области высоких частот (см. табл. 7).

Таблица 7

Значения уровней помехи в октавных полосах $L_{ши}$ системы акустической маскировки "Эхо" в "зоне защиты" при среднем положении регулятора громкости и среднем уровне речевого сигнала

Наименование характеристики	Положение регулятора тона	Среднегеометрические частоты октавных полос $f_{срi}$, Гц				
		250	500	1000	2000	4000
Уровень помехи в октавной полосе $L_{ши}$, дБ	Крайнее левое	68	66	57	53	40
	Среднее	69	66	58	56	48
	Крайнее правое	68	67	70	79	77

Рассчитанная по результатам измерений по формуле (1) словесная разборчивость составила от 13,5 до 22 %, при среднем значении $W_{ср} = 18 \%$.

Значение словесной разборчивости, определенное инструментально-расчетным методом, несколько выше рассчитанного по результатам артикуляционных испытаний, что подтверждает большую эффективность "речеподобных" комбинированных (ревербационных и инверсионных) помех по сравнению с шумовыми.

В процессе экспериментальных исследований также установлено, что по сравнению с шумовыми "речеподобные" комбинированные (ревербационные и инверсионные) помехи оказывают значительно меньшее раздражающее воздействие на нервную систему человека.

Литература

1. Абрамов Ю.В., Калинин М.В., Каргашин В.Л. Опыт практических работ по виброакустической защите выделенных помещений от утечки речевой информации/ Научно-практическая конференция "Ключевые проблемы банковской безопасности" Третьего московского международного форума "Технология безопасности – 98". Москва 4 – 7 февраля 1998 г.: Сборник докладов. - М.: Манеж, 1998.
2. Бортников А.Н., Губин С.В., Комаров И.В., Майоров В. И. Результаты экспериментальной оценки эффективности защиты речевой информации от утечки по техническим каналам при использовании различных видов помех.// Информация и безопасность. – Воронеж, 1999. – Выпуск № 4.
3. ГОСТ Р 50840-95. Государственный стандарт Российской Федерации. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. Издание официальное. – М.: Госстандарт России, 1997.
4. Железняк В.К., Макаров Ю.К., Хорев А.А. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации//Специальная техника. – М.: 2000.– № 4.
5. Иванов В.М., Хорев А.А. Способ и устройство формирования "речеподобных" шумовых помех// Вопросы защиты информации. – М.: 1999. – № 4.
6. Кученков Е.Б., Музалев Е.А. Экспериментальная оценка акустической защищенности исследуемых помещений// Вопросы защиты информации. – М.: 1999. – № 3.
7. Снижение шума в зданиях и жилых районах/Под ред. Осипова Г.Л., Юдина Е.Я. М.: – Стройиздат, 1987.
8. Справочник проектировщика. Защита от шума/Под ред. Юдина Е.Я. – М.: Стройиздат, 1974.
9. Хорев А.А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть 1. Технические каналы утечки информации. – М.: Гостехкомиссия РФ, 1998. – 320 с.
10. Хорев А.А. Способы и средства защиты информации. Учебн. пособие. – М.: МО РФ, 2000. – 316 с.