

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЙ ЗАПИСИ НА ДИКТОФОН

Введение

Для противодействия несанкционированной записи на диктофон в настоящее время используют два основных метода: обнаружение и подавление диктофонов.



Рис. 1. Классификация методов противодействия записи на диктофон

Обнаружение производится по их демаскирующим признакам [1,8], основные из которых представлены на рисунке 1.

Подавление диктофонов может осуществляться акустическим, ультразвуковым и электромагнитным методом.

Акустический метод в его традиционной интерпретации основан на постановке пространственной акустической помехи в направлении возможного расположения записывающего устройства. Такой метод имеет некоторое отрицательное психологическое воздействие на собеседников, что затрудняет проведение переговоров, поэтому до недавнего времени акустическому методу противодействия не уделялось должного внимания.

Задача электромагнитных подавителей состоит в наведении на случайных антеннах диктофона, в качестве которых выступают дорожки на плате и контакты элементов схемы, дополнительную э.д.с. помехового сигнала, что приводит к искажению полезного сигнала. Наиболее подвержена действию внешних электромагнитных помех подсистема диктофона, отвечающая за преобразование акустического сигнала [1]. Также нужно учесть, что величина наведенной э.д.с. сильно зависит от типа диктофона и его положения относительно подавителя. Устройства электромагнитного подавления записи эффективно выполняют свою задачу применительно к бытовым диктофонам. Однако современная элементная база и

хорошее экранирование позволяют во много раз ослабить влияние внешней электромагнитной помехи на полезный сигнал, что применяется в диктофонах, разработанных как спецсредство съема акустической информации. Разумеется, при достаточно большой мощности подавителя можно добиться желаемого эффекта подавления, но не стоит забывать, что мощное электромагнитное излучение небезопасно для здоровья самих собеседников [2].

Средства ультразвукового подавления излучают мощные, неслышимые человеческим ухом, ультразвуковые колебания. В большинстве современных диктофонов используется автоматическая регулировка усиления (АРУ). АРУ снижает чувствительность к входному сигналу и тем самым резко понижается качество записи речи. Еще один вариант двухчастотного ультразвукового подавления основан на формировании помехового сигнала с комбинационными частотами, образующимися при воздействии двух УЗК на нелинейностях микрофонного усилителя диктофона.

Системы ультразвукового подавления оказываются более эффективными чем электромагнитное подавление с той точки зрения, что могут эффективно подавлять даже экранированные диктофоны. В то же время у них есть и один большой недостаток. Они оказываются неэффективными, если микрофоны защищены фильтрами из специальных материалов или если использовать микрофоны в рабочий диапазон которых не попадает ультразвук.

Учитывая вышесказанное можно сделать вывод о том, что электромагнитное и ультразвуковое подавление диктофонов не обеспечивают гарантированного подавления.

Постановка задачи

Альтернативой этим методам является, рассмотренный ранее, акустический метод, но с учетом следующих замечаний:

- расстояние между акустической помехой и местом вероятного расположения диктофона необходимо свести к минимальному;
- акустические подавители формируют помеху в той же полосе, что и сам полезный сигнал и в этом случае применение дополнительных фильтров никак не повлияет на эффективность подавления сигнала;
- помеха формируется на основе речи собеседников. Такая помеха практически не поддается фильтрации. Исключается возможность получения копии помехи для проведения очистки. Помеха такого характера оказывается коррелированной с сигналом, что обеспечивает эффективное подавление даже при небольшом отношении сигнал/шум.

Преимуществом такого акустического подавления является то, что в случае приближения источника помехи к диктофону значительно повышается эффективность подавления. Избавиться от отрицательного психологического воздействия акустической помехи на собеседников можно за счет формирования помехи во время, совпадающее с возобновлением речи собеседника, а при отсутствии речи помеха не подается. При ведении разговора такая помеха не привлекает внимание собеседников и не затрудняет общение. Использование особенностей такого акустического подавления позволяет резко повысить эффективность подавления диктофонов.

На таком принципе работают подавители диктофонов типа MPD (рис.2, рис.3), которые в данной работе были использованы для оценки эффективности акустического противодействия. Основные характеристики подавителей MPD приведены в таблице 1. Для оценки эффективности подавления выбран цифровой диктофон Olympus VN-2100 PC.

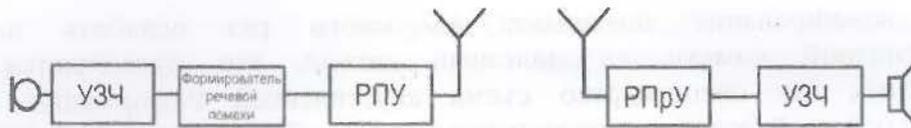


Рис. 2. Функциональная схема устройства

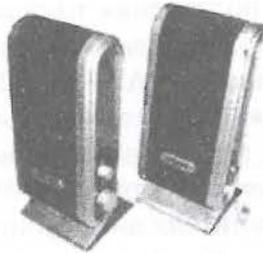


Рис.3. Внешний вид подавителя диктофонов MPD

Таблица 1. Характеристики подавителей диктофонов

| Характеристики | MPD | MPD-M | MPD-L10 |
|--|---------------------|---------------------|-------------|
| Ширина полосы маскирующего сигнала | 180-5400 Гц | 180-5400 Гц | 280-4200 |
| Уровень подавления сигнала акустозавязки | 28 дБ | 32 дБ | -- |
| Тип помехи | Из речи собеседника | Из речи собеседника | Речевой хор |

Эффективность подавления предлагается оцениваться по разборчивости записанной на диктофон речи.

Методика расчета разборчивости речи для оценки эффективности противодействия записи на диктофон

Для измерения разборчивости речи могут использоваться субъективные и объективные методы [3]. Субъективным методом является метод артикуляционных испытаний, когда формируются две бригады, дикторов и слушателей которые на слух оценивают разборчивость речи.

Объективные же методы призваны абстрагироваться от участия человека в испытаниях, что позволяет избавиться от субъективных ошибок.

Для оценки разборчивости речи выбран формантный метод, предложенный Н.Б. Покровским [4]. Каждая форманта характеризуется своим коэффициентом восприятия. Если разделить диапазон спектра речи на пять поддиапазонов с центральными октавными частотами 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц, то можно рассчитать коэффициенты восприятия формант для каждой октавной полосы. Для оценки зашумления полезного сигнала шумом находят соотношение сигнал/шум на тех же октавных полос [7]. После этого находится формантная разборчивость по методу Покровского [3, 4].

Артикуляционная (формантную) разборчивость A рассчитывается как сумма разборчивостей формант на каждой из октавных частот

$$A = \sum_{k=1}^K p_k \cdot P(E'_k)$$

где $P(E'_k)$ - коэффициент восприятия речи.

$$P(E'_k) = \begin{cases} \frac{0.78 + 5.46 \cdot \exp[-4.3 \cdot 10^{-3} \cdot (27.3 - |E'_k|)^2]}{1 + 10^{0.1 \cdot |E'_k|}}, & E'_k \leq 0 \\ 1 - \frac{0.78 + 5.46 \cdot \exp[-4.3 \cdot 10^{-3} \cdot (27.3 - |E'_k|)^2]}{1 + 10^{0.1 \cdot |E'_k|}}, & E'_k > 0 \end{cases}$$

p_k - вероятность пребывания формант k -той полосе частот

$$p_k = F(f_{вк}) - F(f_{пк})$$

$$F(f) = \begin{cases} 2.57 \cdot 10^{-8} \cdot f^{2.4}, & 100 < f \leq 400 \text{ Гц}, \\ 1 - 1.074 \cdot \exp(-10^{-4} \cdot f^{1.18}), & 400 < f \leq 10000 \text{ Гц} \end{cases}$$

E'_k - эффективный уровень ощущения формант в k -той полосе частот.

$$E'_k = E_k - \Delta B(f_{0k})$$

E_k - эффективный уровень ощущения речевого сигнала в k -той полосе частот, равный отношению сигнал-шум q_k в этой полосе частот. Этот параметр становится известен после проведения многоканальной фильтрации сигнала и шума.

$$E_k = q_k = 10 \lg \frac{D_{sk}}{D_{nk}}$$

где D_{sk} , D_{nk} - дисперсии сигнала и шума k -той полосе частот.

$\Delta B(f)$ - разница между усредненными спектрами речи и формант.

$$\Delta B(f) = \begin{cases} \frac{200}{f^{0.43}} - 0.37, & f \leq 1000 \text{ Гц} \\ 1.37 + \frac{1000}{f^{0.69}}, & f > 1000 \text{ Гц} \end{cases}$$

Зная формантную разборчивость A можно найти словесную разборчивость W по следующей формуле

$$W = \begin{cases} 1.54 \cdot A^{0.25} [1 - \exp(-11 \cdot A)], & A < 0.15 \\ 1 - \exp\left(\frac{11 \cdot A}{1 + 0.7 \cdot A}\right), & A \geq 0.15 \end{cases}$$

Исследование эффективности подавителей диктофонов проводилось следующим образом. Измерение разборчивости записанной на диктофон речи проводится как вычислительный эксперимент в среде MATLAB, который можно представить из двух этапов: измерение парциальных отношений сигнал-шум и вычисление артикуляционной разборчивости речи [3].

Исходя из вышеприведенных формул, измерение разборчивости речи сводится к раздельной многоканальной фильтрации речевого сигнала и шума с последующим измерением дисперсий откликов каждого из фильтров при одних и тех же условиях [3]. Для фильтрации применяется гребенка эллиптических КИХ-фильтров с неравномерностью в полосе пропускания 1 дБ и затуханием в полосе задерживания 60 дБ. С помощью средств

моделирования MATLAB создана гребенка фильтров, перекрывающая диапазон с октавными частотами 250, 500, 1000, 2500, 5000.

Для получения записи незашумленного речевого сигнала проводилась запись на диктофон тестового сигнала, излучаемого акустической колонкой, подключенной к ПК, без подачи зашумляющего сигнала. Тестовым сигналом послужила запись мужского голоса, читающего текст. Шумом является запись излучения колонки подавителя. Запись шума проводилась путем подачи сигнала противодействия в тракт записи диктофона, при недопущении записи исходного речевого сигнала на диктофон.

При записи речи на диктофон установлен режим наилучшего качества записи. Уровень излучения акустической колонки, обозначенной на рисунке 3 как 1, равен 65 дБ, что соответствует нормальной интенсивности речи при ведении разговора двумя собеседниками. Спектрограммы (рис. 4, рис. 5) наглядно отображают корреляцию речевого и зашумляющего сигналов.

Первым шагом вычисления разборчивости речи является измерение парциальных отношении сигнал-шум.

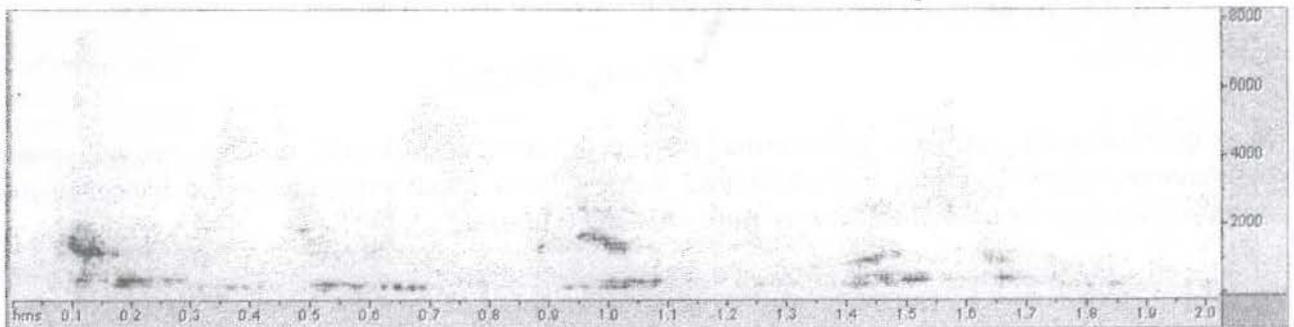


Рис.4. Спектрограмма речевого сигнала

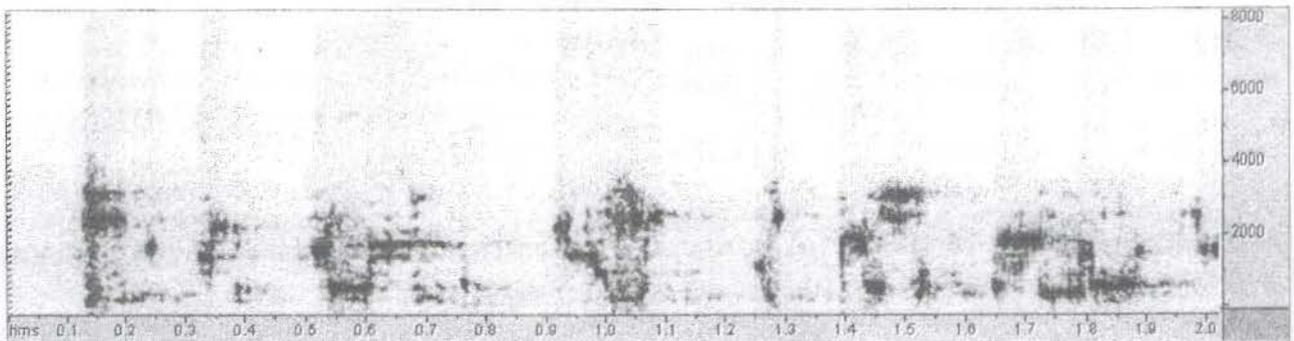


Рис.5. Спектрограмма зашумляющего сигнала

Из двух полученных записей исходного речевого сигнала и записи противодействия в среде MATLAB (рис. 6) рассчитываются парциальные отношения сигнал-шум для всех октавных полос [6]. Далее, используя полученные результаты, по методу Покровского [3] производится расчет разборчивости речи.

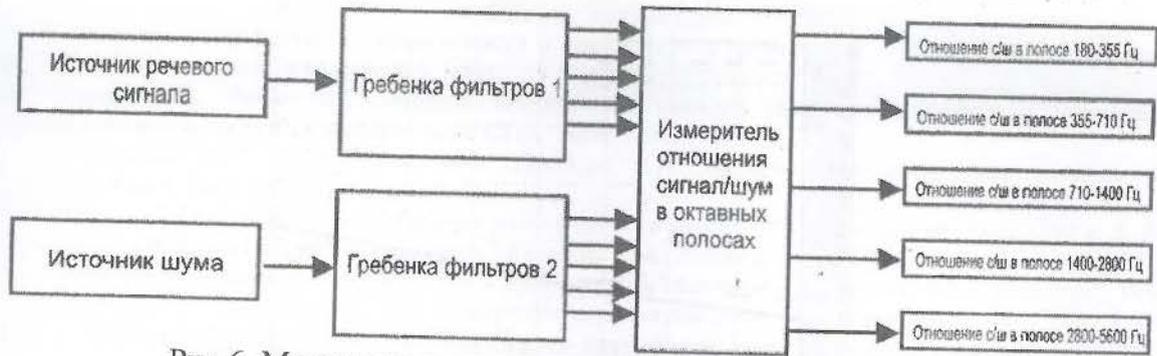


Рис.6. Модель измерения парциальных отношений сигнал/шум.

Результаты оценки

Результат выполнения расчета разборчивости речи представляется в процентах словесной разборчивости. Рассмотрены два случая. В первом случае меняется расстояние от излучателя подавителя до диктофона. Это расстояние обозначено на рисунке 7 как $L3$. Во втором случае меняется расстояние от излучателя речевого сигнала до микрофона подавителя, обозначенное на рисунке 7 как $L2$. Расстояние $L1$ между излучателем речевого сигнала и диктофоном не меняется и составляет 2 м.

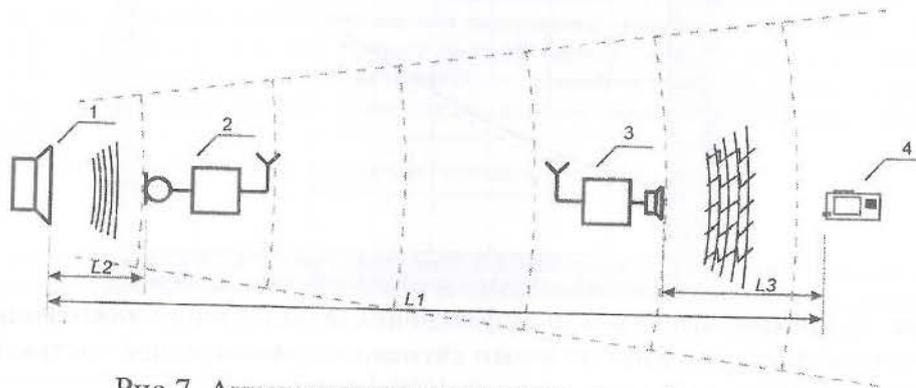


Рис.7. Акустическое подавление диктофона

1 – колонка, излучающая речевой сигнал, 2 – принимающая часть подавителя, 3 – излучающая часть подавителя, 4 – диктофон

Результаты проделанных измерений и вычислений представлены в таблице 2 и таблице 3 и на графиках 8 и 9.

Таблица 2. Разборчивость речи. Словесная разборчивость %

| $L3$ | 1 м | 0.5 м | 0.25 м |
|----------------|-------|-------|--------|
| Тип подавителя | | | |
| MPD | 21,35 | 16,41 | 15,54 |
| MPD-L10 | 33,08 | 17,57 | 15,20 |
| MPD-M | 19,23 | 14,44 | 13,17 |

Таблица 3. Разборчивость речи. Словесная разборчивость %

| $L2$ | 0.1 м | 0.3 м | 0.5 м |
|----------------|-------|-------|-------|
| Тип подавителя | | | |
| MPD | 11.17 | 19,1 | 36,4 |
| MPD-M | 9.5 | 18.8 | 34.3 |

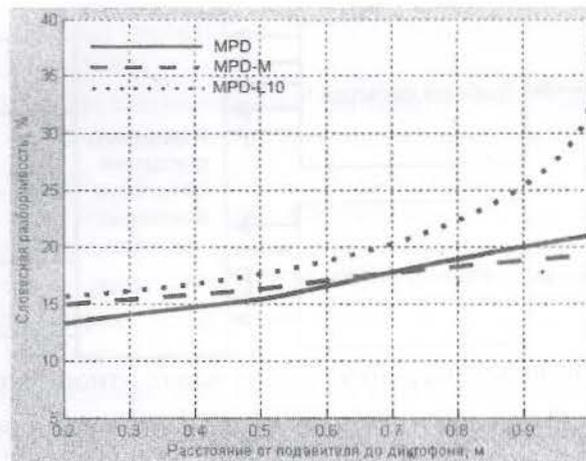


Рис. 8. График зависимости эффективности подавления диктофона от расстояния между подавителем и диктофоном

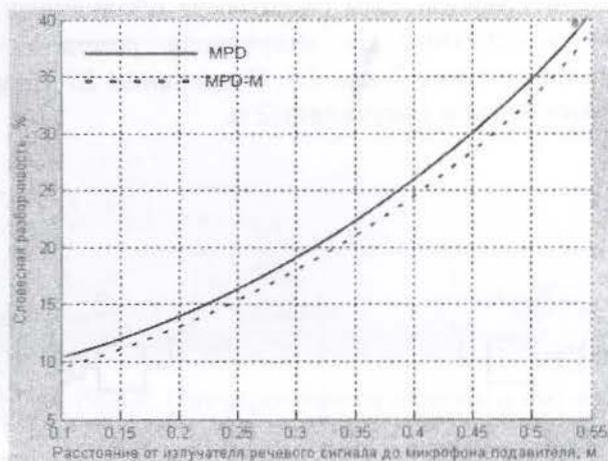


Рис. 9. График зависимости эффективности подавления диктофона от расстояния между излучателем речевого сигнала и принимающей частью подавителя

Выводы

Анализируя полученные результаты оценки эффективности акустических подавителей можно сделать такие выводы:

- 1) эффективность подавления напрямую зависит от расстояния между источником полезного сигнала и микрофоном подавителя. В этом случае словесная разборчивость с увеличением расстояния растет параболически и уже на расстоянии 0.5 м составляет 33-35%.
- 2) эффективность подавления меняется с изменением расстояния от излучателя помехового сигнала подавителя до диктофона. Эта зависимость имеет в основном линейный характер. При отдалении излучателя помехового сигнала от диктофона на 0.5 м разборчивость повышается на 5-6%.
- 3) эффективность подавления зависит от характера формирования сигнала противодействия. Так, помеха типа «речевой хор» оказывается менее эффективной, чем помеха, формируемая из речи собеседников.

Список литературы

1. Подавление диктофонов – возможности и практическое применение. / Юдин Л.М., Каргашин В.Л., Исхаков Б.С. / «Специальная Техника» №5, 2001.
2. Галкин А.П., Эмдин В.С. Защита технических каналов связи предприятий и учреждений от несанкционированного доступа к информации. СПб, 2004.- 230.
3. Дидковский В.С., Дидковская М.В., Продоус А.Н. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации. Киев, 2008. – 420 с.
4. Покровский Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.: Связьиздат, 1962.-390 с. 5. Рабинер Л.Р., Шафер Р.В. Цифровая обработка речевых сигналов. – М.: Радио и связь, 1981.- 495 с.
6. Сапожков М.А. Защита трактов радио и проводной связи от помех и шумов. М.: Связьиздат, 1959.
7. Михайлов В.Г., Златоустова Л.В. Измерение параметров речи. М.: «Радио и связь» - 1987 г. -163 с. 8 .Гудков С. А. Проблемы и решения задачи обнаружения диктофонов. <http://kiev-security.org.ua/box/8/index.shtml>

Приводится классификация методов предотвращения несанкционированной записи на диктофон. Сравниваются электромагнитный, ультразвуковой и акустический методы подавления. Рассматриваются и анализируются преимущества акустического подавления диктофонов. В качестве сигнала противодействия записи применяется речеподобная помеха. Для противодействия записи используются подавители MPD, где микрофон и излучатель устройства разнесены и связаны по радиоканалу. Оценка эффективности противодействия проводится путем измерения разборчивости речи на записи, сделанной диктофоном.

Ключевые слова: эффективность противодействия, акустическое противодействие, диктофон.

Приводиться класифікація методів запобігання несанкціонованого запису на диктофон. Порівнюються електромагнітний, ультразвуковий та акустичний методи заглушення. Розглядаються і аналізуються переваги акустичного заглушення диктофонів. В якості сигналу протидії запису використовується мовоподібна завада. Для протидії запису використовуються заглушувачі MPD, де мікрофон і випромінювач приладу рознесені і зв'язані радіоканалом. Оцінка ефективності проводиться шляхом виміру розбірливості мови на запису, зробленому диктофоном.

Ключові слова: ефективність протидії, акустична протидія, диктофон.

In this article gives classification of counteraction methods for overwriting by means of dictating machines and compares electromagnetic, ultrasonic and acoustic methods of counteraction. The advantages of acoustic counteraction of dictating machines analyze more deeply. The speech-like noise uses as a counteraction signal. For counteraction uses MPD suppressors, in which microphone and acoustic emitter separated and connected with radio waves. Estimation of the acoustic counteraction gives as speech intelligibility measurement of dictating machine record.

Key words: efficiency of counteraction, acoustic counteraction, dictaphone.

Поступила 01.12.2009