

Асяев Г. Д., Антясов И. С.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШУМОВЫХ “РЕЧЕПОДОБНЫХ” ПОМЕХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье рассмотрены основные виды генераторов шума, проведено исследование применимости использования средства акустического зашумления, основанного на использовании в качестве шума “речеподобной” помехи. Произведён формантный метод расчёта разборчивости речи при использовании средств акустического зашумления. Проведено сравнение шумовых помех, выявлена наиболее эффективная разновидность шумовой “речеподобной” помехи. Определен минимальный уровень шума для достижения заданного уровня словесной разборчивости.

Ключевые слова: защита информации, генератор шума, “речеподобная” помеха, разборчивость речи.

Asyayev G. D., Antyasov I. S.

ESTIMATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF “SPEECH-LIKE” NOISE FOR THE PROTECTION OF ACOUSTIC INFORMATION

The main types of noise generators are considered in the article, the applicability of the use of a noise generator based on the use of “speech-like” noise as noise is investigated. A formant method is used to calculate the intelligibility of speech when using acoustic noise. Comparison of noise interference, the most effective type of noise “speech-like” noise is revealed. A minimum noise level is determined to achieve a given level of verbal intelligibility.

Keywords: information protection, noise generator, “speech-like” noise, intelligibility of speech.

Из всего множества технических каналов утечки информации (ТКУИ) акустические каналы утечки речевой информации занимают особое место и остаются актуальным в настоящее время¹. Они могут возникать при обсуждении информации ограниченного распространения в защищаемых помещениях при наличии трех составляющих:

- источник информации (люди, технические средства);
- среда распространения (воздушная, ограждающие конструкции);
- технические средства акустической разведки (ТСАР).

Акустическая (речевая) информация может быть перехвачена с помощью портативных устройств звукозаписи, электронных устройств негласного получения информации, направленных микрофонов и непреднамеренного прослушивания. Основной задачей пассивных средств защиты речевой информации является уменьшение соотношения сигнал/шум в возможных точках перехвата информации за счёт ослабления информативного сигнала. Средствами пассивной защиты являются: использование акустически неоднородных конструкций, установка фальшь-потолка, двойного тамбура и т.д. Если реализация пассивных архитектурно-строительных методов защиты является недостаточной, применяют активные технические средства защиты акустической информации, основной задачей которых является создание маскирующих помех с использованием генераторов шума. Основными целями защиты акустической информации является маскировка смыслового содержания и тематики разговора в защищаемом помещении.

В настоящее время для защиты помещений применяют генераторы белого и розового шума, основной задачей которых является превышение уровня шума над информативным сигналом. Проанализировав рынок защиты акустической информации, было замечено, что белый шум является самым распространённым видом помехи генерируемым средством активного зашумления. Его линейная характеристика располагается горизонтально во всем частотном диапазоне и обладает равномерной спектральной плотностью мощности. Розовый шум характеризуется уменьшением спектральной плотности мощности на 3 дБ к области высоких частот (рис. 1). Равномерномаскирующий шум сочетает в себе белый (0-500 Гц) и розовый шум (более 500 Гц)².

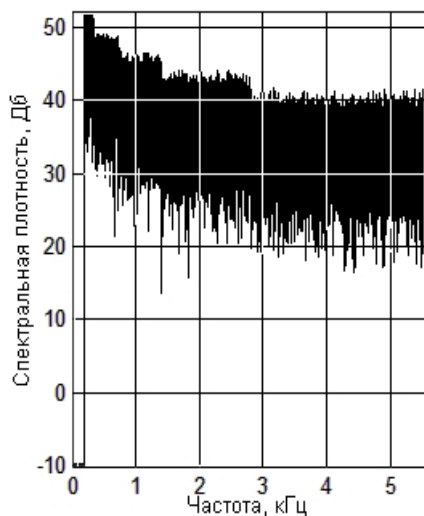


Рис. 1. Спектр розового шума

В отличие от белого шума, применение шумовых «речеподобных» помех позволяет замаскировать только определённый диапазон частот для защиты конкретного лица.

Основными задачами данной работы являются определение:

- эффективности применения «речеподобных» шумовых помех по сравнению с использованием белого шума;
- минимального уровня мощности «речеподобной» помехи при котором невозможно распознать смысловую семантику говорящего при проведении операции шумоочистки.

В ходе проведённого исследования были сформированы следующие типы «речеподобной» помехи:

1. комбинированная помеха с поочерёдным изменением уровня сигнала;
2. ревербационная помеха;
3. помеха, созданная путём произвольной генерации букв русского алфавита;
4. комбинированная помеха с поочерёдным изменением тональности и мощности сигнала.

Ниже приведён алгоритм создания комбинированной «речеподобной» помехи с поочерёдным изменением тональности и мощности сигналов.

1. Запись 7 голосовых дорожек речи людей, которые зачитывали заранее подготовленный текст;
2. Удаление программным методом пауз между словами в записанных дорожках;
3. Преобразование каждой из записанных звуковых дорожек путём случайной пе-

рестановки фрагментов записи и изменение уровня сигнала этих фрагментов относительно уровня других сигналов;

4. Микширование преобразованных звуковых дорожек с добавлением дорожки белого шума;

5. Выполнение реверса суммарной речевой дорожки (одним из первых этапов при проведении операции шумоочистки является включение записи в обратном порядке). При выполнении данного этапа при попытке расшифровать запись, злоумышленник получит изменённый вариант информативного сигнала.

С помощью кроссплатформенного фреймворка Qt для формирования “речеподобного” шума, основанного на произвольной генерации букв, были проделаны следующие действия:

создание сэмплов (небольшой оцифрованный звуковой фрагмент) букв русского алфавита (рис. 2), за исключением твёрдого и мягкого знака;

разделение полученных сэмплов на 4 блока (гласные, согласные, глухие, звонкие);

выбор блоков для генерации (чередование согласных – гласных, звонких – гласных, глухих – гласных);

произвольная генерация букв (согласные – гласные).

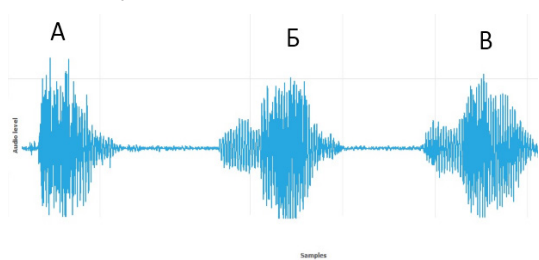


Рис. 2. Создание семплов букв русского алфавита

Вышеизложенный алгоритм является ключевым в принципиальной схеме формирования помехи (рис. 3). Основной целью генератора шума, построенного на использовании «речеподобной» помехи является не зашумление собеседника, а создание маскирующих помех в возможной точке перехвата информации.

Частотный диапазон речи лежит в пределах 70-7000 Гц. Однако около 95% энергии речевого сигнала находится в диапазоне 175-5600 Гц. Примем в качестве критерия уровень звукового давления в 60-65 дБ, который равен выступлению человека в аудитории без

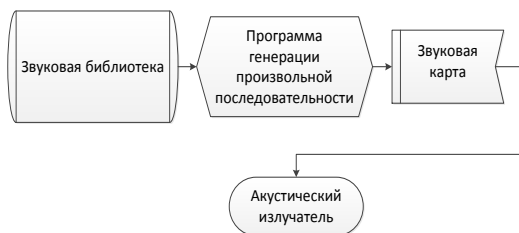


Рис. 3. Схема создания помехи

использования средств звукоусиления. Разборчивостью речи называют относительное или процентное количество принятых артикулянтами элементов речи из общего количества переданных по среде распространения.

Выделяют слоговую S , смысловую и словесную W разборчивость. Их статистическая зависимость между собой определена на графике (рис. 4).

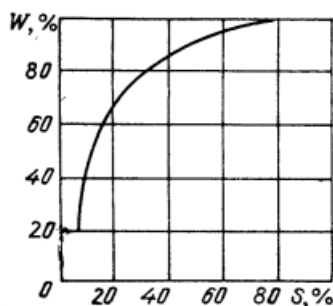


Рис. 4. Зависимость между словесной и слоговой разборчивостью речи

В таблице 1 представлен диапазон разборчивости для различных уровней понятности речи³.

Таблица 1

Таблица словесной и слоговой разборчивости

Уровень понятности	Слоговая разборчивость $W, \%$	Словесная разборчивость $S, \%$
Низкий	75-87	25-40
Средний	87-93	40-56
Высокий	93-98	56-80
Очень высокий	>98	>80

На рисунках (рис. 4, 5) представлены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) защищаемого сигнала и “речеподобного” шума с поочерёдным изменением тонально-

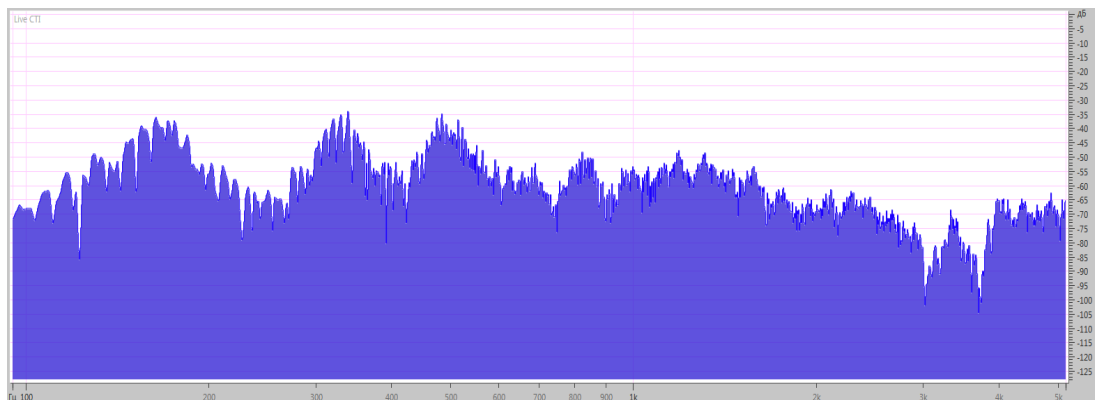


Рис. 5. АЧХ защищаемого сигнала

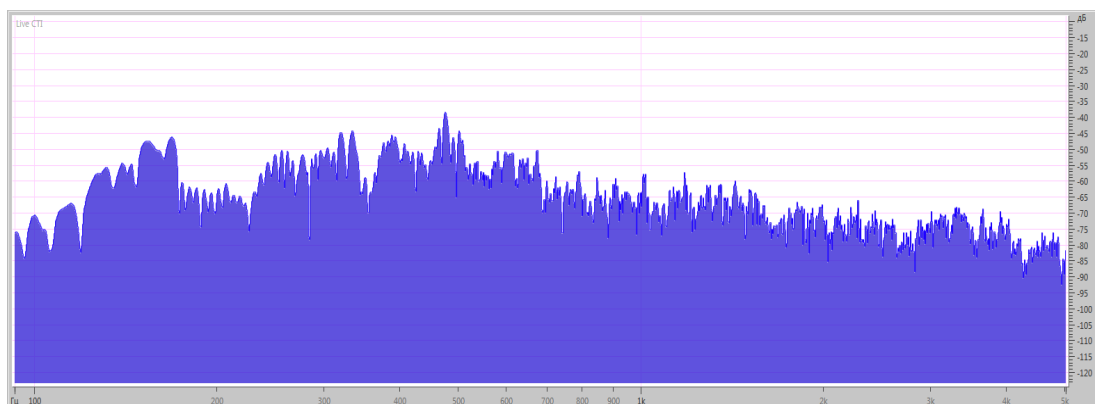


Рис. 6. АЧХ комбинированной помехи

сти, формируемого из скрываемого речевого сигнала.

На представленных спектрах можно заметить (рис. 5, 6), что данный вид помехи имеет огибающую амплитудного спектра, подобной тестовому речевому сигналу. Этот факт свидетельствует о возможности подстроить «речеподобный» шум под конкретного человека для достижения максимальной эффективности зашумления.

Определим разборчивость речи при использовании комбинированной «речеподобной» помехи с поочерёдным изменением мощности и тональности сигнала с помощью метода. В качестве площадки проведения эксперимента использовалась комната площадью 37 м². Ограждающие конструкции не обладали высокими звукопоглощающими свойствами. Дикторы зачитывали специаль-

ную артикуляционную таблицу в указанном помещении. Полученную в результате запись давали на прослушивание аудиторам, которые не находились в помещении во время проведения эксперимента, и записывали услышанное в протокол испытания.

Таблица 2

Артикуляционная таблица

але	бух	выр	сна	онса	ари	расо	няй
инчи	сить	сиф	аво	жей	чит	пам	зем
стро	паню	каф	ший	обла	иде	вра	жась
зым	лях	уне	нех	дись	алат	бла	вир

С помощью артикуляционной шкалы разборчивости речи (рис. 7) определялось, удалось ли выяснить содержание ведущегося в помещении разговора. Большое количество продиктованных слогов позволяет усреднить



Рис. 7. Шкала артикуляционной разборчивости речи

погрешность измерения, а использование звукоочетаний, не несущих никакой смысловой нагрузки, не даёт домыслить зашумлённую речь.

При описанном выше подходе при суммарном интегральном уровне белого шума 59 дБ словесная разборчивость составила 27% (при прослушивании записи можно сделать о самом факте наличия речи, но нельзя установить смысл слов и тематики разговора). Аналогичной словесной разборчивости удалось достичь при уровне “речеподобной” помехи 50 дБ, что свидетельствует об ее эффективности.

Для уточнения результатов, с помощью организации-лицензиата были проведены измерения и расчёт словесной разборчивости для каждой из разработанных помех. Измерения выполнялись с помощью программно-аппаратного комплекса «Спрут 7-М».



Рис. 8. Программно-аппаратный комплекс для проверки выполнения норм эффективности защиты речевой информации от её утечки по акустическому и виброакустическому каналам «Спрут 7-М»

Контрольная точка располагалась за дверью, в месте возможной установки закладных устройств. Дверной проём не был оборудован тамбуром, уплотнителем и резиновыми проставками. Звукоизоляция проема на частоте 1000 Гц составила 33 дБ.

Интегральный уровень тестового сигнала

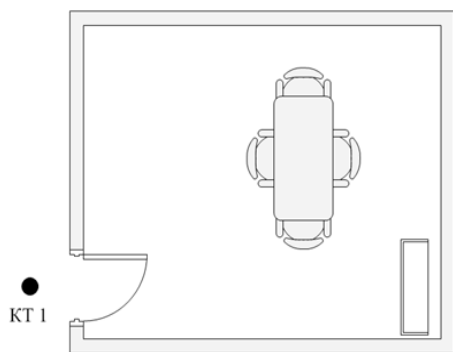


Рис. 9. Схема помещения

выбран организацией-лицензиатам равным типовой речи со средним уровнем громкости. В качестве генератора белого шума использовалась Соната – АВ.

Ниже представлена сравнительная таблица эффективности применения “речеподобных” шумовых помех по сравнению с белым шумом (табл. 3). При словесной разборчивости равной 10 % (при данном значении невозможно установить предмет ведущегося в помещении разговора даже при проведении операции шумоочистки) интегральный уровень помехи белый шум составил 69,49, тогда как “речеподобного” шума 58,75. Из рассмотренных шумовых помех наиболее эффективной оказалась комбинированная “речеподобная” помеха: поочередное изменение уровня и тональности сигнала. Белый шум оказался наиболее громким по сравнению с другими маскирующими шумовыми помехами. Из всех рассмотренных “речеподобных” помех, наименее оптимальной является шум, генерируемый путём произвольной генерации букв русского алфавита.

Таблица 3

Сравнительная таблица зависимости словесной разборчивости от интегрального уровня помехи

Вид помехи	W, %	Интегральный уровень помехи
“Речеподобная” помеха с поочерёдным изменением тональности сигнала	10	58,75
“Речеподобная” помеха, созданная путём произвольной генерации букв русского алфавита	10	63,17
“Речеподобная” ревербационная помеха	10	61,09
“Речеподобная” помеха, воспроизводимая с фильтром “Инверсия”	10	60,01
Белый шум (Соната-АВ)	10	69,49

Таким образом, было экспериментально доказано, что для достижения требуемого уровня словесной разборчивости интегральный уровень белого шума следует задать на 9 дБ больше по сравнению с “речеподобной” помехой. “Речеподобная помеха” сформированная путём микширования звуковых дорожек с переменным увеличением уровня и тональности сигнала является самой эффектив-

ной из рассмотренных нами помех. Стоит отметить, что современные САЗ позволяют редуцировать уровень шума в каждой октаве. Однако, даже в этой ситуации “речеподобная” САЗ при одинаковом значении словесной разборчивости будет обладать более высоки-

ми маскирующими свойствами и менее раздражающе воздействовать на нервную систему человека, по сравнению с белым шумом.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011.

Литература

1. Макаров Ю.К., Хорев А.А. Методы защиты речевой информации и оценки их эффективности // Защита информации. – Конфидент.: 2001. - № 4, 22-33 с.
2. Сапожков М.А. Акустика // Справочник. – М.: Радио и связь 1998. – 186-192 с.
3. Фучко М.М., Широких А.В., Захаров А.А., Несговоров Е.С., Оленников Е.А. Аудиовыход как скрытый канал утечки данных: технологии создания и методы защиты // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. – Челябинск: Изд. Центр ЮУрГУ, 2016. - № 3(21).

References

1. Fuchko MM, Shirokih AV, Zakharov AA, Nesgovorov ES, Olennikov EA Audio output as a hidden data leakage channel: creation technologies and security methods // Vestnik URFO. Security in the information sphere. - Chelyabinsk: Izd. Center SUSU, 2016. -№ 3 (21).
2. Sapozhkov M.A. Acoustics // Handbook. - M.: Radio and Communication 1998. - 186-192 p.
3. Makarov Yu.K., Khorev AA Methods of protection of speech information and evaluation of their effectiveness // Information protection. - Confidential: 2001. - No. 4, 22-33 с.

АСЯЕВ Григорий Дмитриевич, студент высшей школы электроники и компьютерных наук кафедры “Защита информации” Южно-Уральского Государственного Университета. Россия, 454080, г.Челябинск, проспект Ленина, д 76. E-mail: asyaev1996@mail.ru

ASYAEV Grigoriy, Higher School of Electronics and Computer student of the Department of Science “Information security” of the South Ural State University. Russia, 454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76. E-mail: asyaev1996@mail.ru

АНТЯСОВ Иван Сергеевич, руководитель, старший преподаватель кафедры “Защита информации научный ” Южно-Уральского Государственного Университета. Россия, 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, д 76. E-mail: antiasovis@susu.ru.

ASYAEV Grigoriy, Higher School of Electronics and Computer student of the Department of Science “Information security” of the South Ural State University. Russia, 454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76. E-mail: asyaev1996@mail.ru

ANTYASOV Ivan, research manager, senior teacher Department of Science “Information security” of the South Ural State University. Russia, 454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76. E-mail: antiasovis@susu.ru.