

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ/METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION PROTECTION, INFORMATION SECURITY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60>

МЕТОД СОЗДАНИЯ ЗАЩИЩЕННОЙ РЕЧЕПОДОБНОЙ ПОМЕХИ С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ГОЛОСА

Научная статья

Васильев Р.А.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-4978-2838;

¹ Московский технический университет связи и информатики, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (romangamma[at]mail.ru)

Аннотация

Рассматриваются особенности использования защищенной речеподобной помехи для защиты конфиденциальных переговоров. Предложен метод генерации речеподобной помехи с возможностью идентификации голоса диктора и применения его фонем для генерации речеподобной помехи, для защиты от возможного перехвата средствами разведки и шумоочистки с применением специализированного программного обеспечения. Описана программная реализация предложенного метода с применением «Информационной системы идентификации дикторов по голосу», модернизированной под задачи генерации речеподобной помехи с применением фонем идентифицированного по голосу диктора для защиты от возможного перехвата средствами разведки и шумоочистки.

Ключевые слова: речеподобная помеха, идентификация диктора по голосу, словесная разборчивость речи, цифровая шумоочистка.

A METHOD FOR GENERATING SECURE SPEECH-LIKE INTERFERENCE WITH VOICE IDENTIFICATION

Research article

Vasilev R.A.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-4978-2838;

¹ Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (romangamma[at]mail.ru)

Abstract

The features of using protected speech-like interference for protection of confidential negotiations are examined. The method of speech-like interference generation with the possibility of speaker's voice identification and application of its phonemes for generation of speech-like interference, for protection from possible interception by intelligence and noise cleaning means with application of specialized software is suggested. The software implementation of the proposed method is described with the use of "Information system of speaker identification by voice", modernized for the tasks of speech-like interference generation with the use of phonemes of the speaker identified by voice for protection from possible interception by intelligence and noise cleaning means.

Keywords: speech-like interference, speaker identification by voice, verbal speech intelligibility, digital noise detection.

Введение

Защита акустической информации, циркулирующей в защищаемом помещении входит в один из базисов мероприятий по информационной безопасности предприятия (организации, фирмы). Данные мероприятия реализуются с применением пассивных и активных методов защиты [1].

Пассивные методы защиты строятся на основе снижения вероятности получения информации или ее расшифровки из акустических источников с использования различного вида звукопоглощающих материалов, используемых во время проведения строительных работ, связанных с возведением или реконструкцией капитального строения.

Активные методы защиты акустической информации – это методы, которые включают использование специального оборудования или программного аппаратных комплексов, для предотвращения утечки акустической информации. Активные методы основаны на создании дополнительных помех, которые скрывают сигнал, несущий речевую информацию, в каналах, где может быть утечка. В качестве маскирующих сигналов широко используется «белый» или «розовый» шум с диапазоном частот от 100 до 10000 Гц [2].

В последнее время начали применяться и комбинированные сигналы, включающие один из упомянутых и так называемые речеподобные сигналы. Наилучшие результаты можно получить при использовании сигналов, близких по спектральному составу к охраняемым и имеющим структуру речевого сообщения [3], [4], [5], [6].

В данной статье предложен алгоритм формирования речеподобной помехи (далее – РП), представляющей собой случайную последовательность звуков речи с возможностью идентификации голоса диктора с применением метода обеляющего фильтра [7]. Алгоритм формирования речеподобной помехи реализован с использованием программного средства разработки MatLab в разработанной автором «Программе идентификации дикторов по голосу» (далее – ИС ИДГ) [8], модернизированной для решения задачи генерации речеподобной помехи диктора. Эффективность предлагаемой речеподобной помехи оценена экспериментально.

Теоретический анализ

Для защиты конфиденциальных переговоров часто применяют устройства активной защиты речевой информации, как правило, состоящие из генератора маскирующих сигналов и набора преобразователей электрических сигналов в акустические (например, электродинамических громкоговорителей) или преобразователей электрических сигналов в механические перемещения. В табл. 1 приведены характеристики наиболее распространенных средств защиты речевой информации от утечки по акустическим каналам.

Таблица 1 - Характеристики средств активной защиты речевой информации

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.1>

Наименование	Диапазон рабочих частот, Гц	Вид маскирующих сигналов	Число каналов	Производитель
«Прибой»	100-8000	«белый» шум	4	Беларусь
«Прибой-Р»	100-8000	«белый» шум + речеподобные сигналы	4	Беларусь
ANG-2000	250-5000	«белый» шум	1	США
WNG-023	100-12000	«белый» шум	1	Россия
«Шорох-2М»	100-12000	«белый» шум	1	Россия
«Порог-2М»	250-5000	«белый» шум	1	Россия
VNG - 006/ VNG - 012GL	400-5000	«белый» шум	5	Россия
«Барон»	90-11200	«белый» шум + речеподобные сигналы	4	Россия
СТБ231 «Бирюза»	90-11200	«белый» шум	3	Россия
ЛГШ-402	Нет данных	«белый» шум	2	Россия

Проведенные исследования показали, что наиболее эффективным является речеподобная помеха, формируемая из речевых сигналов [9].

Речеподобный сигнал – это звуковой сигнал, который имитирует речь и предназначается для передачи сообщения или информации между людьми или машинами. Речеподобные сигналы характеризуются сильной корреляцией с человеческой речью, содержат явные фонетические и интонационные признаки и имеют определенный формат данных. Речеподобная помеха – это синтезируемый по случайному закону акустический сигнал, который по своим основным характеристикам соответствует речевому сигналу, но не содержит смысловой информации.

На данный момент времени специалистами предлагается три типа формирования речеподобной помехи:

- в РП 1-го типа производится формирование из N-го количества речи дикторов открытого радиовещания при равномерном сложении этих звуковых дорожек;
- в РП 2-го типа производится формирование из 1-го основного речевого сигнала или используется микширование музыкальных фрагментов и речевых сигналов дикторов радиовещания с определенным шумом;
- в РП 3-го производится формирование из скрываемого речевого сигнала при большом количестве наложений данного же речевого сигнала различного уровня.

В монографии «Расчет и измерение разборчивости речи» (1962) Н. Б. Покровского была описана теория разборчивости речи, а также представлен сравнительный анализ различных способов оценки качества передачи сигнала. Основным показателем эффективности защиты речевого сигнала является словесная разборчивость речи W_c .

Словесная разборчивость W_c показывает насколько понятна для оператора технических систем перехвата информации, очищенный речевой сигнал от систем защиты акустической информации. Для расчёта словесной разборчивости W_c выполняют следующие описанные ниже операции.

Спектр речи разбивают на N -ое количество октавных полос, в частных случаях произвольных, чаще всего используют среднегеометрические частоты в диапазоне от 250 Гц до 4000 Гц.

Для каждой частотной полосы определяется A_i , показывающий энергетическую избыточность дискретной составляющей речевого сигнала. Под избыточностью принято принимать наличие в речи неформатных составляющих (основной тон и т.д., зависящие от индивидуальных показателей диктора), так же рассчитывается весовой коэффициент k_i (k_i – показывает наличие форманты речи в частотной полосе).

Производится расчёт q_i для N -ой октавной полосы, q_i есть не что иное, как «уровень речевого сигнала к уровню шума». Используя q_i возможно посчитать коэффициент восприятия слухового аппарата человека r_i – это предположительное количество формантных речи, которые имеют показатель выше предельного значения восприятия. Далее рассчитывается спектральный индекс разборчивости речи R_i и интегральный индекс артикуляции речи R . После

расчёта основных показателей для определения словесной разборчивость речи Wc , полученный индекс артикуляции речи» подставляется в формулу расчёта Wc [10].

Исследования показывают, что при Wc менее:

- «50% – 70%» – невозможно полностью восстановить информационную составляющую разговора;
- «20% – 40%» – невозможно установить тему разговора;
- «20%» – факт ведения разговор становится под вопросом.

Главная идея предложенного в статье алгоритма формирования РП с возможностью идентификации голоса диктора заключается не только в снижении коэффициента словесной разборчивости Wc , используемого для расчёта выполнения норм по противодействию речевой разведки при проведении конфиденциальных переговоров, но и значительное затруднение проведения цифровой шумоочистки (использование специального программного обеспечения может существенно понизить уровень шума и увеличить разборчивость речи на фоне шумов) перехваченного речевого сигнала, так как для генерации помехового сигнала используется не «белый шум», а РП с фонемами говорящего на совещании диктора.

Программа экспериментальных исследований

Для экспериментальных исследований была использована ранее разработанная и проверенная ИС ИДГ [11], [12], [13], модернизированная к задачам генерации РП диктора, посредством доработки модуля идентификации диктора по голосу, реализованный в ИС ИДГ алгоритм генерации речеподобных помех с идентификацией диктора по голосу изображен на рис. 1. Интерфейс ИС ИДГ с функцией автоматического режима работы с записью голоса, идентификацией и генерацией РП с использованием фонем идентифицированного диктора, представлен на рис. 2.

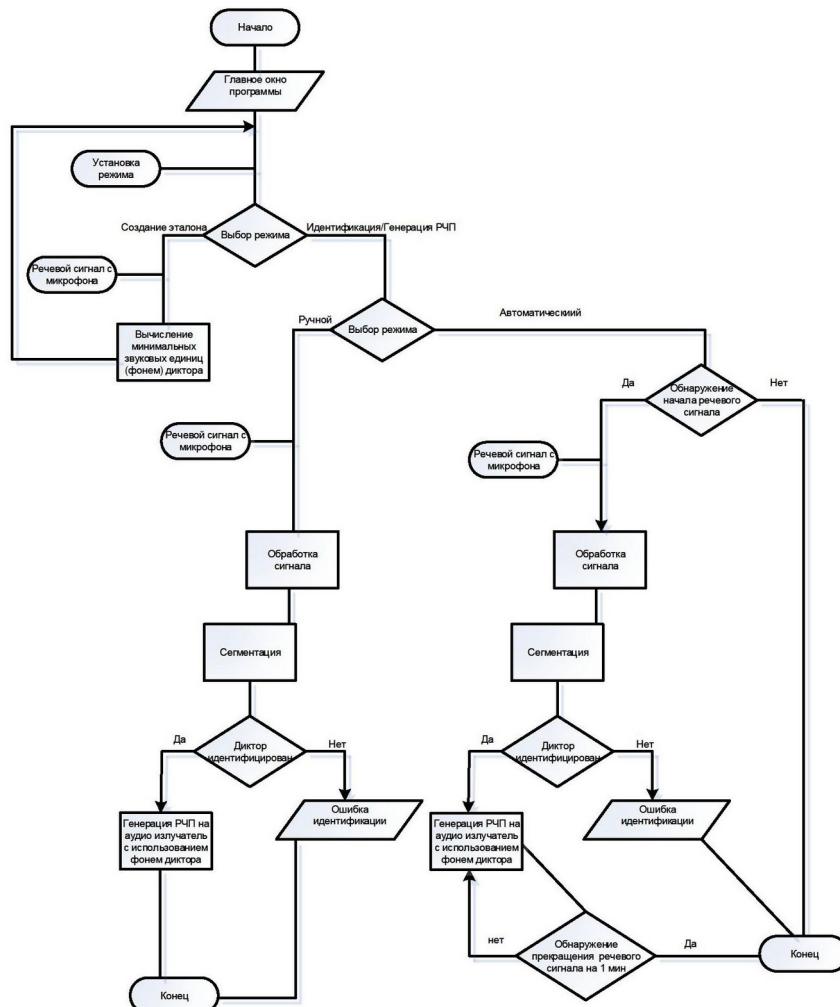


Рисунок 1 - Алгоритм генерации речеподобных помех с идентификацией диктора по голосу

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.2>

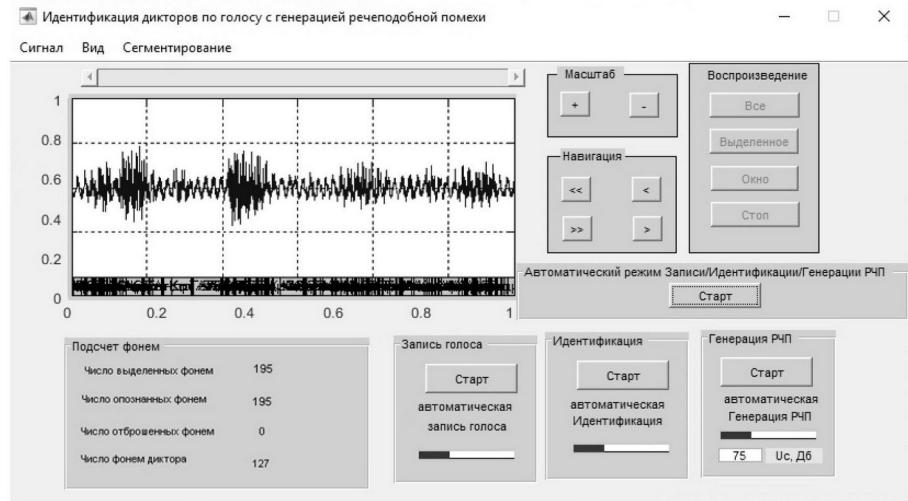


Рисунок 2 - Интерфейс ИС ИДГ с функцией автоматического режима работы с записью голоса, идентификацией и генерацией РП

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.3>

Экспериментальные исследования, состоящие из четырех этапов, представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Этапы экспериментальных исследований

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.4>

Номер эксперимента	Цель эксперимента	Результаты эксперимента
1	Создание базы фонем диктора и проведение процедуры идентификации по голосу	Записаны голоса 10 дикторов, произведен анализ и сегментация фонем, произведена успешная идентификация конкретного диктора во время проведения конфиденциальных переговоров из общей базы фонем
2	Генерация РП диктора	Выполнена успешная генерация РП, с использованием фонем ранее идентифицированного диктора, на аудио излучатель с заданным уровнем сигнала
3	Измерение акустического сигнала и расчет коэффициента словесной разборчивости W_c в различных условиях	Выполнено измерение акустического сигнала и расчёт коэффициента словесной разборчивости W_c : - без применения средств виброакустической защиты (СВАЗ) – норма W_c не выполнилась; - с применением СВАЗ, генерирующей помеху «белый шум» – норма W_c выполнилась; - с применением разработанного алгоритма генерации РП, реализованного в модернизированном программном обеспечении ИС ИДГ – норма W_c выполнилась

Номер эксперимента	Цель эксперимента	Результаты эксперимента
4	Очистка речевого сигнала от помехи	Выполнена цифровая шумоочистка записанного аудио сигнала, модулированного «белым шумом» и РП диктора – при применении «белого шума» успешно выполнена очистка сигнала и содержание разговора перехвачено; с применением РП диктора – очистка не дала результата, содержание конфиденциального речевого сигнала не перехвачено

Для проведения экспериментальных исследований применяется персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ), функционирующая на базе операционной системы Windows 7/10, подключенный к ПЭВМ микрофон и аудио излучатель.

В первом эксперименте, при создании фонетической базы, были записаны голоса 10 дикторов, в ИС ИДГ был произведен анализ и сегментация фонем, каждая фонема была названа в соответствии с первой буквой в имени диктора, например, одна из реализаций фонемы «Ы» пользователя «Васильев Роман» названа «Ы3-Р», и соответственно фонема «А» диктора «Николаева Надежда» – «А1-Н». На рис.3 изображен принцип занесения фонем в голосовую базу ИС ИДГ.

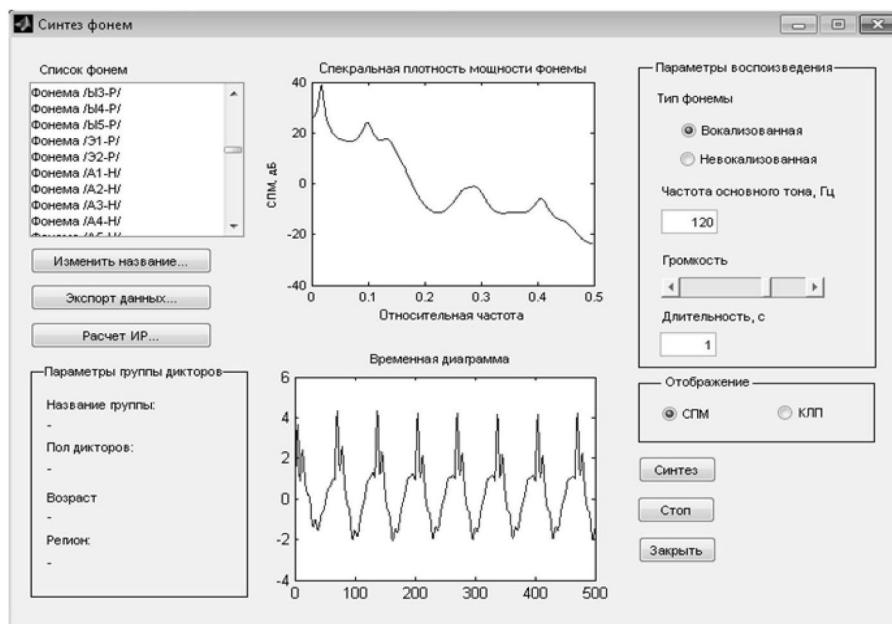


Рисунок 3 - Принцип занесения фонем в голосовую базу ИС ИДГ.
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.5>

Далее, после создания фонетической базы дикторов, в режиме реального времени выполняется запись голоса диктора и его последующая сегментация для определения принадлежности фонем и идентификации. На рис. 4 показано, что в произнесенной фразе определено 127 фонем, принадлежащих конкретному диктору, что составляет более 60% от общего количества фонем (195) данного диктора, записанного в базу данных, что позволяет нам идентифицировать диктора «Васильев Роман»

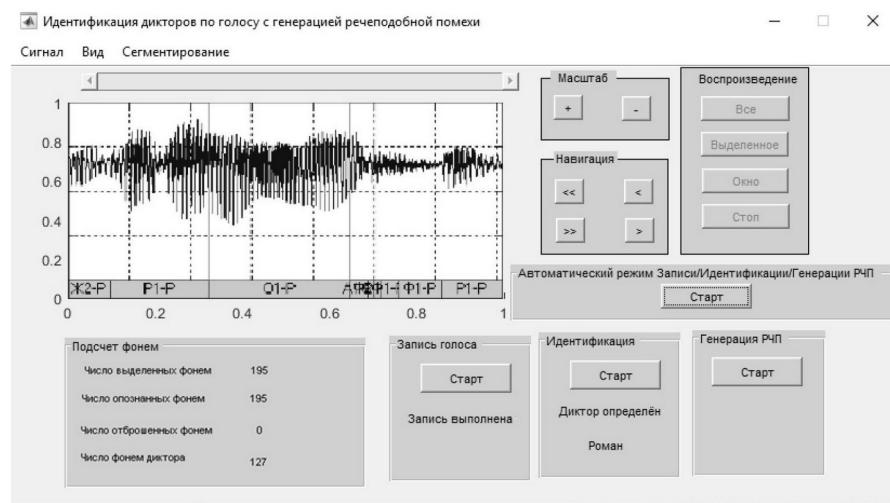


Рисунок 4 - Успешная идентификация диктора «Васильев Роман»

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.6>

Во втором эксперименте выполнена генерация РП, с подачей на аудио излучатель в хаотичном порядке всех 195 выделенных фонем, записанных в голосовой базе, ранее идентифицированного диктора, при заданном уровне акустического сигнала в 75 Дб (Рис. 5). При необходимости генерации РП другого диктора выполняется новая запись голоса с последующей процедурой идентификации диктора и генерации РП с фонемами нового диктора.

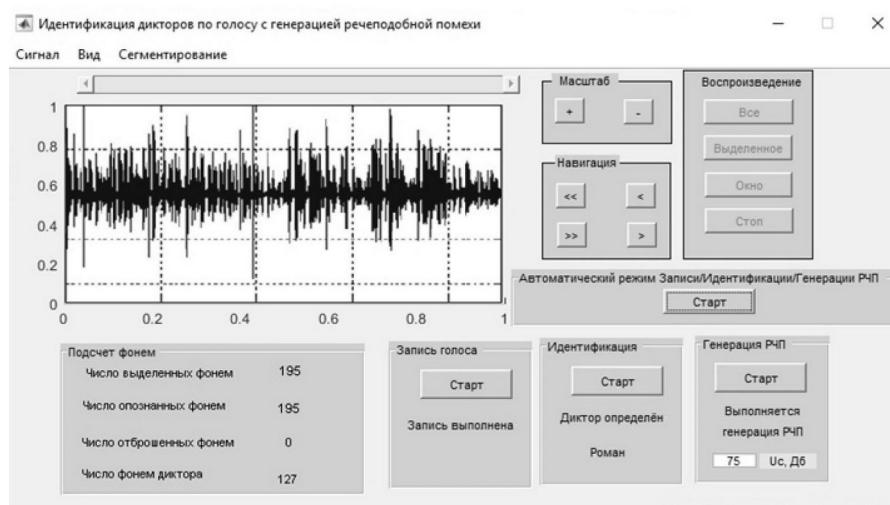


Рисунок 5 - Генерация РП фонем ранее идентифицированного диктора

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.7>

Так же предусмотрен автоматический режим работы ИС ИДГ (рис. 2), при котором ИС ИДГ должна иметь взаимодействие с микрофоном, в который говорит диктор, и при начале доклада произносится тестовая фраза, к примеру «Приветствуя коллеги, готов начать свой доклад». После чего делается пауза в несколько секунд, чтобы ИС ИДГ провела в автоматическом режиме обработку записанной тестовой фразы диктора, затем идентификацию диктора по голосу, далее начинается генерация РП на аудио излучатель с фонемами диктора, после чего диктор может начать конфиденциальный разговор. После окончания доклада, диктор делает минутную паузу, при этом ИС ИДГ обнаруживает, что в микрофон не подаются речевые сигналы, перестает генерировать РП и переходит в режим обнаружения голоса нового диктора для последующего повторения алгоритма (рис. 1).

В третьем эксперименте, с применением системы оценки защищенности помещений по виброакустическому каналу «ШЕПОТ» (Рис. 6), выполнено измерение акустического речевого сигнала, поданного на звуковую колонку с ПЭВМ, и расчёт коэффициента словесной разборчивости W_c [14]. При измерениях оценивалась вероятность перехвата речевой информации за счёт непреднамеренного прослушивания за дверным проёмом, расчёт W_c производился в трех режимах:

- без применения средств активной защиты речевой информации (САЗ);
- с применением акустического излучателя САЗ «Шорох-2М», генерирующего помеху «белый шум»;
- с применением разработанного алгоритма генерации РП, реализованного в модернизированном программном обеспечении ИС ИДГ, установленного на ПЭВМ с подключенным микрофоном и акустическим излучателем.

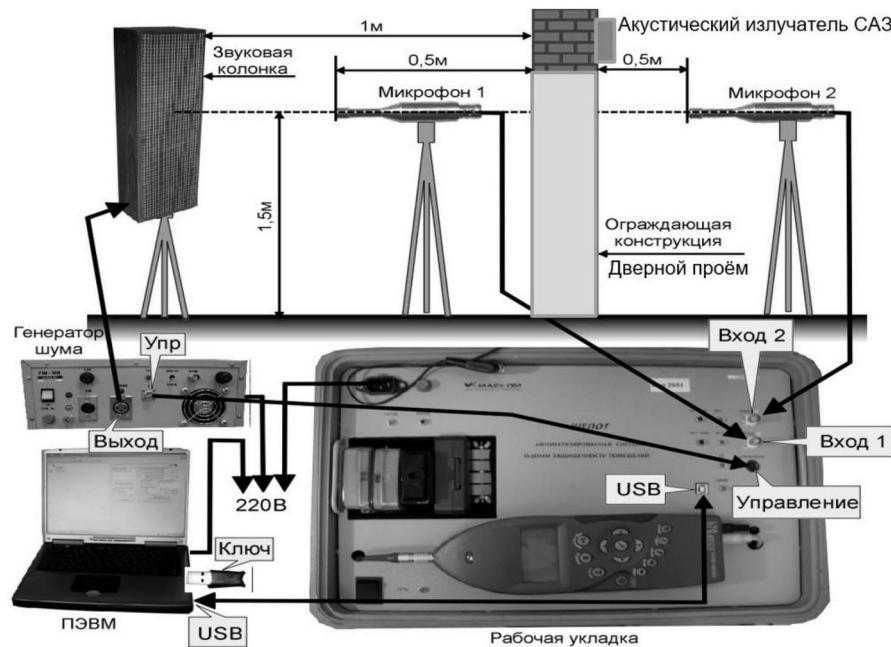


Рисунок 6 - Стенд для оценки защищённости речевой информации от утечки по акустическому каналу
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.8>

Проведено измерение акустического сигнала в контрольной точке «дверной проём» без применения САЗ (Табл. 3)

Таблица 3 - Измерение акустического сигнала без применения САЗ

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.9>

№ октавной полосы	Уровень звукового давления тестового сигнала L_t , дБ	Уровень акустического шума $L_{ш}$, дБ	Уровень акустического сигнала и акустического шума $L_{с+ш}$, дБ	Уровень акустического сигнала L_c , дБ	Отношение «сигнал/шум» E_i , дБ	Соответствие нормированным отношениям «сигнал/шум»
1	88,30	40,70	75,90	75,90	12,90	Не вып.
2	89,40	40,30	75,10	75,10	11,40	Не вып.
3	88,60	42,90	76,00	76,00	5,50	Не вып.
4	87,40	35,70	70,80	70,80	3,70	Не вып.
5	86,50	39,40	74,90	74,90	2,00	Не вып.

Отношение сигнал/шум не выполняется во всех октавных полосах. Произведен расчет словесной разборчивости речи W_c , норма не выполнилась (Табл. 4).

Таблица 4 - Расчет словесной разборчивости речи W_c без применения САЗ

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.10>

№ октавной полосы	Значение октавного индекса артикуляции r_i	Значение интегрального индекса артикуляции R	Значение показателя противодействия W_c	Выполнение нормы противодействия
1	0,0102	0,3711	0,961	Не вып.
2	0,0501			
3	0,0777			
4	0,1280			

№ октавной полосы	Значение октавного индекса артикуляции g_i	Значение интегрального индекса артикуляции R	Значение показателя противодействия W_c	Выполнение нормы противодействия
5	0,1051			

Проведено измерение акустического сигнала в контрольной точке «дверной проём» с применением САЗ (Табл. 5)

Таблица 5 - Измерение акустического сигнала с применением САЗ

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.11>

№ октавной полосы	Уровень звукового давления тестового сигнала L_t , дБ	Уровень акустического шума и САЗ L_{sh} , дБ	Уровень акустического сигнала и акустического шума L_{c+sh} , дБ	Уровень акустического сигнала L_c , дБ	Отношение «сигнал/шум» E_i , дБ	Соответствие нормированным отношениям «сигнал/шум»
1	89,40	55,90	76,20	76,20	-3,10	Вып.
2	90,50	55,00	75,40	75,40	-4,10	Не вып.
3	89,70	54,90	76,30	76,30	-7,30	Не вып.
4	88,50	55,80	71,10	71,10	-17,20	Вып.
5	87,60	57,40	75,20	75,20	-16,80	Вып

Отношение сигнал/шум не выполняется в двух октавных полосах. Произведен расчет словесной разборчивости речи W_c , норма выполнилась (Табл. 6).

Таблица 6 - Расчет словесной разборчивости речи W_c с применением САЗDOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.12>

№ октавной полосы	Значение октавного индекса артикуляции g_i	Значение интегрального индекса артикуляции R	Значение показателя противодействия W_c	Выполнение нормы противодействия
1	0,0012	0,0459	0,283	Вып.
2	0,0084			
3	0,0184			
4	0,0084			
5	0,0095			

Проведено измерение акустического сигнала в контрольной точке «дверной проём» с применением разработанного алгоритма генерации РП (Табл. 7)

Таблица 7 - Измерение акустического сигнала с применением РП

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.13>

№ октавной полосы	Уровень звукового давления тестового сигнала L_t , дБ	Уровень акустического шума и РП L_{sh} , дБ	Уровень акустического сигнала и акустического шума L_{c+sh} , дБ	Уровень акустического сигнала L_c , дБ	Отношение «сигнал/шум» E_i , дБ	Соответствие нормированным отношениям «сигнал/шум»
1	88,30	63,10	75,90	75,90	-9,50	Вып.
2	89,40	62,20	75,10	75,10	-10,50	Вып.

№ октавной полосы	Уровень звукового давления тестового сигнала Lt, дБ	Уровень акустичес- кого шума и РП Lш, дБ	Уровень акустичес- кого сигнала и акустичес- кого шума Lc+ш, дБ	Уровень акустичес- кого сигнала Lc, дБ	Отношение «сигнал/шу- м» Ei, дБ	Соответств- ие нормирова- нным отношени- ям «сигнал/шу- м»
3	88,60	62,10	76,00	76,00	-13,70	Вып.
4	87,40	63,00	70,80	69,80	-24,60	Вып.
5	86,50	64,60	74,90	74,90	-23,20	Вып.

Отношение сигнал/шум выполняется во всех октавных полосах. Произведен расчет словесной разборчивости речи W_c , норма выполнилась (Табл. 8).

Таблица 8 - Расчет словесной разборчивости речи W_c с применением РПDOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.14>

№ октавной полосы	Значение октавного индекса артикуляции r_i	Значение интегрального индекса артикуляции R	Значение показателя противодействия W_c	Выполнение нормы противодействия
1	0,0003	0,0131	0,070	Вып.
2	0,0026			
3	0,0062			
4	0,0016			
5	0,0024			

По результатам третьего эксперимента можно сделать вывод, что эффективность разработанного алгоритма генерации РП не только не уступает методам генерации помехи «белый шум», но и выдаёт более высокие показатели при расчёте показателя противодействия словесной разборчивости речи W_c .

В четвертом эксперименте, с применением программного обеспечения «Audacity», выполнена цифровая шумоочистка записанного аудио сигнала, модулированного «белым шумом» (Рис. 7), где верхняя строка – модулированный «белым шумом» речевой сигнал, а нижняя строка – очищенный речевой сигнал, и шумоочистка аудио сигнала, модулированного РП диктора (Рис. 8), где верхняя строка модулированный РП речевой сигнал, нижняя строка – очищенный речевой сигнал.

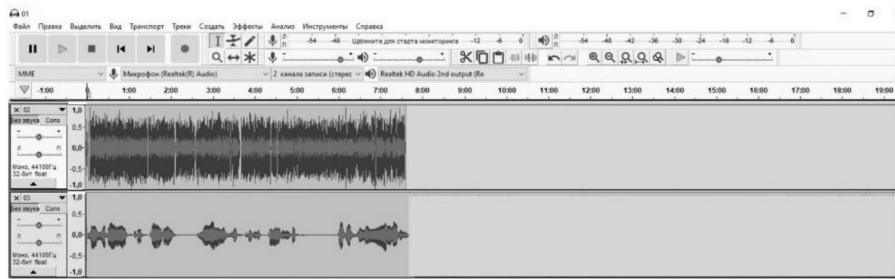


Рисунок 7 - Цифровая шумоочистка аудио сигнала, модулированного «белым шумом»

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.15>

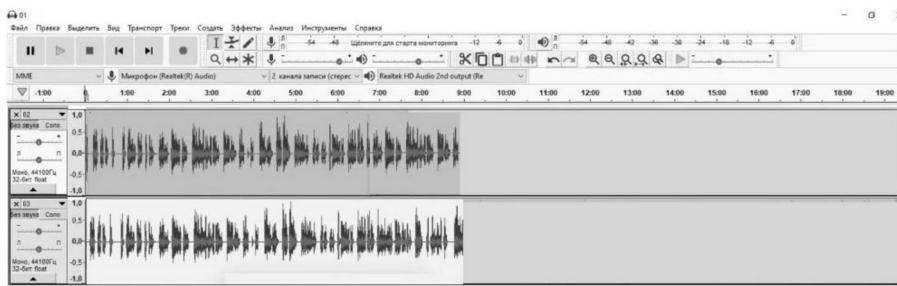


Рисунок 8 - Цифровая шумоочистка аудио сигнала, модулированного РП диктора

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.16>

По результатам четвертого эксперимента можно сделать вывод, что при применении «белого шума» возможно выполнение очистки сигнала и перехват содержания разговора. Цифровая шумоочистка аудио сигнала, модулированного РП диктора, не дала результата, содержание конфиденциального разговора не перехвачено.

Заключение

В настоящей статье предложен метод формирования речеподобной помехи, представляющей собой случайную последовательность звуков речи идентифицированного ранее диктора. Эффективность предлагаемой речеподобной помехи оценена экспериментально, показаны преимущества разработанного алгоритма генерации РП с идентификацией голоса диктора, по сравнению с другими методами формирования помех акустического сигнала [15].

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Белашова Е.С., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.17>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Belashova E.S., Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – КАИ, Kazan Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.147.60.17>

Список литературы / References

- Хорев А.А. Способы защиты выделенных помещений от утечки речевой (акустической) информации по техническим каналам: системы вибраакустической защиты / А.А. Хорев // Специальная техника. — М., 2013. — № 4. — С. 31–63.
- Хорев А.А. Системы вибраакустической маскировки / А.А. Хорев // Специальная техника. — 2003. — №6. — С. 28–33
- Дворянкин С.В. Системное моделирование речеподобных сигналов и его применение в сфере безопасности, связи и управления / С.В. Дворянкин, С.В. Уленгов, Р.А. Устинов [и др.] // Безопасность информационных технологий. — 2019. — Т. 26. — № 4. — С. 101–119.
- Авдеев В.Б. Унифицированная речеподобная помеха для средств активной защиты речевой информации / В.Б. Авдеев, В.А. Трушин, М.А. Кунгурев // Тр. СПИИРАН. — 2020. — Вып. 19. — Т. 5. — С. 991–1017.
- Хорев А.А. Способ и алгоритм формирования речеподобной помехи / А.А. Хорев, Н.В. Царев // Вестник ВГУ. Системный анализ и информационные технологии. — 2017. — № 1. — С. 57–67
- Воробьев В.И. Синтез речеподобных сигналов / В.И. Воробьев, А.Г. Давыдов // Акустический журнал. — 2002. — № 5. — Т. 48. — С. 701–704.
- Савченко В. В. Информационная теория восприятия речи / В.В. Савченко // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. — 2007. — Вып. 6. — С. 3–9
- Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ №2015663306 Программа идентификации дикторов по голосу / Васильев Р.А. — Зарег. 15.12.2015г. — М.: Роспатент, 2015.
- Хорев А.А. Безопасность информационных технологий / А.А. Хорев. — 2008. — URL: http://www.security.ukrnet.net/d-book-2/ch_10.pdf (дата доступа: 28.04.2023)
- Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи / Н.Б. Покровский // Гос. изд-во лит. по вопросам связи и радио. — Москва, 1962. — 391 с.
- Васильев Р.А. Адаптация метода биометрической идентификации по голосу к тихому произнесению парольных фраз для противодействия утечки речевой информации по акустическим каналам / Р.А. Васильев, Л.Ю. Ротков // Труды 25 Научной конференции по радиофизике. — 2021. — С. 517–524.
- Васильев Р.А. Исследование фонетического строя речи и идентификация дикторов по голосу / Р.А. Васильев // Безопасность информационных технологий. — 2013. — Т. 20. — № 1. — С. 85–86.
- Васильев Р.А. Исследование особенностей фонетического строя речи и текстонезависимая идентификация дикторов по непрерывной речи / Р.А. Васильев // Информационная безопасность регионов. — 2012. — № 2 (11). — С. 57–63.

14. Васильев Р.А. Оценка защищенности речевой информации от утечки по акустическим и виброакустическим каналам с помощью программно-аппаратного комплекса «Шёпот» / Р.А. Васильев, Л.Ю. Ротков. — ННГУ, 2020. — 57 с.
15. Асяев Г.Д. Оценка эффективности применения шумовых «речеподобных» помех для защиты акустической информации / Г.Д. Асяев, И.С. Антасов // Вестник УрФО — 2018. — № 2(28). — С. 19–24.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Khorev A.A. Sposoby zashchity vydelenyyh pomeshchenij ot utechki rechevoj (akusticheskoy) informacii po tekhnicheskim kanalam: sistemy vibroakusticheskoy zashchity [Methods of protecting designated premises from leakage of speech (acoustic) information through technical channels: vibroacoustic protection systems] / A.A. Khorev // Special'naya tekhnika [Special equipment]. — M., 2013. — № 4 — P. 31–63. [in Russian]
2. Khorev A.A. Sistemy vibroakusticheskoy maskirovki [Vibroacoustic masking systems] / A.A. Khorev // Special'naya tekhnika [Special technology]. — 2003. — № 6. — P. 28–33 [in Russian]
3. Dvoryankin S.V. Sistemnoe modelirovanie rechepodobnyh signalov i ego primenenie v sfere bezopasnosti, svyazi i upravleniya [System modeling of speech-like signals and its application in the field of security, communications and management] / S.V. Dvoryankin, S.V. Ulengov, R.A. Ustinov [et al.] // Bezopasnost' informacionnyh tekhnologij [Security of information technologies]. — 2019. — Vol. 26. — № 4. — P. 101–119. [in Russian]
4. Avdeev V.B. Unificirovannaya rechepodobnaya pomekha dlya sredstv aktivnoj zashchity rechevoj informacii [Unified speech-like interference for means of active protection of speech information] / V.B. Avdeev, V.A. Trushin, M.A. Kungurov // Tr. SPIIRAN [Proc. SPIIRAN]. — 2020. — Iss. 19. — Vol. 5. — P. 991–1017. [in Russian]
5. Khorev A.A. Sposob i algoritm formirovaniya rechepodobnoj pomekhi [Method and algorithm for generating speech-like interference] / A.A. Khorev, N.V. Carev // Vestnik VGU. Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii [Bulletin of VSU. System analysis and information technologies]. — 2017. — № 1. — P. 57–67 [in Russian]
6. Vorobyov V.I. Sintez rechepodobnyh signalov [Synthesis of speech-like signals] / V.I. Vorob'ev, A.G. Davydov // Akusticheskij zhurnal [Acoustic Journal]. 2002. — № 5. — Vol. 48. — P. 701–704. [in Russian]
7. Savchenko V.V. Informacionnaya teoriya vospriyatiya rechi [Information theory of speech perception] / V.V. Savchenko // Izv. vuzov Rossii. Radioelektronika [Proc. of universities in Russia. Radioelectronics]. — 2007. — Vol. 6. — P. 3–9 [in Russian]
8. Svid. o gos. registracii programmy dlya EVM №2015663306 Programma identifikacii diktatorov po golosu [Sert. about the state registration of computer program No. 2015663306 Program for identifying speakers by voice] / Vasiliev R.A. — Registered 12/15/2015. — M.: Rospatent, 2015. [in Russian]
9. Khorev A.A. ezopasnost' informacionnyh tekhnologij [Security of information technologies] / A.A. Khorev. — 2008. — URL: http://www.security.ukrnet.net/d-book-2/ch_10.pdf (accessed: 04.28.2023) [in Russian]
10. Pokrovsky N.B. Raschet i izmerenie razborchivosti rechi [Calculation and measurement of speech intelligibility] / N.B. Pokrovskij // Gos. izd-vo lit. po voprosam svjazi i radio [State. publishing house lit. on Communications and Radio]. — Moscow, 1962. — 391 p. [in Russian]
11. Vasiliev R.A. Adaptaciya metoda biometricheskoy identifikacii po golosu k tihomu proizneseniyu parol'nyh fraz dlya protivodejstviya utechki rechevoj informacii po akusticheskim kanalam [Adaptation of the method of biometric identification by voice to the quiet pronunciation of password phrases to counteract the leakage of speech information through acoustic channels] / R.A. Vasil'ev, L.YU. Rotkov // Trudy 25 Nauchnoj konferencii po radiofizike [Proceedings of the 25 Scientific Conference on Radiophysics]. — 2021. — P. 517–524. [in Russian]
12. Vasiliev R.A. Issledovanie foneticheskogo stroya rechi i identifikaciya diktatorov po golosu [Study of the phonetic structure of speech and identification of speakers by voice] / R.A. Vasil'ev // Bezopasnost' informacionnyh tekhnologij [Security of information technologies]. — 2013. — Vol. 20. — № 1. — P. 85–86. [in Russian]
13. Vasiliev R.A. Issledovanie osobennostej foneticheskogo stroya rechi i tekstonezavisimaya identifikaciya diktatorov po nepreryvnoj rechi [Study of the features of the phonetic structure of speech and text-independent identification of speakers using continuous speech] / R.A. Vasil'ev // Informacionnaya bezopasnost' regionov [Information security of regions]. — 2012. — № 2 (11). — P. 57–63. [in Russian]
14. Vasiliev R.A. Ocenka zashchishchennosti rechevoj informacii ot utechki po akusticheskim i vibroakusticheskim kanalam s pomoshch'yu programmno-apparatnogo kompleksa «SHyopt» [Assessing the security of speech information from leakage through acoustic and vibroacoustic channels using the “Whisper” software and hardware complex] / R.A. Vasil'ev, L.Yu. Rotkov. — Nizhny Novgorod State University, 2020. — 57 p. [in Russian]
15. Asyaev G.D. Ocenka effektivnosti primeneniya shumovyh «rechepodobnyh» pomekh dlya zashchity akusticheskoy informacii [Assessing the effectiveness of using noise “speech-like” interference to protect acoustic information] / G.D. Asyaev, I.S. Antyasov // Vestnik UrFO [Bulletin of the Urals Federal District]. — 2018. — № 2(28). — P. 19–24. [in Russian]