

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



ВОЛЧИХИНА МАРИЯ ВЛАДИМИРОВНА

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ
КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО
АКУСТОВИБРАЦИОННОМУ КАНАЛУ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОЙ
РЕЧЕПОДОБНОЙ ПОМЕХИ**

Специальность 2.3.6 «Методы и системы защиты информации,
информационная безопасность»

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:
доктор технических наук, профессор
Алексеев Владимир Витальевич

Тамбов – 2025

Оглавление

Введение.....	4
ГЛАВА 1. Анализ современного состояния задач защиты конфиденциальной информации от утечки по техническим каналам.....	16
1.1 Анализ технических каналов утечки конфиденциальной информации в защищаемых помещениях и условий распространения речевой информации .	16
1.2 Анализ существующих средств защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу	24
1.3 Анализ способов формирования помеховых сигналов, применяемых при организации активной защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу	31
1.4 Онтологический анализ соответствия темы диссертации паспорту специальности научных работников.....	38
1.5 Выводы по главе и постановка задачи на исследование	42
ГЛАВА 2. Модель адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации	45
2.1 Модель акустического канала утечки речевой информации	45
2.2. Анализ методов адаптации, применяемых в средствах защиты конфиденциальной речевой информации	52
2.3. Модель адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации	60
2.4. Выводы по главе	66
ГЛАВА 3. Алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации	68
3.1. Построение алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации	68
3.2. Исследование алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации	72

3.3. Анализ требований нормативно-правовых актов по уровню шума в офисных помещениях.....	81
3.4. Выводы по главе.....	87
ГЛАВА 4. Оценка эффективности применения модели и алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи в средствах защиты информации	90
4.1. Описание прототипа аппаратно-программного комплекса защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу	90
4.2. Постановка задачи на эксперимент.....	101
4.3. Методика проведения эксперимента	104
4.4. Оценка эффективности применения разработанных модели и алгоритма	108
4.5. Выводы по главе	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	118
Список литературы	121
ПРИЛОЖЕНИЕ А Результаты проведения эксперимента	135
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Акты о внедрении результатов.....	145
ПРИЛОЖЕНИЕ В Документы, подтверждающие апробацию результатов исследования.....	151
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Терминологический анализ предметной области	152

Введение

Актуальность темы исследования. Утечка конфиденциальной речевой информации по техническим каналам на объектах информатизации остается весьма актуальной в течение многих десятилетий, особенно в современных условиях деятельности как государственных, так и частных предприятий, учреждений и организаций. Это обусловлено тем, что помещения, в которых они ведут свою деятельность, располагаются компактно в офисных зданиях, зачастую имеют общие границы (стены, пол, потолок). В условиях городской застройки, здания расположены близко друг к другу, что существенно ограничивает пространство, в котором исключено неконтролируемое пребывание сотрудников и посетителей, посторонних транспортных, технических и иных материальных средств, т.е. контролируемая зона крайне ограничена. Это повышает возможности перехвата акустической (речевой) информации. При этом офисные помещения не всегда в полной мере обеспечены средствами пассивной защиты, а существующие методики применения активных средств защиты речевой информации (СЗИ) ограничивают их область применения, в которую, как правило, не попадают офисные помещения. Необходимо отметить особенности речевого сигнала, обуславливающие необходимость разработки новых моделей, алгоритмов и технических решений, направленных на создание адаптивной речеподобной помехи (РПП). Речевой сигнал – это сложный акустический сигнал, в котором много составляющих, используемых, в том числе, и для решения задач идентификации человека, т.е. параметры речевого сигнала, такие, например, как тембр и амплитуда уникальны для каждого говорящего. С учетом информационной избыточности речевого сигнала, у злоумышленника существует возможность адаптироваться к этому сигналу и его распознать даже при работе СЗИ. Это относится не только к СЗИ, использующим различные шумовые помехи, но и к СЗИ, использующим РПП, сформированную из заранее полученной записи голосов (например: «Барон», «Эхо», «Шаман»).

Многочисленные исследования, направленные на противодействие таким

утечкам, показали, что весьма эффективным способом защиты в этом случае является применение РПП. Вместе с тем в существующих СЗИ («Барон», «Эхо», «Шаман») формирование указанной помехи основано на заблаговременной записи и воспроизведении речи человека, который может быть и субъектом переговоров, речь которого должна скрываться речеподобной помехой. Однако на практике, во-первых, количество субъектов и язык ведения переговоров может меняться и не для каждого из участников переговоров имеется соответствующая запись для формирования РПП. Во-вторых, формируемая таким образом помеха не является адаптивной к параметрам (амплитуде и тембру) речевого сигнала и в случае изменения количества субъектов переговоров оказывается недостаточно эффективной, что создает возможность при соответствующей обработке смеси акустического сигнала и помехи выделять речевой сигнал, содержащий конфиденциальную информацию. Кроме того, указанная смесь сигналов может перехватываться не только акустическими, но и вибрационными устройствами съема речевой информации. В этом случае актуальна задача подавления обоих типов устройств, которая применительно к использованию РПП, формируемой из сигналов речи субъектов переговоров, то есть адаптивной РПП, до сих пор не рассматривалась.

Следует отметить, что эффект воздействия РПП как на акустические датчики (микрофоны), так и на вибродатчики может быть достигнут созданием только акустической помехи. Однако математические модели, позволяющие оценить указанный эффект, сегодня отсутствуют.

Весьма существенным обстоятельством, ограничивающим применение активных средств защиты речевой информации в офисных помещениях, сегодня является необходимость соответствия интегрального уровня помехового сигнала требованиям условий труда по уровню создаваемого шума. До сих пор такие ограничения разработчиками активных средств защиты речевой информации практически игнорировались.

Все это обусловило отсутствие сегодня средств защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному

каналу, в которых адаптивно меняется уровень и структура частотного спектра генерируемой адаптивной РПП в зависимости от изменения параметров речевых сигналов субъектов переговоров, их передвижения в офисном помещении и появления пауз в ходе переговоров.

С учетом изложенного тема исследования, направленного на разработку моделей, алгоритмов, аппаратно-программных средств защиты конфиденциальной речевой информации в офисных помещениях от утечек по акустовибрационному каналу на основе применения адаптивной РПП, является актуальной.

Степень разработанности темы исследования. Информация об исследованиях, связанных с формированием помехового сигнала, параметры которого адаптируются к параметрам речи субъектов переговоров (учет изменений тембра и уровня сигнала), в литературе практически отсутствует. Тем не менее, анализ предметной области показал, что в ряде научных работ (Авдеев В.Б., Голубинский А.Н., Трушин В.А., Хорев А.А. и др.), посвященных защите речевой информации от утечек по техническим каналам, рассматривались в основном способы защиты, основанные на применении шумовой помехи («белого» или «цветного» шума), шумовой речеподобной помехи – шума с огибающей амплитудного спектра, подобной речевому сигналу, помехи, формируемой путем смешения фрагментов речи нескольких субъектов переговоров («речевой хор») и т.п., а также средства постановки таких помех. Кроме того, в ряде трудов представлены математические модели указанных помеховых сигналов, предложены алгоритмы оценки эффективности их применения. Так, в работах Дворянкина С.В. и Макарова Ю.К. [26, 32, 113] предложены критерии эффективности защиты информации от утечек по техническим каналам, Хоревым А.А. [21, 28, 53, 62, 81] – способ и алгоритм формирования РПП. В работе Авдеева В.Б. и Трушина В.А. [100] рассмотрена унифицированная РПП для средств активной защиты речевой информации, кроме того, Авдеевым В.Б. рассмотрены некоторые направления совершенствования методических подходов, применяемых при оценке эффективности технической защиты информации, Голубинским А.Н. [39, 58,

59, 101, 111] разработана методика расчета параметров модели речевого сигнала для частного случая амплитудной модуляции суммой гармоник и математическая модель речевого сигнала, основанная на аппроксимации спектра набором постоянных составляющих в соответствующих полосах частот, а Асяевым Г.Д. [68] дана оценка эффективности применения шумовых «речеподобных» помех для защиты акустической информации и т.д.

Вместе с тем, несмотря на достаточно глубокие исследования в области защиты речевой информации от утечек по техническим каналам указанных и многих других авторов, в них отсутствуют результаты, связанные с вопросами формирования помехового сигнала (РПП) из речи субъектов переговоров, адаптации его параметров к параметрам речевого сигнала и оценки эффективности использования адаптивной РПП при защите речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу, при соблюдении требований условий труда по уровню создаваемого ею шума.

Объект исследования: способы и средства активной защиты конфиденциальной речевой информации от угрозы утечек по акустовибрационному каналу на основе адаптивной РПП.

Предмет исследования: модели и алгоритмы формирования адаптивной РПП для защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу.

Целью исследования является обеспечение защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу на основе применения адаптивной речеподобной помехи при соблюдении требований условий труда по уровню создаваемого ею шума.

Для достижения цели исследования необходимо решить **научную задачу**, заключающуюся в разработке математической модели, алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи и технических решений по созданию средства активной защиты конфиденциальной речевой информации на основе использования речеподобной помехи, адаптирующейся к особенностям речи субъектов переговоров при соблюдении требований к условиям труда по уровню шума.

Для достижения цели и решения научной задачи сформулированы **частные задачи исследования:**

1. Построение модели адаптивной речеподобной помехи для защиты речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу, учитывающей меняющиеся параметры речевых сигналов субъектов переговоров в помещении.

2. Разработка алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи к изменению параметров речи субъектов переговоров и речевой обстановки в офисном помещении с прерыванием генерации помехового сигнала.

3. Построение прототипа аппаратно-программного комплекса защиты конфиденциальной информации от утечек по акустовибрационному каналу в помещении.

4. Проведение экспериментальных исследований по оценке эффективности применения разработанных модели и алгоритма в прототипе аппаратно-программного комплекса для решения задачи защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу.

Научная новизна результатов исследования заключается в следующем:

1. Модель адаптивной речеподобной помехи, основанная на гармонической модели речевого сигнала, отличающаяся введением в нее процедуры аддитивного преобразования исходного защищаемого речевого сигнала с разделением его на парциальные составляющие по частотному спектру, определенной задержкой во времени каждой спектральной составляющей для компенсации набега фазы, что позволяет, во-первых учесть тембр и уровень речевого сигнала субъектов переговоров, во-вторых, автоматически изменять амплитуды гармонических составляющих речеподобной помехи в зависимости от изменения амплитуды защищаемого речевого сигнала.

2. Алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи, отличающийся введением процедур многоканальной генерации формирования адаптивной речеподобной помехи и ее прерывания при отсутствии речевого

сигнала (акустомат).

3. Прототип аппаратно-программного комплекса защиты конфиденциальной информации от утечек по акустовибрационному каналу, отличающийся автоматической корректировкой частотного диапазона и мощности генерируемой помехи и ее гармонических составляющих со снижением интегрального уровня помеховых сигналов в интересах соблюдения требований условий труда по уровню шума.

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в получении аналитических соотношений для расчета частотных и амплитудных характеристик речеподобной помехи, создаваемой для защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу при ограничениях, накладываемых требованиями условий труда по уровню шума.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что определены пути аппаратной и программной реализации модели адаптивной речеподобной помехи на основе шестиканального генератора с прерыванием генерации при отсутствии речевого сигнала и возможностью изменения параметров помехи в зависимости от изменения параметров защищаемых речевых сигналов субъектов переговоров.

Методология и методы исследования. Применялись методы теории информации, цифровой обработки сигналов, систем и множеств, передачи сигналов, подобию и моделирования систем.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработанная модель адаптивной речеподобной помехи позволяет учесть изменения параметров защищаемых речевых сигналов субъектов переговоров и тем самым обеспечить требуемое значение уровня словесной разборчивости на границе контролируемой зоны, а также минимизацию интегрального уровня помеховых сигналов по сравнению с аналогами, способствующую выполнению требований условий труда по уровню шума (п. 7 в части построения моделей средств противодействия угрозам утечки конфиденциальной информации по акустовибрационному каналу; п. 15).

2. Предложенный алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи позволяет генерировать ее из речевых сигналов субъектов переговоров только при их наличии, что повышает маскирующие свойства помехи (п. 15).

3. Оценка эффективности применения прототипа аппаратно-программного комплекса защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу доказала адекватность разработанной модели адаптивной речеподобной помехи, прототип аппаратно-программного комплекса обладает свойством кроссплатформенности, к его реализации не предъявляются специальные системные требования, а применение не требует специальной подготовки персонала (п. 11 в части экспериментальной оценки эффективности систем (комплексов) обеспечения информационной безопасности конфиденциальной информации; п. 15).

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается корректным применением методов исследования, использованием достаточно больших объемов реальных исходных данных при проведении натурного и вычислительного экспериментов, в том числе и использованием артикуляционных таблиц при оценке эффективности применения разработанных модели, алгоритма и прототипа аппаратно-программного комплекса (АПК), а также сопоставимостью результатов натурного и вычислительного экспериментов с результатами и данными, представленными в использованных источниках.

Основные результаты исследования обсуждены на международных и всероссийских конференциях: XXVIII международная научно-техническая конференция «Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации» (Алушта, 2019); международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 2021, 2024); международной научно-практической конференции «Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн» (Тамбов, 2021), X международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2021);

экспертном отборе Министерства обороны Российской Федерации по направлению «Большие данные, нейротехнологии и квантовые технологии» на Международном военно-техническом форуме «АРМИЯ-2021», IV Международной научно-практической конференции «ЦИФРОВИЗАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА» (Тамбов, 23-25 октября 2024 г.).

Внедрение результатов исследования. Результаты исследования применены: на кафедре «Информационные системы и защита информации» ФГБОУ ВО «ТГТУ» при разработке учебно-методических пособий, лабораторных работ и обучающих программных комплексов по дисциплинам специальности 10.05.03 – «Информационная безопасность автоматизированных систем». Полученные, при проведении научного исследования результаты, связанные с решением задач учета параметров речи субъектов переговоров в СЗИ и формирования речеподобной помехи, учтены в перспективной программе научных исследований, проводимых в НОЦ «Проблемы управления, информатики и защиты информации в организационных и технических системах». В ООО «ТИГРИС» и Межвидовом центре подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы (учебном и испытательном) проведено тестирование разработанных модели и алгоритма в составе АПК. Соответствующие акты представлены в диссертации.

Диссертация выполнена в процессе проведения научных исследований, проводимых НОЦ «Проблемы управления, информатики и защиты информации в организационных и технических системах» в 2020-2022 гг. при финансовой поддержке гранта РФФИ №20-37-90146 «Методология построения научно-исследовательских комплексов мониторинга характеристик защищенности конфиденциальной информации на основе системного подхода».

Публикации. По теме исследования опубликовано 17 работ, в том числе 2 статьи в издании перечня ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации для специальности 2.3.6, 1 статья в издании перечня ВАК для других специальностей, монография, 5 статей – в журналах, включенных в международные реферативные базы данных Scopus и Web of Science.

Выносимые на защиту результаты получены лично соискателем. В публикациях, написанных в соавторстве, личный вклад автора заключается в: обосновании актуальности темы, постановке цели и формулировке задачи на исследование, анализе предметной области [1], [3], [5], [9], [12], [15], [16], [17]; создании модели РПП и алгоритма ее формирования [4], [7], [9], [14]; описанию АПК, организации и проведения натурного эксперимента [9], [13], [16]; анализе результатов исследования [11], [17]. Нумерация дана по списку публикаций автореферата диссертации.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из оглавления, введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, который содержит 127 наименований, и четырех приложений. Объём диссертации составляет 134 страницы основного текста и 22 страницы приложений. Основной текст диссертации включает 58 рисунков и 12 таблиц.

Введение содержит обоснование актуальности темы диссертации, оценку состояния проработанности темы диссертации, цель исследования, содержание научной задачи, описание научной новизны результатов, и их теоретической и практической значимости, научные положения, выносимые на защиту, информацию о личном вкладе автора в публикациях в соавторстве. Во введении также приведено краткое описание глав диссертации.

Первая глава посвящена анализу технических каналов утечек речевой информации в помещениях офисного типа, особенностям построения и функционирования акустовибрационного канала, применяемых сегодня средств активной защиты и параметров помеховых сигналов для защиты информации от утечек по акустовибрационному каналу. Отмечено, что в существующих сегодня способах и средствах активной защиты применяются преимущественно шумовые помехи, а также речеподобные помехи, формируемые путем смещения заблаговременно записанных фрагментов речи нескольких субъектов переговоров. При этом не учитывается, во-первых, что состав субъектов (мужчин, женщин) и язык переговоров может меняться, во-вторых, в процессе переговоров может не только варьироваться громкость речи субъектов переговоров, но и меняться тембр, высота тона и даже язык переговоров.

Следствием отсутствия учета параметров речи субъектов переговоров является снижение эффективности защиты речевой информации. Все это обуславливает необходимость применения адаптивной РПП, создаваемой в ходе проведения переговоров из акустических сигналов речи субъектов переговоров. Кроме того, отмечено также, что в соответствии с действующими стандартами, в частности, стандартом ИСО 3382 2009 «Измерение параметров акустики помещений», ГОСТ 30494-2011 «Акустика. Звукоизоляция помещений зданий», СНиП 23.03.2003 «Защита от шума» установлены предельные значения зашумленности помещений, то есть значение предельно допустимый интегральный уровень помехового сигнала не должен превышать 45-55 дБ.

Таким образом, имеет место практическое противоречие между необходимостью повышения эффективности активной защиты речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу путем применения адаптивной РПП и отсутствием средств для ее создания. Практическое противоречие обусловило подлежащее разрешению научное противоречие, суть которого состоит в том, что в интересах разработки технических решений по созданию адаптивной речеподобной помехи требуется их теоретическое обоснование и оценка эффективности использования адаптивной РПП, что невозможно без, отсутствующей сегодня, соответствующей математической модели.

Вторая глава содержит описание модели адаптивной РПП, учитывающей меняющиеся параметры речевых сигналов субъектов переговоров в помещении при ограничениях, накладываемых требованиями условий труда по уровню шума в рамках решения первой частной научной задачи. Приведена постановка задачи на разработку модели адаптивной РПП. Показано, что в модели реализуются два параллельных процесса: формирование компенсирующей помехи и формирование РПП. При этом, РПП формируется на основе временных сдвигов акустических сигналов субъектов переговоров. Для формирования компенсирующей помехи использован метод, суть которого состоит в использовании сигнала, противоположного по фазе тому, который исходит от субъектов переговоров, в результате чего

защищаемые акустические сигналы компенсируются помехой и у злоумышленника на средствах съема речевой информации окажется лишь помеховый сигнал. При разработке математической модели формирования РПП были учтены также помехи, которые могут быть от сторонних источников и помехи, возникающие в результате дискретизации речевых сигналов при их аналогово-цифровом преобразовании в ЭВМ.

Анализ результатов моделирования показал, что на фоне результирующего сигнала, складывающегося из речевого сигнала, компенсирующей помехи и РПП, перехват речевого сигнала не позволит выделить злоумышленнику конфиденциальную информацию.

Таким образом, была решена первая частная научная задача исследования.

Третья глава содержит описание алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи к изменениям параметров речи субъектов переговоров и речевой обстановки в офисном помещении с прерыванием генерации помехового сигнала. Алгоритм реализует процессы формирования речеподобной помехи и формирование компенсирующей помехи.

В процессе исследования доказано, на примере перехода от трехканальной схемы генератора речеподобной помехи к многоканальной, что увеличение количества каналов преобразования приводит к изменению, как спектра, генерируемой помехи, так и ее амплитуды. Поэтому в процессе вычислительного эксперимента было определено целесообразное количество каналов. В результате установлено, что увеличение каналов больше шести не приводит к существенным изменениям спектра генерируемой помехи.

Основным отличием предложенного алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи от реализованного, например, в генераторе шума «Барон», является то, что вместо использования записи звуков русской речи из библиотеки звуков применены речевые сигналы собственно субъектов переговоров. Кроме того, в алгоритме реализована процедура многоканальной генерации формирования адаптивной речеподобной помехи и ее прерывание

при отсутствии речевого сигнала (акустомат), что повышает маскирующие свойства помехи.

Таким образом, решена вторая частная задача исследования.

Четвертая глава содержит результаты оценки эффективности применения разработанных модели и алгоритма, описание структуры прототипа аппаратно-программного комплекса и интерфейса основных окон его программного обеспечения. Оценка эффективности применения прототипа аппаратно-программного комплекса защиты конфиденциальной информации от утечки по акустовибрационному каналу, проведенная инструментально-расчетным и артикуляционным методами доказала адекватность разработанной модели адаптивной речеподобной помехи и алгоритма ее реализации. Прототип аппаратно-программного комплекса обладает свойством кроссплатформенности, к его реализации не предъявляются специальные системные требования, а применение не требует специальной подготовки персонала. В главе приведены методика и порядок проведения экспериментов согласно ГОСТ Р 50840-95.

При проведении натурного и вычислительного экспериментов получены сравнительные оценки эффективности использования белого шума и речеподобной помехи артикуляционным и инструментально-расчетным методами. После сравнения результатов сделан вывод о высокой эффективности применения речеподобной помехи.

Таким образом, решены третья и четвертая частные задачи исследования.

В **заключении** сформированы основные результаты, полученные в ходе исследования, а также сделаны выводы о рекомендациях и перспективах дальнейшей разработки темы.

В приложениях приведены результаты проведения экспериментов, копии актов о внедрении и апробации результатов исследования и терминологический анализ предметной области.

ГЛАВА 1. Анализ современного состояния задач защиты конфиденциальной информации от утечки по техническим каналам

1.1 Анализ технических каналов утечки конфиденциальной информации в защищаемых помещениях и условий распространения речевой информации

Офисные помещения, в которых обрабатывается конфиденциальная информация, подвержены угрозе создания технических каналов утечки, которые могут быть использованы злоумышленниками.

При проведении исследования использовано следующее определение: Технический канал утечки информации – это комплекс, состоящий из объекта защиты (источник защищаемой информации), физической среды и технических средств разведки (ТСР), с помощью которых получают разведывательные данные [16].

Известно, что каналы утечки информации образуются через физический путь, по которому распространяется сигнал, содержащий конфиденциальную информацию от источника к приемнику. Структура каналов утечки конфиденциальной информации определяется видом носителя (сигнала). Если конфиденциальная информация распространяется через технические средства, то канал является техническим каналом утечки информации. Типовая структура технического канала утечки информации приведена на рисунке 1.1 [17].

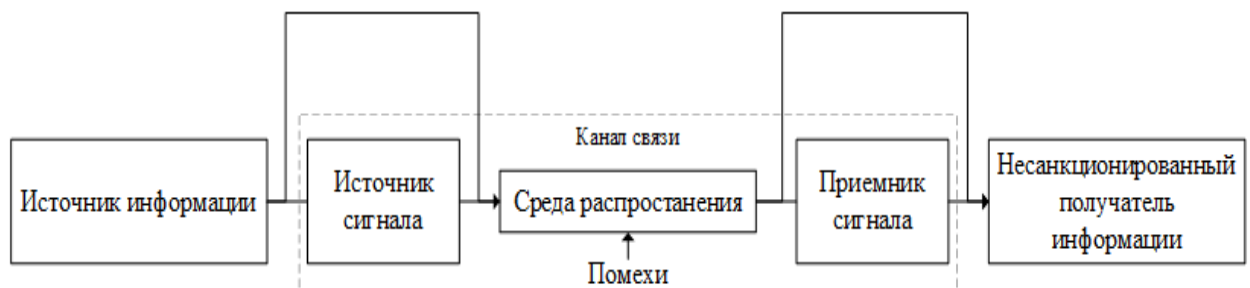


Рисунок 1.1 – Типовая структура технического канала утечки информации

При анализе этой структуры канала утечки, сделан вывод о том, что источниками информации могут являться не только физические носители, но и различные акустические сигналы. В частности, источником утечки информации

могут являться сотрудники, обсуждающие конфиденциальные документы, то есть озвучивают их содержание.

Создание, передача и обработка информации относятся к возникновению соответствующих физических полей (акустическим, гидроакустическим, электромагнитным и т.п.) и сред, которые являются источниками каналов утечки конфиденциальной информации. Доступ к конфиденциальной информации, распространяемой в офисном помещении посредством акустического сигнала, может быть получен за счет съема этой информации.

Технический канал утечки информации может быть образован самим нарушителем с помощью технических средств, которые преобразовывают акустическую информацию к условиям оптимальной ее передачи.

Для определения наиболее уязвимого канала утечки, в процессе исследования анализировались характеристики акустических каналов утечки информации, а именно [16]: прямой; параметрический; акустоэлектрический; акустооптический; акустовибрационный.

В прямом акустическом канале утечки информации средой распространения является воздух. В офисного помещения установлен передатчик с записывающим устройством, соответственно, этот передатчик передает полученную информацию на внешнее устройство, которое находится за периметром офисного помещения, либо этот передатчик может находиться в непосредственной близости от офисного помещения. В качестве места размещения подходят различные полости (вытяжки, трещины или ниши в стенах и прочее). После приема сигнала злоумышленник сможет получить информацию о содержании переговоров. Таким образом, опасными местами в офисном здании (помещении) являются воздуховоды и различные конструкции, относящиеся к водоснабжению, теплоснабжению и т.д. Внутри офисного помещения наибольшую опасность представляют: отверстия электропроводки, инженерных коммуникаций; щели и трещины в строительных конструкциях; не плотности дверных или оконных проемов.

В параметрических каналах утечки речевой информации при определенных наводках (например, высокочастотное облучение) происходит

съем информации либо за счет установленных злоумышленником закладных устройств.

В акустоэлектрических каналах утечки речевой информации волна принимается основными техническими средствами и системами, которые могут находиться в офисном помещении, и, соответственно, при передаче информации, например, по телефонной линии, с помощью специальных устройств можно снять информацию.

В акустооптическом канале утечки речевой информации звуковая волна может отражаться от зеркала (если оно есть в помещении), либо колебания от окна и с использованием отражателей происходит съем информативного сигнала.

В акустовибрационном канале утечки речевой информации злоумышленник действует с помощью перехвата акустических сигналов, вызывающих вибрационные колебания. Обобщенная структурная схема акустовибрационного канала утечки информации представлена на рисунке 1.2 [19]. Акустовибрационный канал утечки довольно сложно обнаружить. Появление высокочувствительных микрофонов и алгоритмов машинного обучения делает акустовибрационный канал все более эффективным с точки зрения съема конфиденциальной информации.

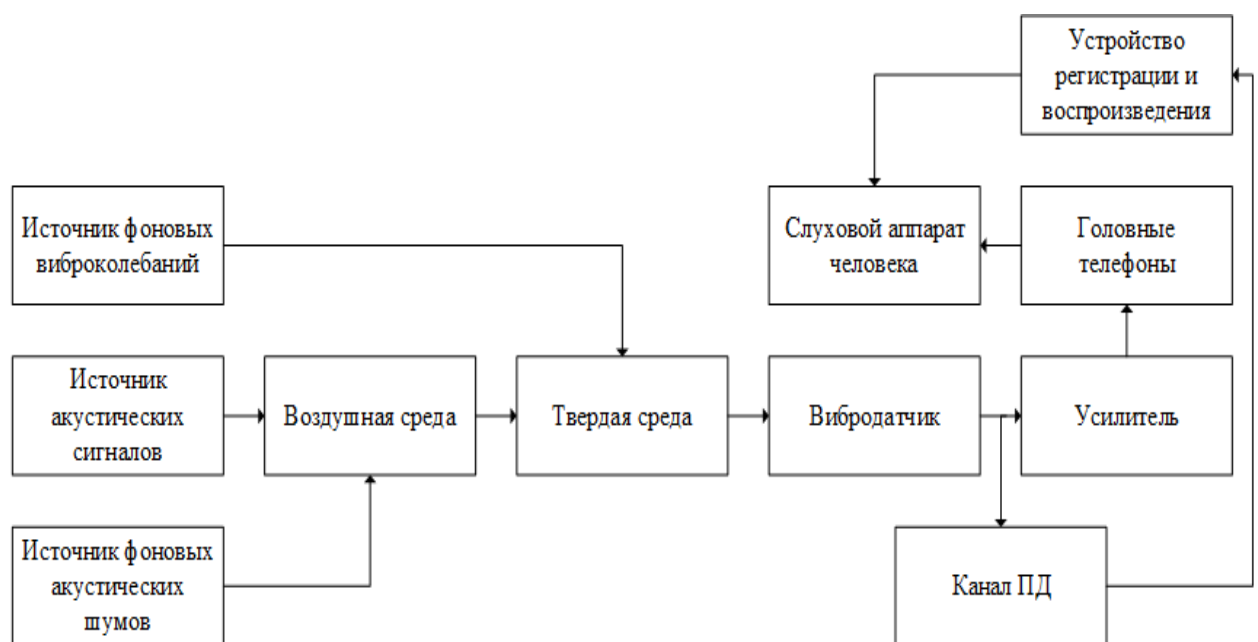


Рисунок 1.2 – Обобщенная структурная схема акустовибрационного канала утечки информации

В процессе исследования выполнен анализ статистики по утечкам конфиденциальной информации в мире и в России. В процессе сбора информации для анализа наиболее уязвимых каналов утечек конфиденциальной, в том числе и речевой информации в офисных помещениях выяснилось, что эта информация практически не доступна по ряду причин, приведенных ниже. Тем не менее, проведенный анализ причин утечек конфиденциальной информации, позволил сделать вывод о том, что общая тенденция роста количества утечек конфиденциальной речевой информации в офисных помещениях по акустовибрационному каналу сохраняется.

Так, согласно аналитическим отчетам компании *Infowatch* (ведущий российский разработчик решений для обеспечения информационной безопасности организаций), количество утечек в глобальном масштабе за последние 5 лет выросло в 3,5 раза [17]. Значительно выросла доля утечек информации, которая относится к категории «Коммерческая тайна». Соответствующие данные представлены на рисунках 1.3-1.5.

Отметим, что в мире в первом полугодии 2023 г. существенно выросла доля утечек коммерческой тайны, ноу-хау и секретов производства. Главным образом это связано с тем, что в условиях насыщения черного рынка большими объемами персональных данных, злоумышленники объектом своего преступного промысла стали чаще выбирать именно информацию коммерческого характера: закрытые отчеты, финансовые планы, чертежи, запатентованные изобретения и т.д. — все то, что имеет большую ценность в условиях жесткой конкурентной борьбы.

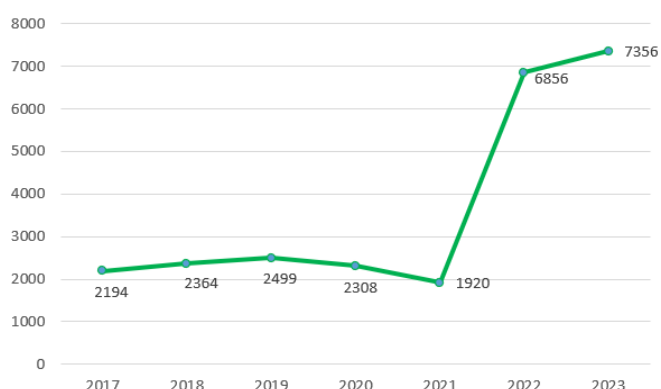


Рисунок 1.3 – Количество утечек данных в мире за период 2017-2023 гг.



Рисунок 1.4 – Распределение утечек информации по вектору воздействия в мире за период 2017-2023 гг.

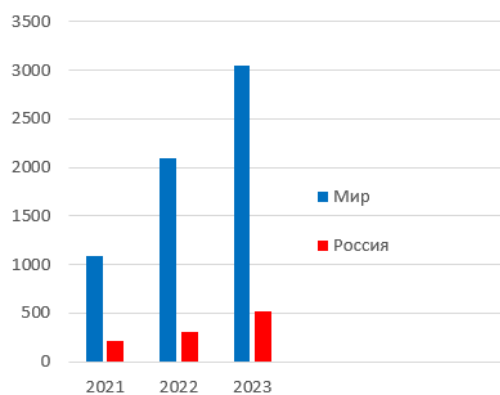


Рисунок 1.5 – Число утечек в мире и России за период 2021-2023 гг.

Изучение источников о причинах утечки конфиденциальной информации и способах ее съема позволило сделать вывод о том, что объективные статистические данные по утечкам какого-либо конкретного технического канала отсутствуют по следующим причинам:

1. Отсутствие централизованного сбора: нет единой организации, которая собирала бы и анализировала данные по всем случаям утечки информации.
2. Сложность идентификации: довольно проблематично отличить утечку информации по конкретному техническому каналу.
3. Нежелание организаций и компаний раскрывать информацию об утечках.
4. Неполная статистика: даже если организация выявит утечку информации, то не всегда есть возможность ее классифицировать как конкретную утечку по определенному техническому каналу.

Однако существуют примеры, которые иллюстрируют важность защиты информации от утечки по акустовибрационному каналу:

1. Случаи перехвата переговоров. В средствах массовой информации периодически появляются сообщения о том, что злоумышленники перехватывают разговоры в помещениях с помощью специальных устройств.

2. Угрозы злоумышленников. Существуют технологии, которые позволяют перехватывать, анализировать звуковые сигналы или прослушать конфиденциальные переговоры.

Таким образом, защита конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу является актуальной задачей [17, 18].

Выявление и нейтрализация каналов утечек конфиденциальной речевой информации всегда приводит к необходимости постановки сложных математических задач и разработке моделей и алгоритмов для их решения. Следовательно, для поддержания защищенности конфиденциальной речевой информации на необходимом уровне, актуальной задачей является разработка моделей защиты речевой информации в помещениях офисного типа. С целью формулировки постановки задачи на разработку моделей защиты речевой информации исследована схема типового офисного помещения, представленная на рисунке 1.6.

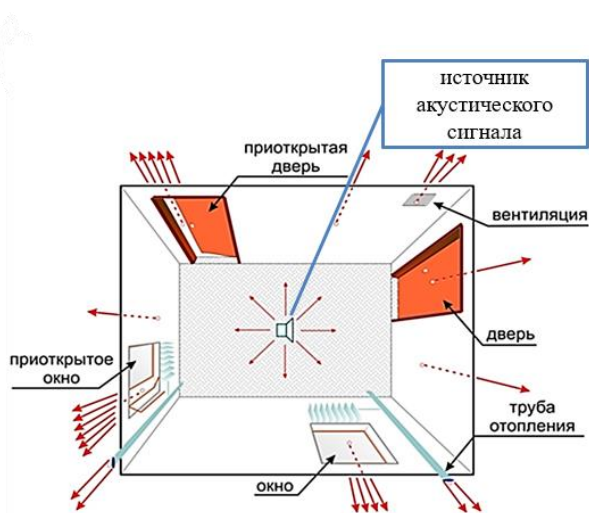


Рисунок 1.6 – Схема типового офисного помещения

В ходе исследования выявлены и обобщены основные особенности помещений офисного типа, в которых распространяется конфиденциальная

речевая информация. Офисные помещения отличаются ограниченностью контролируемой зоны и зачастую невозможностью использования пассивных методов защиты, поэтому необходимы такие средства активной защиты, которые не только обеспечивают решение задач защиты конфиденциальной информации, но и удобны для использования в современных городских условиях.

В типовом офисном помещении пространство может быть общим, а также площадь может быть разделена на индивидуальные рабочие места. В центре комнаты, может быть, открытое пространство для общих встреч или зона отдыха с диванами и столиками. Рабочие места включают в себя столы, стулья, персональные компьютеры, мониторы, клавиатуры и мыши. Столы обычно имеют прямоугольную форму и выполнены из дерева или металла. Стулья могут быть регулируемыми по высоте и иметь эргономичный дизайн для комфортной работы. На стенах могут висеть информационные доски, на которых сотрудники могут размещать объявления, графики работы, планы проектов и другую полезную информацию. Также могут присутствовать полки или шкафы для хранения документов, канцелярских принадлежностей и личных вещей сотрудников. В офисе может находиться зона приема гостей с диваном и столом, а также зона кухни или столовая с холодильником, микроволновой печью, кулером для воды и обеденным столом. Для обеспечения комфортной работы сотрудников в офисе также устанавливаются системы вентиляции и кондиционирования воздуха, источники освещения (например, потолочные светильники или настольные лампы), а также средства связи, такие как телефоны, факсы и *Wi-Fi*. Вариант расположения мебели и мультимедийных средств технического обеспечения переговоров в офисном помещении показан на рисунке 1.7.

В процессе проведения любых переговоров, производственных совещаний в таком помещении постоянно меняется речевая обстановка. Возможны различные ситуации: диалог между двумя субъектами переговоров, общее обсуждение с несколькими участниками или одиночное выступление с последующим обсуждением.



Рисунок 1.7 – Вариант расположения мебели и мультимедийных средств технического обеспечения переговоров в офисном помещении

В процессе переговоров меняется не только громкость речи субъектов переговоров, но и тембр. Субъектами переговоров являются не только мужчины, но и женщины. Это также должно учитываться при разработке модели, так как параметры речи женщин и мужчин существенно отличаются. Мужские голосовые связки имеют длину от 17 мм до 25 мм. А средняя частота мужского голоса составляет около 125 Гц. Женские голосовые связки короче мужских и имеют длину от 12,5 мм до 17,5 мм. Средняя частота составляет 210 Гц. Вместе с тем, возраст также влияет на параметры речи. С возрастом голос становится немного тише. В связи с вышесказанным, в моделях помеховых сигналов должно учитываться разнообразие голосов субъектов переговоров разного пола и возраста, а также изменение речевой обстановки. В настоящее время не существует моделей и алгоритмов, учитывающих перечисленные особенности.

Таким образом, актуальность активной защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу растет с каждым днем по нескольким причинам: широкая распространенность цифровых технологий в различных областях применения, развитие средств акустического шпионажа и повышение их доступности, увеличение количества утечек информации по акустовибрационному каналу. В связи с этим, активная

защита информации от утечки по акустовибрационному каналу становится критически важной для государственных, коммерческих организаций и частных лиц. Таким образом, необходимы комплексные меры активной защиты конфиденциальной информации с учетом особенностей акустовибрационного канала утечки информации и условий распространения речевой информации в офисном помещении.

1.2 Анализ существующих средств защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу

Акустовибрационный канал утечки конфиденциальной речевой информации представляет собой серьезную угрозу, особенно в условиях возрастающей цифровизации и широкого распространения электронных устройств.

В соответствии с известными методами защиты конфиденциальной речевой информации по акустовибрационному каналу применяются следующие способы [19]:

1. Информационное скрывание, предусматривающее техническое закрытие и шифрование речевой информации в функциональных каналах связи, а также дезинформирование.

2. Энергетическое скрывание путем звукоизоляции акустического сигнала и звукопоглощения акустической волны, глушения акустических сигналов и зашумления помещения или твердой среды распространения другими широкополосными звуками (шумами, помехами), обеспечивающими маскировку акустических сигналов.

3. Обнаружение, локализация и изъятие закладных устройств. Действие акустических волн на различные сооружения и инженерно-технические коммуникации становится результатом возникновения в них упругих колебаний, которые могут быть зарегистрированы датчиками злоумышленника.

Воздействие колебаний воздуха на тонкие отражающие поверхности помещения приводит к возникновению в них вибраций. Направляя на них лазерный луч, злоумышленник получает отраженный модулированный сигнал,

демодуляция которого приводит к получению исходного речевого сигнала [17, 19].

Для предотвращения съема речевой информации предусмотрены организационно-правовые меры, которые включают в себя архитектурно-планировочные, пространственные и режимные меры. В частности, архитектурно-планировочные меры заключаются во включении определенных требований в проект зданий и помещений или их ремонт для того, чтобы исключить или ослабить неконтролируемое распространение речевых сигналов в воздушном пространстве здания или помещений. Пространственные меры включают в себя выбор расположения офисных помещений на плане здания, а также оборудование необходимыми элементами для обеспечения защищенности конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу, которые исключают прямое или отраженное распространение речевого сигнала в направлении возможного расположения злоумышленника. Режимные меры включают в себя организацию контрольно-пропускного пункта, с отслеживанием пребывания в защищаемых помещениях сотрудников и посетителей.

В связи с вышесказанным, все нормативно-правовые акты организации, относящиеся к защите конфиденциальной речевой информации, должны соответствовать самым строгим требованиям, которые предъявляются к аналогичным документам [66].

Помимо организационно-правовых мер [66, 67], для обеспечения безопасности от утечки по акустическому и акустовибрационному каналу, используются комплексы программно-аппаратных средств, реализующих активную защиту конфиденциальной речевой информации.

При организации активной защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу необходимыми являются: оценка энергетических и временных соотношений: мощности сигнала к мощности шума ($P_{uc}/P_{ш}$) и значение времени наблюдения сигнала (T) [124].

Отношение мощности информативного сигнала на входе технического

средства приема конфиденциальной речевой информации к мощности шумов ($P_{uc}/P_{ш}$) в месте расположения технического средства разведки должно обеспечивать прием (перехват) конфиденциальной речевой информации с чувствительностью $(P_c/P_{ш})_{пред}$.

Интервал работы устройств перехвата информации ($t_{пер}$) должен соответствовать времени наблюдения сигнала – T :

$$P_{uc}/P_{ш} > (P_c/P_{ш})_{пред} \text{ и } t_{пер} = T. \quad (1.1)$$

При выполнении мероприятий по защите конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу необходимо добиться выполнения условий, при которых с помощью технических средств разведки, с максимально возможными характеристиками было бы невозможно осуществить перехват конфиденциальной речевой информации:

$$P_{uc}/P_{ш} < (P_c/P_{ш})_{пред} \text{ и } t_{пер} \neq T. \quad (1.2)$$

Данные выражения определяют возможные способы защиты – организационно-технические и технические.

Анализ предметной области показал, что первоочередными мерами защиты от утечки конфиденциальной речевой информации по техническим каналам являются пассивные способы защиты и оценивается их эффективность. Поэтому ниже представлены результаты анализа наиболее распространенных способов и методов организации защиты.

Под пассивными способами понимается комплекс проектных и строительно-монтажных мероприятий, направленных на доработку [25]:

- ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, окна, двери) помещения;
- систем инженерного обеспечения (приточно-вытяжной вентиляции, отопления, кондиционирования);
- проводных систем различного назначения.

Используя указанные способы, достигается необходимый уровень звуко- и виброизоляции, и уменьшение уровней опасных сигналов, которые

образуются за счет акустоэлектрических преобразований, что, в свою очередь, позволяет существенно уменьшить, а в определенных ситуациях не использовать активные способы защиты.

При исследовании активных и пассивных способов защиты конфиденциальной речевой информации был сделан вывод не только о возможности применения данных способов, но и оценка достоинств и недостатков каждого из способов защиты конфиденциальной речевой информации, а также сферы деятельности, в которых они могут применяться [25].

Для того чтобы разработать и успешно применить пассивные способы защиты конфиденциальной речевой информации необходимо выполнить следующие действия:

- провести анализ архитектурно-строительной и проектной документации на системы инженерного обеспечения, а также проводных систем различного назначения;
- разработать специальную часть архитектурно-строительной и проектной документации для систем инженерного обеспечения;
- осуществить авторский надзор за строительно-монтажными работами по выполнению особой части проектов;
- определить достаточность принятых мер, с помощью специальных инструментальных исследований и способов.

Процесс анализа документов, описывающих архитектурные и строительные особенности офисного помещения, позволяет выявить потенциальные уязвимости, которыми может воспользоваться злоумышленник для перехвата конфиденциальных данных. После проведения анализа оформляется специальный отчет, в котором указываются необходимые меры предосторожности осуществления конфиденциальных переговоров в данном помещении и рекомендации по применению пассивных средств защиты [25].

Обязательно осуществляется разработка специального проекта по строительству и оснащению офисного помещения, несмотря на сложность и масштабность работ. Следовательно, при приемке офисного помещения

заказчик получает полный комплект исполнительной документации по строительству и оснащение офисных помещений.

Также, необходим технический надзор за процессом строительных и монтажных работ. Основное назначение таких мероприятий – четко и ясно, с разъяснением всех особенностей и тонкостей донести до заинтересованных лиц информацию о том, какие именно цели в плане обеспечения безопасности преследует заказчик и необходимости осуществления работ по вибро- и звукоизоляции помещения для достижения нужных показателей защищенности помещения от утечки конфиденциальной речевой информации по акустовибрационному каналу.

Одним из самых распространенных пассивных способов защиты информации являются работы по охране дверных проемов [25]. Если дверные проемы выполнены с учетом этих условий и материалов, то звукопоглощение будет удовлетворять требованиям защищенности, что составляет не менее 60 – 70 дБ.

На современном этапе развития технологий существуют легкие конструкции (например, перегородки или стены), которые удовлетворяют требованиям информационной безопасности в помещениях с точки зрения высокой степени звуко- и виброизоляции, в которых проводятся переговоры, а не только кирпичные или бетонные конструкции.

Защита конфиденциальной информации по акустическому каналу блокированием акустовибрационного канала пассивными способами оказывается достаточно трудоемкой, а также практически нереализуемой в рамках условий аренды офисных помещений. Таким образом, применение пассивных способов защиты должно быть определено на этапе строительства офисных помещений, так как их внедрение далее становится трудоемким и затратным.

К сожалению, нет точных статистических данных о процентном соотношении использования пассивных способов и активных СЗИ. Это связано с несколькими факторами:

1. Отсутствие единого стандарта классификации средств защиты

информации. Не существует единой общепринятой классификации, которая четко разграничивает СЗИ.

2. Сложность определения. Многие СЗИ сочетают в себе элементы пассивной и активной защиты.

3. Разнообразие применения. Выбор СЗИ зависит от конкретных угроз, уровня критичности защищаемой информации, бюджета и других факторов.

Однако можно сделать следующие выводы: пассивные способы защиты информации используются при возможности модификации помещения, что не всегда представляется возможным в рамках аренды и особенностей конструкций офисных зданий. Активные средства защиты используются в дополнение к пассивным и их применение обусловлено конкретными потребностями организации или компании. В диссертационном исследовании основное внимание уделено активным способам защиты информации.

Рассмотрим комплекс виброакустической защиты «Барон», предназначенный для защиты помещений от прослушивания с использованием микрофонов, установленных в стенах, трубах и других конструкциях. В нем применяются помехи следующих типов:

- «белый» шум;
- речеподобная помеха;
- смесь сигналов трех радиовещательных станций;
- помеха от внешнего источника;
- смесь шумовой помехи, сигналов радиовещательных станций и помехи от внешнего источника.

Однако, учитывая специфику офисного помещения, виброакустический комплекс «Барон» имеет несколько недостатков:

1. Не защищает от других способов прослушивания, таких как лазерные микрофоны, направленные микрофоны и радиомикрофоны.
2. Может создавать неудобства для людей, находящихся в помещении, из-за шума и вибрации.
3. Ограниченная эффективность против направленного прослушивания.

В связи с вышесказанным целесообразно провести анализ характеристик

современных средств защиты акустической информации.

Технические характеристики современных средств акустической защиты, представлены в таблице 1.1.

Анализ средств защиты информации показал, что в отличие от комплекса «Барон» в системе «Шорох» используются три независимых канала генерации шумов. В большинстве СЗИ используется «белый» шум. Также речеподобная помеха используется лишь в нескольких средствах защиты.

Таблица 1.1 – Технические характеристики современных средств акустической защиты

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»	100-12000	«белый» шум	3	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
СТБ 231 «Бирюза»	90-11200	«белый» шум	3	Россия
СТБ 232	90-11200	«белый» шум	1	Россия
ЛГШ-402	Нет данных	«белый» шум	2	Россия
ЛГШ-404	90-11200	«белый» шум и цифровые последовательности	2	Россия
«Соната АВ»	175-11200	«белый» шум	1	Россия

Речеподобная комбинированная (реверберационная и инверсионная) помеха также используется в средстве акустической маскировки «Эхо». Помеха формируется путем наложения задержанных разноуровневых сигналов, получаемых путем умножения и деления частотных составляющих скрываемого речевого сигнала [19]. В связи с вышесказанным, необходимо совершенствовать помеховые сигналы, генерируемые СЗИ, для которых злоумышленник не сможет подобрать метод обработки.

При исследовании предметной области [16-19, 21, 22, 28, 61] сделан вывод о том, что существующие средства защиты информации от утечки по

акустовибрационному каналу имеют ограничения в эффективности и практичности. Таким образом, разработка новых математических и технических решений является актуальной задачей для защиты конфиденциальной информации.

1.3 Анализ способов формирования помеховых сигналов, применяемых при организации активной защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу

Для защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу в помещениях офисного типа необходимо формировать такие помеховые сигналы, чтобы при их использовании защищенность помещения находилась на заданном уровне, но в то же время соблюдались требования условий труда по уровню шума.

При исследовании помеховых сигналов, применяемых в СЗИ при защите конфиденциальной информации от утечки по акустовибрационному каналу в помещениях офисного типа, проведен анализ их параметров.

Для решения задачи защиты конфиденциальной речевой информации потребуется сформировать в среде распространения мощный сигнал помехи, который невозможно выделить из информационного сигнала техническими средствами, доступными злоумышленнику. Природные помехи, связанные с работой жилищно-коммунальных систем, снижают разборчивость сигналов, но должны сочетаться с помеховым сигналом, формируемым СЗИ. Для зашумления канала утечки речевого сигнала используют генераторы белого шума (электромагнитные помехи), подключаемые к излучателям, установленным на стенах, окнах и трубах отопления.

Существует несколько моделей генераторов помех, наиболее мощные из которых имеют сертификацию ФСТЭК России. Вибровозбудители исключают возможность получения полноценного речевого сигнала от разных типов проводников – стекол, жалюзи, труб. Некоторые модели можно устанавливать в районе потолка и между обычными и подвесными потолками, дверных тамбуров, вентиляционных систем.

С помощью специальных приспособлений они крепятся к капитальным стенам (перекрытиям) из бетона, кирпича, трубам отопления, газопроводам, оболочкам кабелей различного назначения и длительное время работают автономно. Также часто используются датчики вибрации.

СЗИ создает широкополосные акустические и вибромаскирующие шумовые помехи в воздушной среде, в элементах ограждающих конструкций, в инженерно-технических коммуникациях офисных помещений. Процесс генерации шума имеет следующие отличительные признаки [61]:

- речеподобная помеха создается в сочетании с белым шумом, что улучшает маскирующие характеристики, отделение речевого сигнала и помехи становится довольно маловероятным;
- улучшается степень защиты за счет автоматического увеличения мощности шума при усилении речевого сигнала;
- маскирующие шумы не мешают рабочему процессу.

К СЗИ могут подключаться акустические, керамические, электромагнитные и пьезоизлучатели любого производителя.

В последнее время шумовые, речеподобные и комбинированные помехи стали применяться в акустических и акустовибрационных маскирующих СЗИ.

Наиболее широко используются следующие виды помеховых сигналов [54, 61]:

- «белый» шум – шум с постоянной спектральной плотностью в речевом диапазоне частот;
- «розовый» шум – шум со спадом спектральной плотности на 3 дБ на октаву в сторону высоких частот;
- «коричневый» шум со спадом 6 дБ спектральной плотности на октаву в сторону высоких частот;
- шумовая речеподобная помеха – шум с огибающей амплитудного спектра, подобной речевому сигналу.

Речеподобные помехи формируются из наложения определенного количества речевых сигналов [61].

Типичным примером помех, образованных фрагментами речи, не соотнесенными со скрытым сигналом, является помеха – «речевой хор», образуемая путем смещения фрагментов речи нескольких субъектов переговоров.

В то же время в качестве такого сигнала можно использовать сам скрытый сигнал с помощью синтезатора речеподобного помехового сигнала - фонемного клонера. Формирование помеховых сигналов происходит в два этапа [26, 27]:

- компьютер и специальное программное обеспечение из записи голоса одного или нескольких субъектов переговоров с помощью дублирования основных фоновых компонентов их речи синтезируют так называемую «псевдоречь», представляющую собой определенную последовательность сигналов;

- синтезатор помехового сигнала, в памяти которого содержится «псевдоречь», по случайному закону берет из этой последовательности сигналов случайные фрагменты, которые и поступают на вход тракта помехового канала.

Помехи, формируемые из скрываемого сигнала, бывают двух типов [26, 27]: речеподобная и речеподобная инверсионная.

Речеподобная помеха образуется из элементов скрываемого речевого сигнала путем многократного их наложения с различными уровнями. В отличие от речеподобной, речеподобная инверсионная помеха синтезируется с помощью сложной инверсии спектра скрываемого речевого сигнала.

Анализ научно-технической литературы (в частности, работ Авдеева В.Б.[42, 63, 64], Голубинского А.Н. [39, 58, 59, 101, 111], Трушина В.А. [100], Хорева А.А. [21, 28, 53, 62, 81] и др.), посвященной проблематике защиты речевой информации от утечек по техническим каналам, выявил преобладание исследований, ориентированных на применение маскирующих помех. В качестве таковых рассматривались: шумовые помехи («белый» и «цветной» шум), шумовые речеподобные помехи (помехи с огибающей амплитудного спектра, аппроксимирующей речевой сигнал), а

также помехи, формируемые путем суперпозиции речевых фрагментов от множественных источников («речевой хор»). Результаты проведенного анализа позволили сделать вывод о том, что задача выделения полезного сигнала из речеподобных помех характеризуется высокой вычислительной сложностью и требует применения развитых методов обработки сигналов.

На рисунке 1.8 представлен спектр речеподобной инверсионной помехи.

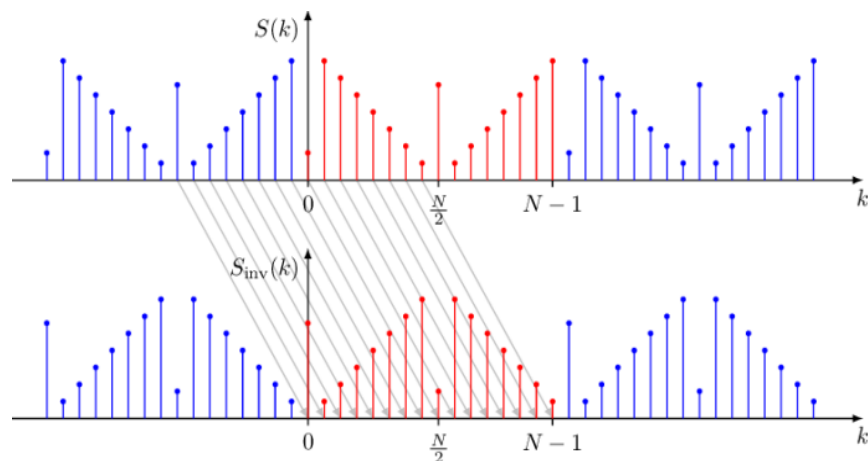


Рисунок 1.8 – Спектр речеподобной инверсионной помехи

Ключом этого способа формирования является частота разбиения спектра сигнала. Такие скремблеры, в отличие от моделей, использующих однократную частотную инверсию, немного повышают уровень защищенности информации.

Спектр сигнала может быть разделен на несколько полос равной или переменной ширины и в каждой полосе может быть произведена частотная инверсия. Чем больше таких поддиапазонов будет выделено в спектре, тем менее разборчива будет скремблированная речь и ее труднее будет восстановить, не зная ключа, по которому производилось скремблирование [35].

Разработка модели адаптивной РПП представляет собой комплексную задачу, сопряженную с необходимостью динамической адаптации к характеристикам речевого сигнала субъектов переговоров. Преобразование Фурье и преобразование Гильберта являются инструментами для решения этой задачи, но их функциональные роли существенно отличаются. Для адаптивной РПП преобразование Фурье является наиболее важным и фундаментальным

инструментом для оценки спектральных характеристик и адаптации спектра помехи. Ключевая задача адаптивной РПП – это создание помехи со спектром, максимально похожим на спектр речевого сигнала. Восприятие речи в первую очередь зависит от спектра (форманты и согласные). В математическом пакете, который применялся для моделирования адаптивной РПП, применено преобразование Фурье для решения задачи спектрального анализа сигналов. Преобразование Гильберта действительно позволяет выделить фазу, однако в диссертации это не является необходимостью.

Второй способ произвести частотное скремблирование – это разделение речевого спектра на несколько частотных полос равной ширины, их перемешивание и инверсия по некоторому правилу. Этот способ изображен на рисунке 1.9.

Основная идея способа – разрушить структуру речевого сигнала по оси частот и создать частотные «разрывы».

Полосовые фильтры «вырезают» соответствующие поддиапазоны спектра речевого сигнала, затем каждый из поддиапазонов модулирует соответствующее несущее колебание. Для этого четырех-полосового скремблера теоретически возможны 24 перестановки полос частотного спектра. Однако число «полезных» перестановок незначительно, и даже их применение обеспечивает низкую остаточную разборчивость.

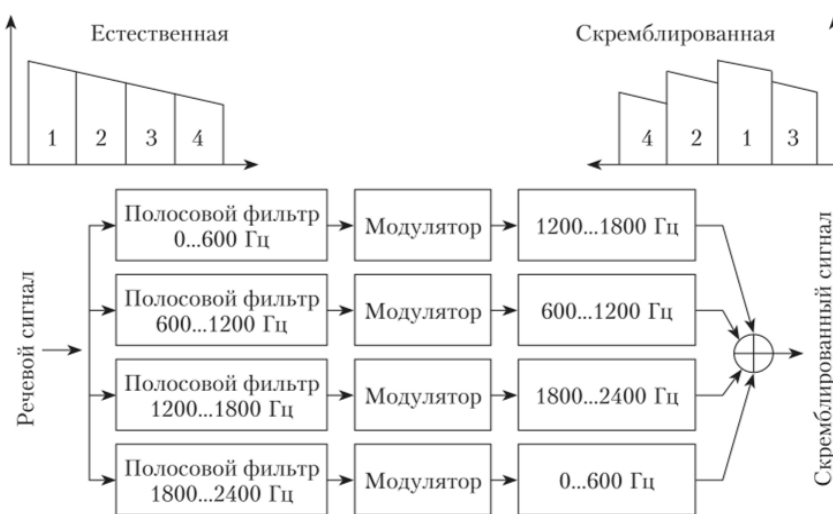


Рисунок 1.9 – Принцип работы 4-х полосового скремблера

Также, для скремблирования сигнала часто используют генератор случайных чисел на сдвиговом регистре с линейной обратной связью. Такая технология маскирования информации является достаточно эффективной. Показателем эффективности в этом случае является количество операций, затрачиваемых на вычисление очередного элемента псевдослучайной последовательности [29].

Для минимизации вероятности получения злоумышленником несанкционированного доступа к конфиденциальной речевой информации формируют скремблированный частотно-модулированный сигнал, содержащий речевое сообщение. Данная процедура позволяет обеспечить необходимый уровень маскирования передаваемого сигнала. Передаваемый сигнал формируется по схеме, представленной на рисунке 1.10.

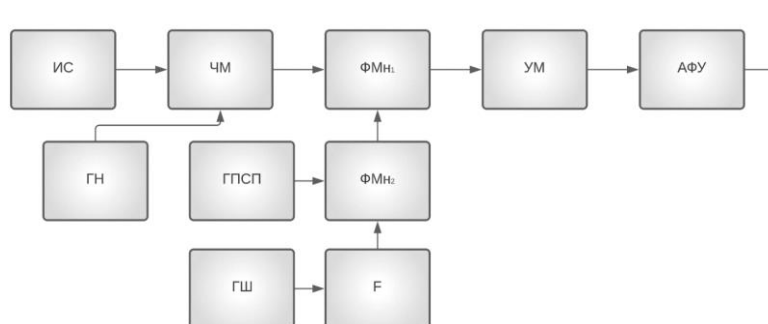


Рисунок 1.10 – Структурная схема формирования скремблированного сигнала

Источник речевого сообщения (ИС) формирует низкочастотный сигнал. Генератор несущей частоты (ГН) обеспечивает формирование высокочастотного узкополосного несущего сигнала. В частотном модуляторе (ЧМ) аналоговый сигнал перемножается с несущим. Сформированный узкополосный частотно-модулированный сигнал поступает на вход фазового манипулятора (ФМН₁) и подвергается фазовой манипуляции псевдослучайной последовательностью (ПСП) и случайной двоичной последовательностью.

В случае частотного скремблирования сигнала, осуществляется маскирование речи, в результате которого показатели разборчивости довольно малы, однако математические операции при частотных преобразованиях сигнала достаточно сложны и требуют использование большого количества ресурсов и мощностей скремблирующего устройства.

Как правило, все перестановки каким-то образом выделенных сегментов или участков речи во временной и/или в частотных областях выполняются по закону псевдослучайной последовательности, вырабатываемой шифратором на ключе, который изменяется от одного речевого сообщения к другому.

Комбинированная помеха образуется путем смешения различных видов помеховых сигналов, например, «речевого хора» и «белого» шума, речеподобной помехи и инверсионной.

Использование акустических тембральных пространств для адаптивной РПП, как это предлагается в работах Рогозинского Г.Г. [Модели и методы сонификации киберфизических систем : диссертация ... доктора технических наук : 05.13.01 / Рогозинский Глеб Гендрихович; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»]. - Санкт-Петербург, 2021. - 323 с.] – это интересный и перспективный подход, но его целесообразность зависит от конкретных требований к РПП и доступных ресурсов.

В работах Рогозинского Г.Г. часто используются методы, основанные на вейвлет-преобразовании или других спектрально-временных представлениях, для извлечения признаков, характеризующих тембр. Затем эти признаки используются для построения многомерного пространства, в котором каждый звук представлен точкой. Звуки с похожим тембром находятся близко друг к другу в этом пространстве. Построение и использование акустических тембральных пространств требует значительных вычислительных ресурсов. Анализ спектрально-временных характеристик, извлечение признаков тембра, построение многомерного пространства – все это требует сложных алгоритмов и мощного оборудования.

Исследуя пути совершенствования средств активной защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу необходимо обосновать форму математической записи исходного речевого сигнала. Для этого проведено исследование по следующим характеристикам сигнала: спектр, тембр, частота, уровень сигнала и его длительность.

Перечисленные выше характеристики использовались для того, чтобы учитывать параметры речи субъектов переговоров для формирования адаптивной речеподобной помехи. Таким образом, обосновано, что в разрабатываемой модели адаптивной речеподобной помехи использовались тембр и уровень речевого сигнала субъектов переговоров. Так как тембр определяет характер звука, зависит от формы и амплитуды звуковой волны, а уровень сигнала определяет громкость. Все эти параметры меняются в соответствии с речевой обстановкой в помещении при проведении конфиденциальных переговоров.

1.4 Онтологический анализ соответствия темы диссертации паспорту специальности научных работников

Под «онтологией» в информатике понимается явная спецификация концептуализации, на которой основано формальное представление знаний [68].

В результате анализа предметной области выделены наиболее важные компоненты онтологии паспорта специальности 2.3.6 – Методы и системы защиты информации, информационная безопасность, которые представлены на рисунке 1.11.

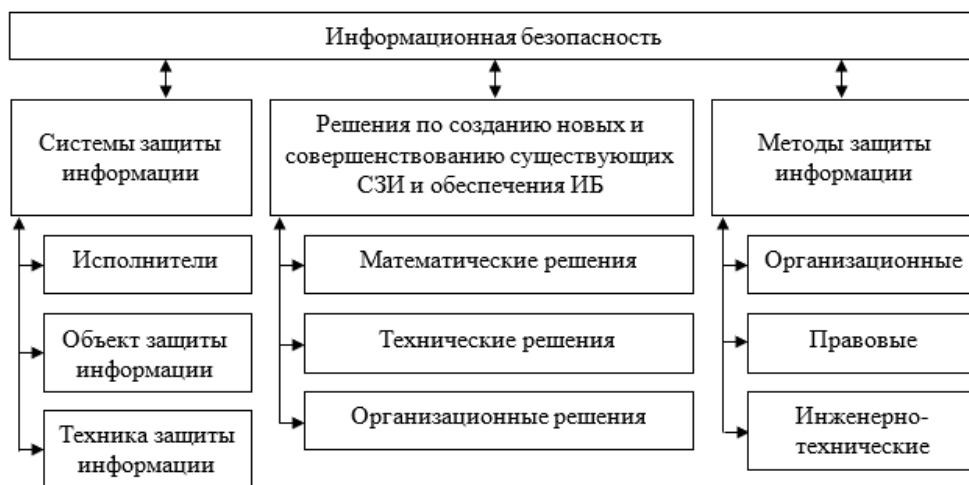


Рисунок 1.11 – Основные компоненты онтологии паспорта специальности научных работников 2.3.6

В качестве результата на рисунке 1.11 изображен фрагмент онтологии

предметной области «Информационная безопасность», а именно – обеспечение информационной безопасности за счет способов и систем защиты. Согласно паспорта специальности 2.3.6. «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность», диссертация должна включать в себя исследования проблем разработки, совершенствования и применения способов и средств защиты информации в процессе ее сбора, хранения, обработки, передачи и распространения, а также обеспечения информационной безопасности объектов политической, социально-экономической, оборонной, культурной и других сфер деятельности от внешних и внутренних угроз хищения, разрушения или модификации информации. На этом основании определено соответствие терминологии темы диссертации и паспорта специальности, представленные в таблице 1.2.

Научная задача диссертационного исследования заключается в разработке математической модели, алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи и технических решений по созданию средства активной защиты конфиденциальной речевой информации на основе использования речеподобной помехи, адаптирующейся к особенностям речи субъектов переговоров при соблюдении требований к условиям труда по уровню шума. Это соответствует пункту 15 паспорта специальности – Принципы и решения (технические, математические, организационные и др.) по созданию новых и совершенствованию существующих СЗИ и обеспечения информационной безопасности.

Таким образом, обозначенная в теме диссертации защита конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу является составной частью термина «информационная безопасность». Согласно определению конфиденциальности, информация может передаваться по каналам связи. Формулировки положений, выносимых на защиту, соотносятся с содержанием пунктов 7, 11 и 15 паспорта специальности научных работников 2.3.6. «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность».

Таблица 1.2 – Анализ соответствия терминологии

ТЕМА			ПАСПОРТ СПЕЦИАЛЬНОСТИ	
Модель и алгоритм активной защиты конфиденциальной информации от утечки по акустовибрационному каналу на основе адаптивной речеподобной помехи			2.3.6. «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность»	
Активное техническое средство защиты – устройство, обеспечивающее создание маскирующих активных помех (или имитирующих их) для средств технической разведки или нарушающие нормальное функционирование средств негласного съема информации.	Офис - официальная штаб-квартира фирмы, помещение, в котором находится официальное представительство фирмы, ее руководство. Место расположения фирмы указывается при регистрации фирмы.	Утечка информации - неконтролируемое распространение защищаемой информации в результате ее разглашения, несанкционированного доступа к информации и получения защищаемой информации.	Метод – МЕТОД, метода, муж. (греч. methodos). Путь, способ, прием теоретического исследования или практического осуществления чего-нибудь. Для парирования той или иной угрозы используется определенная совокупность средств и методов защиты , некоторые из них защищают от нескольких угроз одновременно. Среди методов защиты имеются и универсальные методы, являющиеся базовыми при построении любой системы защиты. Правовые методы защиты информации служат основой легитимного построения и использования системы защиты любого назначения. Организационные методы защиты информации используются для парирования нескольких угроз, кроме того, их использование в любой системе защиты обязательно.	Информация - уменьшение неопределенности в результате передачи сведений, данных, сообщений — в этом качестве И. противопоставляется энтропии.
Конфиденциальность информации – обязательное для выполнения лицом, получившим доступ к определенной информации, требование не передавать такую информацию третьим лицам без согласия ее обладателя.	Акустовибрационный канал - Вибрационный (структурный) канал утечки акустической (речевой) информации – канал утечки акустической (речевой) информации, средой распространения акустических сигналов в котором являются ограждающие конструкции зданий, сооружений и другие твердые тела.	Система защиты информации – совокупность органов и (или) исполнителей, используемой ими техники защиты информации, а также объектов защиты информации, организованная и функционирующая по правилам и нормам, установленным соответствующими документами в области защиты информации.	Безопасность информации – это состояние защищенности информации(данных), при котором обеспечены ее (их) конфиденциальность, доступность и целостность.	
Доступ к информации – это возможность получения информации и её использования.	Передача информации – это процесс распространения информации от источника к приемнику через определенный канал связи.			

Анализ соответствия терминологии показал, что термины темы диссертации, приведенные в таблице 1.2, коррелируются с терминами паспорта специальности.

Термины, входящие в данные формулировки приведены в таблице в приложении Г диссертации. Согласно приложению Г и онтологии, представленной на рисунке 1.11, терминология научной задачи соответствует

терминологии паспорта специальности.

В результате анализа предметной области обоснован объект исследования и предмет исследования, выявлены практические и научные противоречия в области защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу на основе применения адаптивной речеподобной помехи при соблюдении требований условий труда по уровню создаваемого ею шума (рисунок 1.12).

Объект исследования: способы и средства активной защиты конфиденциальной речевой информации от угрозы утечек по акустовибрационному каналу на основе адаптивной РПП. **Предмет исследования:** модели и алгоритмы формирования адаптивной РПП для защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОТИВОРЕЧИЯ

Необходимость повышения эффективности активной защиты речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу путем применения адаптивной РПП.

Требования к уровню шума в офисных помещениях и высокий спрос на простые доступные решения.

Адаптивная РПП, созданная из спектральных составляющих говорящих, удовлетворяет требованиям условий труда по уровню шума и позволяет учитывать параметры речи субъектов переговоров в средствах защиты информации.

НАУЧНЫЕ ПРОТИВОРЕЧИЯ

Методы, модели и алгоритмы, положенные в основу формирования помеховых сигналов и режимов функционирования современных средств защиты от утечки конфиденциальной речевой информации по акустовибрационному каналу не учитывают необходимость учета динамики речевого сигнала и его анализа в реальном времени.

Стремление к обеспечению требуемого уровня защищенности приводит к потенциальному негативному воздействию на психофизиологическое состояние человека.

В интересах разработки технических решений по созданию адаптивной речеподобной помехи требуется их теоретическое обоснование и оценка эффективности использования адаптивной РПП, удовлетворяющей условиям труда по уровню шума, что невозможно без отсутствующей сегодня соответствующей математической модели.

Рисунок 1.12 – Объект, предмет исследования, практические и научные противоречия

С учетом выявленных противоречий обоснованы задачи исследования, представленные на рисунке 1.13.

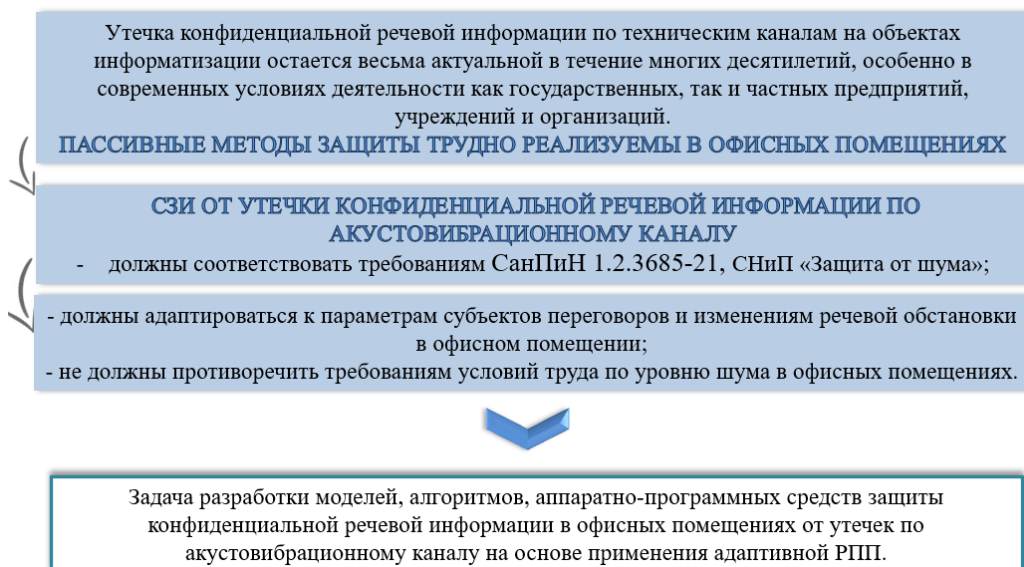


Рисунок 1.13 – Актуальность темы диссертационного исследования

На основе этих результатов составлена общая схема исследования, представленная на рисунке 1.14.

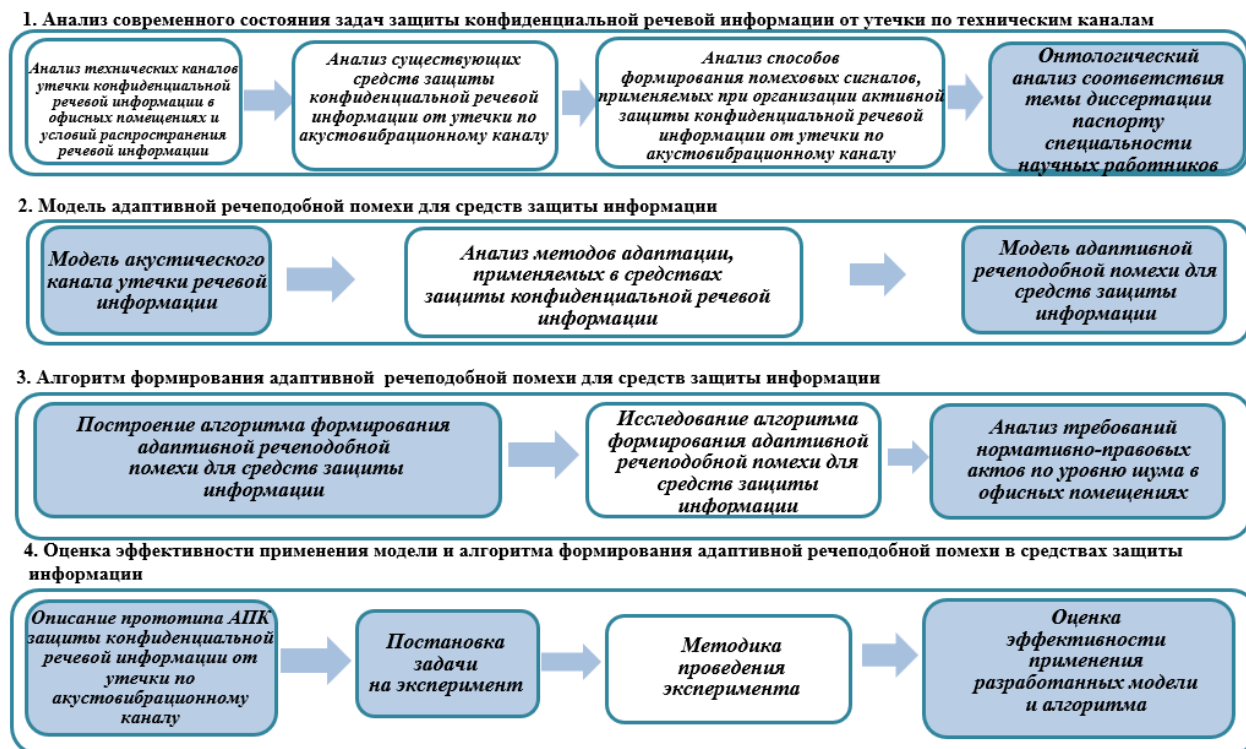


Рисунок 1.14 – Общая схема исследования

В результате сделан вывод о том, что совершенствование информационных технологий, применяемых при защите конфиденциальной речевой информации в офисных помещениях от утечки по акустовибрационному каналу, является актуальным научным направлением.

1.5 Выводы по главе и постановка задачи на исследование

Результаты анализа современного состояния теории и практики защиты конфиденциальной речевой информации позволили сделать следующие выводы.

Защищенность конфиденциальной речевой информации в помещениях офисного типа приобретает особое значение, в связи с необходимостью проведения переговоров, в частности, с использованием мультимедийных средств. Для поддержания защищенности конфиденциальной речевой

информации на необходимом уровне разработка моделей и алгоритмов активной защиты речевой информации в помещениях офисного типа является актуальной задачей. Такие модели и алгоритмы применимы: на коммерческих предприятиях (переговоры, коммерческая тайна), в государственных бюджетных учреждениях.

Выбор методов защиты зависит от политики информационной безопасности организации. Поскольку обнаружение канала утечки почти всегда затруднено, компании сосредотачиваются на превентивных мерах и использовании генераторов помех.

Пассивные способы защиты конфиденциальной речевой информации сложно реализуемы или вообще не реализуемы в офисных помещениях. Таким образом, необходимо применять активные способы защиты конфиденциальной речевой информации, которые позволяют сохранить ее защищенность на заданном уровне.

Применяемые в современных средствах активной защиты речевой информации речеподобные помехи не являются адаптивными, так как формируются путем предварительной записи и обработки речевых сигналов субъектов переговоров, что в случае изменения состава субъектов или языка ведения переговоров приводит к снижению эффективности защиты.

Эффективность применения активных СЗИ несомненно существенно повысится при применении пассивных средств защиты. Однако в офисных помещениях нет возможности в полной мере обеспечить защищенность с помощью средств пассивной защиты. Конфиденциальные переговоры проводятся в офисных помещениях, доступ к которым практически не ограничен. К тому же важно соблюдать условия труда сотрудников, участвующих в переговорах, а также сотрудников, которые находятся в соседних помещениях.

В связи с этим, необходимо разработать и реализовать модель и алгоритм защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу с учетом особенностей расположения объектов защиты и особенностей офисного помещения, ценности защищаемой

информации, технического оснащения объектов защиты, использования прогрессивных способов и методов защиты информации, а также учитывая большое количество технических каналов утечки и воздействия на защищаемую информацию.

ГЛАВА 2. Модель адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации

2.1 Модель акустического канала утечки речевой информации

Модель акустического канала утечки речевой информации необходима для выявления способов нарушения злоумышленником конфиденциальной речевой информации, разработки эффективных мер защиты офисного помещения и оценки защищенности речевой информации в нем.

Поскольку в первой главе продемонстрирована недостаточная эффективность способов пассивной защиты конфиденциальной речевой информации в офисном помещении, то в качестве эффективных мер рассматриваются активные средства защиты информации. Для защиты речи (акустического сигнала) от прослушивания с помощью технических средств акустической разведки активно применяются генераторы преднамеренных акустических помех, которые создают шумовые помехи типа «белый», «розовый» или окрашенный шум, а также речеподобные помехи. Поэтому задача построения и исследования модели акустического канала утечки речевой информации позволит определить необходимые параметры и методику построения модели адаптивной речеподобной помехи.

Адекватность и точность модели акустического канала утечки речевой информации зависит от выбора метода оценки уровня словесной разборчивости речи [47]. В настоящее время на практике используются три группы методов оценки уровня словесной разборчивости речи: формантные, модуляционные и эмпирические. В работах [61, 63] обосновано, что формантный метод, при котором анализ речи проводится в двадцати частотных полосах с артикуляционно-равным распределением разборчивости или в двадцати одной третьоктавной полосе (в упрощенном варианте в семиоктавной полосе) является наиболее адекватным. В границах октавных полос спектры речи и шума, а также формантная плотность распределения вероятностей считается практически неизменной [37]. Поскольку отечественной наукой разработаны и созданы третьоктавные и октавные фильтры, математическая модель

акустического канала утечки речевой информации представляет собой математическое выражение для словесной разборчивости речи, описываемое массивом спектральных уровней речевого сигнала в диапазоне двадцати одной третьоктавной полосы.

Значение спектрального уровня мощности акустического сигнала $L_{si}(f_{cp_i})$ в третьоктавной полосе определяется выражением [47]:

$$L_{si}(f_{cp_i}) = L_s + 10 \lg \left(\frac{\int_{\frac{f_{cp_i}}{\sqrt[2h]{2}}}^{f_{cp_i} \sqrt[2h]{2}} g_s(f) df}{G_s(f)} \right) = L_s + V_i(f_{cp_i}), \quad (2.1)$$

где L_s – интегральный уровень акустического сигнала, измеряемый на расстоянии 1 м, дБ;

$G_s(f)$ – усредненный энергетический спектр акустического сигнала, Па/Гц;

$g_s(f)$ – усредненная спектральная плотность мощности акустического сигнала, Вт/Гц;

$V_i(f_{cp_i})$ – весовой энергетический коэффициент i -ой полосы, показывающий ее вклад в интегральную мощность акустического сигнала, при оценке в дБ он имеет отрицательный знак, дБ;

f_{cp_i} – среднегеометрическая частота i -ой полосы, Гц;

f_{bi}, f_{hi} – нижняя и верхняя граничные частоты i -ой полосы соответственно, Гц.

Расчет значений данных частот производится по формулам, приведенным в ГОСТ 17168-82:

$$f_{cp_i} = 1000 \cdot 10^{\frac{i}{10}}, f_{hi} = \frac{f_{cp_i}}{\sqrt[2h]{2}}, f_{bi} = f_{cp_i} \sqrt[2h]{2}, i = \overline{1, N}, \quad (2.2)$$

где i – номер полосы;

N – количество полос, равное 7 для октавной полосы и 21 для третьоктавной полосы;

h – число, равное единице для октавной полосы и трем для третьоктавной

полосы;

1000 – основная частота в Гц ряда предпочтительных частот (в исследовании эти частоты формируются в соответствии номером канала) для акустических измерений в соответствии с ГОСТ 12090–80.

В источнике [38] для расчета спектрального уровня мощности речевого сигнала используется выражение (2.1), с помощью которого осуществляется преобразование интегрального уровня речевого сигнала L_s , в его спектральные уровни $L_{s_i}(f_{cp_i})$ в третьоктавной полосе.

Основными составляющими, которые оказывают влияние на разборчивость речи, являются акустические естественные шумы и преднамеренные помехи, так как процесс восприятия речи в шуме сопровождается потерями составных элементов (формант и фонем) речевого сообщения. Известно, что разборчивость речи зависит от уровня и вида помех (шумов) в месте нахождения приемника технического средства акустической разведки [25, 35, 87, 109, 122].

Спектральный уровень суммарного шума $L_{ш_i}$ на входе акустического приемника, определяется выражением [47]:

$$L_{ш_i} = Le_i + \chi Ln_i, \quad (2.3)$$

где Le_i и Ln_i – спектральные уровни естественного шума и преднамеренных помех в акустическом канале утечки речевой информации, которые нумеруются на входе акустического приемника в i -ой третьоктавной полосе, Дб;

χ – формализованный параметр, уточняющий условия разведывательного контакта и характеризующий применение активных помех при $\chi = 1$.

Усредненные (среднестатистические) спектральные уровни (Le_i) и (Ln_i) акустических шумов в октавной полосе для типовых, в том числе и офисных помещений и территорий приведены в СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» [67].

С учетом вышесказанного, преднамеренная акустическая помеха математически описывается спектральной плотностью мощности шума ($g_{ш}$)

[Вт/Гц] и средними спектральными уровнями шума ($L_{ш}$) в третьоктавной полосе [Дб] [38, 47].

Рассмотрим математическое описание приведенных помех, подробно изложенное в работе [38] для дальнейшего сравнения параметров белого шума и речеподобной помехи. Так, средний спектральный уровень белого шума в третьоктавной полосе определяется выражением (2.4), спектральная плотность мощности белого шума – выражением (2.5), т.е.

$$L_{бш_i} = 10 \lg[g_{бш}(f_{в_i} - f_{н_i})], \quad (2.4)$$

где
$$g_{бш} = \frac{10^{0,1L_{\Pi}}}{f_{вN} - f_{н1}}, \quad (2.5)$$

L_{Π} – интегральный уровень преднамеренной помехи, создаваемый источником помех, Дб.

Спектральный уровень речеподобной помехи (речевой хор) со спектральным уровнем в третьоктавной полосе:

$$L_{px_i} = 10 \lg(k_i \frac{10^{0,1L_{\Pi}}}{S+1} + \sum_{s=1}^S (1 - \exp(\frac{-225}{L_{s_i}}) Rsn_{i,s})); \quad (2.6)$$

где S – количество помеховых речеподобных сигналов;

k_i – весовой коэффициент, характеризующий вероятность наличия формант в третьоктавной полосе;

L_{s_i} – спектральный уровень исходного (передаваемого) речевого сигнала в третьоктавной полосе, Дб;

$Rsn_{i,s}$ – коэффициент корреляции между спектрами переданного и сгенерированных речевых сигналов в третьоктавной полосе.

Выражения (2.3)-(2.6) представляют собой математическую модель, описывающую спектральный уровень суммарного шума на входе акустического приемника, находящегося в точке съема информации, создаваемого за счет наличия естественных шумов и сигнала СЗИ, генерирующего речеподобную помеху. При этом величина спектрального уровня преднамеренной помехи Ln_i в выражении (2.3) определяется с помощью выражения (2.6).

Из анализа структурно-пространственной модели акустического канала утечки информации [38] следует, что возможны четыре варианта пространственных условий разведывательного контакта, задаваемых формализованными параметрами p_1 и p_2 :

1. Подслушивание в открытом пространстве ($p_1 = p_2 = 0$).
2. Подслушивание в защищаемом помещении ($p_1 = 0, p_2 = 1$).
3. Подслушивание за пределами защищаемого помещения в открытом пространстве ($p_1 = 1, p_2 = 0$).
4. Подслушивание в соседнем помещении ($p_1 = p_2 = 1$).

Исходя из таких условий, спектральный уровень L_{ci} акустической системы для определения уровня словесной разборчивости в точке размещения акустического приемника определяется системой уравнений:

$$L_{ci} = \begin{cases} L_i - 20 \lg(r_0) - \frac{\beta_i r_0}{1000}, & \text{при } p_1 = p_2 = 0, \\ 10 \lg(10^{0,1Ln_{bi}} + 10^{0,1L_{di}}) = Ln_{1i}, & \text{при } p_1 = 0, p_2 = 1, \\ Ln_{1i} - Z_i - 20 \lg(r_2), & \text{при } p_1 = 1, p_2 = 0, \\ 10 \lg(10^{0,1(Ln_{bi} - Z_i)} + 10^{\lg(\frac{S_n}{\alpha_{2i} S_2})}), & \text{при } p_1 = p_2 = 1 \end{cases}, \quad (2.7)$$

где L_i – спектральный уровень акустического сигнала на выходе источника, Дб;

r_0 – относительное расстояние от источника акустического сигнала до акустического приемника;

β_i – значение коэффициента затухания звука в воздухе, Дб/м;

Ln_{bi} – спектральный уровень акустического сигнала в точке приема в защищаемом помещении, создаваемый прямой волной, Дб;

L_{di} – спектральный уровень акустического сигнала в точке приема в защищаемом помещении, создаваемый диффузной составляющей поля, Дб;

Ln_{1i} – спектральный уровень акустического сигнала на границе сред «воздух-ограждающая конструкция» в защищаемом помещении, Дб;

Z_i – потери (затухания) акустического сигнала в твердой среде распространения звукоизолирующей ограждающей конструкции, Дб;

r_2 – относительное расстояние от наружной поверхности ограждающей конструкции до точки приема акустического сигнала в открытом пространстве;

S_n – площадь ограждающих конструкций между защищаемым и соседним помещениями, м^2 ;

S_2 – площадь внутренних поверхностей соседнего помещения, в котором размещается акустический приемник, м^2 ;

α_{2i} – средний спектральный коэффициент звукопоглощения в соседнем помещении.

Значения спектральных уровней акустических сигналов, создаваемых прямой и переотраженными волнами, в точке приема определяются по формулам [123]:

$$Ln_{bi} = L_i - 20 \lg(r_1), L_{di} = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (2.8)$$

где r_1 – относительное расстояние от источника акустического сигнала до точки приема акустического сигнала в открытом пространстве;

I – удельная мощность облучения границ помещения, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$;

I_0 – удельная мощность облучения границ помещения в начальный момент времени, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

На основе модели среды распространения акустического сигнала, описываемой выражениями (2.7) и (2.8), рассчитываются спектральные уровни L_{ci} речевого сигнала на входе акустического приемника для различных вариантов пространственного разведывательного контакта.

С учетом этой особенности, а также формантного метода оценки, математическая модель для оценки словесной разборчивости речи должна описывать функциональную зависимость интегральной величины, характеризующей разборчивость речи от соотношения сигнал/шум на входе приемника, то есть от энергетических условий разведывательного контакта [27].

Для удобства вычислений $Rsn_{i,s}$, входящего в выражение (2.6) данный интегральный функционал в соответствии с методикой, приведенной в [47],

заменен на взвешенную сумму, которая позволяет производить расчет формантной разборчивости речи R :

$$R = \sum_{i=0}^n k_i r_i(Q_i), \quad (2.10)$$

где i – номер третьоктавной полосы;

n – число октавных полос;

k_i – весовой коэффициент, характеризующий вероятность наличия формант в третьоктавной полосе, то есть их весовой вклад в разборчивость;

$r_i(Q_i)$ – коэффициент восприятия формант, зависящий от относительного уровня (Q_i) сигнал/шум:

$$Q_i = q_i - \Delta A_i, \quad (2.11)$$

где q_i – энергетическое соотношение уровней акустического сигнала и помехового сигнала;

ΔA_i – формантный параметр, характеризующий энергетическую избыточность дискретной составляющей акустического сигнала.

На основании анализа источников, с учетом представленных выше условий в качестве показателя критерия оценки эффективности применения адаптивной РПП при защите конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу выбран уровень словесной разборчивости речи.

Словесная разборчивость – это заданная в процентах относительная количественная величина правильно понятых слов и разговоров, перехваченных техническими средствами разведки [57].

Расчет уровня словесной разборчивости речи (W) осуществляется с помощью следующего выражения [122]:

$$W = \begin{cases} 1,54 \cdot R^{0,25} [1 - \exp(-11 \cdot R)], & \text{если } R < 0,15, \\ 1 - \exp\left(-\frac{11 \cdot R}{1+0,7 \cdot R}\right), & \text{если } R \geq 0,15. \end{cases} \quad (2.12)$$

Выражения (2.10)-(2.12) позволяют оценить уровень словесной разборчивости на входе акустического приемника, при этом выражение (2.11)

определяет энергетические условия разведывательного контакта, от которого зависит формантная разборчивость речи, а выражение (2.12) описывает зависимость уровня словесной разборчивости от формантной разборчивости.

В целом, модель акустического канала утечки речевой информации является важным инструментом для определения уровня защищенности конфиденциальной речевой информации в офисном помещении. Она позволяет оценить риски, разработать эффективные меры защиты конфиденциальной речевой информации и провести оценку безопасности.

Рассчитанный, с помощью модели акустического канала утечки речевой информации, уровень словесной разборчивости речи позволяет сделать вывод о состоянии защиты конфиденциальной речевой информации в исследуемом акустовибрационном канале утечки речевой информации, оценить эффективность применяемых средств защиты.

2.2. Анализ методов адаптации, применяемых в средствах защиты конфиденциальной речевой информации

Представленная в п. 2.1 модель акустического канала утечки речевой информации позволяет получить ответ на вопрос об эффективности использования активных средств защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу в условиях города. Средство активной защиты конфиденциальной речевой информации должно не только удовлетворять требованиям защищенности офисного помещения, но и требованиям по уровню шума, описанных в п. 3.3 диссертации. Адаптация параметров РПП к параметрам субъектов переговоров позволяет выполнить данные требования.

На сегодняшний день рынок аппаратных средств защиты информации насыщен не только продуктами отечественных производителей, но и импортными средствами. Опираясь на требование подтвержденной надежности устройств, выбор производителя средств будет проводиться среди компаний, деятельность которых лицензирована в РФ, а продукты сертифицированы. В частности, таким предприятием, осуществляющим разработку и серийное

производство технических средств защиты информации, является ООО «Анна». Данная компания производит широкий спектр продукции, среди которых есть СЗИ «Соната». В рамках исследования представляется целесообразным провести сравнительный анализ технических средств защиты информации от утечки по акустовибрационному каналу, представленных в источнике [91].

Аппаратный комплекс защиты элементов информационной инфраструктуры – «Соната-АВ» модель 4Б предназначен для защиты выделенных помещений от утечки речевой информации по акустическим, акустовибрационным, акустоэлектрическим и оптико-электронным (лазерным) каналам утечки [91]. Производство изделия «Соната-АВ» модель 4Б сертифицировано ФСТЭК России.

Отличительным признаком изделия «Соната-АВ» модель 4Б является его архитектура вида «общий источник для электрического шумового сигнала и электроакустических преобразователей». Эта архитектура разработана, запатентована (патент № 27442) и апробирована ООО «Анна» – «свидетельство на полезную модель № 24610 приоритет от 20.05.2002 год». Основным преимуществом такой архитектуры является высокая защищенность речевой информации вследствие статистической независимости возбуждения маскирующего шума.

Сравнительный анализ архитектуры «общий источник для электрического шумового сигнала и электроакустических преобразователей» и архитектуры «центральный генератор в сочетании с электроакустическими преобразователями» показал, что архитектура «общий источник для электрического шумового сигнала и электроакустических преобразователей» имеет ряд преимуществ:

- подключение к общему питающему шлейфу любых сочетаний генераторов-излучателей, существенно облегчено проектирование и обслуживание;

- регулирование интегрального уровня и изменение спектра отдельного генератора-излучателя оказывает меньшее мешающее воздействие системы при заданном уровне защищенности.

Структурная схема работы средства защиты информации «Соната-АВ» представлена на рисунке 2.1.

Устройство защиты объектов информатизации от утечки информации по техническим каналам «Соната-АВ», предназначено для защиты информации, обрабатываемой объектами вычислительной техники (ВТ), от ее утечки по техническим каналам побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) на линиях вспомогательных технических средств и систем (ВТСС), электропитания, заземления и др.

Анализ структуры СЗИ «Соната АВ» позволил определить его преимущества и недостатки по сравнению с аналогичными СЗИ.

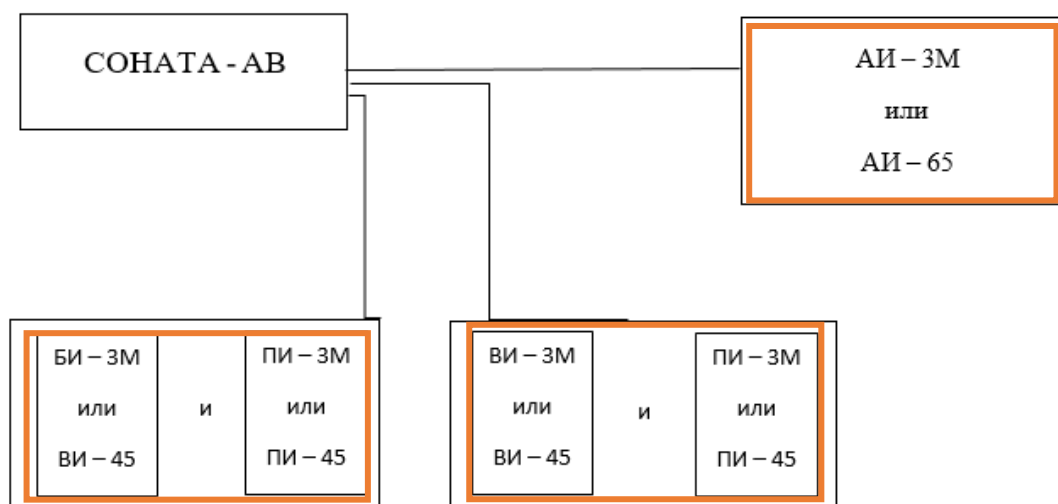


Рисунок 2.1 – Структурная схема средства защиты информации «Соната-АВ»

Преимущества «Соната АВ» модель 4Б:

1. Эффективное подавление акустических и виброакустических сигналов: устройство генерирует маскирующий сигнал, который мешает прослушиванию через микрофон или вибродатчик.

2. Простота использования: «Соната АВ» модель 4Б легко устанавливается и не требует специальных навыков для эксплуатации.

3. Компактный размер и стильный дизайн: устройство может быть незаметно размещено в помещении и не привлекает лишнего внимания.

4. Возможность регулировки уровня маскирующего сигнала: позволяет адаптировать устройство под разные условия эксплуатации и уровни посторонних шумов.

Недостатки «Соната АВ» модель 4Б:

1. Необходимость подключения к источнику питания: для работы устройства требуется электрическая сеть или аккумулятор.
2. Ограниченный радиус действия: «Соната АВ» модель 4Б эффективно защищает только в пределах помещения, где оно установлено.
3. Невозможность использования в условиях повышенных электромагнитных помех: наличие мощных источников электромагнитного излучения может негативно сказаться на работе устройства.
4. Дискретное изменение настроек уровней шума и тембра.
5. Средство работает непрерывно, в связи с чем злоумышленник может подобрать определить уровень шума и подобрать методы обработки сигнала.

Приведенный выше анализ характеристик СЗИ показал, что на сегодня нет помехового сигнала, параметры которого адаптируются к параметрам речевого сигнала. В связи с этим, приступая к построению модели адаптивной РПП целесообразно исследовать особенности и закономерности адаптивного управления системами, как основы процесса автоматизации деятельности человека. Это направление наиболее актуально для систем, представляющих потенциальную и реальную угрозу здоровью или жизни человека (например, перерабатывающие предприятия) или систем, которым угрожает человек (например, транспортные системы), а также для обеспечения информационной безопасности. Возникает необходимость работы с устранением человеческого фактора – внедрение адаптивных систем, которые позволят перевести процесс защиты информации на абсолютно другой уровень.

Адаптивное управление в информационной безопасности – это подход, который позволяет системе автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям и угрозам, обеспечивая более эффективную защиту, в частности и конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу [24, 34]. В основе адаптивного управления средством защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу методы теории информации и искусственного интеллекта, которые позволяют системе анализировать данные, выявлять угрозы и принимать

решения о необходимых действиях.

Примером адаптивного управления является применение машинного обучения для анализа сетевого трафика и выявления подозрительной активности. Система может автоматически обучаться на основе анализа данных, что позволяет ей выявлять новые угрозы и адаптировать свои алгоритмы для их обнаружения.

В целом, адаптивное управление является важным направлением развития информационной безопасности, поскольку оно позволяет системам более эффективно реагировать на новые угрозы и адаптироваться к изменяющимся условиям.

Применение существующих методов адаптации из других научных областей знаний является основой организации адаптивных систем защиты информации. Особенности такого прикладного применения обобщенных принципов адаптации отражают специфику специальности, не нарушая при этом норм зашумленности помещения.

При анализе методов, способов и алгоритмов адаптации системы к возмущающим воздействиям в диссертации использовано следующее определение:

«Адаптация – процесс изменения структуры системы радиосвязи или/и ее параметров на основе текущей информации об обстановке в канале с целью достижения требуемого качества приема сообщений при априорной неопределенности сведений о помехах в изменяющихся условиях работы. Адаптация обеспечивает расширение инвариантности системы связи к помехам» [24].

Анализ источников [24, 29, 31, 34, 42 и др.] позволил сделать вывод о том, что принципы организации адаптивных систем защиты информации основываются на модели адаптации систем управления. Наиболее распространены два основных вида адаптации [24]:

- параметрическая адаптация: коррекция, подстройка параметров систем без изменения принципов работы системы;
- структурная адаптация: адаптация структуры модели, допускающая

сохранение значений параметров системы.

Помимо представленной классификации видов адаптации, исследован обобщенный алгоритм построения моделей адаптивных систем. Так, в общем виде, он содержит следующие этапы [24]:

1. Исследование методов и моделей адаптации, для поиска удовлетворяющих требованиям разрабатываемой системы.
2. Модификация выбранных методов и моделей для корректного функционирования в рамках текущей области применения.
3. Апробация внедрения методов адаптации по отношению к разрабатываемой системе и проверка на соответствие итогов планируемыми результатам.

Вопрос о применении принципов адаптивного управления в сфере информационной безопасности поднимается не впервые. Существуют как типовые модели адаптации средств защиты информации, так и прикладные модели, которые выделяют специфику отдельных областей защиты информации.

При разработке конкретной модели адаптации СЗИ, проанализирована типовая модель адаптации СЗИ. Типовая модель адаптации СЗИ представлена на рисунке 2.2 [24].



Рисунок 2.2 – Типовая модель адаптации СЗИ

Типовая модель адаптации СЗИ демонстрирует общий подход к работе системы защиты информации с адаптивным управлением, без учета каких-либо отличительных особенностей подсистем защиты информации. В задаче типового комплекса подсистем защиты информации входит реализация принятых решений об оперативной реорганизации СЗИ. Подсистема анализа характера поступающих воздействий, взаимодействуя с репозиторием, осуществляет идентификацию и классификацию потенциальных угроз, формируя данные для принятия решений. Подсистема принятия решений, на основании результатов анализа, формирует управляющие воздействия для оперативной реконфигурации типового комплекса подсистем защиты информации, обеспечивая тем самым адаптивность к изменяющимся условиям.

Существующие адаптивные системы очищают сигналы в оптике [16] от шумов и искажений, вносимых атмосферой, в астрономии корректируют изображения и распознают образы, используются для адаптивного моделирования многолучевого канала связи и применяются при адаптивном синтезе цифровых фильтров, при адаптивном подавлении помех и фильтрации сигналов, в адаптивных антенных решетках и при адаптивном формировании лучей. Используются адаптивные системы в акустике и гидроакустике, когда принимаемые сигналы очищаются от искажений и шумов. В некоторых из этих случаев применяются системы с очисткой и компенсацией шумов и помех, а сами системы было бы более правильно называть системами автоматического регулирования.

Учитывая, что практическая цель исследования заключается в том, чтобы на границе контролируемой зоны создать область, за пределами которой речевой сигнал либо отсутствует, либо значительно искажается до состояния невозможности составления подробной справки о содержании перехваченного разговора, построение модели адаптивной РПП является актуальной задачей.

В процессе исследования выявлено, что при построении модели РПП, адаптирующейся к параметрам речевого сигнала субъекта переговоров необходимо учесть три аспекта, в значительной мере влияющих на ее эффективность:

1. Выбор алгоритма управления или метода компенсации волнового фронта акустического сигнала. Этот выбор зависит как от способа компенсации, так и от свойств компенсирующего объекта.

2. Пространственные и временные корреляционные функции компенсации волнового фронта, которые во многом определяются основными характеристиками компенсаторной системы – необходимым количеством акустических систем. В значительной степени компенсация определяется выбором датчика волнового фронта акустической волны, его фазовыми искажениями, а также выбором системы управления.

3. Выбор системы датчиков и той информации, на основании которой строится процесс управления.

Известно, что процесс восприятия речи в шуме сопровождается потерей компонентов голосового сообщения. Отчетливость голосового сообщения характеризуется количеством правильно принятых слов, отражающих семантическую разборчивость, выраженную с точки зрения деталей перехваченного отчета о разговоре, сделанного злоумышленником. Поэтому перед постановкой активной акустической помехи необходимо произвести расчет уровня словесной разборчивости и, основываясь на полученных значениях, производить регулировку мощности помехового сигнала. Применение этого способа позволит подобрать значение уровня излучения генератора помехи, уменьшив его мощность с максимальной на достаточную.

Таким образом, параметрическая адаптация – это один из ключевых методов защиты речевой информации, который позволяет учесть и конкретные условия ведения переговоров в офисном помещении.

С учетом вышесказанного, для повышения защищенности речевой информации при использовании СЗИ предложена модель адаптивной речеподобной помехи.

2.3. Модель адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации

Защита речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу является одной из главных задач в общем комплексе мероприятий по обеспечению информационной безопасности организации или учреждения [28].

Как показано в первой главе, в условиях городской застройки офисные помещения чаще всего располагаются в зданиях, имеющих общие входы и выходы, служебные помещения и т.п. Поэтому, прежде чем организовывать активную защиту конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу в офисном помещении необходимо иметь комплекс организационно-технических мер защиты, базисами которых являются режимный контроль за работой сотрудников, которые являются субъектами переговоров. Организационно-технические мероприятия направлены на своевременное решение вопросов защиты конфиденциальной информации с применением технических средств и мер организационного ограничения, регламентирующих использование офисных помещений при проведении конфиденциальных мероприятий. Необходимо отметить наличие ограничений на использование технических средств в офисном помещении, указанные в пп.1.1-1.3, которые связаны с условиями труда по уровню шума и ограничением на модификацию офисных помещений.

При использовании активных методов защиты конфиденциальной речевой информации от несанкционированного прослушивания в средствах активной защиты стремятся использовать помеховые сигналы с повышенными маскирующими свойствами, затрудняющими выделение полезного сигнала на фоне помехового. Как было показано в п. 1.3, речеподобная помеха позволяет реализовать такую возможность. Речеподобная помеха похожа по спектральным характеристикам на речевой сигнал, а также и по восприятию на слух. Общее представление системы активной защиты с использованием речеподобной помехи от несанкционированного прослушивания приведено на рисунке 2.3.

В работах [41–47, 57–69] содержится несколько определений РПП и описаний способов их формирования. Например, маскирующий сигнал «создают из исходного маскируемого сигнала путем модуляции шумовым сигналом моментов пересечения нуля маскируемым сигналом». Подчеркивается, что модуляция моментов пересечения нуля речевого сигнала может быть выполнена его фазовой модуляцией шумом.



Рисунок 2.3 – Общее представление системы активной защиты от несанкционированного прослушивания

В [61] упоминаются «речевой хор», состоящий из суммы нескольких речевых сигналов, и «речеподобный шум», алгоритм синтеза которого теоретически обоснован, представлен аналитическим выражением, подобранным к первым трем формантам интегрального формантного спектра.

В [81] маскирующее речевой сигнал воздействие именуется, как «шумовая речеподобная помеха (шум с огибающей амплитудного спектра, подобной речевому сигналу)». Отмечается, что: «В соответствии с требованиями Государственной технической комиссии при Президенте Российской Федерации генератор помех должен формировать шумовые колебания в диапазоне частот от 175 до 5600 Гц». По этим сведениям, для маскирования речевого сигнала речеподобной помехой «...специалистами в основном предлагается создание трех видов такой помехи»:

- речеподобная помеха первого типа образуется из записи речевых

сигналов трех дикторов с помощью станций на равных уровнях по смешиванию сигналов;

- речеподобная помеха второго типа синтезируется путем использования одного главного сигнала или частей разных речевых сигналов с шумовым сигналом;

- речеподобная помеха третьего типа образуется из многократного сложения частей защищаемого речевого сигнала с уровнями разного вида.

Анализ современных СЗИ и параметров помеховых сигналов, проведенный в первой главе, показал, что для защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу в офисных помещениях могут применяться активные средства защиты речевой информации где в качестве маскирующих сигналов используются речеподобные сигналы и речевые последовательности, которые формируются с учетом языковых особенностей речи и статистических особенностей встречаемости фонем в речи, а также длины слова или предложения.

Анализ методов формирования помеховых сигналов показал, что синтез речеподобных сигналов возможно осуществить, используя выборку по базе структурных единиц речи. В результате синтезированные таким образом речеподобные сигналы сохраняют все оттенки речи отдельно взятого субъекта переговоров, и их весьма сложно отличить от информационных сигналов этого субъекта переговоров.

На основе проведенного анализа предметной области, способов формирования помеховых сигналов сформулирована задача разработки модели адаптивной речеподобной помехи. Имеется офисное помещение, предназначенное для проведения конфиденциальных переговоров. Необходимо сформировать такой сигнал из суммы речевого и помеховых, при котором достигается полное отсутствие защищаемой речевой информации либо её значительное искажение на границе контролируемой зоны (значение уровня словесной разборчивости должно быть в пределах от 20 % до 35 %). При этом должны быть удовлетворены ограничения на интегральный уровень генерируемого СЗИ шума, мощность которого не должна превышать

требования санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (60 дБ).

Модель адаптивной речеподобной помехи основана на гармонической модели речевого сигнала [36, 39, 40] и представлена, собственно, речеподобной и компенсирующей помехами. Использование гармонической модели речевого сигнала в основе модели адаптивной РПП позволила учесть дискретность человеческой речи. Модель адаптивной речеподобной помехи состоит из двух параллельных процессов: формирования и адаптации речеподобной помехи с одновременным сокрытием исходного речевого сигнала, исходящего от субъектов переговоров.

Формализованная постановка задачи на разработку модели сформулирована следующим образом. Пусть в офисном помещении субъекты переговоров производят обмен речевыми сигналами. Злоумышленник принимает смесь сигналов, состоящей из речевого сигнала $S(t)$, компенсирующей помехи $S'(t)$, обеспечивающей за счет сложения в противофазе с защищаемым сигналом снижение его амплитуды, адаптивной РПП $S^{(РПП)}(t)$ и помехового сигнала $g(t)$, обусловленного сторонними источниками акустического сигнала. После аналогово-цифровых преобразований, совокупность речевого и помеховых сигналов в виде их гармонических моделей с дискретным представлением во времени может быть записана следующим образом:

$$z_d(i \cdot \Delta t) = S_d(i \cdot \Delta t) + S'_d(i \cdot \Delta t) + S_d^{(РПП)}(i \cdot \Delta t) + g_d(i \cdot \Delta t), \quad (2.13)$$

где $S_d(i \cdot \Delta t)$, $S'_d(i \cdot \Delta t)$, $S_d^{(РПП)}(i \cdot \Delta t)$ и $g_d(i \cdot \Delta t)$ – дискретное представление защищаемого речевого сигнала, компенсирующей помехи, РПП и помехового сигнала от сторонних источников в момент времени $t = i \cdot \Delta t, i = \overline{1, I}, I = \frac{T}{\Delta t}$,

T – время наблюдения сигнала,

Δt – интервал дискретизации, с которым осуществляется аналогово-цифровое преобразование сигналов в ЭВМ,

$$S_d(i \cdot \Delta t) = \sum_{k=1}^K A_k(i \cdot \Delta t) \cdot \cos[\varphi_k(i \cdot \Delta t)]; \quad (2.14)$$

$$S'_d(i \cdot \Delta t) = \sum_{k=1}^K B_k(i \cdot \Delta t) \cdot \cos[\varphi_k(i \cdot \Delta t) + \varphi_k(0) + \pi + \delta]; \quad (2.15)$$

$$S_d^{(\text{РПП})}(i \cdot \Delta t) = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K C_{kn}(i \cdot \Delta t) \cdot \cos[\varphi_k(i \cdot \Delta t) + \varphi_k(0) + \varphi_{kn}(i \cdot \Delta t)] + \\ + \sum_{n=1}^N r_n(i \cdot \Delta t); \quad (2.16)$$

$$g_d(i \cdot \Delta t) = \sum_{k=1}^K G_k(i \cdot \Delta t) \cdot \cos[\varphi_k(i \cdot \Delta t)], \quad (2.17)$$

где $A_k(i \cdot \Delta t)$, $B_k(i \cdot \Delta t)$, $G_k(i \cdot \Delta t)$ – амплитуды k – й гармоники соответственно защищаемого речевого сигнала, компенсирующей помехи и помехи от сторонних источников в момент времени, равном $i \cdot \Delta t$;

$C_{kn}(i \cdot \Delta t)$ – амплитуды k – й гармоники в n -м канале ($n = \overline{1, N}$) генератора РПП в момент времени, равном $i \cdot \Delta t$;

$\varphi_k(i \cdot \Delta t)$ – фаза k -ой гармонической составляющей звука, нарастающая с течением времени, в дискретном виде,

$$\varphi_k(i \cdot \Delta t) = \sum_{i=1}^I 2\pi f_k(i \cdot \Delta) + \varphi_k(0), \quad (2.18)$$

где $f_k(i \cdot \Delta t)$ – значение частоты k – й гармоники;

$\varphi_k(0)$ – значение фазы k -ой гармонической составляющей звука в начальный момент времени;

$\varphi_{kn}(i \cdot \Delta t)$ – набег фазы k -ой гармонической составляющей звука, обусловленный распространением сигнала в n -ом канале генератора РПП;

δ – параметр фазы, учитывающий задержку компенсирующей помехи относительно исходного сигнала, обусловленную различным пространственным положением генераторов компенсирующей помехи в помещении;

$r_n(i \cdot \Delta t)$ – значение амплитуды шума дискретизации речевого сигнала в n -м канале генератора РПП, обусловленного аналогово-цифровым преобразованием сигнала;

K – количество энергетически значимых (с ненулевой амплитудой) гармонических составляющих звука;

РПП формируется на основе речевых сигналов, приходящих на вход СЗИ от каждого субъекта переговоров с различной фазовой задержкой ($\varphi_{kn}(i \cdot \Delta t)$).

Таким образом, целевая функция адаптации параметров помехового

сигнала средства защиты информации к параметрам речевого сигнала заключается в снижении интегрального уровня помехового сигнала на интервале существования речевого сигнала:

$$J \left(S'_d(i \cdot \Delta t) + S_d^{(\text{РПП})}(i \cdot \Delta t) \right) \xrightarrow{T} \min, \quad (2.19)$$

при следующих ограничениях: обеспечение требуемого (заданного) уровня словесной разборчивости в контрольной точке приема речи – $W(z_d(i \cdot \Delta t)) \leq w_{\text{треб}} = 35 \%$; наличие полезного речевого сигнала $S_d(i \cdot \Delta t) > 0$,

где $w_{\text{треб}}$ – требуемый уровень словесной разборчивости.

В диссертации под термином «канал генератора РПП» понимается программно реализованное устройство обработки сигнала, которое формирует заданные частотные характеристики генерируемого помехового сигнала. Исследование, связанное с определением рационального количества каналов, представлено в третьем разделе диссертации.

Фаза речевого сигнала, представляет собой параметр, характеризующий временной сдвиг синусоидальной компоненты данной частоты относительно некоторой произвольно выбранной временной точки отсчета. Этот параметр отражает положение точки на синусоиде в начальный момент времени и определяет вклад этой компоненты в формирование речевого сигнала. В работе [124] показано, что параметр δ учитывать в $S_{\text{РПП}}(N, K, t)$ нецелесообразно, так как в рамках исследования рассматривается один генератор РПП и этот параметр не оказывает влияния на генерацию сигнала.

Таким образом, разработанная модель адаптивной речеподобной помехи, представленная выражениями (2.13)-(2.18), реализует два параллельных процесса: формирование компенсирующей помехи и формирование речеподобной помехи (РПП). Модель адаптивной РПП обеспечивает подстройку параметров сигнала СЗИ в соответствии с изменениями параметров речи субъектов переговоров.

Анализ результатов моделирования показал, что на фоне результирующего сигнала, складывающегося из речевого сигнала,

компенсирующей помехи и РПП, перехват результирующего сигнала не позволит выделить злоумышленнику конфиденциальную информацию. Таким образом, разработанная модель, определяемая выражениями (2.13)-(2.18) обеспечивает адаптацию параметров сигнала СЗИ к изменениям параметров речи субъектов переговоров в процессе их ведения.

2.4. Выводы по главе

Анализ модели акустического канала утечки информации, проведенный в п. 2.1, привел к обнаружению потенциальных путей утечки информации, определил методы оценки степени защищенности конфиденциальной информации и позволил разработать эффективные меры защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу. Формируемая модель адаптивной речеподобной помехи в СЗИ должна удовлетворять не только требованиям защищенности информации, но и требованиям условий труда по уровню шума.

При разработке модели адаптивной речеподобной помехи учитывался анализ предметной области, описанный в первой главе, в частности специфика офисного помещения и варианты речевой обстановки. Также в главе приведен анализ достоинств и недостатков применения современных СЗИ при защите конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу.

В модели адаптивной РПП реализуются два параллельных процесса: формирование собственно РПП и формирование компенсирующей помехи. РПП синтезируется путем пропускания речевого сигнала субъекта переговоров через каскад линий задержки с последующей аддитивной комбинацией полученных сигналов. Формирование компенсирующей помехи осуществляется с использованием метода, основанного на генерации сигнала, характеризующегося фазовой инверсией относительно речевого сигнала субъекта переговоров. При разработке модели адаптивной РПП были учтены аддитивные шумовые помехи, обусловленные внешними источниками, а также помехи квантования, возникающие в процессе аналого-цифрового

преобразования речевых сигналов в вычислительной среде.

Разработанная модель отличается от перечисленных тем, что для формирования РПП не нужно составлять библиотеку звуков, а также РПП адаптируется к параметрам речи субъектов переговоров в реальном масштабе времени, что повышает ее маскирующие свойства.

Модель адаптивной речеподобной помехи для СЗИ обеспечивает изменение параметров сигнала СЗИ в соответствии с изменениями параметров речи субъектов переговоров. Таким образом, модель адаптивной РПП учитывает уровень и тембр речевого сигнала субъектов переговоров в процессе их ведения и автоматически изменяет амплитуду в зависимости от изменения амплитуды речевого сигнала.

Анализ модели показал, что на фоне результирующего помехового сигнала, складывающегося из компенсирующей помехи, помехового сигнала, обусловленного другими источниками акустического сигнала и РПП, перехват речевого сигнала не позволит выделить злоумышленнику конфиденциальную информацию.

Модель адаптивной речеподобной помехи фактически реализует два способа адаптации: с обратной связью (в части изменения амплитуды и сдвига фазы) и прямой (инвертирование фазы). В ходе исследования доказано, что модель работает корректно.

В результате решена первая научная задача исследования – построение модели адаптивной речеподобной помехи, учитывающей изменяющиеся параметры речевых сигналов субъектов переговоров.

ГЛАВА 3. Алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации

3.1. Построение алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации

Построение алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи необходимо для решения задач защиты конфиденциальной речевой информации в офисных помещениях коммерческих организаций, государственных учреждений и различных компаний от утечек по акустовибрационному каналу.

Постановка задачи на разработку алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи, реализующего модель, описание которой представлено во второй главе, содержит ограничения, учитывающие требования нормативных актов по уровню шума в офисных помещениях и организацию процедуры прерывания генерации помехового сигнала для повышения его маскирующих свойств.

Поскольку, как было отмечено в первой главе, организации ведут свою деятельность в офисных помещениях, то при построении алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи для СЗИ рассматривалось стандартное офисное помещение. При этом рассматривалась, в соответствии с выводами, приведенными в п. 1.1 ситуация ведения переговоров и размещения аппаратно-программных средств защиты информации, согласно которой в офисном помещении размещается микрофон (МК) для приема акустических колебаний, возникающих при разговоре. Сигнал с микрофона поступает на генератор речеподобной помехи и воспроизводится посредством акустической системы, установленной в виде динамиков около стены, окон и двери (Д1, Д2, Д3 и Д4). За дверью, стеной и окнами располагаются контрольные точки съема информации (КТ1, КТ2, КТ3, КТ4). Места установки соответствующих устройств и процесс попытки съема акустического сигнала приведены на рисунке 3.1 [84-86]. Таким образом, при построении алгоритма учтены основные особенности офисного помещения, проявляющиеся при

проведении переговоров.

Алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи для СЗИ, как и модель формирования адаптивной речеподобной помехи реализует два параллельных процесса. Как показано в пункте 2.3, происходит формирование двух типов помеховых сигналов – собственно речеподобной и компенсирующей помех.

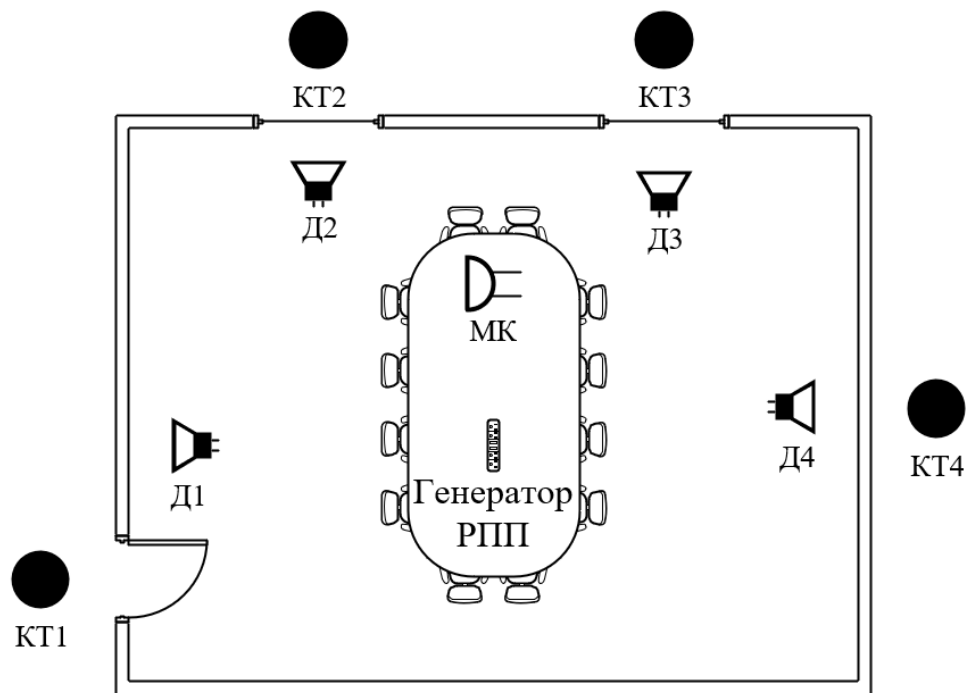


Рисунок 3.1 – Положение контрольных точек съема информации и генератора речеподобной помехи

Процесс генерации речеподобной помехи, формируемой из речевого сигнала, реализован на ПЭВМ, имеющей звуковую карту. Суть предлагаемой части алгоритма, отвечающей за формирование собственно речеподобной помехи заключается в следующем:

- на микрофон подается речевой сигнал субъекта переговоров $S(t)$;
- из речевого сигнала, после аналого-цифрового преобразования, формируется речеподобная помеха $S_a^{(РПП)}(i \cdot \Delta t)$ в соответствии с выражением (2.16) путем наложения фрагментов скрываемого речевого сигнала, поступающих с N каналов (достаточное количество каналов определено экспериментально);
- организуется процедура прерывания излучения помехового сигнала

при отсутствии речевого сигнала;

– речеподобная помеха $S_d^{(РПП)}(i \cdot \Delta t)$ подается на звуковую карту ЭВМ, с линейного выхода которой она может быть подана на звуковую колонку, или на внешний вход генератора шума СЗИ.

На рисунке 3.2 представлена структурная схема генератора формирования речеподобной помехи, построенного на базе ПЭВМ.



Рисунок 3.2 – Схема генератора формирования речеподобной помехи

Основным отличием предложенного алгоритма формирования речеподобной помехи от реализованного, например, в генераторе шума «Барон», является то, что вместо генерирования звуков речи и их записи в библиотеку звуков непосредственно использовались речевые сигналы субъектов переговоров. Это является большим достоинством разработанного алгоритма, так как если субъект переговоров использует английский язык, а помеховый сигнал формируется из уже записанных звуков русской речи, маскирующие свойства его снижаются.

Суть предлагаемой части алгоритма, отвечающей за формирование компенсирующей помехи, заключается в следующем:

- на микрофон подается речевой сигнал субъекта переговоров $S(t)$.
- речевой сигнал, после аналого-цифрового преобразования, поступает на фазовращатель, в котором происходит инверсия с учетом задержки (формирование компенсирующей помехи) $S'_d(i \cdot \Delta t)$, (выражение 2.15) после чего этот сигнал подается на звуковую карту ЭВМ, с линейного выхода которой компенсирующая помеха $S'(t)$ излучается в пространство;
- в контрольных точках съема информации речевой сигнал $S(t)$ складывается с компенсирующей помехой $S'(t)$ в пространстве помещения.

При параллельном формировании собственно РПП и компенсирующей

помехи в контрольных точках съема информации принимается смесь речевого сигнала, компенсирующей помехи, речеподобной помехи и помехового сигнала от сторонних источников, представленная выражением (2.13).

На рисунке 3.3 представлена структурная схема устройства формирования компенсирующей помехи, построенного на базе ПЭВМ.



Рисунок 3.3 – Схема генератора формирования компенсирующей помехи

Своевременный мониторинг сигнала рассогласования позволяет изменять параметры компенсирующей помехи в процессе работы СЗИ. Эта процедура мониторинга сигнала рассогласования положена в основу контроля качества процесса адаптации параметров помехового сигнала СЗИ к изменению параметров речевого сигнала субъекта переговоров. Кроме того, в разработанном алгоритме использована модернизированная модель активного шумоподавления, в которой противоположный сигнал (компенсирующая помеха) формируется за счет автоматической регулировки параметров этого сигнала при изменении параметров речевого сигнала, исходящего от субъекта переговоров.

Как было показано в первой главе, речевая обстановка в офисном помещении постоянно меняется, что требует непрерывного мониторинга параметров речевого сигнала субъекта переговоров. Таким образом, процедура изменения параметров РПП в соответствии с изменением параметров речевого сигнала субъекта переговоров является важной частью алгоритма реализации модели формирования адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации.

Алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи отличается введением процедур многоканальной генерации формирования адаптивной речеподобной помехи и ее прерывания при отсутствии речевого сигнала. Таким образом, разработанный алгоритм позволяет генерировать ее из речевого

сигнала субъектов переговоров только при его наличии, что повышает маскирующие признаки помехи.

3.2. Исследование алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации

Разработанный алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации, описанный в п. 3.1 реализован на базе стандартных объектов среды визуального проектирования *Simulink*, входящей в состав пакета *Matlab* [88-92]. Программная среда *Matlab* выбрана для проведения исследования в диссертации, так как является одной из наиболее популярных сред для научных и инженерных вычислений. Она имеет широкий спектр функций и инструментов, которые делают ее идеальным выбором для моделирования различных процессов и систем.

В подтверждение обоснования использования *Matlab* для моделирования проведен анализ его преимуществ:

1. Широкий спектр функций: *Matlab* включает в себя множество встроенных функций и операторов, которые позволяют моделировать различные процессы и системы.

2. Высокая точность результатов: *Matlab* обеспечивает высокую точность результатов моделирования благодаря использованию современных алгоритмов и методов.

3. Визуализация результатов: *Matlab* предоставляет удобные инструменты для визуализации результатов моделирования, что позволяет легко интерпретировать полученные данные.

4. Совместимость с другими программами: *Matlab* может использоваться вместе с другими программами, такими как *Simulink*, что расширяет возможности моделирования.

Программа *Simulink* является частью программного обеспечения *Matlab* и предназначена для моделирования и анализа динамических систем. Она обладает рядом преимуществ, которые делают его привлекательным инструментом для инженеров и ученых.

Во-первых, *Simulink* имеет простой и интуитивно понятный интерфейс, что позволяет пользователям быстро освоиться в программе. Во-вторых, он предлагает широкий спектр блоков для моделирования различных систем, таких как электрические, механические и другие.

Кроме того, *Simulink* позволяет пользователям создавать модели с высокой степенью детализации, что обеспечивает точность результатов моделирования. Также программа предоставляет возможность визуализации результатов моделирования в режиме реального времени, что облегчает процесс отладки модели.

Simulink также интегрируется с другими инструментами *Matlab*, что позволяет использовать его в комплексе с другими программными продуктами. Например, можно использовать *Matlab* для создания и оптимизации моделей, а затем использовать *Simulink* для симуляции этих моделей.

Наконец, *Simulink* обладает высокой степенью расширяемости благодаря возможности создания пользовательских блоков и библиотек. Это делает программу гибкой и адаптируемой к различным задачам моделирования.

Важной особенностью программного продукта, созданного в *Matlab-Simulink* является простота интеграции в программные продукты, разрабатываемые отечественными производителями, такие, например, как: Российская среда математических расчетов, модельно-ориентированного проектирования и программирования сложных технических систем (*ENGEE*) среда динамического моделирования (*SimInTech*) и др.

Разработанный алгоритм реализует два параллельных процесса, описанных в пункте 2.3. Далее приведено описание особенностей их протекания, для составления плана проведения исследования.

Источником для формирования помехового сигнала в генераторе речеподобной помехи служит выходной сигнал микрофона, установленного в помещении. Процесс многоканального формирования речеподобной помехи представлен на рисунке 3.4. В состав генератора входят: формирователь речеподобной помехи и акустомат.

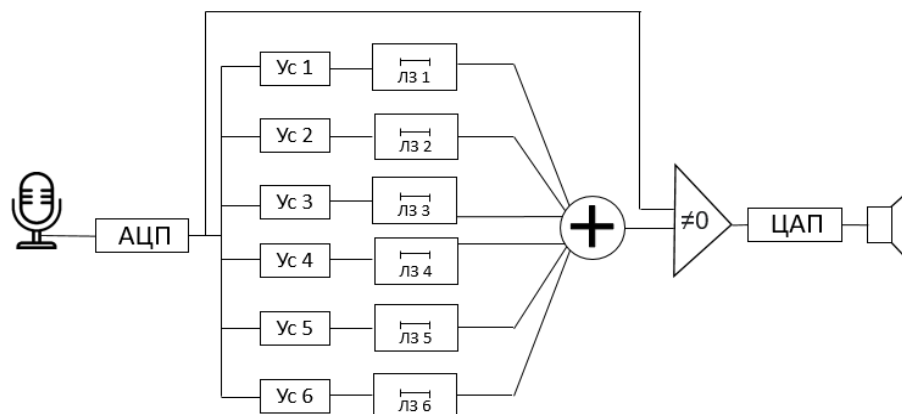


Рисунок 3.4 – Процесс многоканального формирования речеподобной помехи

Формирователь речеподобной помехи представляет собой несколько каналов преобразования исходного сигнала (рисунок 3.5) путем, при необходимости, усиления (ослабления) сигнала и задержки на определенный интервал времени.

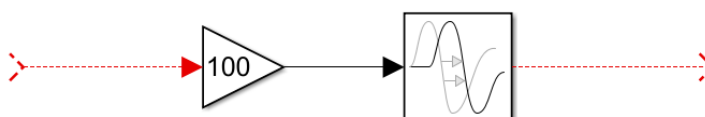


Рисунок 3.5 – Одиночный канал преобразования исходного сигнала

Как показали результаты исследования, проведенных с применением разработанного алгоритма, увеличение количества каналов формирования помеховых сигналов приводит к изменению как спектра, генерируемой помехи, так и ее амплитуды [94, 96, 97]. Эти изменения заметны уже при переходе от трехканальной схемы (рисунок 3.6) к четырехканальной (рисунок 3.7).

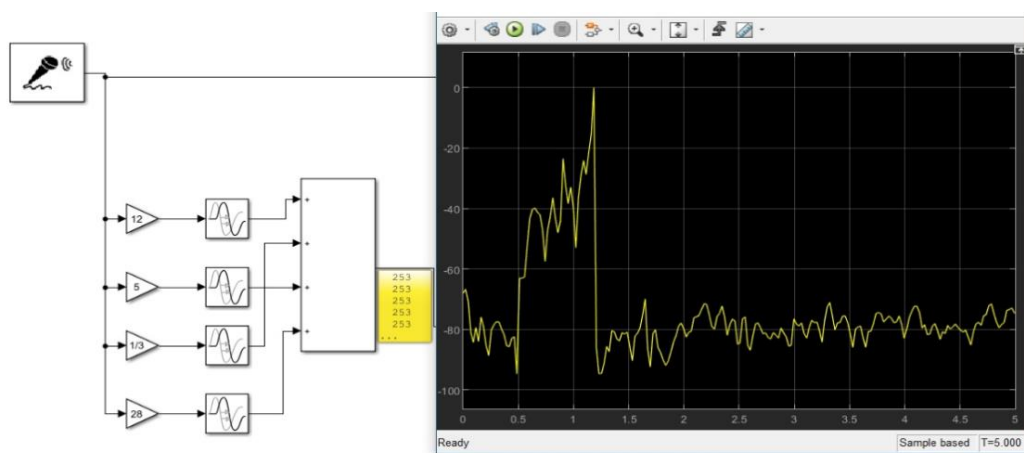


Рисунок 3.6 – Трехканальная схема генератора речеподобной помехи

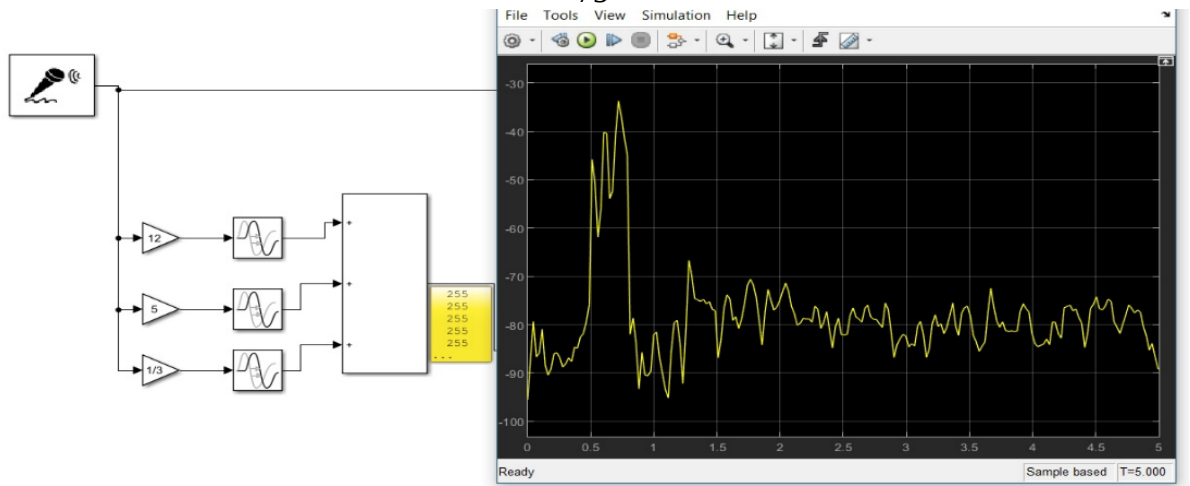


Рисунок 3.7 – Четырехканальная схема генератора речеподобной помехи

Поэтому в процессе вычислительного эксперимента определялось целесообразное количество каналов. В результате установлено, что увеличение каналов больше шести не приводит к существенным изменениям спектра генерируемой помехи. Таким образом, в процессе исследования, на примере перехода от трехканальной схемы генератора РПП к многоканальной, доказано, что увеличение количества каналов преобразования приводит к изменению, как спектра генерируемой помехи, так и ее амплитуды.

Реализация генератора речеподобной помехи с шестью каналами формирователя в среде *Simulink* представлена на рисунке 3.8 [83].

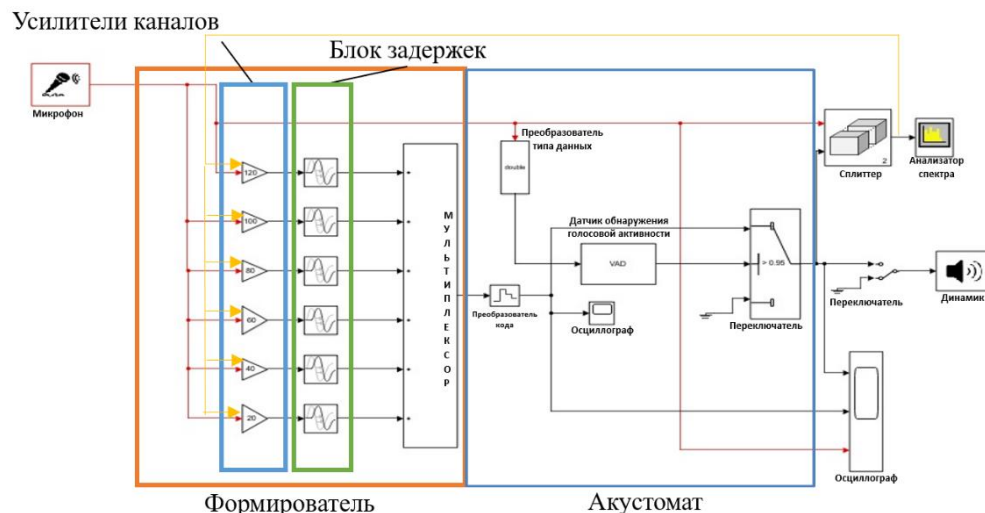


Рисунок 3.8 – Генератор речеподобной помехи с шестью каналами формирователя

Исследования, проведенные с применением разработанного алгоритма, показали, что временные характеристики линий задержки каналов

формирования для устранения пауз между фоноабзацами, фразами и синтагмами должны иметь значения 0.3, 0.5, 0.8, 1.1, 1.3 и 1.5 с соответственно.

В ходе исследования модели и алгоритма получены спектры речевого сигнала и, синтезированной генератором, речеподобной помехи (рисунок 3.9), а также временные диаграммы речеподобной помехи и ее смеси с исходным речевым сигналом (рисунок 3.10). Результат моделирования формирования речеподобной помехи с помощью генератора показал достаточную схожесть данных спектров.

Спектральный состав речи в значительной степени зависит от пола, возраста и индивидуальных особенностей говорящего. Для различных людей отклонение уровней сигналов, измеренных в октавных полосах, от типовых уровней может составлять до 6 дБ. Эта величина является среднестатистической для русского языка [89].

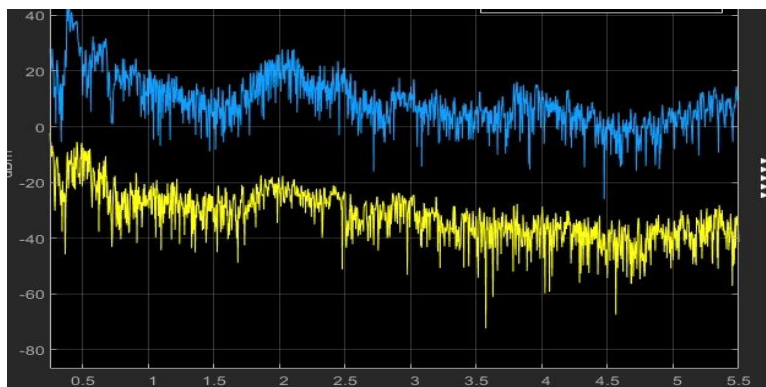


Рисунок 3.9 – Спектры речевого сигнала и речеподобной помехи

На рисунке 3.9 верхний сигнал (голубой цвет) – спектр РПП, нижний (желтый цвет) – речевой сигнал.

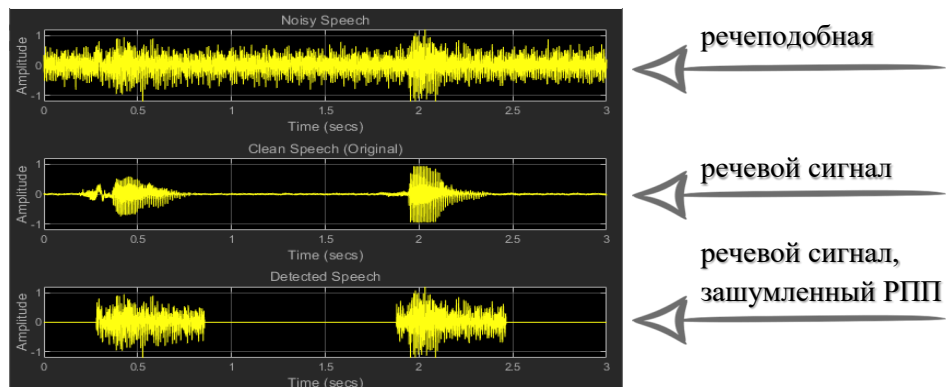


Рисунок 3.10 – Результаты работы генератора речеподобной помехи

Анализ сигналов, представленных на рисунках 3.9 и 3.10, показал, что

первая и седьмая октавные полосы являются малоинформативными, поэтому наиболее часто для оценки возможностей средств акустической разведки уровни речевого сигнала измеряют только в пяти (второй-шестой) октавных полосах [37].

В процессе исследования получены результаты реализации процесса адаптации параметров помехового сигнала с использованием инверсии речевого сигнала, с помощью фазовращателя и в п. 2.3 данный сигнал предложено назвать компенсирующей помехой.

Инверсия речевого сигнала, исходящего от субъекта переговоров, осуществляется с помощью фазовращателя и выводится на устройства воспроизведения. Схема процесса формирования компенсирующей помехи представлена на рисунке 3.11.

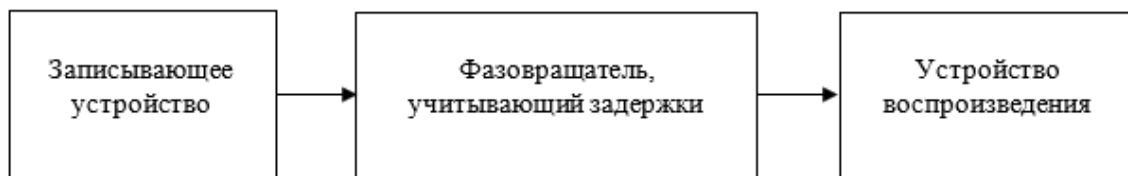


Рисунок 3.11 – Схема процесса формирования компенсирующей помехи

Сущность данной части алгоритма заключается в записи оцифрованного аудиопотока в звуковой файл, извлечении аудиоданных из звукового файла в массив данных, конвертации в массив вещественных чисел, выполнении быстрого преобразования Фурье с дальнейшим преобразованием комплексных чисел в значения амплитуды и построении спектра на основе полученных данных. Схема реализации процесса формирования компенсирующей помехи представлена на рисунке 3.12.

Из теории обработки сигналов на фоне помех известно, что фазу необходимо инвертировать на 180 градусов. В процессе проведения натурного эксперимента установлено, что за счет разности хода волн исходного сигнала и помехи, наблюдается небольшой сдвиг по фазе, вследствие чего возможна погрешность в 2-3 градуса. Это было учтено, что обеспечило достижение поставленной цели моделирования. Схема реализации процесса формирования компенсирующей помехи предусматривает возможность регулировки фазы

компенсирующей помехи. При установке фазы в 0 градусов, получаем, как следствие, неизменный сигнал. Результат моделирования процесса формирования компенсирующей помехи на интервале наблюдения речевого сигнала (T) представлен на рисунке 3.13.

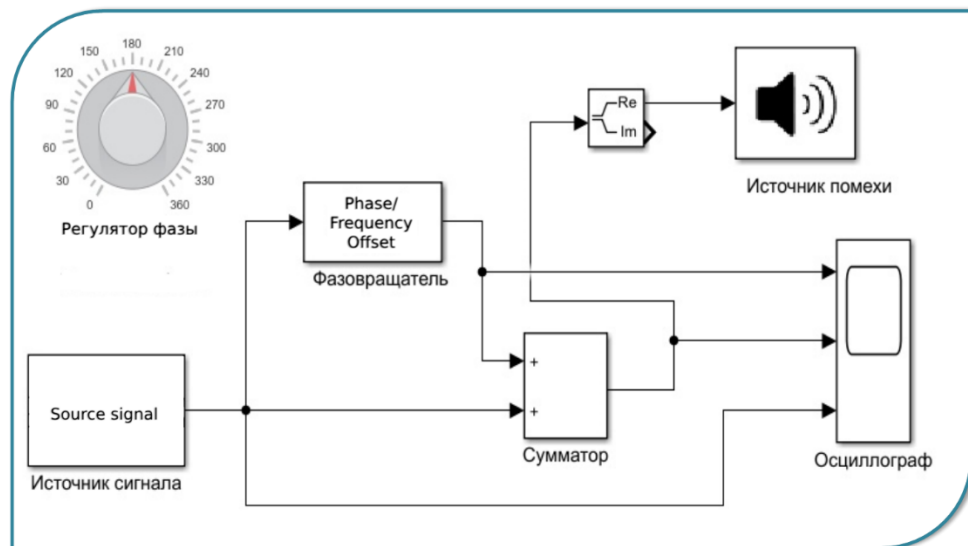


Рисунок 3.12 – Схема реализации процесса формирования компенсирующей помехи

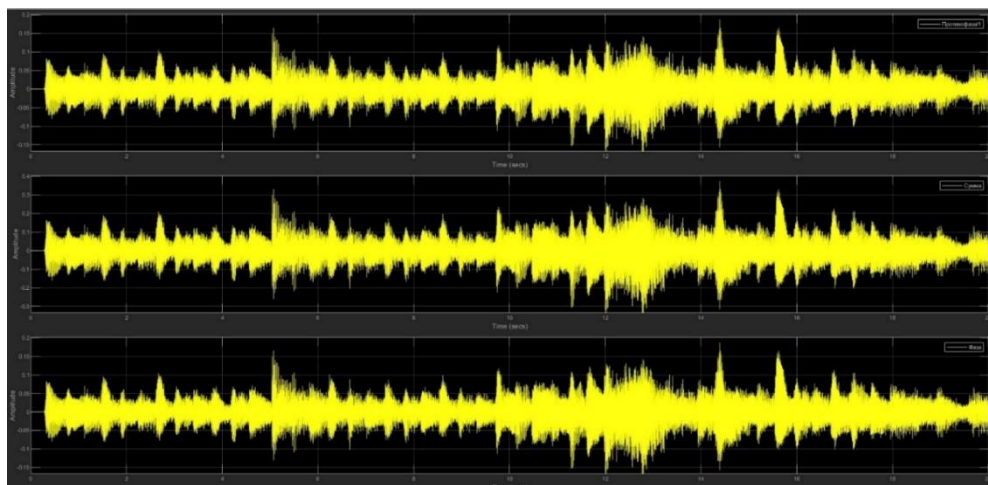


Рисунок 3.13 – Результат моделирования при установке фазы 0 градусов

При установке фазы на 180 градусов результат работы модели удовлетворяет поставленным целям моделирования. В ходе исследования алгоритма формирования адаптивной РПП получены спектры речевого сигнала и компенсирующей помехи, а также представлен результат сложения речевого сигнала и компенсирующей помехи. Результат моделирования предоставлен на рисунке 3.14.

Анализ результатов моделирования процесса адаптации параметров помехового сигнала СЗИ к параметрам субъектов переговоров показал, что компенсирующая помеха полностью подавляет речевой сигнал.

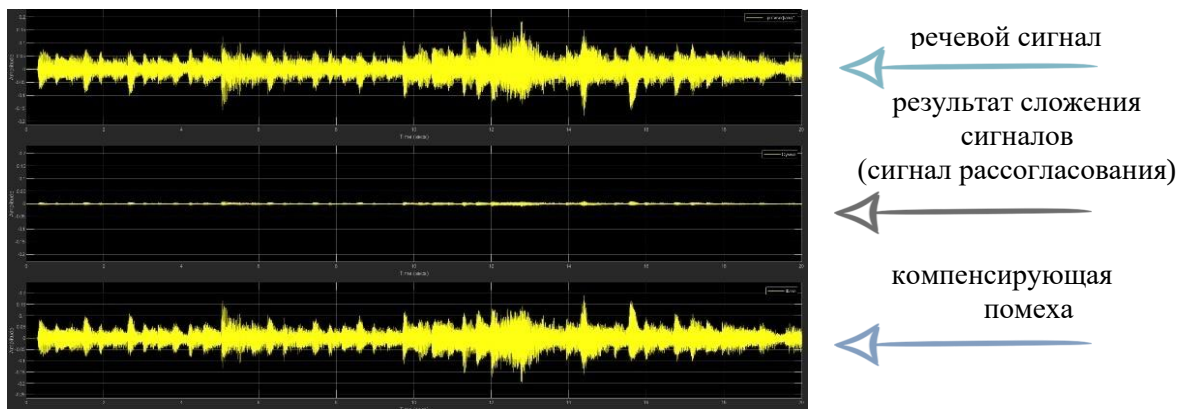


Рисунок 3.14 – Результат моделирования при установке фазы 180 градусов

На рисунке 3.14 по вертикальной оси представлены амплитуды сигналов с масштабом 0,5 относительных единиц, по горизонтальной оси – текущее время наблюдения сигналов с масштабом 2 с. В общем случае показателем эффективности мер защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу является наличие, за пределами контролируемой зоны, доступных для перехвата и анализа техническими средствами сигналов утечки. Анализ рисунка 3.14 позволяет сделать вывод, о том, что временные диаграммы речевого сигнала и сформированного разработанным алгоритмом помехового сигнала практически идентичны. Основные отличия сформированного сигнала от реального проявляются в различиях правых частей временных диаграмм. Но существенного влияния на результативности применения компенсирующей помехи это не оказывает.

В ходе исследования алгоритма получены спектры речевого сигнала и компенсирующей помехи, а также представлен сигнал рассогласования. Из графиков (рис 3.14) видно, что сигнал рассогласования практически равен нулю. Анализ результатов моделирования процесса адаптации параметров помехового сигнала к параметрам субъектов переговоров показал, что компенсирующая помеха полностью подавляет речевой сигнал.

При исследовании разработанного алгоритма изучались корреляционные

характеристики речевого сигнала и речеподобной помехи [78, 79]. Целью корреляционного анализа спектра речевого сигнала и речеподобной помехи – изучение влияния помеховых сигналов на качество передачи и восприятия речи. В результате этого анализа были получены результаты:

1. Корреляция между частотными характеристиками: анализируя спектры речевого сигнала и речеподобной помехи, определялись частотные характеристики обоих сигналов. Изучение корреляции между ними показало практически полное перекрытие спектров помехового и речевого сигналов.

2. Сравнение доминирующих частот: исследование доминирующих частот в спектрах речевого сигнала и речеподобной помехи позволяет определить области перекрытия, в которых РПП может значительно повлиять на понимание речи. Эти результаты полезны при решении обратной задачи – извлечения информации из смеси сигналов, определяемой выражением 2.13.

3. Определение временных особенностей сигналов: кроме спектральных характеристик, анализ временных особенностей речевого и помехового сигналов позволило исследовать динамику изменения этих сигналов, включая изменения в динамике звука и периодах высокой и низкой активности и влияние этого на значение сигнала рассогласования (рисунок 3.13, 3.14).

4. Оценка уровня воздействия помехового сигнала на восприятие речи: изучение корреляции между спектральными характеристиками речевого и помехового сигналов позволило определить воздействия интегрального уровня помехового сигнала на качество восприятие речи.

При обосновании показателя критерия эффективности применения адаптивной РПП [56] рассмотрены следующие показатели: уровень словесной разборчивости речи, допустимый уровень шума, предельно допустимый уровень шума.

Показатель эффективности применения адаптивной РПП должен:

- отражать основное назначение системы и соответствовать цели проводимого исследования;
- критичен по отношению к параметрам, определяющим его значение;
- наглядным и простым в определении;

– удобным для пользователя.

Поскольку в цели исследования заявлено выполнение требований условий труда по уровню шума, то необходимо установить количественные значения данных требований согласно нормативно-правовым актам в данной области.

3.3. Анализ требований нормативно-правовых актов по уровню шума в офисных помещениях

Требования условий труда по уровню шума регулируются нормативно-правовыми актами [66, 67], которые определяют допустимые значения уровня шума в различных помещениях, в зависимости от предназначения.

Документы, содержащие требования по уровню шума в офисных помещениях, включают в себя следующие:

1. Санитарные нормы и правила: В большинстве стран существуют санитарные нормы и правила, устанавливающие требования по уровню шума в рабочих помещениях. Эти нормативно-правовые акты включают предельно допустимые уровни шума для различных типов офисов и рабочих зон.

2. Государственные и региональные стандарты: могут существовать государственные стандарты и нормативы, устанавливающие требования по уровню шума в офисных помещениях в соответствии с законодательством страны. Эти стандарты обычно определяют предельно допустимые уровни шума, методы измерения и контроля шума в рабочих условиях.

3. Нормы безопасности труда: нормы и правила по безопасности труда могут включать требования по уровню шума в офисе для защиты здоровья и благополучия работников. Эти документы могут регламентировать обязательные меры по сокращению шума, использование защиты от шума и другие меры по обеспечению безопасности труда.

4. Документы о здоровье сотрудников: в некоторых компаниях и организациях могут существовать внутренние положения и документы, устанавливающие стандарты по уровню шума в офисе с целью поддержания здоровья и благополучия сотрудников.

5. Документы о звукоизоляции и дизайне помещений: при проектировании и реконструкции офисных помещений могут использоваться спецификации, планы и другие документы, которые включают требования по звукоизоляции и организации рабочих зон с учетом уровня шума для обеспечения комфортных условий труда.

Эти документы являются важным руководством для компаний и организаций по обеспечению соответствия уровню шума в офисе установленным стандартам, санитарным нормам и требованиям по безопасности труда. Соблюдение указанных требований помогает создать комфортную и продуктивную рабочую среду, улучшить условия труда сотрудников и соблюсти нормативные требования по уровню шума.

В санитарных нормах СН 2.2.4/2.1.8 562-96 [59] отражены требования, которые предъявляются к уровню шума на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях, а также на территории жилой застройки. Данные требования классифицируются по степени напряженности деятельности, виду работы и учитывается источник шума.

Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8 562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» устанавливают допустимые уровни звука для различных видов деятельности и условий окружающей среды, а также методы измерения и контроля шума. Они предназначены для обеспечения здоровых и безопасных условий труда и проживания, а также для предотвращения вредного воздействия шума на здоровье людей.

В процессе исследования нормативно-правовых актов проанализированы требования, которые применяются к помещениям офисного типа, с определенным видом деятельности.

Данные требования необходимо соблюдать, так как уровень шума не только влияет на здоровье находящихся внутри помещения сотрудников, но и на способность принимать решения. Также важный момент, возникающий при работе в офисном помещении, это соседние помещения, в которых также располагаются офисы. Излишний шум мешает рабочей деятельности в

соседних помещениях.

Таким образом, предельно допустимые значения уровня шума на рабочих местах, измеряемого в децибелах акустических (дБА), представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса проводят в соответствии с Руководством 2.2.013-94 «Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести, напряженности трудового процесса». Данные гигиенические критерии предназначены для оценки условий труда на рабочих местах по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса с целью установления приоритетности проведения оздоровительных мероприятий и обоснования применения мер социальной защиты, работающих [59]. Также для установления значений эргономических требований использован свод правил «Защита от шума» [67], который:

- устанавливает нормируемые параметры оценки и их допустимые значения шумового режима на рабочих местах производственных зданий, в помещениях жилых и общественных зданий, на территориях жилой застройки;
- описывает порядок проведения акустических расчетов по оценке ожидаемого шумового режима на указанных объектах;

– определяет порядок выбора и применения различных методов и средств для снижения расчетных или фактических уровней шума до требований санитарных норм, а также содержит указания по обеспечению в помещениях театральных, киноконцертных, спортивных или иных залов оптимального акустического качества с точки зрения их функционального назначения.

СНиП «Защита от шума» устанавливает требования к проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений с целью обеспечения допустимого уровня шума и вибрации. Этот документ регламентирует мероприятия по снижению шума от различных источников, таких как транспортные средства, промышленные предприятия, строительные площадки и т.д. СНиП также определяет методы измерения шума, допустимые уровни шума для различных объектов и территорий, а также требования к звукоизоляции и виброизоляции зданий и сооружений. В соответствии с требованиями этого документа **допустимый уровень шума** определяется как уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов его организма, чувствительных к шуму. Кроме этого, определен **предельно допустимый уровень шума (ПДУ)**, как уровень шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. При этом оговаривается отдельно, что соблюдение ПДУ шума не должен исключать нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Значения показателя этого критерия для помещений офисного типа, в которых генерируется и распространяется конфиденциальная информация, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные скорректированные по

уровни звука в помещениях производственных, жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

Назначение помещений или территорий	Для источников постоянного шума									Для источников непостоянного шума		
	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБ	Эквивалентный скорректированный по уровню звука, дБ	Максимальный скорректированный по уровню звука L_{Amax} , дБ
	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
1.Рабочие помещения административно - управленческого персонала производственных предприятий	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	65	80
2.Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70	70	85
3.Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	-	-

Поскольку, как показал анализ предметной области, длительность переговорного процесса существенно меньше времени, определенного за неделю (40 часов), то в качестве значения эргономического требования предложено использовать параметр «допустимый уровень шума».

Нормируемыми параметрами постоянного шума в расчетных или измерительных точках являются уровни звукового давления, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц, скорректированные по громкости звука [67].

Предельно допустимый уровень звука (ПДУ) в офисных помещениях должен составлять не более 50 дБ в дневное время (с 7:00 до 23:00) и не более 40 дБ ночью (с 23:00 до 7:00). Допустимый уровень звука должен находиться в пределах от 45 до 55 дБ в дневное время и от 35 до 45 дБ ночью [67].

Анализ данных, представленных в таблице 3.2, показал, что средний уровень постоянного шума в офисном помещении не должен превышать 45 дБ.

Такие значения уровней звука обеспечивают комфортное пребывание сотрудников в офисе, без раздражения и напряжения органов слуха. Однако, учет эргономических требований нужен, в частности, и потому, что длительное воздействие громкого шума может привести к различным заболеваниям органов слуха, поэтому рекомендуется делать перерывы на отдых в тихих помещениях или использовать индивидуальные средства защиты органов слуха (беруши, наушники).

Соблюдение требований по уровню шума в офисах имеет ряд важных причин:

1. Улучшение рабочей производительности: Шум в офисе может отвлекать сотрудников и мешать им концентрироваться на работе. Постоянное воздействие шума может привести к снижению эффективности и производительности работников. Соблюдение требований по уровню шума способствует созданию комфортной и спокойной рабочей обстановки, что в свою очередь способствует повышению производительности.

2. Здоровье и благополучие сотрудников: Длительное воздействие на организм высокого уровня шума может негативно сказываться на здоровье сотрудников. Проблемы со сном, стресс, усталость, головные боли и другие неприятные последствия могут возникнуть при постоянном шуме в офисе. Соблюдение требований по уровню шума помогает поддерживать здоровье и благополучие сотрудников.

3. Улучшение коммуникации: Высокий уровень шума может затруднять коммуникацию между сотрудниками и клиентами в офисе. Это может привести к недопониманиям, ошибкам в общении и снижению эффективности командной работы. Соответствие требованиям по уровню шума способствует более эффективному обмену информацией и взаимодействию в коллективе.

4. Соблюдение нормативов и законодательства: Во многих странах существуют нормативные требования, регулирующие уровень шума в офисных помещениях. Несоблюдение этих требований может привести к штрафам и

другим юридическим последствиям для компании. Поддержание правильного уровня шума в соответствии с законодательством является важным аспектом управления офисным пространством.

Исходя из этих факторов, соблюдение требований по уровню шума в офисах имеет существенное значение для обеспечения комфортных условий труда, заботы о здоровье сотрудников, повышения рабочей производительности, качества коммуникации и соблюдения нормативных требований. Создание спокойной и продуктивной атмосферы в офисе благоприятно влияет на все аспекты бизнеса и здоровье сотрудников. Такие проблемы невозможно решать в условиях города, так как сами здания расположены достаточно близко друг к другу. А также сами офисные помещения внутри также близко расположены. Чаще всего стены таких зданий недостаточно плотные и перегородки между офисами довольно тонкие, что мешает использованию стандартных средств защиты акустической информации за счет использования активного зашумления.

3.4 Выводы по главе

В главе представлено описание и некоторые результаты исследования алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи для СЗИ.

Сущность разработанного алгоритма заключается в параллельной работе двух процессов, что обеспечивает заданный уровень защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу и соблюдение требований условий труда по уровню шума.

В контексте ведения конфиденциальных переговоров адаптация параметров речеподобной помехи помогает защитить конфиденциальную речевую информацию и предотвратить съём речевой информации по акустовибрационному и, возможно, по другим каналам, что особенно важно для компаний и организаций.

При сравнении спектров речевого сигнала и компенсирующей помехи получен результат, который иллюстрирует подавление компонентов исходного речевого сигнала.

Для реализации предложенного алгоритма выбран математический пакет *Matlab*. Результат моделирования показал визуальную схожесть спектров помехи и речевого сигнала.

Такой алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи для СЗИ позволяет организовать более гибкую и адаптивную систему защиты офисного помещения для обеспечения защиты конфиденциальной речевой информации, которая может эффективно работать с разными типами речи, в том числе и языками, и индивидуальными особенностями участников переговоров. Это, в свою очередь, повышает уровень защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу в условиях постоянно меняющихся условий окружающей среды и действий злоумышленников.

Снижение интегрального уровня помехового сигнала также играет важную роль при защите конфиденциальности речевой информации. Путем уменьшения фонового шума и помехи можно предотвратить несанкционированный доступ к сигналам и конфиденциальным данным.

Результаты исследования алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи для СЗИ позволили сделать вывод о том, что наибольшим подавляющим эффектом на канал утечки информации является компенсирующая помеха, которая формируется за счет преобразования исходного речевого сигнала. Алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи позволяет генерировать ее из речевого сигнала субъектов переговоров только при его наличии, что повышает маскирующие признаки помехи.

Требования условий труда по уровню шума являются важным аспектом при исследовании разработанного алгоритма, так как согласно нормативно-правовым актам уровень шума влияет на способность субъектов переговоров к принятию решений. Высокий уровень шума может затруднить способность человека принимать решения, так как он может отвлекать внимание и мешать концентрации. Это может привести к ошибкам в принятии решений и снижению производительности.

Для определения эргономических требований в офисном помещении использовались следующие нормативно-правовые акты: СНиП «Защита от шума», СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» и Руководство 2.2.013-94. Согласно требованиям в офисном помещении, в котором проводятся переговоры, необходимо сдерживать уровень шума в пределах до 50 дБ.

При исследовании разработанного алгоритма реализации модели формирования адаптивной речеподобной помехи для СЗИ уровень шума не превышает 40 дБ, что удовлетворяет требованиям СНиП 23-03-2003 / Свод правил № 51.13330.2011.

Разработанный алгоритм отличается тем, что сформированная адаптивная речеподобная помеха сохраняет все оттенки речи определенного субъекта переговоров и ее весьма сложно отличить от информационных сигналов этого же человека. Проведенное исследование показало, что увеличение количества каналов генератора больше шести не дает существенного прироста результатов, но при этом усложняет и увеличивает стоимость реализации СЗИ.

Таким образом, в данной главе решена вторая частная задача исследования – разработка алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи к изменению параметров речи субъектов переговоров и речевой обстановки в офисном помещении с прерыванием генерации помехового сигнала.

ГЛАВА 4. Оценка эффективности применения модели и алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи в средствах защиты информации

4.1. Описание прототипа аппаратно-программного комплекса защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу

Для оценки эффективности применения модели и алгоритма формирования адаптивной РПП в СЗИ при защите конфиденциальной речевой информации в помещениях офисного типа разработан прототип аппаратно-программного комплекса (АПК). В процессе исследования определены минимальные требования к аппаратной части ЭВМ:

1. Центральный процессор (*CPU*):
 - минимальное количество ядер: 12;
 - архитектура процессора: рекомендуется использование современного многопоточного процессора с поддержкой параллельной обработки данных;
 - частота процессора: рекомендуется использование процессора с достаточной частотой для обеспечения высокой производительности при выполнении задач.
2. Оперативная память (*RAM*):
 - минимальный объем памяти: 24 ГБ;
 - тип памяти: рекомендуется использование быстрой оперативной памяти с высокой пропускной способностью для эффективной обработки больших объемов данных.
3. Жесткий диск (*HDD*) или твердотельный накопитель (*SSD*):
 - минимальный объем накопителя: 500 ГБ;
 - тип накопителя: рекомендуется использование твердотельного накопителя (*SSD*) для быстрой загрузки операционной системы и приложений, а также для ускорения процессов чтения/записи данных.

Современные ПЭВМ соответствуют этим требованиям, то есть не предъявляются специальные требования к быстродействию, объемам ОЗУ и

ПЗУ и т.д. Основной особенностью аппаратной части АПК является наличие двух звуковых выходов. При отсутствии такой возможности требуются два устройства воспроизведения звука со следующими характеристиками:

- 24-разрядный цифро-аналоговый преобразователь;
- динамический диапазон от 87 до 123 дБ;
- частота дискретизации не менее 44.1 кГц.

Специальное программное обеспечение (ПО), этому ПО авторы дали название «ИСИДОРА» [54], реализует генератор адаптивной речеподобной помехи и фазовращатель (см пп. 2.3, 3.1). Генератор адаптивной РПП состоит из формирователя РПП и модуля обнаружения активности голоса. В модуле генератора речеподобной помехи происходит формирование РПП с учетом прерывания генерации помехового сигнала, и сформированная таким образом речеподобная помеха выводится на устройство воспроизведения при наличии речевого сигнала в помещении. В модуле, отвечающем за формирование компенсирующей помехи, происходит инверсия речевого сигнала за счет работы фазовращателя. Схема прототипа аппаратно-программного комплекса представлена на рисунке 4.1.

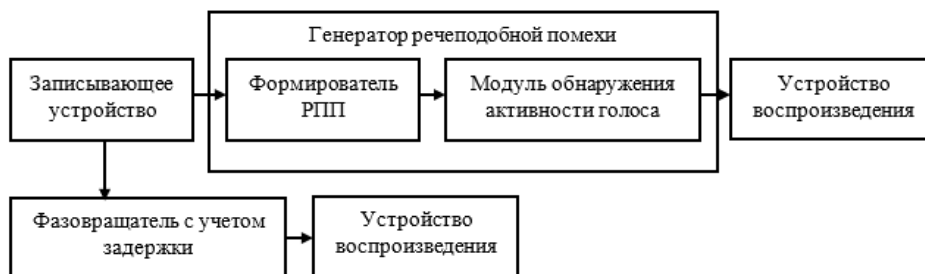


Рисунок 4.1 – Схема прототипа аппаратно-программного комплекса

Для исследования возможностей средств защиты от утечки конфиденциальной речевой информации по акустическому каналу прототип аппаратно-программного комплекса реализован в виде стенда, объединяющего в единый комплекс основные устройства защиты. Так, минимальным набором устройств, обеспечивающим безопасность помещения офисного типа от утечки конфиденциальной речевой информации, является комплект из генератора акустических помех, виброгенераторов, обеспечивающих защиту от утечки по

акустиковибрационному каналу и предотвращающих съём информации оптикоэлектронными устройствами.

Так, расположение генератора-вибровозбудителя на трубопроводе, как показано на рисунке 4.2, позволит, добавив к речевому сигналу адаптивную РПП, предотвратить съём речевой информации злоумышленником. Размещение источника адаптивной РПП на оконном стекле предотвратит возможную утечку конфиденциальной речевой информации при помощи лазерных средств акустической разведки. Схема стенда с перечисленными устройствами представлена на рисунке 4.2.

В программно-аппаратном комплексе используются следующие устройства:

- генератор-акустоизлучатель «Соната – СА65М»;
- генератор-вибровозбудитель «Соната – СП45М»;
- блок электропитания и управления «Соната – ИПЗ»;
- генераторы-вибровозбудители «Соната – СВ45М».

Генератор-акустоизлучатель «Соната-СА-65М» является комбинацией широкополосного электроакустического преобразователя повышенной мощности и генератора электрического шумового сигнала. Внешний вид устройства представлен на рисунке 4.3. Он используется для возбуждения шумовых вибраций в массивных элементах защищаемого помещения таких как [92]:

- ограждающие конструкции помещения (стены, потолок, пол, двери);
- массивные окна;
- трубы систем тепло-, водо- и газоснабжения.

«Легкий» генератор-излучатель «Соната СП-45М» является техническим средством защиты речевой информации от утечки по вибрационному каналу путём формирования шумового сигнала речевого диапазона частот в соответствии с нормативными требованиями. Устройство представлено на рисунке 4.4.

Генератор является комбинацией специализированного электроакустического преобразователя малой мощности и генератора

электрического шумового сигнала. Основное назначение – возбуждение шумовых вибраций в относительно лёгких (тонких) элементах защищаемого помещения таких как остекление окон (дверей, офисных перегородок).

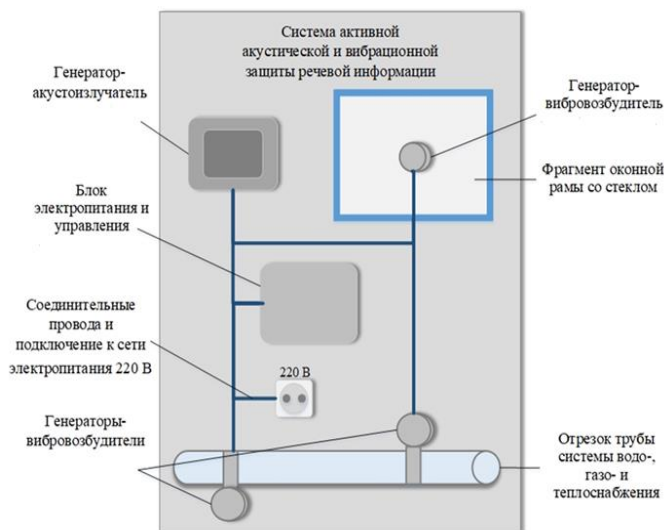


Рисунок 4.2 – Схема стенда «Система активной акустической и вибрационной защиты речевой информации»



Рисунок 4.3 – Генератор-акустоизлучатель «Соната-СА-65М»



Рисунок 4.4 – Генератор-вибровозбудитель «Соната – СП45М»

«Тяжёлый» генератор-виброизлучатель СВ-45М является комбинацией широкополосного электроакустического преобразователя повышенной мощности и генератора электрического шумового сигнала. Основное назначение – возбуждение шумовых вибраций в массивных элементах защищаемого помещения таких как:

- ограждающие конструкции помещения (стены, потолок, пол, двери);
- массивные окна;
- трубы систем тепло-, водо- и газоснабжения.

Устройство «Соната СВ-45М» продемонстрировано на рисунке 4.5.



Рисунок 4.5 – Генератор-вибровозбудитель «Соната – СВ45М»

Блок электропитания и управления «Соната-ИПЗ» предназначен для:

- электропитания и управления подключаемыми элементами системы активной акустической и вибрационной защиты акустической речевой информации в ходе ее эксплуатации;
- автоматического контроля исправности и режимов работы подключенных к нему устройств;
- настройки изделий и считывания из них служебной информации (состояние счетчика наработки, код ошибки при отказе, индивидуальный адрес и т.п.), при инсталляции комплекса технических средств защиты информации.

Универсальный блок питания и управления для систем защиты информации «Соната-ИПЗ» позволяет объединить все подключенные к нему устройства в комплекс технических средств защиты информации.

Основными достоинствами использования универсального блока питания и управления являются:

- относительно невысокая стоимость системы, а также простота её проектирования и монтажа при малом количестве и большом разнообразии типов нагрузок;
- потенциально более высокая стойкость защиты речевой информации вследствие статистически независимого возбуждения помехового сигнала во всех каналах утечки;
- потенциально меньшее мешающее действие системы вследствие

возможности регулировки интегрального уровня помехового сигнала и корректировки спектра каждого излучателя [93].

Устройство «Соната-ИПЗ» представлено на рисунке 4.6.



Рисунок 4.6 – Блок питания и управления «Соната-ИПЗ»

С учетом выбранных средств защиты модель демонстрационного стенда была реализована, так, как показано на рисунке 4.7.

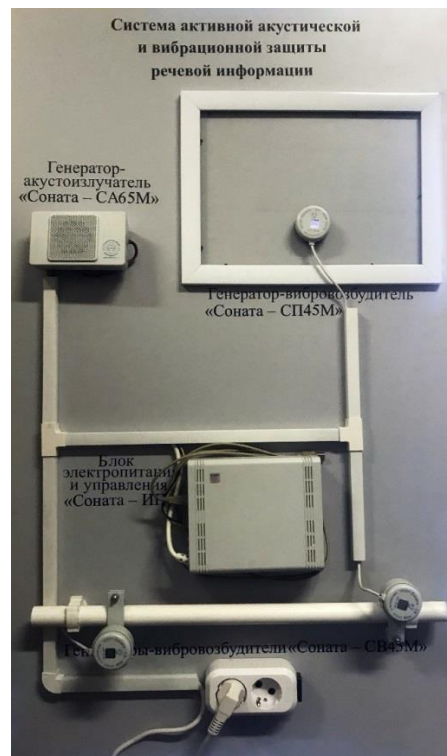


Рисунок 4.7 – Реализованный стенд «Система активной акустической и вибрационной защиты речевой информации»

Программная часть прототипа аппаратно-программного комплекса реализована в виде кроссплатформенного программного обеспечения, не требующего дополнительного программного обеспечения и библиотек.

Для прототипа аппаратно-программного комплекса разработаны организационные рекомендации по его применению, приведенные ниже.

Прототип АПК предназначен для защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу в помещении офисного типа.

Настройку и организацию работы АПК должен осуществлять специалист по информационной безопасности компании (предприятия). Прототип АПК размещается в помещении, в котором планируются переговоры. Работа прототипа АПК осуществляется непосредственно во время проведения переговоров.

Ожидаемые результаты работы прототипа АПК заключаются в обеспечении заданного значения уровня словесной разборчивости на границе контролируемой зоны офисного помещения при соблюдении требований условий труда по уровню шума.

Также для разработанного прототипа АПК разработаны методические рекомендации для специалистов по информационной безопасности по его применению.

В терминах объектно-ориентированного программирования основными методами класса являются методы запуска и остановки работы микрофона, соответственно включающие и отключающие метод обработки звука. Метод обработки звука обеспечивает, включение записи оцифрованного аудиопотока в звуковой файл, извлечение аудиоданных из звукового файла в массив байтов, конвертация в массив вещественных чисел, выполнение быстрого преобразования Фурье с дальнейшим преобразованием комплексных чисел в значения амплитуды и построение спектра на основе полученных данных. Обновление данных на интерфейсе пользователя осуществляется в соответствии с программно заданным периодом.

Запуск метода начала тестирования реализуется в отдельном потоке обработки данных, не прекращая работу анализатора спектра речевого сигнала. Параллельно запускается воспроизведение тест-сигнала на среднегеометрических частотах выбранного октавного диапазона. Уровень шума до включения тест-сигнала и уровень самого речевого сигнала в момент воспроизведения записываются. Эти данные служат основой расчета уровня

словесной разборчивости по описанной ранее методике [58, 83, 88]. Результаты расчетов выводятся в виде таблицы в основном окне и запоминаются, позволяя пользователю обратиться к этим данным позднее в отдельном окне. Вид таблицы представлен на рисунке 4.8.

Автоматическая настройка генератора РПП, реализованного программно, начинается с нажатия соответствующей кнопки. Далее, выполняется подключение к генератору речевого сигнала и производится настройка уровня мощности и тембра в соответствии с разработанной методикой.

№ октавы	Диапазон частот	Средняя частота	Уровень сигнала, дБ	Уровень шума, дБ	W
1	175-350	250	30,323	35,727	0,31
2	350-700	500	32,46	35,285	0,31
3	700-1400	1000	44,556	27,562	0,31
4	1400-2800	2000	43,199	19,417	0,31

Рисунок 4.8 – Результаты расчета уровня словесной разборчивости

Дополнительно в программном обеспечении генератора РПП реализованы вспомогательные методы, обеспечивающие дополнительные настройки интерфейса, позволяя пользователю настроить приложение под требования решаемой задачи. Такими методами являются: изменение количества анализируемых октав, смена вида масштаба спектра – по умолчанию спектр звукового сигнала представлен в виде графика в логарифмическом масштабе. Дополнительно возможно отобразить относительный уровень сигнала в децибелах и соответственно расширить или уменьшить диапазон по оси Y. Метод усреднения шума обеспечивает формирование значения среднего уровня шума на конкретной октаве, добавляя соответствующую линию на график. Результат применения метода усреднения шума в программном обеспечении представлен на рисунке 4.9.

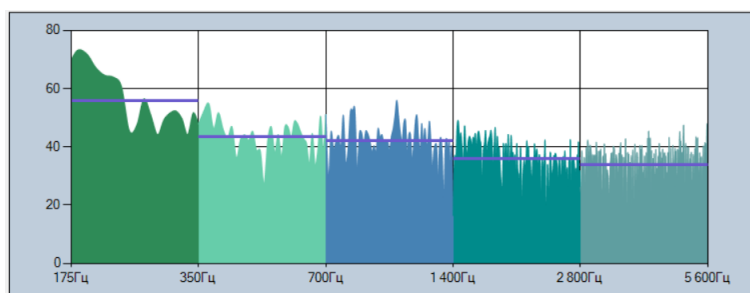


Рисунок 4.9 – Результат применения метода усреднения шума

Подключение и размещение аппаратных средств защиты необходимо выполнять в соответствии с инструкцией производителя. Основываясь на его рекомендациях, удастся достичь оптимального уровня защиты помещения с имеющимся комплексом технических средств. Необходимые инструкции доступны на сайте производителя и подбираются в зависимости от конкретной модели устройства.

На рисунке 4.10 изображены основные варианты размещения датчиков съема звука при измерениях основных ограждающих и инженерных конструкций.

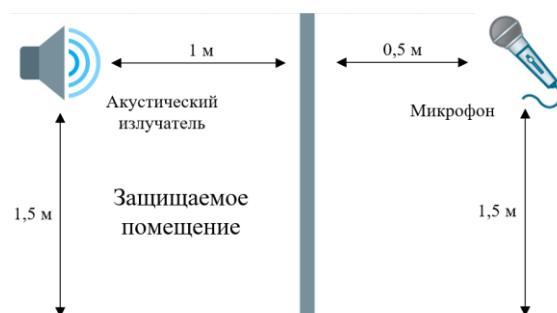


Рисунок 4.10 – Схема размещения датчиков при измерениях основных ограждающих и инженерных конструкций

Поскольку существуют особенности при измерениях перекрытий (пола и потолка), то в этом случае излучатель и микрофон размещаются в соответствии со схемой, представленной на рисунке 4.11.



Рисунок 4.11 – Схема размещения датчиков при измерениях перекрытий пола и потолка

Предварительная установка программного обеспечения «ИСИДОРА» не требуется, так как программа является портативной, активация заключается в

запуске соответствующего исполняемого файла. Программу следует запускать на устройстве, к которому уже подключен блок управления и питания средств защиты. Пользовательский интерфейс приложения продемонстрирован рисунком 4.12.

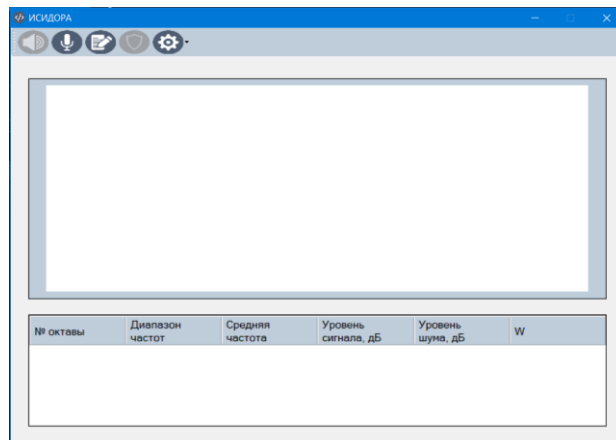


Рисунок 4.12 – Пользовательский интерфейс программы «ИСИДОР»

Запуск записи и анализа звука осуществляется нажатием кнопки «Включить микрофон» (рисунок 4.13). При наведении на эту или любую последующую кнопку появится всплывающая подсказка.

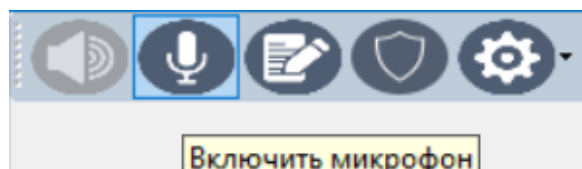


Рисунок 4.13 – Кнопка «Включить микрофон»

Режим тестирования включается нажатием кнопки «Воспроизвести тест-сигнал» (рисунок 4.14). До включения записи звука данный функционал заблокирован.

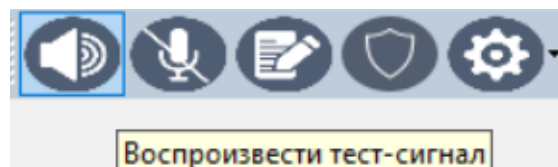


Рисунок 4.14 – Кнопка «Воспроизвести тест-сигнал»

Воспроизведение тест-сигнала отобразится на спектре отдельными всплесками на каждой анализируемой октаве. Наблюдать этот процесс можно на графике спектра (рисунок 4.15).

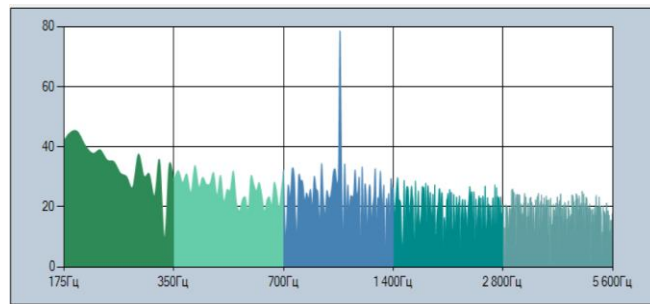


Рисунок 4.15 – Всплеск уровня сигнала на графике спектра

Результаты расчетов параметров помехового сигнала представлены в таблице результатов (рисунок 4.16).

№ октавы	Диапазон частот	Средняя частота	Уровень сигнала, дБ	Уровень шума, дБ	W
1	175-350	250	36,683	36,355	0,292
2	350-700	500	37,431	30,403	0,292
3	700-1400	1000	45,713	26,279	0,292
4	1400-2800	2000	43,818	26,351	0,292

Рисунок 4.16 – Результаты расчета уровня словесной разборчивости

Помимо этого, нажатием кнопки «История измерений», представленной на рисунке 4.17, предусмотрен вывод результатов измерений, произведенных в последний запуск программы.

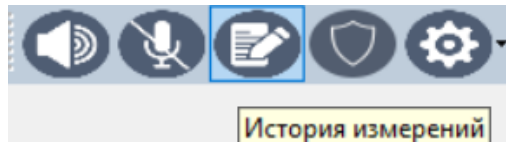


Рисунок 4.17 – Кнопка «История измерений»

Кнопка настройка режима («Автонастройка генератора шума») отображена на рисунке 4.18. Результатом настройки будет являться либо сообщение об успешности операции, с указанием выбранного уровня излучения, либо сообщение об ошибке.



Рисунок 4.18 – Кнопка «Автонастройка генератора шума»

Нажатие кнопки «Настройки» предоставляет доступ для дополнительных настроек работы программы (рисунок 4.19). К таким относятся: настройка

выбора количества анализируемых октав, настройки отображения спектра и уровней шума, перевод амплитуды сигнала в децибелы.

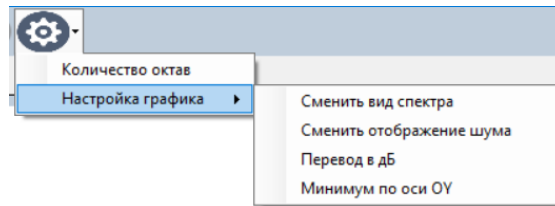


Рисунок 4.19 – Кнопка «Настройки»

Таким образом, ПО «ИСИДОРА» и его функционал полностью удовлетворяют условиям проведения экспериментов по оценке эффективности, разработанных модели и алгоритма.

4.2. Постановка задачи на эксперимент

При исследовании акустовибрационного канала утечки информации выявлено (см. пп. 1.1, 1.2, 2.1, 2.2), что задача защиты конфиденциальной речевой информации от угрозы утечек по акустовибрационному каналу с применением РПП, формируемой из сигналов речи субъектов переговоров, то есть адаптивной РПП, до настоящего времени не решалась. В главах 2 и 3 представлено описанием модели и алгоритма формирования адаптивной к параметрам речевого сигнала субъекта переговоров речеподобной помехи. Теперь необходимо доказать, что применение разработанных модели и алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи является эффективным техническим решением при защите конфиденциальной речевой информации в помещении офисного типа.

Целями эксперимента являлись:

- сравнение эффективности применения различных помеховых сигналов;
- сравнение результатов эксперимента с использованием артикуляционного метода с результатами применения расчетно-измерительного метода;
- формулировка предложений по применимости использования адаптивной речеподобной помехи при защите информации от утечек по акустовибрационному каналу.

Как показано в предыдущих главах диссертации, адаптивная речеподобная помеха формируется из скрываемого речевого сигнала и по сути, относится к классу комбинированных помех. Комбинированные помехи формируются путем смешения различного вида помех, например помех типа «речевой хор» и «белый» шум, речеподобной и инверсионной помех [105]. Поэтому в процессе эксперимента исследовались следующие виды помеховых сигналов: шумовые, речеподобные и комбинированные помехи. В частности, рассмотрены помехи типа:

- ГБШ – гаусовский белый шум – шум с постоянной спектральной плотностью в речевом диапазоне частот;
- РШ – розовый шум – шум со спадом спектральной плотности на 3 дБ на октаву в сторону высоких частот;
- КШ – коричневый шум со спадом 6 дБ спектральной плотности на октаву в сторону высоких частот;
- РПШ – речеподобная помеха шумовая – шум с огибающей амплитудного спектра, подобной речевому сигналу.

На рисунке 4.20 представлен график зависимости уровня словесной разборчивости от интегрального отношения сигнал/шум в полосе частот от 180-5600 Гц.

График зависимости уровня словесной разборчивости от интегрального отношения сигнал/шум показывает, насколько хорошо люди могут понимать речь при различных соотношения сигнал/шум. По горизонтальной оси (SNR – интегральное отношение сигнал/шум) отображается уровень шума, а по вертикальной оси (W) – уровень словесной разборчивости – процент правильно понятых слов или фраз.

Для определения эффективности защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу применяются различные методы и инструменты. Один из наиболее распространенных методов – это измерение отношения сигнал/шум.

Когда отношение сигнал/шум высокое, то есть уровень шума низкий, а уровень сигнала высокий, уровень словесной разборчивости также высок, что

означает хорошую понятность речь. И, наоборот, при низком отношении сигнал/шум и высоком уровне шума, уровень словесной разборчивости снижается, что указывает на плохую понятность речи.

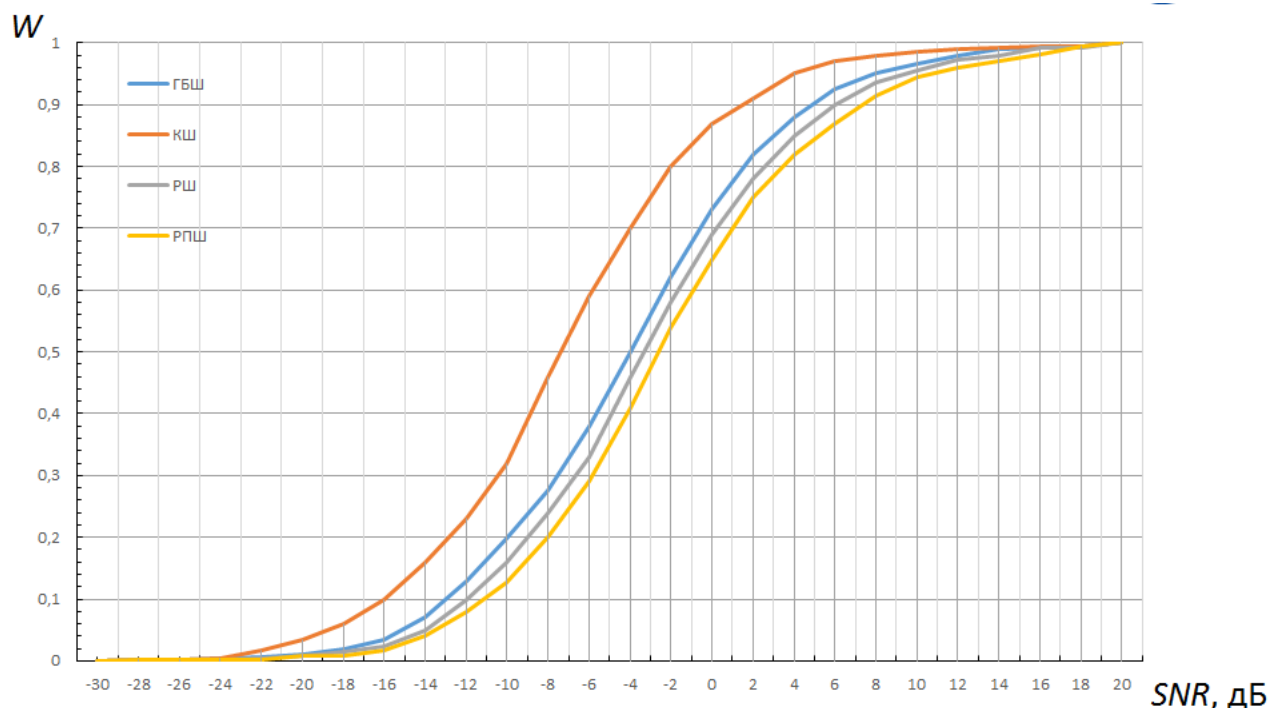


Рисунок 4.20 – График зависимости уровня словесной разборчивости от интегрального отношения сигнал/шум в полосе частот 180-5600 Гц

Также на основании данных об уровне словесной разборчивости и отношении сигнал/шум для различных типов помеховых сигналов сделан вывод, что значительно более низкими маскирующими свойствами обладает коричневый шум – шумовая помеха со спадом спектральной плотности 6 дБ на октаву в сторону высоких частот (табл. 4.1).

Значение отношения сигнал/шум, при котором обеспечивается требуемая эффективность защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу, может варьироваться в зависимости от конкретных условий и требований к степени защиты информации. Для обеспечения надежной защиты речевой информации отношение сигнал/шум, как показано в п. 3.3., должно быть не менее 30-40 дБ. Однако, в зависимости от условий эксплуатации и характеристик СЗИ, это значение может изменяться.

Таблица 4.1 – 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 (шум со спадом спектральной плотности 3 дБ на октаву)	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
«Коричневый» шум (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

Анализ данных, приведенных в таблице 4.1, показал, что помеха типа «белого» шума по сравнению с помехами типа «розовый» шум и шумовая речеподобная помеха обладает худшими маскирующими свойствами, проигрывая по энергетике 0,8...1,2 дБ [24, 57]. По сравнению с помехами типа «розовый» шум и шумовая речеподобная помеха она проигрывает по энергетике 4,1...4,2 дБ, а при равной мощности приводит к повышению разборчивости более, чем в полтора раза

Для оценки эффективности применения разработанной адаптивной речеподобной помехи организован и проведены вычислительный и натурный эксперименты с использованием артикуляционного и инструментально-расчетного методов для измерения уровня словесной разборчивости.

4.3. Методика проведения эксперимента

Методика проведения эксперимента основана на ГОСТ Р 50840-95 «Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости». Этот стандарт определяет методы оценки качества передачи

речи по различным каналам связи. Он включает в себя методы измерения разборчивости речи, узнаваемости голоса и других параметров, которые могут влиять на качество передачи речи. Стандарт предназначен для использования при проектировании, разработке и тестировании систем связи, а также при проведении исследований в области передачи речи [24].

Эксперимент проводился в течение трех лет с 2020 по 2023 гг. Измерения проводились в учебных аудиториях ФГБОУ ВО «ТГТУ» и помещениях Межвидового центра подготовки и боевого применения войск РЭБ (учебный и испытательный) г. Тамбов. Учебные аудитории соответствуют описанным в первой главе диссертации особенностям офисных помещений.

Измерения проводила бригада операторов, состоящая из двух сотрудников кафедры «Информационные системы и защиты информации» ФГБОУ ВО «ТГТУ» и четырех специалистов Межвидового центра подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы (учебного испытательного) в городе Тамбове прошедших специальное обучение (тренировку), путем прослушивания слоговых артикуляционных таблиц.

Бригада операторов обучалась в два этапа. На первом этапе обучения операторы знакомились со структурой речевого материала, осваивали технику его произношения, а также адаптировались к восприятию речи, искаженной в испытуемом тракте (аппаратуре) в соответствующих акустических условиях. Чтение слогов осуществлялось диктором ровным голосом, четко, но без подчеркивания отдельных звуков с постоянным уровнем речи, который контролируется шумомером на испытательной фразе «Не видали мы такого невода». Слоги читались в следующем ритме: 1 слог в $(3 \pm 0,3)$ с. Диктор выдерживал постоянный ритм речи на протяжении чтения всей таблицы. Аудитор записывал принятые слог в бланк, форма которого приведена на рисунке 4.21.

Если аудитор не понял переданного слога, он прочеркивал соответствующую пронумерованную строку в бланке принятых слогов. На втором этапе тренировки проводился цикл измерений при использовании испытуемого тракта. Цикл измерений включает в себя прием

всеми аудиторами от всех дикторов по 5к таблиц, где $k = 1, 2, 3, \dots$. Пятерки таблиц должны иметь номера 1-5, 6-10, 11-15 и т.д. Использование при измерении неполной пятерки таблиц не допускалось.

Таблица N	_____	Дата	_____
Диктор	_____	Тип тракта	_____
Аудитор	_____	Уровень шума, дБ	_____

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1		11		21		31		41	
2		12		22		32		42	
3		13		23		33		43	
4		14		24		34		44	
5		15		25		35		45	
6		16		26		36		46	
7		17		27		37		47	
8		18		28		38		48	
9		19		29		39		49	
10		20		30		40		50	

Рисунок 4.21 – Бланк «Принятые слоги»

Слоговые таблицы с одинаковыми номерами использовались не чаще одного раза в неделю. Эксперимент проводился в течение четырех недель. Пример артикуляционной таблицы представлен на рисунке 4.22.

ж ^ь	б	л ^ь	т ^ь	ш ^ь	к ^ь	т ^ь ф	р ^ь	ф ^ь с ^ь о ^ь х	з ^ь а ^ь м ^ь
нуш	воп	ляш	трир	шом	кац	тоф	рась	фсох	замь
п ^ь р ^ь а ^ь р	м ^ь ё ^ь ц	д ^ь э ^ь т	н ^ь а ^ь с	р ^ь ы ^ь с	в ^ь ё ^ь л ^ь	к ^ь р ^ь у ^ь с	п ^ь у ^ь л	н ^ь ё ^ь с ^ь	н ^ь о ^ь н ^ь т
т ^ь и ^ь м	д ^ь л ^ь е ^ь м	ж ^ь у ^ь р ^ь	ё ^ь л	б ^ь ю ^ь р ^ь	ш ^ь т ^ь у ^ь т	н ^ь я ^ь ф	с ^ь э ^ь м	р ^ь ё ^ь л	ш ^ь у ^ь ф ^ь
ч ^ь ё ^ь т ^ь	д ^ь е ^ь с ^ь	ф ^ь с ^ь я ^ь л	т ^ь ы ^ь т ^ь	ц ^ь е ^ь ч	р ^ь я ^ь к	г ^ь о ^ь п	в ^ь о ^ь с ^ь т	т ^ь у ^ь р ^ь	г ^ь е ^ь п
с ^ь ю ^ь й	х ^ь а ^ь н ^ь	з ^ь ё ^ь к	щ ^ь а ^ь р	п ^ь р ^ь и ^ь ф	л ^ь а ^ь л	б ^ь ы ^ь п ^ь	ф ^ь у ^ь с ^ь	м ^ь о ^ь ц	п ^ь и ^ь с

Рисунок 4.22 – Артикуляционная таблица

Для каждого измерения вычислялось среднее значение уровня словесной разборчивости (S) по формуле:

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i, \quad (4.1)$$

где: S_i - результат единичного измерения;

N - число единичных измерений.

Далее выявлялись сомнительные значения S_i , которые отбрасывают, и вычисляют новое значение S . Тренировку считали законченной при достижении бригадой стабильных результатов измерения уровня словесной разборчивости (повторяемость значений средней разборчивости по бригаде в течение двух-трех дней). В таблице 4.2 приведены средние значения уровня словесной разборчивости по бригаде и отклонение от среднего значения.

Классы качества и нормы уровня словесной разборчивости речи определены в соответствии с таблицей 4.3 [24].

Таблица 4.2 – Среднее значение разборчивости по бригаде

Среднее значение уровня словесной разборчивости по бригаде	Отклонение от среднего значения, %
91 и более	5
86-90	6
81-85	7
71-80	8
70 и менее	9

Время работы бригады не превышало 4 ч за один день. После приема 5 таблиц делался перерыв 5-10 мин. Общее число таблиц за одно измерение до 40. При работе в акустических шумах бригада приступала к измерениям спустя 5-10 мин после пребывания в условиях шума. Общее число таблиц - 120 (по 10 при отношении сигнал/шум: -5, 0, 5, 10, 15, 20 дБ).

Таблица 4.3 – Классы качества и нормы разборчивости речи

Класс качества	Характеристика класса качества	Норма слоговой разборчивости речи для трактов с параметрическим компандированием, %	Норма слоговой разборчивости речи для трактов с кодированием волны речевого сигнала, %
Высший	Понимание передаваемой речи без малейшего напряжения внимания	>93	>80
I	Понимание передаваемой речи без затруднений	86-93	56-80
II	Понимание передаваемой речи с напряжением внимания без переспросов и повторений	76-85	41-55
III	Понимание передаваемой речи с некоторым напряжением внимания, редкими переспросами и повторениями	61-75	25-40
IV	Понимание передаваемой речи с большим напряжением, частыми переспросами и повторениями	45-60	<25

Нормы и классы разборчивости речи говорят о том, насколько хорошо люди могут понимать речь в различных условиях. Чем выше класс разборчивости, тем лучше понятность речи.

Кроме этого, при сравнении адаптивной речеподобной помехи с белым шумом было заполнено еще 60 таблиц для таких же отношений сигнал/шум. В приложении А, для примера, представлены 10 таблиц.

4.4. Оценка эффективности применения разработанных модели и алгоритма

Исследование эффективности применения разработанных модели и алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи проведены с использованием артикуляционного (АМ) и инструментально-расчетного методов (ИРМ) [57, 63].

Для проведения экспериментального исследования реализована лабораторная установка на основе прототипа АПК, разработанная в рамках исследования, проведенного по гранту РФФИ № 20-37-90146 «Методология построения научно-исследовательских комплексов мониторинга характеристик защищенности конфиденциальной информации на основе системного подхода», включающая: ПЭВМ с установленной программой генерации речеподобной помехи; акустическая система; анализатор спектра – шумомер и цифровой диктофон (рисунок 4.23).

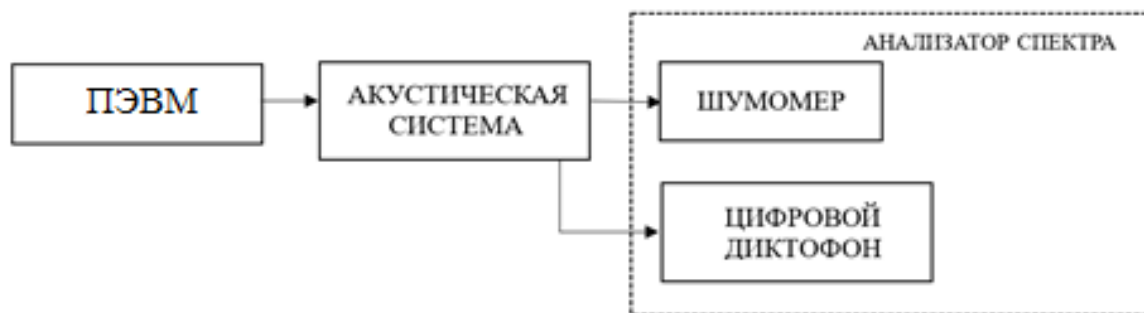


Рисунок 4.23 – Схема лабораторной установки

Контрольная точка съема речевой информации располагалась за дверью, в месте возможной установки закладных устройств. Дверной проём не

оборудован тамбуром, уплотнителем и резиновыми проставками. Звукоизоляция проема на частоте 1000 Гц составила 33 дБ. Описание АПК представлено в п. 4.1. Схема проведения эксперимента изображена на рисунке 4.24.

Критерием эффективности является уровень словесной разборчивости, который измеряется по методу Покровского Н.Б. с учетом изменений Железняк Я. И., Макарова Ю. К. и Хорева А. А. Уровень словесной разборчивости выбран критерием, так как особенностью акустической разведки является то, что съем и расшифровку полученной информации осуществляется оператором.

Интегральный уровень тестового сигнала выбран организацией-лицензиатом равным типовой речи со средним уровнем громкости. В качестве генератора белого шума использовалась Соната – АВ.



Рисунок 4.24 – Схема проведения эксперимента

Оценка эффективности использования адаптивной речеподобной помехи проводилась в два этапа. На первом этапе проводилась оценка эффективности речеподобной помехи методом артикуляционных испытаний в соответствии с ГОСТ 16600-72 [35]. Данный государственный стандарт устанавливает требования к разборчивости речи, передаваемой по трактам радиотелефонной

связи, нормы качества воспроизведения (передачи) речи, методы артикуляционных измерений и оценки их результатов. Фразы, используемые в исследовании, приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Фразы, используемые в исследовании согласно ГОСТ 16600-72

	Суховой уменьшил урожай
	У юнги широкие плечи
	Конфеты подарил друг
	На заводе появилась техника
	Тишина воцарилась в зале
	Ветер помогал перебежке
	Ребенок ходит в ясли
	Танцовщица устроилась в цирк
	План утверждают в области
	Диктора поразило сообщение

На звуковую карту ПЭВМ подавалась совокупность речевого и помеховых сигналов (выражение 2.13). Уровень помехи и уровень сигнала регулировались с помощью регулятора громкости. С линейного выхода звуковой карты ПЭВМ эта совокупность сигналов поступала на динамики. Принятый микрофоном сигнал обрабатывался, а затем производилось измерение уровня словесной разборчивости [24]. Уровень адаптивной РПП, уровень сигнала и уровень внешнего шума измерялись шумомером (табл. 4.5).

Таблица 4.5 – Измеренные уровни сигналов и помех

Средняя частота октавной полосы, Гц	Уровень сигнала, дБ	Уровень «сигнал+шум» при различных отношениях сигнал/шум, дБ					
		-5	0	5	10	15	20
125	53,3	63,6	58,6	52,7	49,6	42,1	38,8
250	63,1	69,5	66,1	60,5	56,1	50,4	45,4
500	65,5	73,2	68,7	63,0	60,3	53,3	49,0
1000	61,1	66,4	61,6	56,1	51,5	46,5	41,0
2000	56,7	69,1	64,8	59,4	55,8	49,1	44,4
4000	54,6	67,4	62,0	55,1	52,3	46,0	41,5
8000	56,5	65,8	69,3	53,3	49,8	43,7	39,0

Полученные аудиозаписи «сигнал+помеха» предоставлялись для прослушивания субъектам, которые не знали слов, которые использовались в

качестве тестовых сигналов. Субъектам предоставлялось возможность многократного прослушивания записей и их отрезков. Услышанные слова заносились в таблицу, по которой рассчитывался процент правильно понятых слов (табл. 4.6).

На рисунке 4.25 представлена осциллограмма аудиозаписи, формируемой речеподобной помехи и осциллограмма аудиозаписи «сигнал+помеха», которая предоставлялась для прослушивания аудиторам.

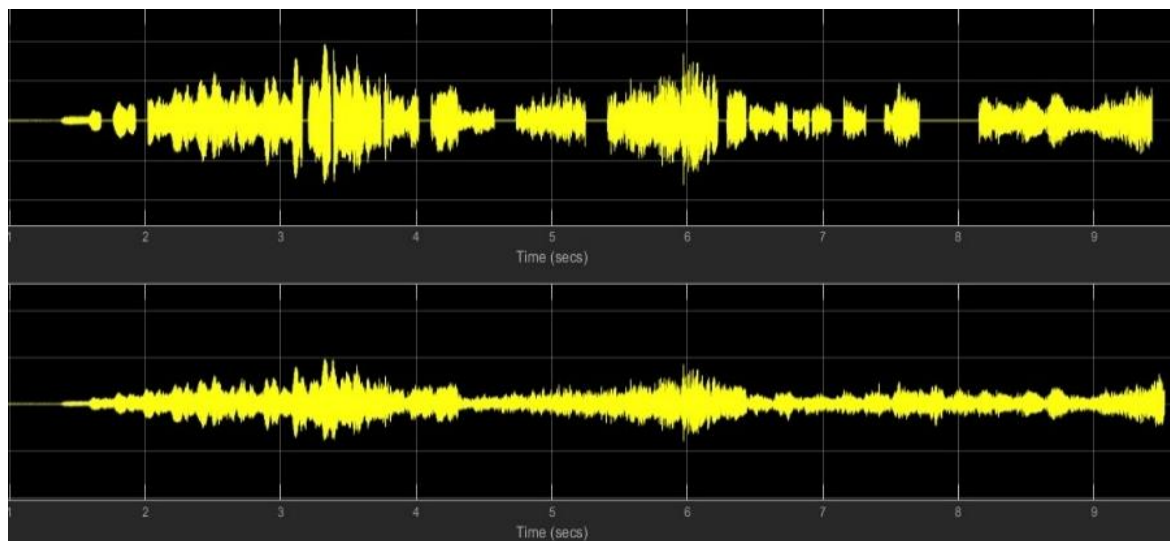


Рисунок 4.25 – Осциллограммы формируемой смеси речевого сигнала и адаптивной речеподобной помехи

Результаты, представленные в таблице 4.6, показывают, что уже при отношении сигнал/помеха менее 5 дБ, уровень словесной разборчивости становится менее 11 %, что исключает возможность установления предмета разговора.

Таблица 4.6 – Результаты оценки уровня словесной разборчивости АМ

Номер эксперимента	сигнал/шум q , дБ	-5	0	5	10	15	20
	Уровень словесной разборчивости W , %						
1		5	24	45	65	78	86
2		3	22	34	62	75	83
3		7	29	50	70	82	93
4		2	19	38	62	72	85
5		3	21	33	65	78	88
Среднее значение уровня словесной разборчивости речи		4	23	40	65	77	87

На втором этапе эксперимента проводилась оценка эффективности адаптивной речеподобной помехи инструментально-расчетным методом. В качестве исходных данных для расчета использованы измеренные уровни сигналов и помех в октавных полосах, приведенные в табл. 4.7.

Расчет уровня словесной разборчивости речи W проводился инструментально-расчетным методом (ИРМ). Результаты расчетов приведены в табл. 4.7 и на рисунке 4.26.

Таблица 4.7 – Результаты оценки уровня словесной разборчивости ИРМ

Отношение сигнал/шум, дБ	Словесная разборчивость W , %
–5	38
0	68
5	84
10	91
15	95
20	98

Также в ходе эксперимента осуществлен комплекс измерений с помощью анализатора спектра, для обнаружения интерференционных максимумов и минимумов акустического сигнала за границами контролируемой зоны. Изменение положения контрольной точки съема в пространстве не позволило обнаружить такое расположение, при котором бы происходило кратное увеличение (уменьшение) уровня сигнала, что повлияло бы на уровень словесной разборчивости. Данный результат является закономерным, так как для появления интерференционной картины необходимо соблюдение условий когерентности источников сигналов.

При проведении натурного и вычислительного экспериментов получены сравнительные оценки использования белого шума и разработанной адаптивной РПП артикуляционным и инструментально-расчетным методами (рисунок 4.26). После сопоставления результатов, сделан вывод об эффективности применения разработанной адаптивной речеподобной помехи. Ожидаемый результат проведения эксперимента получил практическое подтверждение – сохранение заданного уровня словесной разборчивости на границе контролируемой зоны офисного помещения. Это свидетельствует о

том, что при использовании адаптивной речеподобной помехи, защищенность помещения остается, как минимум, на заданном уровне, но и требования условий труда по уровню шума не нарушаются.

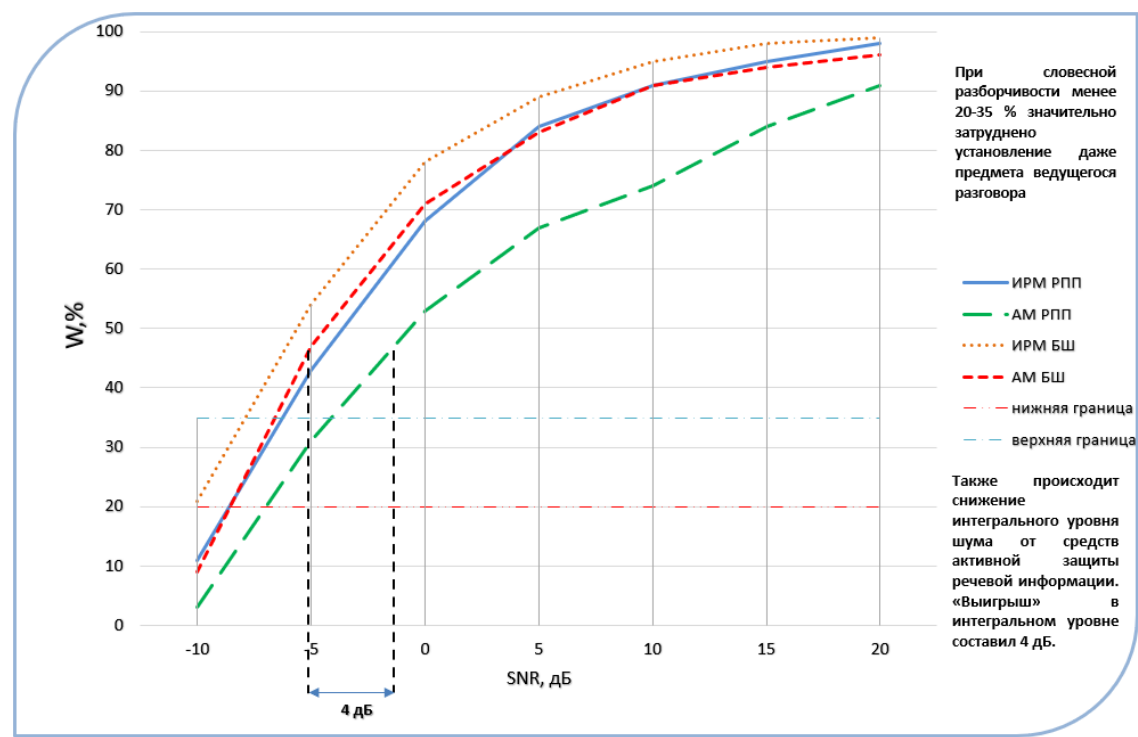


Рисунок 4.26 – Энергетические характеристики адаптивной РПП и белого шума

Составление подробной справки о содержании перехваченного разговора невозможно при коэффициенте словесной разборчивости (W) менее 60-70 %, а краткой справки-аннотации – при словесной разборчивости менее 40-50 %. При словесной разборчивости менее 20-35 % значительно затруднено установление даже предмета ведущегося разговора, а при словесной разборчивости менее 10 % это практически невозможно даже при использовании современной техники фильтрации помех. Участникам переговоров удобно их вести и это не сказывается на условиях труда.

Исследование зависимости количества субъектов переговоров от уровня словесной разборчивости для 1, 3 и 5 субъектов переговоров, показало, что увеличение количества субъектов переговоров больше 5 приводит к ухудшению качества адаптации РПП. Зависимость качества адаптации от количества субъектов переговоров представлена на рисунке 4.27.

Анализ энергетической эффективности адаптивной РПП показал, что при эквивалентном ухудшении отношения сигнал/шум по сравнению с белым

шумом достигается существенное снижение требуемой мощности передатчика. Следовательно, применение адаптивной РПП является перспективным направлением улучшения маскирующих свойств и снижения энергозатрат в СЗИ.

Сравнительный анализ результата эксперимента с результатами полученными другими авторами, в частности Трушиным В.А. [100], показал, что адаптивная РПП эффективнее РПП, применяемых в существующих средствах защиты более чем на 20 %.

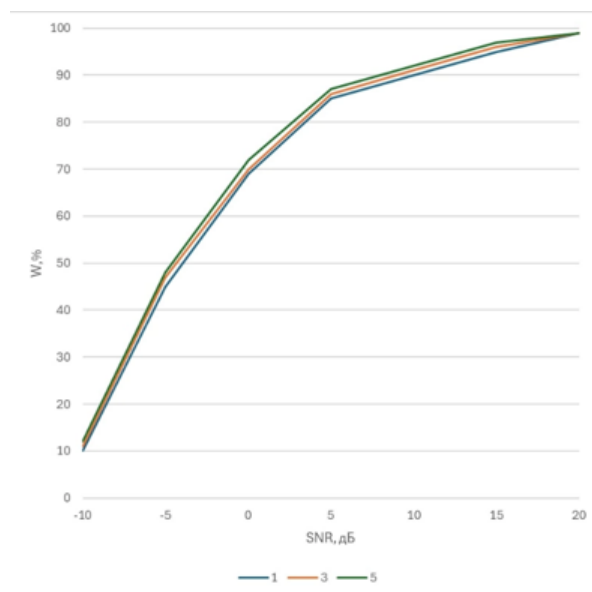


Рисунок 4.27 – Зависимость качества адаптации РПП от количества субъектов переговоров

Мешающее воздействие СЗИ на субъекты переговоров оценено группой экспертов. Список экспертов представлен в таблице 4.8.

В результате анализа экспертных оценок, установлено, что разработанные модель и алгоритм формирования адаптивной РПП для защиты конфиденциальной речевой информации в офисном помещении к уровню и тембру субъектов переговоров в их программно-аппаратной реализации, обеспечивают соблюдение эргономических требований, поскольку уровень шума не превышал 35 дБ. В главе 3 показано, что в соответствии со СНиП уровень шума не должен превышать 45 дБ.

Произведен анализ экспертных оценок с помощью метода анализа иерархий и произведен расчет коэффициента согласованности суждений

экспертов (коэффициент конкордации).

Для подсчета коэффициента конкордации необходимо:

1. Определить количество экспертов (n) и максимальное значение оценки (m).
2. Собрать оценки экспертов и найдите их среднее значение (представлены в таблице 4.8).

Таблица 4.8 – Результаты оценки экспертов

№	ФИО	Должность	Белый шум	Коричневый шум	Розовый шум	Речеподобная помеха	Лучшая альтернатива
1.	Трейгер Владимир Виленович	Доцент ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ	0,09	0,15	0,28	0,48	Речеподобная помеха
2.	Обарлов Михаил Иванович	Генеральный директор ООО "ТИГРИС"	0,08	0,15	0,37	0,4	Речеподобная помеха
3.	Щербинин Павел Алексеевич	Директор ЦЧ РУНЦ ИБ ТГТУ	0,1	0,2	0,44	0,27	Розовый шум
4.	Мартемьянов Юрий Федорович	Ведущий специалист по защите информации РУНЦ ИБ	0,11	0,19	0,27	0,43	Речеподобная помеха
5.	Букурако Юлия Константиновна	Ведущий специалист по защите информации РУНЦ ИБ	0,12	0,14	0,34	0,4	Речеподобная помеха
6.	Зауголков Игорь Алексеевич	Доцент кафедры «ММИТ» ТГУ им. Державина	0,13	0,18	0,28	0,41	Речеподобная помеха
7.	Губсков Юрий Анатольевич	Начальник МЦБП войск РЭБ	0,11	0,2	0,43	0,26	Розовый шум
8.	Коданцев Сергей Михайлович	Начальник цикла КТК МЦБП войск РЭБ	0,15	0,2	0,37	0,28	Розовый шум
9.	Гриднев Виктор Алексеевич	Доцент кафедры ИСиЗИ ТГТУ	0,14	0,16	0,25	0,45	Речеподобная помеха
10	Болдырев Алексей Васильевич	Командир взвода научной роты МЦПБ войск РЭБ	0,07	0,15	0,33	0,44	Речеподобная помеха
11	Бобровников Дмитрий Александрович	Оператор научной роты МЦПБ войск РЭБ	0,1	0,2	0,25	0,45	Речеподобная помеха
12	Сазонов Денис Алексеевич	Оператор научной роты МЦПБ войск РЭБ	0,07	0,11	0,26	0,55	Речеподобная помеха

3. Рассчитать разность между каждой экспертной оценкой и средним значением, возвести каждую разность в квадрат и сложить полученные значения.

4. Разделить полученную сумму квадратов разностей на произведение числа экспертов и числа позиций оцениваемого списка (без учета единицы), и извлечь из полученного результата квадратный корень.

5. Этот коэффициент принимает значения от 0 до 1, где 0 означает полную несогласованность экспертов, а 1 – полную согласованность. Чем ближе коэффициент к 1, тем более согласованными являются эксперты.

Коэффициент конкордации при работе с экспертными оценками, полученный из данных таблицы 4.8:

$$K = \frac{12 \cdot 681,92}{12^2(4^3 - 4)} = 0,947.$$

Значение $K = 0.947$ свидетельствует о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов.

Суждения согласованы, большинство экспертов сошлось во мнении, что мешающее воздействие адаптивной речеподобной помехи значительно ниже, чем белый, коричневый и розовый шумы.

Практическая значимость результатов эксперимента заключается в возможности создания генератора формирования адаптивной речеподобной помехи для защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу в помещениях офисного типа. Применение разработанных модели и алгоритма позволит повысить эффективность средств защиты информации, при этом учитывая условия труда по уровню шума.

4.5. Выводы по главе

Подтверждение эффективности применения разработанных модели и алгоритма формирования адаптивной речеподобной помехи для СЗИ проводилось с использованием артикуляционного и инструментально-расчетного методов.

В процессе проведения экспериментального исследования получены следующие результаты:

– результаты оценки уровня словесной разборчивости при использовании адаптивной речеподобной помехи артикуляционным и инструментально-расчетным методами показали, что они существенно отличаются (при отношении сигнал/помеха равном 5 дБ, уровень словесной разборчивости, полученный артикуляционным методом, составляет 65 %, а, полученный инструментально-расчетным методом – 85 %);

– данное различие возникает, вероятно, из-за того, что используемая для расчета уровня словесной разборчивости речи методика не учитывает особенностей восприятия человеком речи в условиях помехи, формируемой из звуков этой же речи;

– применение адаптивной речеподобной помехи при одинаковом уровне словесной разборчивости обладает лучшими маскирующими свойствами и менее раздражающе воздействует на нервную систему человека, по сравнению с белым шумом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования получены следующие результаты:

1. Анализ современного состояния теории и практики защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу показал, что применение пассивных способов защиты речевой информации в офисных помещениях не всегда обеспечивает заданный уровень защищенности и при этом их применение является достаточно затратным. Альтернативным способом защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу является активная маскировка речевого сигнала. На сегодняшний день средств защиты конфиденциальной речевой информации от утечек по акустовибрационному каналу, в которых адаптивно меняется уровень и частотный диапазон генерируемого помехового сигнала в зависимости от изменения параметров речевого сигнала субъекта переговоров нет. Не уделяется также исследователями внимание целесообразности учета требований условий труда по уровню создаваемого СЗИ интегрального помехового сигнала в офисном помещении. Следовательно, построение моделей средств противодействия угрозам утечки конфиденциальной информации по акустовибрационному каналу, разработка технических, математических и организационных решений их реализации, экспериментальной оценки эффективности систем (комплексов) обеспечения информационной безопасности конфиденциальной информации является актуальной научной задачей. К таким задачам относится и задача разработки моделей, алгоритмов, аппаратно-программных средств защиты конфиденциальной речевой информации в офисных помещениях от утечек по акустовибрационному каналу на основе применения адаптивной РПП при обеспечении соответствия интегрального уровня помехового сигнала требованиям условий труда по уровню создаваемого шума.

2. Разработана математическая модель адаптивной РПП, состоящая из собственно РПП и компенсирующей помехи, применение которой в прототипе АПК защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу обеспечивает требуемое значение уровня словесной

разборчивости на границе контролируемой зоны при минимальном значении интегрального уровня помеховых сигналов по сравнению с аналогами на 4 дБ и, следовательно, обеспечивает выполнение требований условий труда по уровню шума.

3. Построенный алгоритм формирования адаптивной РПП обеспечивает ее генерацию из речевого сигнала субъектов переговоров только при его наличии, что повышает маскирующие признаки помехи. Проведенное исследование показало, что увеличение количества каналов генератора больше шести не дает существенного выигрыша при защите речевой информации, но при этом усложняет и увеличивает стоимость реализации СЗИ. В результате эксперимента установлены значения временной задержки в каналах формирователя РПП, обеспечивающие устранение пауз между фоноабзацами, фразами и синтагмами. Эти значения должны составлять 0.3, 0.5, 0.8, 1.1, 1.3 и 1.5 секунд соответственно.

4. Применение прототипа АПК защиты конфиденциальной речевой информации в офисном помещении обеспечивает требуемое значение уровня словесной разборчивости на границе контролируемой зоны. Учитывая, что в частных и государственных учреждениях и организациях используются различные операционные системы, программное обеспечение разработано с учетом требования кроссплатформенности комплекса, к его реализации не предъявляются специальные системные требования, а применение не требует специальной подготовки персонала. То есть предложенные решения реализуемы практически во всех современных и перспективных средствах акустовибрационной защиты.

Оценка эффективности применения полученных результатов проведена с использованием артикуляционного и инструментально-расчетного методов, а именно:

– результаты оценки эффективности применения прототипа АПК артикуляционным и инструментально-расчетным методами показали, что они существенно отличаются (при отношении сигнал/помеха равном 5 дБ, словесная разборчивость, полученная артикуляционным методом, составляет 42 %, а, полученная инструментально-расчетным методом – 32 %). Данное различие обусловлено, вероятно, тем, что методика, примененная для расчета значений

уровня словесной разборчивости речи, не учитывает особенностей восприятия человеком речи в условиях помехи, формируемой из звуков этой же речи;

– адаптивная РПП обладает лучшими маскирующими свойствами по сравнению с аналогами за счет адаптации частотного диапазона и уровня речеподобной помехи к изменениям уровня и тембра речевого сигнала, что повышает схожесть спектров помехового и речевого сигналов. Результаты эксперимента показали схожесть спектров речевого сигнала и адаптивной РПП;

– сравнительный анализ результатов эксперимента с результатами, полученными другими авторами (Трушин В.А.), что применение адаптивной РПП эффективнее РПП, применяемых в существующих средствах защиты более чем на 20 %.

– применение прототипа АПК при одинаковом уровне словесной разборчивости оказывает менее раздражающее воздействие на слух человека, по сравнению с современными СЗИ.

Таким образом, в диссертации решена научная задача – разработка математической модели, алгоритма формирования адаптивной РПП и технических решений по созданию средства активной защиты конфиденциальной речевой информации на основе использования РПП, адаптирующейся к особенностям речи субъектов переговоров при соблюдении требований к условиям труда по уровню шума. Цель диссертации достигнута.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Разработанные модель, алгоритм и АПК целесообразно применять в средствах активной защиты речевой информации от утечки по акустовибрационному каналу в соответствии с организационными мероприятиями и рекомендациями по применению АПК, представленными в четвертой главе.

Дальнейшее развитие темы исследования связано с совершенствованием разработанной модели, а также проведением дополнительных вычислительных и натурных экспериментов по оценке эффективности ее применения в различных условиях и ситуациях, в том числе и для других каналов утечки речевой информации, в частности для акустооптического канала.

Список литературы

1. *Alekseev, V.V. Model of a speech-like interference generator for speech information protection / V.V. Alekseev, A.V. Yakovlev, M.V. Moiseeva, A.A. Tikhomirova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – P. 183–196.*
2. *Moiseeva, Maria V. The Concept of a Hardware and Software Complex for Monitoring the Security Characteristics of Confidential Information During Negotiations in the Office. Alexey V. Yakovlev, Maria V. Moiseeva, Alexey P. Ryzhkov and Kristina A. Merkusheva. ASEDU-II 2021: II International Conference on Advances in Science, Engineering and Digital Education» – P. 4001.*
3. *Maria Moiseeva, Hardware and Software Complex for the Formation of Speech-Like Noise// CEUR Workshop Proceedings – 20210. – P. 284-288.*
4. *Vladimir Alekseev, Dmitry Polyakov, Aleksey Eliseev, Maria Moiseeva, Konstantin Kolegov «The model and algorithm for ensuring the survivability of control systems of dynamic objects in conditions of uncertainty». – 2019 - 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). - P. 41-45.*
5. *Al Maamari G. An Access Control System Based on Multimodal Approach. operator / V. V. Alekseev, D. V. Lakomov, A. G. Maamari, M. V. Moiseeva // Proceedings of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies: (CAMSTech-II 2021). MS ID: AIPCP22-AR-CAMSTECH2021-00129, V. 2467.*
6. *Оценка уровня словесной разборчивости на границе контролируемой зоны офисного помещения артикуляционным методом / Волчихина М.В. // Вестник Воронежского института МВД России – 2022. – № 2. – С. 95-103.*
7. *Метод адаптации параметров средств защиты информации на основе дискретного изменения амплитуды и тембра субъектов переговоров / М.В. Волчихина // Вестник ТГТУ – 2022. – Том 28. – № 2. – С. 226-234.*
8. *Волчихина, М. В., Фурсова, А. В. Модель адаптации параметров средства защиты информации к параметрам речи субъектов переговоров в помещении офисного типа [Текст] / М. В. Волчихина, А. В. Фурсова // Вестник Воронежского института МВД. – 2024. – № 1. – С.108-115.*

9. Моисеева М.В. Сравнительная характеристика методов разборчивости речи / В.В. Алексеев, А.В. Яковлев, М.В. Моисеева // XXVIII Международная научно-техническая конференция «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации». – М: Изд. «НИЯУ «МИФИ», 2019. – С. 85 – 86.

10. Моисеева М.В. Оценка акустического канала утечки информации в помещениях офисного типа / В. В. Алексеев, А. В. Яковлев, М. В. Моисеева, А.С. Дерябин // Информатика: проблемы, методы, технологии: сб. материалов международной научно-практической конференции. –Воронеж: Изд-во ООО «ВЭЛБОРН». – 2021. – С. 669-674.

11. Моисеева М.В. Классификация акустических каналов утечки информации в помещениях офисного типа / В. В. Алексеев, А. В. Яковлев, М. В. Моисеева // Информатика: проблемы, методы, технологии: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Воронеж: Изд-во ООО «ВЭЛБОРН». – 2021. – С. 665-669.

12. Моисеева М.В. Система защиты информации от утечки по акустическим каналам на основе речеподобной помехи / М.В. Моисеева, А.В. Фурсова // Инновационные процессы в научной среде: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Нефтекамск: Изд-во НИЦ «Мир науки». – 2021. – С. 78-84.

13. Моисеева М.В. Анализ активных способов защиты от утечки по акустическим каналам / М.В. Моисеева, А.В. Фурсова // Инновационная наука в современном мире: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Нефтекамск: Изд-во НИЦ «Мир науки». – 2021. – С. 51-56.

14. Моисеева М.В. Защита от утечки информации по акустическому каналу / М.В. Моисеева, Е.А. Попова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ». – 2021. – С. 279-282.

15. Волчихина М.В. Влияние параметров светопрозрачных поверхностей на акустооптический канал утечки информации / М. В. Волчихина, А.В. Фурсова

// Информатика: проблемы, методы, технологии: сб. материалов международной научно-практической конференции. – Воронеж: Изд-во ООО «ВЭЛБОРН». – 2024. – С. 814-820.

16. Торокин А.А. Инженерно–техническая защита информации. - М.: Гелиос АРВ, 2005. – 960 с.

17. Россия: утечки информации ограниченного доступа в 2022 г. // Группа компаний *Infowatch*: сайт. – URL: <https://www.infowatch.ru/sites/default/files/analytics/files/utechki-informatsii-ogranichennogo-dostupa-v-rossii-za-2022-god.pdf> (дата обращения: 02.05.2023).

18. Царегородцев, А.В. Методы и средства защиты информации в государственном управлении [Текст] / А.В. Царегородцев, М.М. Тараскин. – М.: Проспект, 2017. – 205 с.

19. Лыньков, Л.М. Основы защиты информации и управления интеллектуальной собственностью [Текст] / Л.М. Лыньков, В.Ф. Голиков, Т.В. Борботько. – Минск: БГУИР, 2013. – 243 с.

20. Ворона, В.А. Способы и средства защиты информации от утечки по техническим каналам [Текст] / В.А. Ворона, В.О Костенко // *Computational nanotechnology*, 2016. №3. – С. 208- 223.

21. Хорев, А.А. Техническая защита информации [Текст]/ А.А. Хорев. – М.: НПЦ «Аналитика», 2008. – 436 с.

22. Бузов, Г.А. Защита от утечки информации по техническим каналам [Текст] / Г.А. Бузов, С.В. Калинин, А.В. Кондратьев. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 415 с.

23. Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Технические средства и методы защиты информации. М.: Машиностроение, 2009. – 507 с.

24. Калита Анастасия Олеговна, Ожиганова Марина Ивановна, Тищенко Евгений Николаевич Основы организации адаптивных систем защиты информации // *NBI-technologies*. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-organizatsii-adaptivnyh-sistem-zaschity-informatsii> (дата обращения: 02.05.2023).

25. ГОСТ Р 50840-95. Государственный стандарт Российской Федерации.

Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. Издание официальное [Текст]. – М.: Госстандарт России, 1997. – 230 с.

26. Дворянкин, С.В. Обоснование критериев эффективности защиты речевой информации от утечки по техническим каналам [Текст] / С.В. Дворянкин, Ю.К. Макаров, А.А. Хорев // Защита информации. Инсайд. 2007. № 2 (14). С. 18-25.

27. Железняк, В.К. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации [Текст] / В.К. Железняк, Ю.К. Макаров, А.А. Хорев // Специальная техника. – 2000. – № 4. – С. 39-45.

28. Хорев, А.А. Способы защиты выделенных помещений от утечки речевой (акустической) информации по техническим каналам: системы виброакустической защиты [Текст] / А.А. Хорев // Специальная техника. – 2013. – № 4. – С. 31-63.

29. Макаров, Ю.К. Методы защиты речевой информации и оценки их эффективности [Текст] / Ю.К. Макаров, А.А. Хорев // Защита информации. – Конфидент. – 2001. – № 4. С. 22- 33.

30. Варакин, Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами [Текст] / Л.Е. Варакин. – М.: Радио и связь, 1985. – 284 с.

31. Устинов, Р.А. Особенности современных систем защиты речевой информации. // Безопасность информационных технологий. – 2017, том 24, №4. С. 71 – 79. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/279> (дата обращения: 2.04.2021).

32. Дворянкин, С.В. Развитие технологий образного анализа-синтеза акустической (речевой) информации в системах управления, безопасности и связи / С.В. Дворянкин, Н.С. Дворянкин, Р.А. Устинов // Безопасность информационных технологий. – 2019, том 26, №1. С. 64-76. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1186> (дата обращения: 11.05.2021).

33. Приборы для измерения шума и вибраций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.algorithm.ru/pribor?sid=1> (дата обращения: 09.04.2022).

34. Об утверждении порядка организации и проведения работ по

аттестации объектов информатизации на соответствие требованиям о защите информации ограниченного доступа, не составляющей государственную тайну: приказ от 29 апреля 2021 г. N 77 // Федеральная служба по техническому и экспортному контролю. – 2021.

35. ГОСТ 16600-72. Межгосударственный стандарт. Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений. [Текст] – М.: СтандартИнформ, 2007. – 74 с.

36. Азаров, И. С. Непрерывное и дискретное гармонические преобразования для декомпозиции речевого сигнала на периодическую и шумовую компоненты [Текст] / И.С. Азаров, А.А. Петровский // Доклады БГУИР. – Минск: БГУИР, 2008. № 4 (34). – С. 92-105.

37. Азаров И.С., Петровский А.А. // Информатика. 2008. № 2. С. 71–82

38. Сагдеев, К. М. Математическая модель акустического канала утечки информации / К. М. Сагдеев, А. А. Оленев // Фундаментальные исследования. – 2012. – Т. 6, № 3. – С. 668-673.

39. Голубинский, А. Н. Модели речевых сигналов для аутентификации личности по голосу: специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 05.13.19 «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Голубинский Андрей Николаевич; Воронежский институт МВД России. - Воронеж, 2010. - 32 с. - Библиогр.: С. 27-32. - Место защиты: Воронежский институт МВД России. - Текст : непосредственный.

40. Vorobyov, V.I. *Speech-like signals: varieties, main parameters, methods of formation, fields of application. BGUIR reports. №3 (41). 2009. p. 9 – 16. [Электронный ресурс] / V.I. Vorobyov, A.G. Davydov, G.V. Davydov – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rechepodobnye-signal-y-raznovidnosti-osnovnyye-parametry-sposoby-formirovaniya-oblasti-primeneniya.pdf> (дата обращения: 20.04.2022).*

41. Blesser, B. A. «*An interdisciplinary synthesis of reverberation viewpoints*» / B. A. Blesser // *Audio Eng. Soc.* 2001. – № 10 (49), P. 867-903.

42. Авдеев В.Б., Трушин В.А., Кунгуров М.А. Унифицированная речеподобная помеха для средств активной защиты речевой информации // Информатика и автоматизация. 2020. № 5 (19). С. 991-1017.
43. Dvoryankin, S.V. *Speech-like signal system modeling and its application in the field of security, communication and control access* / S.V. Dvoryankin, S.V. Ulengov, R.A. Ustinov, N.S. Dvoryankin, A.O. Antipenko // *IT Security – 2019, vol.26 № 4.* – P. 83-91.
44. Черных, И.В. SIMULINK: среда создания инженерных приложений [Текст] / И.В. Черных. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 496 с.
45. Терехин, В.В. Основы моделирования в Matlab [Текст] / В.В. Терехин. – М.: КГУ, 2005. – 545 с.
46. Лазарев, Ю.А. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс [Текст] / Ю.А. Лазарев. – М.: BHV, 2005. – 512 с.
47. Маглицкий, Б.Н. Моделирование элементов и систем цифровой радиосвязи в СКМ MATLAB/Simulink [Текст] / Б.Н. Маглицкий. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. – 276 с.
48. *Simulink Reference* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://uk.mathworks.com/help/pdf_doc/simulink/slref.pdf (дата обращения: 23.03.2022).
49. C# преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://shwanoff.ru/plus-minus-c-sharp/> (дата обращения 20.04.2021).
50. Gover, B.N. «*Measurements of directional properties of reverberant sound fields in rooms using a spherical microphone array*» / B.N. Gover, J.G. Ryan, M.R. Stinson // *J. Acoust. Soc. Am.* (2004). 116(4), 2138–2148. <https://doi.org/10.1121/1.1787525> (дата обращения: 15.04.2021).
51. Система активной акустической и вибрационной защиты речевой информации / О.С. Машкова [и др.] // «Безопасность: информация, техника, управление». – 2020. – С. 9-12.
52. *ISO 3745:2003 «Acoustics—Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic and hemi-anechoic*

rooms» (*International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland*). (2003).

53. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2017611063. Программа формирования речеподобной помехи виброакустической защиты / Хорев А.А., Царев Н.В., Щербаков В.А; заявитель и правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национально-исследовательский университет «Московский институт электронной техники». – Заявка № 2016662489 от 16.11.2016; опубл. 19.01.2017. Бюл. № – 9 с.

54. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2019667587 Российская Федерация. Измерительная система дополненной реальности – Акустика (ИСИДОРА) / О.С. Машкова, У.А. Савилова, Д.А. Шибков, А.В. Яковлев, Д.А. Яковлева; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет». – № 2019666736; заявл. 17.12.2019; опубл 25.12.2019. – 1 с.

55. Трушин В.А., Иванов А.В. Возможности снижения интегрального уровня помехи в средствах активной защиты информации речевой информации (состояние и перспективы) // Доклады ТУСУР. 2018. Т. 21. № 2. С. 38-42.

56. Паршин, К.А. Оценка уровня информационной безопасности на объекте информатизации. Информатика и вычислительная техника, информационные системы и технологии: Учебное пособие / К.А. Паршин. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. – 95 с.

57. Сорокин В. Н. Фундаментальные исследования речи и прикладные задачи речевых технологий // Речевые технологии. 2008. № 1. С. 18-48.

58. Голубинский А. Н. Методика расчета параметров модели речевого сигнала в виде импульса АМ-колебания с несколькими несущими частотами, для случая модуляции суммой гармоник // Системы управления и информационные технологии. 2008. № 4.1. С. 156-161.

59. Голубинский А. Н. Математическая модель речевого сигнала, основанная на аппроксимации спектра набором постоянных составляющих в

соответствующих полосах частот // Системы управления и информационные технологии. 2008. № 4.1. С. 156-161.

60. Воробьев В.И., Давыдов А.Г., Давыдов Г.В. Речеподобные сигналы: разновидности, основные параметры, способы формирования, области применения // Минск: Доклады БГУИР. 2009. № 3. С. 9-16.

61. Ахатаева С.М. и др. Способ формирования речеподобного помехового сигнала // Патент Республики Казахстан № 26413. 2012. Бюл.11.

62. Хорев, А. А. Способ и алгоритм формирования речеподобной помехи / А. А. Хорев, Н. В. Царев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 57-67.

63. Авдеев В.Б. и др. Способ дистанционного перехвата конфиденциальной речевой информации, циркулирующей в защищенном помещении // Патент Федеральное автономное учреждение "Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю" (RU) №2642030. 2016. Бюл. 3.

64. Авдеев В.Б. и др. Способ контроля защищенности акустической речевой информации, циркулирующей в помещении, от ее утечки по акустическому каналу // Патент Федеральное автономное учреждение "Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю" (RU) №2629964. 2016. Бюл. 25.

65. Horev A.A, Tsarev N.V. *The method and algorithm of speech-like noise formation* // 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2017. P. 419–422.

66. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки // Санитарные нормы. М.: Минздрав России. 1996.

67. СП 51.13330.2011. Свод правил защита от шума. Sound protection. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. Дата введения 2011-05-20.

68. Асяев Г.Д., Антясов И.С. Оценка эффективности применения шумовых «речеподобных» помех для защиты акустической информации // Вестник УрФО 2018. № 2(28). С. 19-24.

69. Советов, Б. Я. Интеллектуальные системы и технологии / Б. Я. Советов, В.В. Цехановский, В.Д. Чертовской. – Москва : Академия, 2013. – 321 с.

70. Авдеев В.Б. О некоторых направлениях совершенствования методических подходов, применяемых при оценке эффективности технической защиты информации // Специальная техника. 2013. № 3. С. 26-36.

71. Trushin V.A. *The analysis of the formant method of speech intelligibility estimation as a method of performing indirect measurements* // Научный вестник НГТУ. 2019. № 4. С. 135-146.

72. Бутов, Ю.И. Совершенствование методов технической защиты информации в режимных учебных аудиториях и оценка их эффективности / Ю.И. Бутов, А.И. Колезнев, О.А. Скляр // Инфокоммуникационные технологии. – 2007. – № 3. С. 150-152.

73. Дидковский, В.С. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации / В.С. Дидковский, М.В. Дидковская, А.Н. Продеус. – Киев: Имэкс-ЛТД, 2008. – 420 с.

74. Гавриленко, А.В. Сравнительный анализ некоторых методов оценки разборчивости речи / А.В. Гавриленко, В.С. Дидковский, А.Н. Продеус // Акустический симпозиум «Консонанс-2007». – 2007. – С. 54-65.

75. Голошубов, К.С. Исследование проведения проверки по выполнению норм эффективности защиты речевой информации от утечки по акустическому каналу / К.С. Голошубов, А.А. Ложечкин, А.П. Жук. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. – 136 с.

76. Юдин, Е.Я. Защита от шума: Справочник проектировщика / Е.Я. Юдин. – М.: Стройиздат, 1974. – 134 с.

77. ГОСТ 31295.1-2005. Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 1. Расчет поглощения звука атмосферой. – Введ. 2007-01-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 39 с.

78. Смирнов, В.И. Оценки защищенности речевой информации в

выделенном помещении с помощью инструментально-расчетного метода/ В.И. Смирнов // Кибернетика и программирование. – 2012. – № 2. – С. 18-24.

79. Воловач Владимир Иванович, Рогозин Алексей Евгеньевич Статистические характеристики регулярных сигналов телекоммуникационных каналов // Вестник ВУиТ. 2011. № 18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/statisticheskie-harakteristiki-regulyarnyh-signalov-telekommunikatsionnyh-kanalov> (дата обращения: 02.05.2023).

80. Жданов А. Е. Голосовой замок / А. Е. Жданов, Л. Г. Доросинский // *Ural Radio Engineering Journal*. — 2017. — Vol. 1, No. 1. — P. 80-90.

81. Хорев, А.А. Оценка возможностей средств акустической (речевой) разведки / А.А. Хорев // Специальная техника. – 2009. – № 4. – С. 49-63.

82. Корепанов, А. Г. Оценка защищенности помещений от утечки речевой информации / А.Г. Корепанов // Общество, наука, инновации: материалы Всероссийской ежегодной науч.-практ. конф., 15 – 26 апреля 2013 г., Киров. – Киров, 2013. – С. 1455-1459.

83. Иванов, А.В. Методика оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам с учетом форсирования речи: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.19 / А.В. Иванов. – Новосибирск, 2015. – 22 с.

84. Халяпин, Д.Б. Защита информации. Вас подслушивают? Защищайтесь! / Д.Б. Халяпин. – М.: НОУ ШО «Баярд», 2004. – 432 с.

85. Кузнецов, В.И. Акустические свойства связной речи / В.И. Кузнецов, Л.В. Бондарко, В.М. Леонов. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 1996. – 53 с.

86. Моляков, А.С. Технические каналы утечки акустической информации / А.С. Моляков // Аспирант и соискатель. – 2006. – № 6. – С. 176-178.

87. ГОСТ Р 50840–95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 234 с.

88. Сагдеев Константин Мингалеевич, Петренко Вячеслав Иванович Методика оценки технической защищенности речевой информации в выделенных помещениях // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 12 (137). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-tehnicheskoy-zaschischennosti-rechevoy-informatsii-v-vydelennyh-pomescheniyah> (дата обращения: 02.05.2023).

89. Герасименко, В.Г. Методы защиты акустической речевой информации от утечки по техническим каналам. / В.Г. Герасименко, Ю.Н. Лаврухин, В.И. Тупота. – М.: РЦИБ Факел, 2008. – 256 с.

90. Козлов, С.Н. Защита информации: устройства несанкционированного съема информации и борьба с ними / С.Н. Козлов. – М.: Академический проект, 2018. – 286 с.

91. Средства акустической и вибрационной защиты акустической информации ООО «Анна» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nproanna.ru/#/cat/2> (дата обращения 20.02.2022).

92. Генератор-аудиоизлучатель «Соната-СА-65М». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.geroltd.ru/Catalog/Sredsv_zash/Acusto_shum/Sonata-CA-65M.html (дата обращения: 20.02.2022).

93. Генератор-виброизлучатель «Соната-СП-45М». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.geroltd.ru/Catalog/Sredsv_zash/Acusto_shum/Sonata-CP-45M.html (дата обращения: 20.02.2020).

94. Соната-ИПЗ (исп. 305, исп. 307, исп. 308) – Блок электропитания и управления комплексом ТСЗИ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://deep-electronics.ru/catalog/tekhnicheskie-sredstva-zashchity-informatsii/zashchita-informatsii-ot-utechki-po-tekhnicheskim-kanalam/po-akusticheskomu-kanalu/sonata-ip3-isp-305-307-308/> (дата обращения: 20.02.2022).

95. Генератор-виброизлучатель «Соната-СВ-45М». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.geroltd.ru/Catalog/Sredsv_zash/Acusto_shum/Sonata-CB-45M.html (дата обращения: 20.02.2022).

96. Системный подход к построению программно-аппаратного комплекса для подготовки специалистов по информационной безопасности / В.В. Алексеев [и др.] // Вестник ТГТУ – 2021. – № 1. – С. 20-28.

97. Борботько, Т.В. Лекции по курсу «Основы защиты информации» / Т.В. Борботько. – Минск: БГУИР, 2006. – 80 с.
98. Столбов, М. Б. Алгоритм оценки отношения сигнал/шум речевых сигналов / А.Г. Корепанов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2012. – С. 67-72.
99. Трушин В.А., Попов Д.Е., Кунгуров М.А., Марченко Д.Л. Создание речеподобной помехи на основе связанных текстов // Проблемы правовой и технической защиты информации - г. Барнаул. Выпуск VI. 2018. С.79-85.
100. Авдеев В.Б., Трушин В.А., Кунгуров М.А. Исследование возможностей создания унифицированной речеподобной помехи для средств активной защиты речевой информации // Информатика и информатизация. 2020. Т. 19. № 5. С. 991-1017.
101. Голубинский А.Н., Асташов Р.А. Анализ потенциальной точности оценки частоты основного тона речевого сигнала оптимальным методом // Теория и техника радиосвязи. 2017 №1 С. 87-93.
102. Алейник С. В., Матвеев Ю. Н., Раев А. Н. Метод оценки уровня клиппирования речевого сигнала // Науч.-техн. вестн. информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 3 (79). С. 79-83.
103. Технические средства и методы защиты информации: учебник для вузов Зайцев А.П. [и др.]; под ред. А.П. Зайцева и А.А. Шелупанова. – М., 2009.
104. Справочник по технической акустике; пер. с нем. / Под ред. М. Хекла и Х.А. Мюллера. – Л., 1980.
105. Кондратьев А.В., Клянчин О.С. Компромисс активных и пассивных методов виброакустической защиты информации // Системы безопасности. 2005, № 6. С. 11-14.
106. Давыдов Г.В., Попов В.А., Потапович А.В. Защита речевой информации шумовым речеподобным сигналом // Известия Белорусской инженерной академии. 2000, №1(9). С. 146-148.
107. Рабинер Л.Р., Шафер Р.В. Цифровая обработка речевых сигналов: Пер. с англ. / Под ред. Ю.Н. Прохорова, М.В. Назарова. – М: Радио и связь, 1981. – 496 с.

108. Чураев С.О., Адамова А.Д., Палташев Т.Т. Реализация алгоритма шумоподавления в речевом тракте систем мобильной связи на базе СБИС // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 1 (77). – С. 72-76.
109. Рашевский Я.И., Каргашин В.Л. Обзор зарубежных методов определения разборчивости речи // Специальная техника. 2002. № 4. С. 37-46
110. Михайлов В.Г., Златоустова Л.В. Измерение параметров речи / Под ред. М.А. Сапожкова. — М.: Радио и связь, 1987. – 168 с.
111. Ролдугин С.В. Голубинский А.Н., Вольская Т.А. Модели речевых сигналов для идентификации личности по голосу // Радиотехника. 2002. № 11. С. 79-81.
112. Мишуков А.А. Моделирование процессов управления речевой разборчивостью в многоканальных системах конфиденциальной голосовой связи: диссертация канд. техн. наук: 05.13.18, 05.13.19 / А.А. Мишуков. – Воронеж, 2012. – С. 152.
113. Козлачков С.Б., Бонч-Бруевич А.М., Дворянкин С.В. Исследование свойств модуляционных параметров речевых сигналов. // Речевые технологии, 2013. № 3-4. С. 135-142.
114. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов / Пер. с англ., под ред. В. В. Шахгильдяна. М.: Радио и связь, 1981. 440 с.
115. Bitzer J., Brandt M. Speech Enhancement by Adaptive Noise Cancellation: Problems, Algorithms and Limits // AES 39th Intern. Conf. Hillerød/Dänemark, 2010. P. 106-113.
116. Ignatov P., Stolbov M., Aleinik S. *Semi-Automated Technique for Noisy Recording Enhancement Using an Independent Reference Recording* // AES 46th Intern. Conf. Denver, USA, 2012.
117. Иванов А.В. Реализация оптимальной помехи при защите речевой информации от утечки по акустическому и виброакустическому каналам / А.В. Иванов, И.Л. Рева, В.А. Трушин. – Научный вестник НГТУ. 2011. – 186 с.
118. Методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.bmstu.wiki/index.php?title=mobileaction=toggle_view (дата обращения

07.03.2022).

119. Дьяконов, В.П. *Matlab* и *Simulink* для радиоинженеров / В.П. Дьяконов. – М.: «ДМК Пресс», 2011г. – 976 с.

120. *Simulink User's Guide* [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://uk.mathworks.com/help/pdf_doc/simulink/sl_using.pdf (дата обращения 14.03.2022).

121. *Simulink Reference* [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://uk.mathworks.com/help/pdf_doc/simulink/slref.pdf (дата обращения 14.03.2022).

122. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.: Изд-во литературы по вопросам связи и радио, 1962. – 392 с.

123. Вощукова, Е.А. Физические основы строительной акустики: учебное пособие для студентов очного и заочного обучения / Е.А. Вощукова. – Брянск: БГИТА, 2011. – 96 с.

124. Теоретические основы построения и применения научно-исследовательского комплекса мониторинга характеристик защищенности конфиденциальной информации : монография / В. В. Алексеев, В. А. Гриднев, М. В. Моисеева, А. П. Рыжков, А. В. Яковлев ; под общ. ред. В. В. Алексеева. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022 – 100 с.

125. Математическое моделирование защитных экранов для предотвращения утечки информации по техническим каналам в радиодиапазоне / Р. В. Мещеряков, В. П. Лось, В. А. Щербаков, И. С. Рекунков // Вопросы защиты информации. – 2023. – № 1(140). – С. 47-52. – DOI 10.52190/2073-2600_2023_1_47.

126. Математические основы защиты информации: В 5 частях / В. Т. Еременко, А. П. Фисун, В. Ф. Макаров [и др.]. Том Часть 3. – Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2020. – 469 с.

127. Волчихина, М. В. Подход к обеспечению защиты речевой информации при управлении элементами агропромышленных комплексов. Материалы IV Международной научно-практической конференции «Цифровизация АПК», 23-25 октября 2024 г., г. Тамбов, Россия. С.47-54.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Результаты проведения эксперимента

Таблица № Б.1 Дата 22.03.2022
 Диктор _____ Тип помехи БШ
 Аудитор Юпова Е. А. Уровень шума, дБ 0

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	нвк	11	шор	21	все	31	ек	41	вох
2	пнв	12	рош	22	рош	32	етесу	42	шоф
3	шнш	13	шш	23	бш	33	то	43	тш
4	шшт	14	рош	24	тш	34	шш	44	тшш
5	шшш	15	дшш	25	вош	35	шш	45	шшш
6	шшш	16	шшш	26	шшш	36	шшш	46	шшш
7	шшш	17	шшш	27	шшш	37	шшш	47	шшш
8	шшш	18	шшш	28	шшш	38	шшш	48	шшш
9	шшш	19	шшш	29	шшш	39	шшш	49	шшш
10	шшш	20	шшш	30	шшш	40	шшш	50	шшш

Таблица № Б.2 Дата 29.03.2022
 Диктор _____ Тип помехи БШ
 Аудитор Юпова Е. А. Уровень шума, дБ 15

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	шш	11	шшш	21	шшш	31	шшш	41	шшш
2	шш	12	шшш	22	шшш	32	шшш	42	шшш
3	шшш	13	шшш	23	шшш	33	шшш	43	шшш
4	шшш	14	шшш	24	шшш	34	шшш	44	шшш
5	шшш	15	шшш	25	шшш	35	шшш	45	шшш
6	шшш	16	шшш	26	шшш	36	шшш	46	шшш
7	шшш	17	шшш	27	шшш	37	шшш	47	шшш
8	шшш	18	шшш	28	шшш	38	шшш	48	шшш
9	шшш	19	шшш	29	шшш	39	шшш	49	шшш
10	шшш	20	шшш	30	шшш	40	шшш	50	шшш

Таблица № Б.3 Дата 12.04.2022
 Диктор _____ Тип помехи РДШ
 Аудитор Юпова Е. А. Уровень шума, дБ 10

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	рш	11	вс	21	шш	31	шшш	41	шшш
2	шшш	12	шшш	22	шшш	32	шшш	42	шшш
3	шшш	13	шшш	23	шшш	33	шшш	43	шшш
4	шшш	14	шшш	24	шшш	34	шшш	44	шшш
5	шшш	15	шшш	25	шшш	35	шшш	45	шшш
6	шшш	16	шшш	26	шшш	36	шшш	46	шшш
7	шшш	17	шшш	27	шшш	37	шшш	47	шшш
8	шшш	18	шшш	28	шшш	38	шшш	48	шшш
9	шшш	19	шшш	29	шшш	39	шшш	49	шшш
10	шшш	20	шшш	30	шшш	40	шшш	50	шшш

Таблица № В.4
 Диктор _____
 Аудитор Голова Е.А.

Дата 19.04.2022
 Тип помехи РПН
 Уровень шума, дБ -5

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	море	11	желе	21	мил	31	муче	41	като
2	море	12	двор	22	море	32	море	42	дос
3	мил	13	желе	23	дрот	33	ван	43	жон
4	ер	14	тот	24	ржон	34	мил	44	гале
5	море	15	море	25	кель	35	муч	45	сус
6	мале	16	проу	26	море	36	море	46	ван
7	кос	17	миле	27	море	37	море	47	весе
8	сон	18	миле	28	жон	38	мил	48	гале
9	мил	19	миле	29	море	39	сгал	49	мил
10	сон	20	миле	30	мил	40	море	50	мил

Таблица № В.29
 Диктор _____
 Аудитор Голова Е.А.

Дата 26.04.2022
 Тип помехи БШ
 Уровень шума, дБ 20

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	миле	11	бесе	21	мил	31	мил	41	кос
2	мил	12	мил	22	мил	32	мил	42	мил
3	мил	13	миле	23	мил	33	мил	43	мил
4	мил	14	мил	24	мил	34	мил	44	мил
5	мил	15	мил	25	мил	35	мил	45	мил
6	мил	16	мил	26	мил	36	мил	46	мил
7	мил	17	мил	27	мил	37	мил	47	мил
8	мил	18	мил	28	мил	38	мил	48	мил
9	мил	19	мил	29	мил	39	мил	49	мил
10	мил	20	мил	30	мил	40	мил	50	мил

Таблица № В.46
 Диктор _____
 Аудитор Голова Е.А.

Дата 12.04.2022
 Тип помехи РПН
 Уровень шума, дБ 25

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	мил	11	мил	21	мил	31	мил	41	мил
2	мил	12	мил	22	мил	32	мил	42	мил
3	мил	13	мил	23	мил	33	мил	43	мил
4	мил	14	мил	24	мил	34	мил	44	мил
5	мил	15	мил	25	мил	35	мил	45	мил
6	мил	16	мил	26	мил	36	мил	46	мил
7	мил	17	мил	27	мил	37	мил	47	мил
8	мил	18	мил	28	мил	38	мил	48	мил
9	мил	19	мил	29	мил	39	мил	49	мил
10	мил	20	мил	30	мил	40	мил	50	мил

Таблица № Б.47Дата 22.03.2022

Диктор

Тип помехи РПНАудитор Горова Е.А.Уровень шума, дБ 10

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	гзрь	11	погрь	21	чтур	31	ер	41	мкс
2	евен	12	рхи	22	нвнн	32	бгть	42	суп
3	уналь	13	дхи	23	гал	33	чур	43	Кидь
4	гесь	14	дох	24	пой	34	дгнь	44	етгсь
5	нать	15	роп	25	дн	35	турн	45	мел
6	шей	16	ин	26	чотс	36	рнб	46	турать
7	поп	17	бнн	27	двар	37	ноп	47	внх
8	хтох	18	чнос	28	вст.	38	мнн	48	фрор
9	бн	19	пст	29	сест	39	мохь	49	хусь
10	мгрь	20	бяр	30	даур	40	прнх	50	фон

Таблица № Б.53Дата 19.04.2022

Диктор

Тип помехи БШАудитор Горова Е.А.Уровень шума, дБ 80

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	фар	11	дведь	21	мнн	31	бст	41	гст
2	ннн	12	рнн	22	чток	32	гусь	42	рошь
3	мть	13	тнн	23	мур	33	фррд	43	дос
4	бзс	14	чур	24	нкоь	34	бад	44	мгчн
5	фр	15	бнн	25	поп	35	пнсь	45	мгдть
6	нмкс	16	нмть	26	всч	36	тср	46	сес
7	дзнь	17	чнр	27	нрсь	37	чусь	47	рзр
8	нус	18	чн	28	бчс	38	рам	48	нрнок
9	ннн	19	чур	29	чч	39	тнот	49	нлс
10	стнн	20	фссь	30	тнн	40	счр	50	ччс

Таблица № Б.54Дата 29.03.2022

Диктор

Тип помехи БШАудитор Горова Е.А.Уровень шума, дБ 10

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	днн	11	сбт	21	днн	31	нчнь	41	наб
2	днхаль	12	пнн	22	рнс	32	ннн	42	падь
3	сеп	13	ннч	23	ннн	33	тнн	43	дс
4	нст	14	мнн	24	нррд	34	внн	44	ннн
5	бнн	15	днн	25	нлс	35	дзрь	45	ннн
6	вон	16	вон	26	рот	36	ннн	46	ннн
7	гнн	17	ннн	27	ннн	37	роп	47	ннн
8	ннн	18	дзснь	28	чнн	38	гнн	48	дус
9	ннн	19	днн	29	днн	39	внн	49	ннн
10	дс	20	ннн	30	днн	40	гнн	50	рнн

Таблица № Б.61Дата 26.04.2022

Диктор

Тип помехи РППАудитор Гопова Е.А.Уровень шума, дБ 10

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	гань	11	аул	21	рем	31	нмь	41	трим
2	амп	12	м	22	сест	32	шам	42	бур
3	дам	13	мось	23	кес	33	етам	43	рим
4	жмать	14	хем	24	меч	34	кус	44	прас
5	пнх	15	сем	25	етам	35	тар	45	бимь
6	нмх	16	потн	26	пчмь	36	зм	46	крас
7	фмь	17	нмх	27	всь	37	нмшт	47	мьс
8	мтмь	18	вон	28	дмн	38	вотм	48	пдм
9	мдм	19	сот	29	чмн	39	нам	49	этм
10	свмь	20	мост	30	дмн	40	дмь	50	чмь

Таблица № Б.62Дата 29.03.2022

Диктор

Тип помехи РППАудитор Гопова Е.А.Уровень шума, дБ 0

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	ромь	11	здон	21	вмн	31	мчмь	41	мчм
2	уал	12	фмь	22	мчм	32	соро	42	мчм
3	гмь	13	мчм	23	счм	33	дам	43	мчмь
4	мчм	14	мчмь	24	чмн	34	мчмшт	44	пер
5	прмь	15	тар	25	ромь	35	мчр	45	мчм
6	камь	16	дам	26	соро	36	дмн	46	пчм
7	мчм	17	мчм	27	дмн	37	вас	47	трал
8	мчмь	18	мчм	28	мчм	38	мчм	48	мчм
9	пчм	19	ромь	29	вмн	39	мчм	49	мчм
10	мчр	20	мчр	30	пор	40	мчм	50	мчм

Таблица № Б.79Дата 19.04.2022

Диктор

Тип помехи БМАудитор Гопова Е.А.Уровень шума, дБ 25

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	гань	11	мчмь	21	соро	31	вас	41	ромь
2	мчр	12	вас	22	мчмшт	32	соро	42	мчм
3	жас	13	мчм	23	мчм	33	фмшт	43	мчм
4	мчмь	14	мчмь	24	мчр	34	мчм	44	мчмь
5	мчмшт	15	мчмь	25	вс	35	мчм	45	мчмь
6	мчм	16	мчмь	26	мчм	36	мчм	46	мчм
7	мчмь	17	мчм	27	мчм	37	мчм	47	мчмь
8	мчмь	18	мчмшт	28	мчмь	38	вс	48	мчм
9	мчмь	19	мчм	29	мчм	39	мчм	49	мчм
10	мчм	20	мчм	30	мчм	40	мчм	50	мчм

Таблица № Б.79Дата 22.03.2022

Диктор _____

Тип помехи РПНАудитор Топова Е.А.Уровень шума, дБ 15

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	мат	11	шум	21	урь	31	всел	41	жиль
2	нор	12	вис	22	штом	32	горь	42	кут
3	нас	13	нет	23	пач	33	бдой	43	буч
4	мш	14	фог	24	кёр	34	брю	44	рвть
5	кель	15	шом	25	вс	35	боф	45	ниль
6	лам	16	маш	26	рив	36	уль	46	ркс
7	нась	17	ру	27	сел	37	бл	47	шерь
8	горь	18	вст	28	шерь	38	брю	48	убл
9	вдрь	19	крук	29	вс	39	рв	49	диль
10	ёр	20	вду	30	тог	40	дрко	50	шрот

Таблица № Б.80Дата 12.04.2022

Диктор _____

Тип помехи БШАудитор Топова Е.А.Уровень шума, дБ 5

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	кар	11	еау	21	маш	31	вс	41	вкс
2	дай	12	тоф	22	буч	32	мар	42	
3	куль	13	рель	23	вас	33	вбг	43	пор
4	вишь	14	жирь	24	грам	34	жу	44	силь
5	дурь	15	гас	25	маш	35	бет	45	зч
6	фот	16	уль	26	свч	36	рвд	46	етам
7	ел	17	вань	27	двг	37	рель	47	жш
8	леть	18	кар	28	шач	38	вм	48	ввар
9	нел	19	силь	29	лок	39	виль	49	кель
10	трюг	20	жш	30	всюр	40	маш	50	вж

Таблица № Б.71Дата 26.04.2022

Диктор _____

Тип помехи БШАудитор Топова Е.А.Уровень шума, дБ -5

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	шар	11	кель	21	мчу	31	биль	41	етаб
2	днй	12	поп	22	мвдн	32	крас	42	елоя
3	шшр	13	длот	23	мвр	33	бед	43	мач
4	мш	14	биль	24	кель	34	рм	44	мрам
5	мел	15	мид	25	дус	35	етмш	45	доф
6	журь	16	дасть	26	шам	36	чиль	46	шам
7	вдг	17	всч	27	прот	37	киль	47	гиль
8	кел	18	ейой	28	вадр	38	гало	48	двон
9	шор	19	жх	29	роль	39	иль	49	шшч
10	сест	20	нчу	30	силь	40	вдр	50	мшч

Таблица № Б.85Дата 29.03.2022

Диктор

Тип помехи БМ

Аудитор

Топова Е.А.

Уровень шума, дБ

5

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	бодь	11	докль	21	пек	31	розр	41	шль
2	мль	12	док	22	тль	32	кёр	42	еюль
3	каль	13	рель	23	нль	33	тль	43	виль
4	фел	14	нль	24	бюль	34	мать	44	трель
5	лапль	15	цль	25	мль	35	соль	45	мль
6	кюль	16	мль	26	мль	36	даль	46	вль
7	мль	17	мль	27	мль	37	нль	47	рель
8	мль	18	тль	28	рель	38	соль	48	тль
9	мль	19	кель	29	бюль	39	пль	49	тль
10	мль	20	бюль	30	мль	40	вель	50	мль

Таблица № Б.86Дата 12.04.2022

Диктор

Тип помехи РМ

Аудитор

Топова Е.А.

Уровень шума, дБ

20

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	мль	11	рель	21	мль	31	мль	41	мль
2	доль	12	мль	22	мль	32	мль	42	мль
3	мль	13	рель	23	рель	33	мль	43	мль
4	соль	14	рель	24	мль	34	мль	44	мль
5	кель	15	соль	25	мль	35	мль	45	мль
6	мль	16	мль	26	мль	36	мль	46	мль
7	мль	17	мль	27	мль	37	мль	47	мль
8	рель	18	мль	28	мль	38	мль	48	мль
9	мль	19	мль	29	мль	39	мль	49	мль
10	мль	20	мль	30	мль	40	мль	50	мль

Таблица № Б.97Дата 22.03.2022

Диктор

Тип помехи БМ

Аудитор

Топова Е.А.

Уровень шума, дБ

20

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	бур	11	мль	21	мль	31	соль	41	мль
2	мль	12	мль	22	соль	32	мль	42	мль
3	мль	13	мль	23	мль	33	мль	43	мль
4	мль	14	мль	24	мль	34	мль	44	мль
5	мль	15	мль	25	мль	35	мль	45	мль
6	мль	16	мль	26	мль	36	мль	46	мль
7	мль	17	мль	27	мль	37	мль	47	мль
8	мль	18	мль	28	мль	38	мль	48	мль
9	мль	19	мль	29	мль	39	мль	49	мль
10	мль	20	мль	30	мль	40	мль	50	мль

Таблица № Б.98Дата 26.04.2022

Диктор

Тип помехи БМ

Аудитор

Топова Е.А.

Уровень шума, дБ

10

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	шшш	11	Тес	21	двон	31	шшш	41	рррр
2	сет	12	пер	22	надр	32	шшш	42	шшш
3	сам	13	бве	23	преп	33	шшш	43	жжж
4	ташш	14	шшш	24	стурис	34	шшш	44	жжж
5	шшш	15	бон	25	двон	35	двон	45	жжж
6	шшш	16	шшш	26	шшш	36	шшш	46	шшш
7	тадр	17	шшш	27	шшш	37	шшш	47	двон
8	шшш	18	шшш	28	шшш	38	шшш	48	надр
9	шшш	19	шшш	29	шшш	39	шшш	49	шшш
10	шшш	20	шшш	30	шшш	40	шшш	50	шшш

Таблица № Б.103Дата 19.04.2022

Диктор

Тип помехи РДН

Аудитор

Топова Е.А.

Уровень шума, дБ

15

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	шшш	11	трет	21	шшш	31	шшш	41	шшш
2	торь	12	шшш	22	шшш	32	шшш	42	шшш
3	шшш	13	шшш	23	шшш	33	шшш	43	шшш
4	шшш	14	шшш	24	шшш	34	шшш	44	шшш
5	шшш	15	шшш	25	шшш	35	шшш	45	шшш
6	шшш	16	шшш	26	шшш	36	шшш	46	шшш
7	шшш	17	шшш	27	шшш	37	шшш	47	шшш
8	шшш	18	шшш	28	шшш	38	шшш	48	шшш
9	шшш	19	шшш	29	шшш	39	шшш	49	шшш
10	шшш	20	шшш	30	шшш	40	шшш	50	шшш

Таблица № Б.104Дата 29.03.2022

Диктор

Тип помехи РДН

Аудитор

Топова Е.А.

Уровень шума, дБ

25

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	шшш	11	шшш	21	шшш	31	шшш	41	шшш
2	шшш	12	шшш	22	шшш	32	шшш	42	шшш
3	шшш	13	шшш	23	шшш	33	шшш	43	шшш
4	шшш	14	шшш	24	шшш	34	шшш	44	шшш
5	шшш	15	шшш	25	шшш	35	шшш	45	шшш
6	шшш	16	шшш	26	шшш	36	шшш	46	шшш
7	шшш	17	шшш	27	шшш	37	шшш	47	шшш
8	шшш	18	шшш	28	шшш	38	шшш	48	шшш
9	шшш	19	шшш	29	шшш	39	шшш	49	шшш
10	шшш	20	шшш	30	шшш	40	шшш	50	шшш

Таблица № Б.117
 Диктор _____
 Аудитор Топова Е.А.
 Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

Дата 22.03.2022
 Тип помехи РПД
 Уровень шума, дБ -5

1	тои	11	бурь	21	чиль	31	пиу	41	рас
2	мшиль	12	дэдь	22	вэть	32	нок	42	тими
3	мр	13	жиль	23	чурь	33	шаб	43	лак
4	шам	14	кот	24	тими	34	виз	44	рор
5	руть	15	лоу	25	буь	35	соль	45	уос
6	воь	16	нут	26	кип	36	чож	46	ули
7	тши	17	етан	27	деи	37	гел	47	дан
8	бах	18	нюж	28	нать	38	мань	48	ноь
9	крос	19	рж	29	прит	39	жен	49	шор
10	сод	20	травь	30	фж	40	гус	50	виль

Таблица № Б.118
 Диктор _____
 Аудитор Топова Е.А.
 Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

Дата 19.04.2022
 Тип помехи БМ
 Уровень шума, дБ -5

1	кас	11	ном	21	мань	31	карь	41	шес
2	сой	12	бурь	22	мшиль	32	жау	42	чурь
3	нап	13	воть	23	кром	33	рж	43	ржи
4	мок	14	диль	24	нау	34	чурь	44	ниш
5	вап	15	чал	25	дур	35	тш	45	нес
6	шан	16	чши	26	фур	36	рж	46	евж
7	жи	17	сет	27	шурь	37	ржи	47	мш
8	диал	18	гет	28	ер	38	вож	48	рж
9	тиль	19	тши	29	киш	39	берь	49	рань
10	чау	20	гань	30	гиль	40	шор	50	шос

Таблица № Б.133
 Диктор _____
 Аудитор Топова Е.А.
 Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

Дата 12.04.2022
 Тип помехи БМ
 Уровень шума, дБ -5

1	еурь	11	тес	21	кон	31	бурь	41	проб
2	юиль	12	гау	22	етав	32	ман	42	рж
3	шес	13	бурь	23	шос	33	гел	43	дурь
4	раш	14	ель	24	рань	34	шурь	44	вож
5	дор	15	шес	25	бож	35	едь	45	пос
6	шот	16	фос	26	гжи	36	тши	46	рж
7	рал	17	дроз	27	рван	37	вль	47	шос
8	мр	18	расть	28	ашь	38	вош	48	шот
9	рор	19	важ	29	рурь	39	шаль	49	рж
10	мш	20	аших	30	фж	40	рж	50	шж

Таблица № Б. 134Дата 26.04.2022

Диктор

Тип помехи РППАудитор Юпова С.А.Уровень шума, дБ 20

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	лп	11	мш	21	тот	31	рп	41	вп
2	мш	12	мш	22	дот	32	лп	42	дш
3	пш	13	кш	23	лш	33	мш	43	пш
4	вп	14	дш	24	пш	34	лш	44	дш
5	дш	15	кш	25	лш	35	лш	45	лш
6	лш	16	мш	26	лш	36	лш	46	лш
7	лш	17	лш	27	лш	37	лш	47	лш
8	лш	18	лш	28	лш	38	лш	48	лш
9	лш	19	лш	29	лш	39	лш	49	лш
10	лш	20	лш	30	лш	40	лш	50	лш

Таблица № Б. 152Дата 12.04.2022

Диктор

Тип помехи БМАудитор Юпова С.А.Уровень шума, дБ 15

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	лш	11	лш	21	лш	31	лш	41	лш
2	лш	12	лш	22	лш	32	лш	42	лш
3	лш	13	лш	23	лш	33	лш	43	лш
4	лш	14	лш	24	лш	34	лш	44	лш
5	лш	15	лш	25	лш	35	лш	45	лш
6	лш	16	лш	26	лш	36	лш	46	лш
7	лш	17	лш	27	лш	37	лш	47	лш
8	лш	18	лш	28	лш	38	лш	48	лш
9	лш	19	лш	29	лш	39	лш	49	лш
10	лш	20	лш	30	лш	40	лш	50	лш

Таблица № Б. 153Дата 29.03.2022

Диктор

Тип помехи РППАудитор Юпова С.А.Уровень шума, дБ 10

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	лш	11	лш	21	лш	31	лш	41	лш
2	лш	12	лш	22	лш	32	лш	42	лш
3	лш	13	лш	23	лш	33	лш	43	лш
4	лш	14	лш	24	лш	34	лш	44	лш
5	лш	15	лш	25	лш	35	лш	45	лш
6	лш	16	лш	26	лш	36	лш	46	лш
7	лш	17	лш	27	лш	37	лш	47	лш
8	лш	18	лш	28	лш	38	лш	48	лш
9	лш	19	лш	29	лш	39	лш	49	лш
10	лш	20	лш	30	лш	40	лш	50	лш

Таблица № Б.193Дата 22.03.2022

Диктор

Тип помехи БШАудитор Юрова Е.А.Уровень шума, дБ 5

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	пор	11	ирушь	21	роту	31	вошь	41	ишь
2	ворь	12	вьрь	22	рий	32	ше	42	бесс
3	ркс	13	есв	23	файсь	33	нйт	43	наишь
4	иушь	14	еясь	24	сгдр	34	тадр	44	вс
5	иуи	15	тврь	25	ишшь	35	гдд	45	вдр
6	иоп	16	дютъ	26	ишь	36	сгд	46	дгдъ
7	ишх	17	дан	27	ишгн	37	наиь	47	наишь
8	ишоп	18	проу	28	ишгч	38	ишдр	48	всшь
9	сстчн	19	идфь	29	ишг	39	ишгх	49	башь
10	дфрь	20	бшн	30	иштъ	40	вгдр	50	дгч

Таблица № Б.208Дата 19.04.2022

Диктор

Тип помехи РППАудитор Юрова Е.А.Уровень шума, дБ 10

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	трак	11	стел	21	грос	31	гиль	41	стух
2	блал	12	пзгъ	22	ноы	32	ггас	42	пдч
3	грудъ	13	ишт	23	дшии	33	ггдр	43	дв
4	ишь	14	ишр	24	ишгъ	34	ишур	44	иши
5	иш	15	ишж	25	сгдъ	35	ишдр	45	ишь
6	ишгъ	16	иши	26	ишгъ	36	ишгъ	46	ишгъ
7	ишн	17	ишт	27	ишб	37	ишгъ	47	ишр
8	ишн	18	ишгъ	28	ишгъ	38	ишгъ	48	ишгъ
9	иш	19	ишгъ	29	ишгъ	39	ишгъ	49	ишгъ
10	иш	20	ишгъ	30	ишгъ	40	ишгъ	50	ишгъ

Таблица № Б.228Дата 26.04.2022

Диктор

Тип помехи РППАудитор Юрова Е.А.Уровень шума, дБ 15

Чтение таблицы: (в столбик, в строчку)

1	вдн	11	ишь	21	ишт	31	ишн	41	иштъ
2	ишт	12	иштъ	22	ишт	32	ишт	42	ишт
3	ишт	13	иштъ	23	ишт	33	ишт	43	ишт
4	ишт	14	иштъ	24	ишт	34	ишт	44	ишт
5	ишт	15	ишт	25	ишт	35	ишт	45	ишт
6	ишт	16	ишт	26	ишт	36	ишт	46	ишт
7	ишт	17	ишт	27	ишт	37	ишт	47	ишт
8	ишт	18	ишт	28	ишт	38	ишт	48	ишт
9	ишт	19	ишт	29	ишт	39	ишт	49	ишт
10	ишт	20	ишт	30	ишт	40	ишт	50	ишт

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Акты о внедрении результатов

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО

«Тамбовский государственный
технический университет» по

научной работе

д.т.н. профессор

Д.Ю. Муромцев

2024 г.



АКТ

об использовании результатов диссертации Волчихиной Марии Владимировны

Комиссия в составе: председатель – член координационного совета НОЦ «Проблемы управления, информатики и защиты информации в организационных и технических системах», директор института Автоматики и информационных технологий д.т.н., профессор Громов Ю.Ю., члены: доценты кафедры Информационные системы и защита информации к.т.н., доцент Гриднев В.А., к.т.н., доцент Яковлев А.В. – составила настоящий акт о том, что результаты, полученные аспиранткой кафедры Информационные системы и защита информации Волчихиной М.В. при подготовке диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.6, связанные с разработкой оригинальных математического обеспечения и технического решения для обеспечения защиты офисного помещения от утечки конфиденциальной информации по акустовибрационному каналу, а именно:

1. Модель адаптивной речеподобной помехи;

2. Алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи;

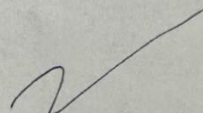
3. Прототип аппаратно-программного комплекса защиты конфиденциальной информации от утечки по акустовибрационному каналу, получены в рамках выполнения плана научных исследований, проводимых НОЦ «Проблемы управления, информатики и защиты информации в организационных и технических системах» ФГБУН «ИПУ им. В.А. Трапезникова» РАН и ФГБОУ ВО «ТГТУ».

На основе результатов исследования, проведенного Волчихиной М.В., созданы стенд исследования свойств и характеристик акустического и виброакустического канала утечки информации и безэховая камера для исследования уровня словесной разборчивости. Исследования, выполненные с их помощью, позволили реализовать программу научных исследований по гранту РФФИ проект № 20-37-90146 «Теоретические основы построения и применения научно-исследовательского комплекса мониторинга характеристик защищенности конфиденциальной информации».

Полученные Волчихиной М.В. результаты исследования учтены и положены в основу планируемой на 2022-2025 гг. перспективной программы научных исследований, проводимых в НОЦ «Проблемы управления, информатики и защиты информации в организационных и технических системах» ФГБУН «ИПУ им. В.А. Трапезникова» РАН и ФГБОУ ВО «ТГТУ».

На основе полученных Волчихиной М.В. результатов создан макет научно-исследовательского комплекса мониторинга характеристик защищенности конфиденциальной информации на основе системного подхода, предназначенный для автоматизации процесса нахождения оптимального уровня акустической помехи, исследования и нейтрализации утечки информации по техническим, в том числе и акустовибрационным каналам.

Председатель комиссии: д.т.н. профессор



Ю.Ю. Громов

Члены комиссии:

к.т.н. доцент



В.А. Гриднев

к.т.н. доцент

А.В. Яковлев

УТВЕРЖДАЮ

Начальник МЦП и БП войск РЭБ
(учебный и испытательный)

к.т.н., доцент

Ю.А. Губсков

« 25 » 04 2024 г.



АКТ
о реализации результатов исследования
Волчихиной Марии Владимировны

Комиссия в составе: председатель – начальник цикла Каданцев С.М., члены комиссии: начальник отдела Казак П.А., командир роты (научной) Шатских В.В. составили настоящий акт о том, что в период с сентября 2021 г. по апрель 2024 г., в соответствии с соглашением о сотрудничестве между МЦП и БП войск РЭБ и «ТГТУ», проведены исследования по разработке эффективных мер защиты служебных помещений от утечки информации, в частности, по акустовибрационному каналу. Волчихина М.В. принимала активное участие в организации и проведении этих исследований и, полученные лично ей научные результаты, включающие: модель адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации; алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи и прототип аппаратно-программного комплекса, использованы при выполнении составной части ОКР «Полянка-РЭБ-ВНС-2».

Теоретические положения построения научно-исследовательских комплексов мониторинга характеристик защищенности информации на основе системного подхода включены в материалы исследований, проведенных в рамках ОКР «Паутинка-ВНС-61460».

В результате проводимых совместно с «ТГТУ» научных исследований получен ряд результатов существенно повысивших защищенность ряда служебных помещений Центра. В настоящее время разрабатывается проект ТЗ на разработку опытного образца СЗИ, в котором реализованы, полученные Волчихиной М.В. результаты.

Использование теоретических и практических результатов диссертации Волчихиной М.В. при выполнении указанных ОКР позволило не только сократить время на исследования, связанные с созданием высокоэффективных средств защиты помещений от утечек информации по различным каналам, но и существенно сэкономить средства МО РФ, выделенные на разработку и внедрение высокоэффективных средств защиты информации.

Председатель комиссии:

С.М. Каданцев

Члены комиссии:

П.А. Казак

В.В. Шатских

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Тигрис»



М.И. Обарлов
202_ г.

АКТ

о внедрении результатов диссертации

Волчихиной Марии Владимировны, выполненной по специальности
2.3.6 «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность»

В рамках деятельности по технической защите конфиденциальной информации, аттестации и проведения инструментального контроля автоматизированных систем в период с 01.10.2021 по 15.12.2022 специалистами организации в тестовом режиме применялся прототип аппаратно-программного комплекса защиты информации от утечек по акустовибрационному каналу и специальное программное обеспечение для генерации помеховых сигналов в акустическом диапазоне, созданное на кафедре Информационные системы и защита информации ФГБОУ ВО «ТГТУ» в рамках научного исследования, проведенного Волчихиной М.В.

По результатам тестирования АПК, установлено, что теоретические результаты, полученные Волчихиной М.В.: модель адаптивной речеподобной помехи для средств защиты информации, алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи и прототип аппаратно-программного комплекса защиты конфиденциальной информации от утечки по акустовибрационному каналу, обеспечивают, заявленные автором диссертации параметры в части сохранения требуемого уровня словесной разборчивости при соблюдении эргономических требований для офисных помещений площадью 15-30 кв. м, уровень шума при этом не превышал 35 дБ.

В результате сделан вывод о целесообразности оснащения помещений средствами постановки акустических помех от негласного или непреднамеренного прослушивания, созданными по результатам исследования Волчихиной М.В.

Целесообразно результаты диссертации Волчихиной М.В. также применять при:

разработке концепции обеспечения информационной безопасности организации (предприятия);

разработке организационно-технических и режимных мер по защите конфиденциальной информации;

аттестации защищаемых помещений (помещений для проведения переговоров).

Представляет интерес продолжение исследований по оценке эффективности применения полученных автором диссертации результатов по защите информации, циркулирующей в системах звукоусиления; при проведении звуко- и видеозаписи; при передаче информации по каналам связи.

Руководитель группы защиты гостайны

В.С. Комаров

Инженер второй категории

Н.С. Хрущев

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГБОУ ВО
«Тамбовский государственный
технический университет»

д.т.н., профессор

И.В. Молоткова

«16» 2021 г.

АКТ

об использовании результатов исследования
Волчихиной Марии Владимировны

Комиссия в составе: председатель – директор института Автоматики и информационных технологий д.т.н., профессор Громов Ю.Ю., члены комиссии: профессор кафедры Информационные системы и защита информации д.т.н., профессор Дидрих В.Е., к.т.н., доцент, доцент кафедры Информационные системы и защита информации Яковлев А.В. – составила настоящий акт о том, что результаты диссертации Волчихиной М.В. на тему «Модель и алгоритм активной защиты конфиденциальной информации от утечки по акустовибрационному каналу на основе адаптивной речеподобной помехи», выполненной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.6, а именно:

1. Модель адаптивной речеподобной помехи, отличающаяся, во-первых, процедурами изменения ее параметров в зависимости от оцениваемых в динамике защиты параметров речи субъектов переговоров, во-вторых, вводимыми ограничениями на уровень ее мощности в зависимости от установленных требований к условиям труда.

2. Алгоритм формирования адаптивной речеподобной помехи, отличающийся использованием шестиканальной схемы генерации речеподобной помехи и процедурой ее прерывания при отсутствии речевого сигнала (акустомат).

3. Прототип аппаратно-программного комплекса защиты конфиденциальной информации от утечки по акустовибрационному каналу, отличающийся автоматической корректировкой частотного диапазона и мощности генерируемой помехи, способствующей снижению интегрального уровня шума от средств активной защиты информации при соблюдении требований условий труда по уровню шума.

Приведенные результаты позволили применить в учебном процессе следующие компоненты прототипа аппаратно-программного комплекса:

1. Стенд исследования свойств и характеристик акустического и виброакустического канала утечки информации, реализующий, разработанные Волчихиной М.В., модель и алгоритм активной защиты конфиденциальной

информации от утечки по акустовибрационному каналу на основе адаптивной речеподобной помехи;

2. Беззеховая камера для исследования уровня словесной разборчивости; при разработке учебно-методических пособий, лабораторных работ и обучающих программных комплексов на кафедре Информационные системы и защита информации ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» по следующим дисциплинам специалитета 10.05.03 - «Информационная безопасность автоматизированных систем»:

– «Инструментальные средства контроля защищённости информации», тема 7 «Средства измерения параметров акустических и акустоэлектрических каналов утечки информации»;

– «Защита информации от утечки по техническим каналам», тема 3 «Технические каналы утечки акустической (речевой) информации».

Применение результатов диссертации Волчихиной М.В. позволило повысить качество учебного процесса по этим дисциплинам на 12 %.

Председатель комиссии: д.т.н., профессор

Ю.Ю. Громов

Члены комиссии:

д.т.н., профессор

В.Е. Дидрих

к.т.н., доцент

А.В. Яковлев

**ПРИЛОЖЕНИЕ В Документы, подтверждающие апробацию результатов
исследования**



ПРИЛОЖЕНИЕ Г Терминологический анализ предметной области

№	ТЕРМИН	СОДЕРЖАНИЕ	ИСТОЧНИК
1.	Противодействие	Действие, препятствующее другому действию.	Толковый словарь Ожегова. С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. 1949-1992.
2.	Объект защиты	информация или носитель информации, или информационный процесс, которые необходимо защищать в соответствии с поставленной целью защиты информации.	ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации.
3.	Показатель информационной безопасности	Мера или характеристика для оценки информационной безопасности.	СТО БР ИББС-1.0, стандарт Банка России СТО БР ИББС-1.1-2007 “Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации. Аудит информационной безопасности”
4.	Организационно-техническая система	Техническая система, управляемая людьми для достижения заданной цели	В.И. Погорелов «Система и ее жизненный цикл»
5.	Адаптация системы	приспособление системы к внешним условиям.	И. Н. Глухих. ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ [Электронный ресурс]: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2016. 148 с.
6.	Адаптация систем управления	основывается на приобретении в процессе управления новых знаний о среде, объекте управления, которые позволяют вырабатывать эффективные управляющие воздействия.	И. Н. Глухих. ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ [Электронный ресурс]: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2016. 148 с.
7.	Адаптивность автоматизированной системы	Способность АС изменяться для сохранения своих эксплуатационных показателей в заданных пределах при изменениях внешней среды	ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения
8.	Информационная система	система обработки информации и соответствующие организационные ресурсы (человеческие,	ISO/IEC 2382-1:1993. Information technology — Vocabulary — Part 1: Fundamental terms

		технические, финансовые и т. д.), которые обеспечивают и распространяют информацию. автоматизированная система, результатом функционирования которой является представление выходной информации для последующего использования. совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств.	ГОСТ РВ 51987 Федеральный закон от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ "Об информации, информационных технологиях и о защите информации"
9.	Защищаемая информация	информация, являющаяся предметом собственности и подлежащая защите в соответствии с требованиями правовых документов или требованиями, устанавливаемыми собственником информации. Примечание: Собственником информации может быть - государство, юридическое лицо, группа физических лиц, отдельное физическое лицо.	ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации.
10.	Защита информации от утечки	деятельность по предотвращению неконтролируемого распространения защищаемой информации от ее разглашения, несанкционированного доступа к защищаемой информации и от получения защищаемой информации [иностранными] разведками.	ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации.

11.	Показатель эффективности защиты информации	мера или характеристика для оценки эффективности защиты информации.	ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации.
12.	Способ защиты информации	порядок и правила применения определенных принципов и средств защиты информации.	ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации.
13.	Офис	здание (строение, сооружение), или часть здания (строения, сооружения), или нежилое помещение (часть нежилого помещения), оборудованные стационарными рабочими местами и оргтехникой, используемые для обработки и хранения документов и (или) приема клиентов.	Согласно пункту 1.4 Постановления Правительства Москвы от 14.05.2014 № 257-ПП
14.	Защищаемое помещение	это помещения , в которых предполагается проведение конфиденциальных переговоров	Федеральная служба по техническому и экспортному контролю Приказ От 29 апреля 2021 г. N 77 Об утверждении порядка организации и проведения работ по аттестации объектов информатизации на соответствие требованиям о защите информации ограниченного доступа, не составляющей государственную тайну
15.	Информационная безопасность	Состояние защищенности информации(данных), при котором обеспечены ее (их) конфиденциальность, доступность и целостность	ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации.
16.	Техническое решение	устройство, сооружение, изделие, являющееся конструктивным элементом или совокупностью конструктивных элементов, находящихся в функционально-	Большой энциклопедический политехнический словарь

		конструктивном единстве; способ, процесс выполнения взаимосвязанных действий над материальным объектом и с помощью материальных объектов; вещество, искусственно созданное материальное образование, являющееся совокупностью взаимосвязанных элементов, ингредиентов (к в-вам относятся, напр., материалы для изготовления предметов, сооружений, употребляемые для покрытий, изоляции, амортизации, используемые в качестве проводников энергии, лечебные, косметич., пищевые, вкусовые в-ва, кормовые продукты, хим. реагенты, вещества- излучатели и вещества- поглотители излучений, поверхностно-активные, биологически активные в- ва, в т. ч. ядохимикаты, стимуляторы роста).	
17.	Организационное решение	РЕШЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЕ - выбор, который должен сделать руководитель в процессе осуществления им функций управления и решения конкретных организационных задач. Организационное решение призвано обеспечить продвижение к поставленным перед организацией ориентирам, целям. Поэтому наиболее эффективным организационным решением явится выбор, который будет реализован и внесет наибольший вклад в достижение конечной цели.	Экономический словарь, 2010

18.	Метод защиты информации	Для парирования той или иной угрозы используется определенная совокупность средств и методов защиты, некоторые из них защищают от нескольких угроз одновременно. Среди методов защиты имеются и универсальные методы, являющиеся базовыми при построении любой системы защиты. Правовые методы защиты информации служат основой легитимного построения и использования системы защиты любого назначения. Организационные методы защиты информации используются для парирования нескольких угроз, кроме того, их использование в любой системе защиты обязательно.	Методы и средства защиты компьютерной информации : учебное пособие / А.А. Безбогов, А.В. Яковлев, В.Н. Шамкин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 196 с. – 100 экз. – ISBN 5-8265-0504-4.)
19.	Система защиты информации	совокупность органов и (или) исполнителей, используемой ими техники защиты информации, а также объектов защиты информации, организованная и функционирующая по правилам и нормам, установленным соответствующими документами в области защиты информации.	ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации