Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 534.2

Прокошин
Михаил Игоревич

Система активной защиты контролируемой зоны от утечки речевой информации по виброакустическому каналу

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание степени магистра технических наук
по специальности 7-06-0611-02 Информационная безопасность

Научный руководитель

Врублевский Игорь Альфонсович

кандидат технических наук, доцент

Минск 2025

ВВЕДЕНИЕ

В условиях роста объемов конфиденциальной информации и совершенствования технических средств разведки актуальной задачей является обеспечение защиты речевой информации от утечки по техническим каналам. Одним из наиболее опасных и трудно контролируемых является виброакустический канал утечки, реализуемый через ограждающие конструкции и инженерные коммуникации зданий.

Современные методы защиты речевой информации включают пассивные инженерные решения и активные системы зашумления. Однако пассивные меры в условиях существующих зданий зачастую не обеспечивают требуемый уровень защищенности, что обуславливает необходимость применения средств активной защиты. В то же время эффективность таких средств во многом определяется корректностью их выбора, установки и настройки, а также объективной экспериментальной оценкой в конкретных условиях эксплуатации.

Настоящая работа посвящена исследованию и экспериментальной оценке системы активной защиты контролируемой зоны от утечки речевой информации по виброакустическому каналу. В рамках диссертационного исследования выполнен анализ конструктивных особенностей защищаемого помещения, проведена инструментальная оценка его исходной защищенности, обоснована необходимость применения средств активной защиты и разработаны рекомендации по повышению уровня защищенности.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Использование комплекса «Шум-3МА» апробировано при проведении инструментального контроля защищенности от утечки речевой информации и подтверждает возможность получения достоверных количественных показателей в условиях реальной эксплуатации защищаемого помещения.

2. Обоснована методика размещения измерительных датчиков при оценке защищённости оконных конструкций, учитывающая возможность перехвата речевой информации как по внешней поверхности остекления, так и по внутренним отражающим поверхностям. При этом исключены излишние повторения.

Полученные результаты имеют практическую направленность и могут быть использованы при проектировании и эксплуатации систем защиты речевой информации в выделенных помещениях различного назначения.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Обеспечение защиты речевой информации от утечки по техническим каналам является одной из приоритетных задач в области информационной безопасности. Особую опасность представляет виброакустический канал утечки, реализуемый через ограждающие конструкции и инженерные коммуникации зданий. В условиях реальной эксплуатации защищаемых помещений пассивные методы защиты не всегда позволяют обеспечить нормативно допустимый уровень защищённости, что обуславливает необходимость применения средств активной защиты речевой информации и проведения их экспериментальной оценки.

Целью магистерской диссертации является исследование и экспериментальная оценка системы активной защиты контролируемой зоны от утечки речевой информации по виброакустическому каналу и разработка рекомендаций по повышению уровня защищённости выделенного помещения.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

выполнен анализ технических каналов утечки речевой информации и методов противодействия им;

исследованы конструктивные и инженерные особенности защищаемого помещения;

проведена инструментальная оценка исходного уровня защищённости по акустическому и виброакустическому каналам;

обоснована необходимость применения средств активной защиты речевой информации;

разработаны рекомендации по установке и применению средств активной защиты и дополнительных мер защиты.

Объектом исследования является защищаемое помещение, в пределах которого циркулирует конфиденциальная речевая информация.

Предметом исследования являются методы и средства активной защиты речевой информации от утечки по виброакустическому каналу и показатели защищённости, характеризующие их эффективность.

В работе использованы методы анализа нормативных и научно-технических источников, инструментальные методы измерения параметров акустического и виброакустического поля с применением специализированного измерительного комплекса, а также методы расчёта формантной и словесной разборчивости речи.

Научная новизна работы состоит в комплексном анализе технических каналов утечки речевой информации с учётом физических механизмов её распространения в строительных и инженерных конструкциях защищаемого помещения, а также в экспериментальном исследовании особенностей утечки

речевой информации по виброакустическому каналу. В работе получено экспериментальное подтверждение эффективности применения средств активной виброакустической защиты с учётом конструктивных характеристик ограждающих элементов и инженерных коммуникаций конкретного помещения.

Практическая значимость работы состоит в возможности использования разработанной методики оценки защищённости и предложенных рекомендаций при проектировании и эксплуатации систем защиты речевой информации в выделенных помещениях.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в материалах научных конференций и доложены на республиканских и международных научно-технических конференциях.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Магистерская диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, приведена оценка современного состояния проблемы защиты речевой информации от утечки по техническим каналам, сформулированы цель и задачи работы, определены объект и предмет исследования, а также обозначено практическое назначение выполненного исследования.

В первой главе проведён анализ современного состояния проблемы защиты речевой информации от утечки по техническим каналам.

Рассмотрены основные виды технических каналов утечки речевой информации, включая акустический, виброакустический, акустоэлектрический и акустоэлектромагнитный каналы. Особое внимание уделено виброакустическому каналу как одному из наиболее сложных для выявления и подавления, поскольку он связан с передачей речевых колебаний через строительные конструкции и инженерные коммуникации здания.

Проанализированы физические механизмы формирования виброакустического канала утечки, в том числе преобразование акустических колебаний воздуха в механические вибрации твёрдых тел и их дальнейшее распространение по связанным конструктивным элементам. Рассмотрены методы технической разведки, основанные на съёме вибраций с использованием контактных и дистанционных средств.

Показано, что в условиях эксплуатации реальных выделенных помещений именно виброакустический канал утечки часто определяет уровень защищённости речевой информации. Сделан вывод о необходимости применения активных методов защиты, дополняющих пассивные конструктивные меры, и о целесообразности проведения инструментальной оценки защищённости до и после внедрения средств защиты.

Во второй главе выполнен анализ защищаемого помещения, как объекта защиты речевой информации.

Приведено подробное описание конструктивных и инженерных особенностей помещения: ограждающих конструкций, оконных и дверных проёмов, перекрытий, системы вентиляции, отопления, электропитания, охранно-пожарной сигнализации и вспомогательных технических средств и систем. Определено расположение помещения в здании и границы контролируемой зоны.

На основе анализа конструктивных элементов сформирована схема потенциальных каналов утечки речевой информации, учитывающая связь помещения с соседними помещениями и инженерными системами здания.

Установлено, что совокупность ограждающих конструкций и инженерных коммуникаций образует ряд потенциально уязвимых направлений утечки речевой информации, в первую очередь по виброакустическому каналу. Результаты данной главы послужили основой для выбора контрольных точек (схема изображена на рисунке 1) и разработки программы инструментальных измерений.

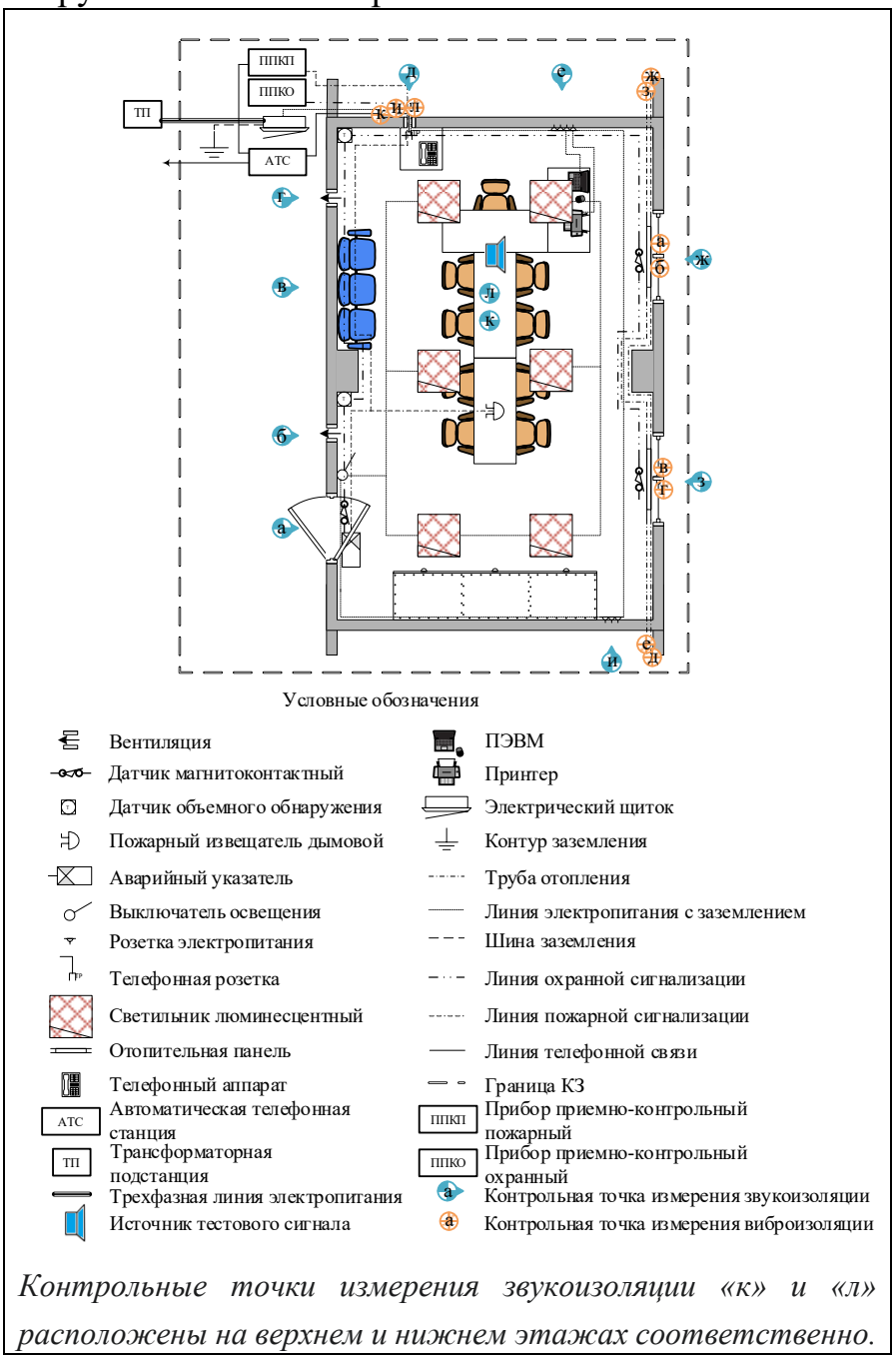

Рисунок 1 – Схема расположения контрольных точек измерений звуко- и виброизоляции

В третьей главе проведена оценка защищённости защищаемого помещения от утечки речевой информации по акустическому и виброакустическому каналам.

Описан состав и принцип работы используемого в ходе инструментальных контролей измерительного комплекса «Шум-3МА», а также порядок проведения измерений в соответствии с действующими методическими рекомендациями. Приведена типовая схема размещения элементов измерительного комплекса при контроле ограждающих конструкций и инженерных систем.

Оценка защищённости осуществлялась на основе измерения уровней тестового сигнала и фонового шума с последующим расчётом реального затухания и показателей разборчивости речи. В работе использована математическая модель акустического приёмника, включающая расчёт формантной разборчивости речи R и словесной разборчивости W:

$$R = \sum_{i=1}^{n} k_i \cdot r_i(Q_i), \quad (1)$$

где i – порядковый номер 1/3 октавной полосы;

n – число 1/3 октавных полос;

k_i – весовые коэффициенты, характеризующие вероятность наличия формант в 1/3 октавной полосы, т.е. их весовой вклад в разборчивость речи;

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

$$W = \begin{cases} 1{,}54 \cdot R^{0{,}25} \cdot [1 - exp(-11 \cdot R)], & R < 0{,}15; \\ 1 - exp\left(-\frac{11 \cdot R}{1 + 0{,}7 \cdot R}\right), & R \geq 0{,}15. \end{cases} \quad (2)$$

В качестве иллюстративного примера в таблице 1 приведены результаты измерений в одной из контрольных точек до и после применения средств активной защиты (САЗ).

Таблица 1 – Результаты контроля акустических параметров

Результаты контроля в точке "Звук_А" (дверь) до применения САЗ				
Октавные полосы, Гц	Lш, дБ[1]	Lсш, дБ[2]	W[3]	Вывод
250 (178 - 354)	35,4	77	0,814	**Точка не соответствует нормам безопасности**
500 (354 - 708)	29,2	69,8		
1000 (708 - 1414)	53,7	68,5		
2000 (1414 - 2828)	53,9	63,5		

Примечания:

[1]. $L_ш$ - уровень естественного шума в точке измерения (плюс "дельта САЗ", если есть), дБ.

[2]. $L_{сш}$ - уровень тест-сигнала и шума в точке измерения, дБ.

[3]. W - показатель словесной разборчивости речи.

Продолжение таблицы 1

4000 (2828 - 5656)	52	59,3		
Результаты контроля в точке "Звук_А" (дверь) после применения САЗ				
Октавные полосы, Гц	Lш, дБ	Lсш, дБ	W	Вывод
250 (178 - 354)	86,1	75,9	0,064	**Точка соответствует нормам безопасности**
500 (354 - 708)	87,6	70,6		
1000 (708 - 1414)	119	67,2		
2000 (1414 - 2828)	120,8	60,3		
4000 (2828 - 5656)	115,8	58,6		

Экспериментально установлено, что без применения средств активной защиты значения словесной разборчивости речи превышают нормативно допустимые уровни, что подтверждает наличие реальных каналов утечки. Полученные результаты обосновали необходимость внедрения системы активного акустического и виброакустического зашумления.

В четвёртой главе разработаны рекомендации и мероприятия по повышению защищённости защищаемого помещения.

Обоснован выбор комплекса активной защиты речевой информации на базе СЗРИ «Прибой», определены его основные технические параметры и принципы функционирования. Разработаны рекомендации по установке вибрационных и акустических излучателей с учётом выявленных уязвимых элементов конструкций.

Кроме того, предложен комплекс дополнительных мер противодействия утечкам речевой информации, включающий защиту от высокочастотного навязывания, контроль вспомогательных технических средств и периодические проверки помещения на наличие закладных устройств.

Показано, что комплексный подход, сочетающий активное зашумление с организационными и техническими мерами, обеспечивает выполнение нормативных требований по защите речевой информации и повышает устойчивость системы к различным способам технической разведки.

Таким образом, в работе последовательно решена задача оценки и повышения защищённости речевой информации в конкретном защищаемом помещении, а полученные результаты могут быть использованы при проектировании и эксплуатации систем технической защиты информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения магистерской диссертации:

1. Проведён анализ современного состояния проблемы защиты речевой информации от утечки по техническим каналам, который показал, что в условиях реальной эксплуатации выделенных помещений наибольшую опасность представляют акустический и виброакустический каналы утечки, формируемые ограждающими конструкциями и инженерными коммуникациями. Установлено, что пассивные меры защиты, как правило, не обеспечивают нормативного уровня защищённости без применения активных средств.

2. Выполнено детальное обследование конструктивных и инженерных особенностей защищаемого помещения, включая стены, окна, дверные проёмы, перекрытия, систему вентиляции, отопления и электропитания. Показано, что данные элементы оказывают существенное влияние на формирование потенциальных каналов утечки речевой информации и должны учитываться при проектировании системы защиты.

3. Разработан и реализован порядок инструментальной оценки защищённости помещения по акустическому и виброакустическому каналам с использованием измерительного комплекса «Шум-3МА». Методика основана на измерении уровней тестового сигнала и фонового шума, расчёте реального затухания и определении формантной и словесной разборчивости речи.

4. По результатам экспериментальных измерений установлено, что при отсутствии средств активной защиты уровень словесной разборчивости речи в ряде контрольных точек превышает нормативно допустимые значения, что подтверждает наличие реальных каналов утечки речевой информации и обосновывает необходимость внедрения системы активного зашумления.

5. Обоснован выбор системы активной защиты речевой информации на базе СЗРИ «Прибой» и определены её основные технические параметры. Разработаны рекомендации по размещению акустических и вибрационных излучателей с учётом конструктивных особенностей помещения и наиболее уязвимых направлений утечки.

6. Предложен комплекс дополнительных технических и организационных мер по противодействию утечкам речевой информации по акустоэлектрическим и акустоэлектромагнитным каналам, включая защиту линий электропитания и связи, а также организацию регулярных проверок помещения на наличие закладных устройств.

Полученные в работе результаты имеют практическую значимость и могут быть использованы при проектировании, внедрении и эксплуатации

систем защиты речевой информации в выделенных помещениях различного назначения, а также в учебном процессе при подготовке специалистов в области технической защиты информации.

В целом выполненное исследование подтверждает эффективность комплексного подхода к защите речевой информации и демонстрирует целесообразность сочетания инструментальной оценки защищённости с применением средств активного акустического и виброакустического зашумления.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1 – А. Прокошин, М.И. Система активной защиты контролируемой зоны от утечки речевой информации по виброакустическому каналу // 60-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 12-26 апреля 2024 г., БГУИР, Минск, Беларусь: сборник материалов. – Мн. – 2024. – С.81 – 84.

2 – А. Прокошин, М.И. Экспериментальная оценка системы активной защиты контролируемой зоны от утечки речевой информации по виброакустическому каналу // II Международная научно-техническая конференция молодых ученых «E.R.A. – СОВРЕМЕННАЯ НАУКА: электроника, робототехника, автоматизация», 30-31 октября 2025 г., ГГТУ имени П.О. Сухого, Гомель, Беларусь.