

О МЕТОДИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЯХ ОЦЕНКИ СЛОВЕСНОЙ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЁННОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ

POSSIBLE ERRORS IN THE METHODOLOGY FOR ASSESSING SPEECH INTELLIGIBILITY WHEN ASSESSING THE SECURITY OF PREMISES

A. Bushmanov

A. Lozhkova

Summary. Protecting acoustic information during confidential negotiations with representatives of third-party organizations is an important task in the field of information security. In a market economy, industrial espionage is becoming increasingly common, and timely detection and prevention of possible acoustic data leakage channels is becoming particularly relevant.

In this paper, we develop and simulate the process of sound waves passing through enclosing structures using the COMSOL Multiphysics complex. Our goal is to investigate the interaction of sound waves with various types of building materials and structures, analyze their acoustic characteristics, and evaluate the sound insulation of the protected room. The article discusses methodological errors that may occur when assessing the security of speech information by the criterion of verbal intelligibility. The values of verbal intelligibility obtained using the «Whisper-M1» system are adjusted, taking into account additions to the standard methodology. The strengths and weaknesses of the verbal intelligibility assessment methodology are analyzed, and the proposed additions to it are described.

Keywords: intelligibility of speech, technical channels of information leakage, inaccuracies, protected premises, confidential negotiations.

Бушманов Александр Вениаминович

канд. тех. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Амурский
государственный университет», г. Благовещенск

Ложкова Анна Александровна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Амурский государственный
университет», г. Благовещенск

zabolashka@bk.ru

Аннотация. Обеспечение защиты акустической информации во время конфиденциальных переговоров с представителями сторонних организаций — важная задача в области информационной безопасности. Необходимо своевременно обнаруживать и блокировать потенциальные акустические каналы утечки данных, поскольку промышленный шпионаж становится всё более распространённым в условиях рыночной экономики. В данной работе осуществляется разработка и моделирование процесса прохождения звуковых волн через ограждающие конструкции с использованием программного комплекса COMSOL Multiphysics с целью исследования взаимодействия звуковых волн с различными типами строительных материалов и конструкций, анализа их акустических характеристик, а также оценки звукоизоляции защищаемого помещения. Описываются методические погрешности, которые могут возникать при оценке защищённости речевой информации, осуществляется корректировка значений словесной разборчивости, полученных с помощью системы «Шепот-М1», с учётом дополнений к стандартной методике. Приводятся итоги анализа сильных и слабых сторон методики оценки словесной разборчивости, описываются дополнения к ней.

Ключевые слова: разборчивость речи, технические каналы утечки информации, погрешности, защищаемое помещение, конфиденциальные переговоры.

Введение

В современных условиях обеспечения информационной безопасности особую актуальность приобретает проблема оценки защищённости помещений от утечки речевой информации. Одним из ключевых показателей при проведении таких оценок является словесная разборчивость речи, которая позволяет определить степень возможного перехвата конфиденциальной информации.

Актуальность исследования обусловлена тем, что существующие методики оценки словесной разборчивости речи имеют ряд методических погрешностей, которые могут приводить к существенным ошибкам

при определении уровня защищённости помещений. Это создает риски неправильной оценки безопасности объектов и может привести к серьезным последствиям в сфере защиты информации.

Цель исследования заключается в выявлении и анализе методических погрешностей при оценке словесной разборчивости речи, а также разработке рекомендаций по их устранению для повышения точности оценки защищённости помещений.

Согласно Приказу ФСТЭК от 29 апреля 2021 г. № 77 «Об утверждении порядка организации и проведения работ по аттестации объектов информатизации на соответствие требованиям о защите информации огра-

ниченного доступа, не составляющей государственную тайну», помещения, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров (далее — защищаемые помещения) требуют оценки их защищенности, прохождения аттестации на соответствие требованиям по защите информации. Для оценки защиты помещений от утечки информации по акустическому и виброакустическому каналам [1, с. 22] применяются различные методики. Они основаны на анализе интегрального критерия — разборчивости речи, а также на положениях формантной теории [2, с. 88].

В современной практике обеспечения информационной безопасности основным инструментом оценки защищенности речевой информации служит методика, базирующаяся на подходе Н.Б. Покровского [3, с. 91].

Несмотря на наличие определенных преимуществ, данный метод имеет ряд существенных ограничений:

- отсутствие учета современных способов перехвата информации, включая использование направленных микрофонов повышенной чувствительности;
- игнорирование возможности применения технических средств фильтрации и очистки сигнала, позволяющих существенно повысить качество перехваченной речевой информации;
- значительные методические погрешности при определении словесной разборчивости, обусловленные отсутствием учета частотной зависимости при расчете коэффициента восприятия речи.

Указанные недостатки существенно ограничивают точность и достоверность получаемых результатов оценки защищенности речевой информации, что требует разработки усовершенствованных методик анализа.

Первым этапом работы являлось проектирование структурно-пространственной модели помещения [4, с. 2].

Вторым этапом работы является проектирование модели распространения звука в защищаемом помещении посредством программного комплекса COMSOL Multiphysics. Многофакторный анализ воздушных потоков в области расположения модели помог определить и наглядно продемонстрировать их основные параметры, такие как скорость движения воздуха, кинетическую энергию турбулентности и давление на элементы конструкции. Это позволило:

- оценить воздействие ветровой конвекции на теплозащитные свойства дверей и окон, функционирующих как теплопроводные элементы;
- проанализировать аэродинамические характеристики поверхности модели;
- провести акустическое исследование помещения;

— рассчитать нагрузки на структурных компонентах конструкции.

В результате было получено комплексное представление о взаимодействии воздушных потоков с конструкцией здания и их влиянии на функциональные характеристики объекта.

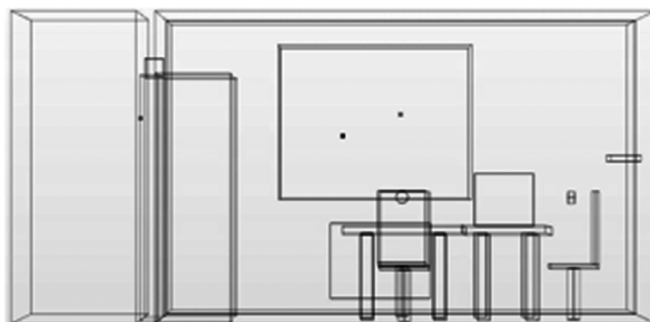


Рис. 1. Итоговая геометрия исследуемого помещения относительно осей YZ

Следующим этапом работы является разработка интерьера (наполнение интерьера мебелью с указанием основных свойств материалов, из которых состоят элементы) (рисунок 2, рисунок 3), инженерных конструкций (рисунок 4) посредством программного обеспечения Autodesk Revit 2024.

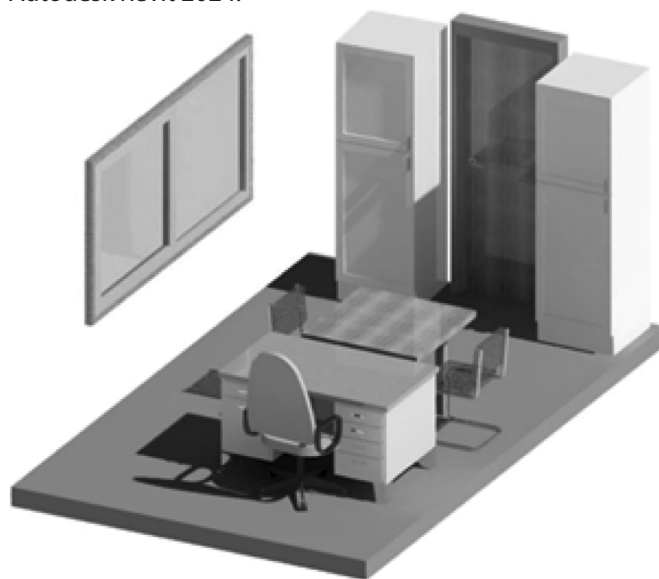


Рис. 2. Модель исследуемого помещения

Задание параметров источников акустического воздействия (источников шума и речи) (таблица 1) в программном комплексе COMSOL Multiphysics в целях моделирования звукового давления [5, с. 44].

Следующий этап работы — это разбиение помещения на элементарные ячейки (рисунок 5) в целях организации комплексной защиты помещения для конфиденциальных переговоров. Этот процесс позволяет:

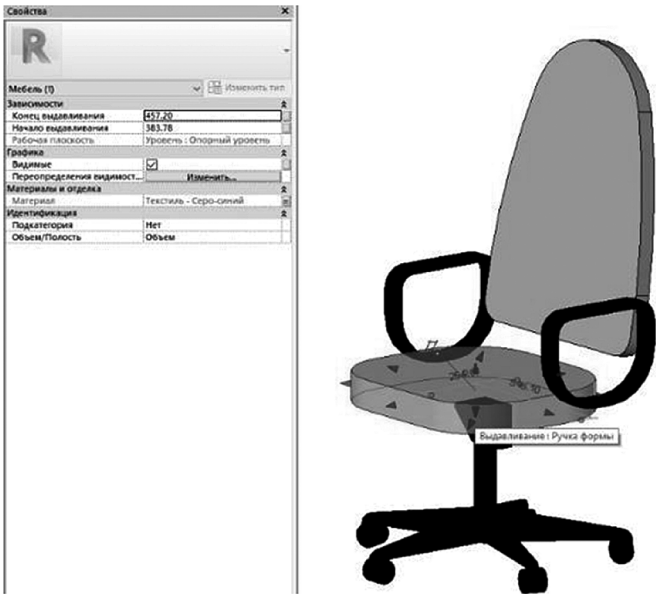


Рис. 3. Моделирование отдельных элементов

- определить критические зоны утечки информации;
- рассчитать необходимое количество защитных средств;
- оптимизировать размещение оборудования;
- обеспечить равномерное покрытие помеховыми сигналами.

Таблица 1.

Акустические показатели с использованием системы «Шепот-М1»

№	Описание	ПК	Речь двух дикторов		Речь диктора		Речь собеседника	
			С ПК	Без ПК	С ПК	Без ПК	С ПК	Без ПК
1	В кабинете	54	58	57	54	52	59	58
2	За перегородкой	25	32	28	25	18	32	23
3	За дверью	36	45	43	41	36	40	36
4	За окном	31	29	26	31	26	27	22

При разбиении помещения на ячейки учтены следующие факторы:

- акустические характеристики помещения (размеры, форма, материалы отделки);
- конструктивные особенности (наличие окон, дверей, вентиляционных систем);
- расположение коммуникаций (электрические сети, системы отопления);
- места размещения сотрудников во время переговоров.

Процесс разбиения включает:

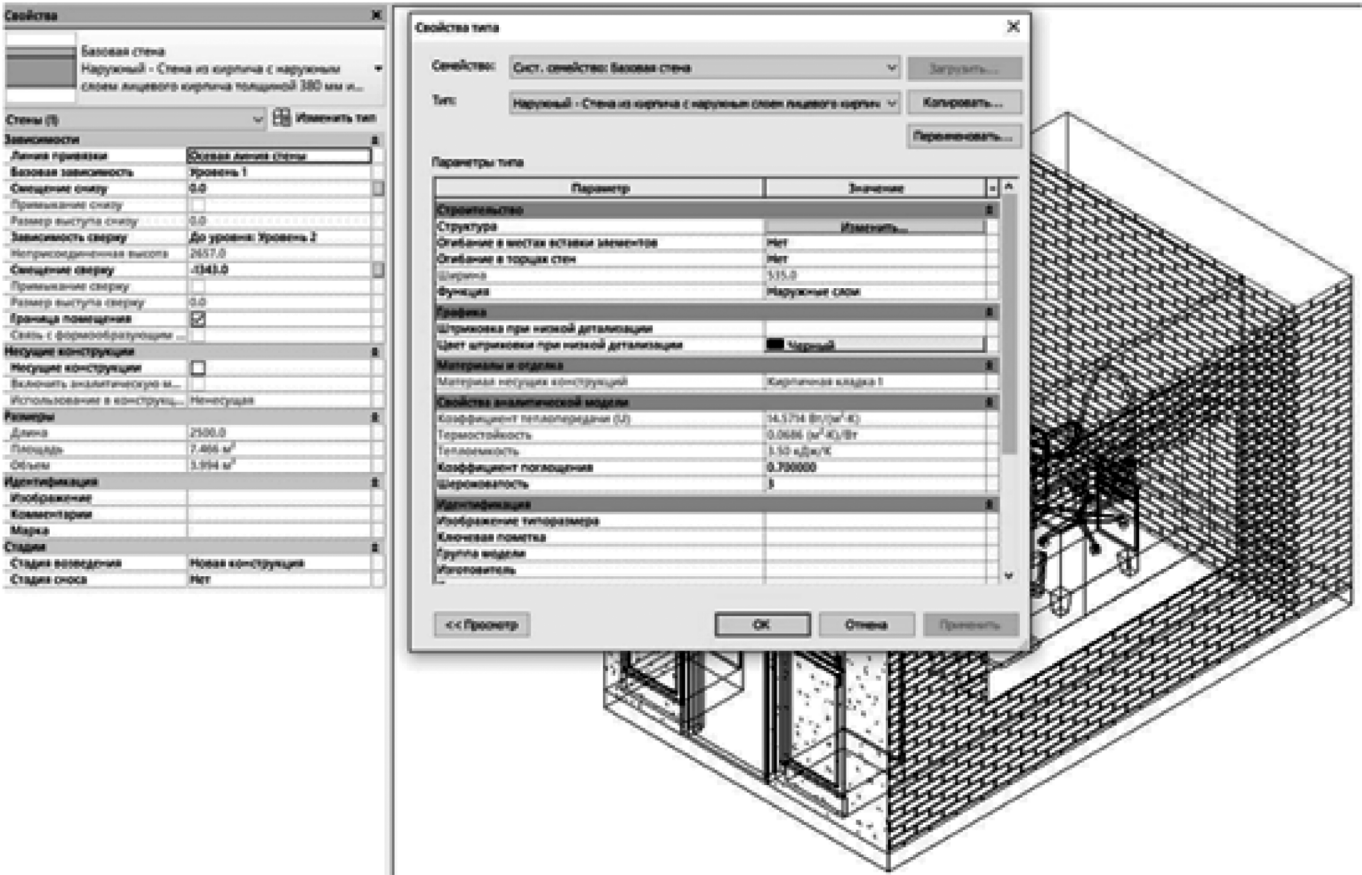


Рис. 4. Моделирование инженерных конструкций

- Первичное деление помещения на основные зоны:
 - рабочая зона (место проведения переговоров)
 - периферийная зона (стены, окна, двери)
 - коммуникационная зона (системы отопления, вентиляции)
 - детальное разбиение каждой зоны на элементарные ячейки:
 - размер ячейки определяется исходя из требуемой точности защиты
 - ячейки должны перекрываться для исключения "мертвых зон"
- Анализ каждой ячейки по следующим параметрам:
 - вероятность утечки информации
 - необходимые методы защиты
 - требуемая интенсивность защитных мероприятий
- Составление карты защищаемого помещения с указанием:
 - границ всех ячеек;
 - необходимых защитных мероприятий для каждой ячейки;
 - места размещения защитного оборудования.

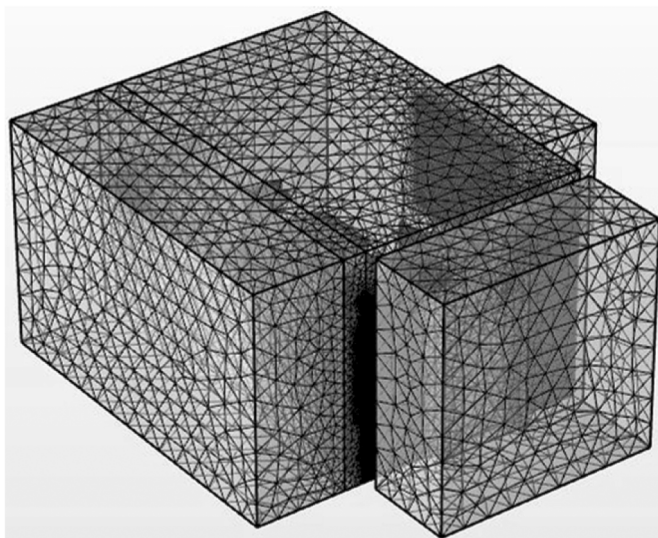


Рис. 5. Модель помещения

После разбиения помещения на ячейки проводится расчет необходимого количества защитных средств для каждой зоны с учетом специфики распространения акустических и электромагнитных сигналов в конкретных ячейках. Это позволяет создать эффективную систему защиты с оптимальным использованием ресурсов.

Завершающим этапом является моделирование процесса распространения звука и выработка рекомендаций обеспечения информационной безопасности защищаемого помещения [6, с. 61]. Осуществляется применение таких параметров как сила голоса каждого собеседника, шум персонального компьютера, коэффициент поглощения. В ходе работы были смоделированы

несколько различных ситуаций: диалог двух человек, влияние включенного/выключенного компьютера, результаты моделирования представлены на рисунках 6,7.

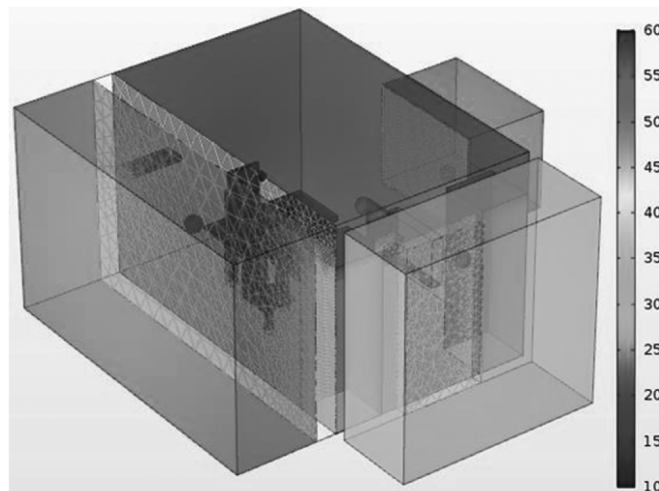


Рис. 6. Распространение звукового давления в дБ (ситуация, когда присутствует речь обоих дикторов при включенном ПК)

Визуально, видно, что внутри помещения уровень звука более 60 дБ. В зонах окна и гипсокартонной перегородки 35–40 дБ, дверь 35–40 дБ.

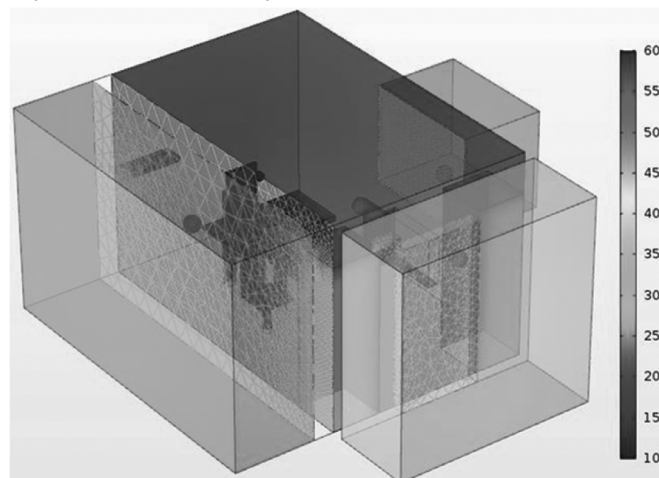


Рис. 7. Распространение звукового давления в дБ (ситуация, когда присутствует речь обоих дикторов при выключенном ПК)

Визуально, видно, что внутри помещения уровень звука варьируется в рамках 55–60 дБ. В зонах окна и гипсокартонной перегородки 25–35 дБ, дверь 40–45 дБ.

Проанализировав полученные модели распространения звукового давления, можно сказать, что благоприятным местом (рисунок 8) для снятия информации является дверь.

В отношении данного исследуемого защищаемого помещения рекомендовано применение пассивных методов защиты акустической информации, а именно:

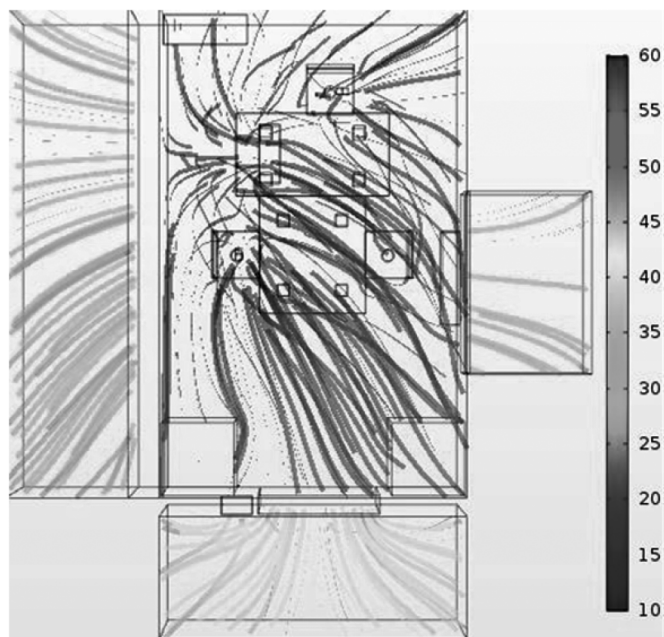


Рис. 8. Поток распространения звука от источников в дБ (ситуация, когда присутствует речь обоих дикторов при включенном ПК)

- применение перфорированного гипсокартонного акустического листа;
- применение звукопоглощающих плит;
- использование акустических напыляемых покрытий;
- применение специализированных материалов для обшивки межкомнатных конструкций;
- наполнение камер пластикового окна газами (ксенон, аргон).

Результаты применения методов показы на рисунке 9.

По результатам акустического эксперимента проведен итоговый сравнительный анализ (таблица 2) после обработки в программном комплексе COMSOL Multiphysics.

Для наглядности приведем диаграмму с отражением погрешностей в измерениях (рисунок 10).

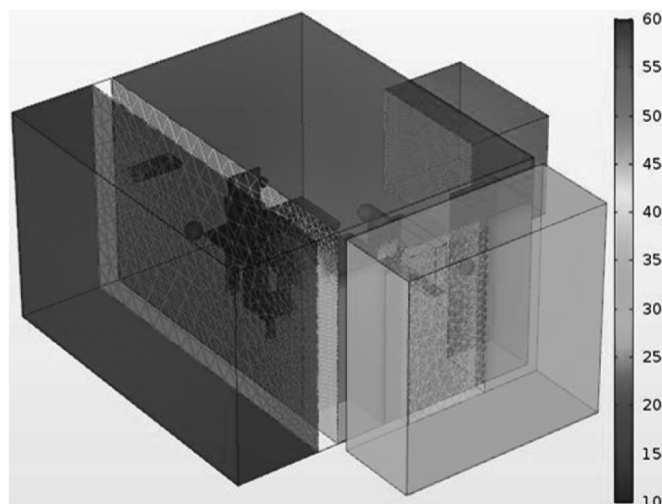


Рис. 9. Распространение звукового давления в дБ (ситуация, когда присутствует речь обоих дикторов при включенном ПК) после применения пассивных методов защиты акустической информации

Заключение

Проведенный анализ экспериментальных данных показал критически низкий уровень защищенности речевой информации. Установлено, что несанкционированный перехват конфиденциальной информации возможен даже без использования специализированного технического средства акустической разведки (ТСАР).

Сравнительный анализ результатов показал согласованность предложенной методики корректировки показателей словесной разборчивости с классическим методом оценки защищенности речевой информации А1 согласно [7, с. 44], [8, с. 14]. При этом важно отметить, что расхождения между результатами не превышают 5 %.

Детальный статистический анализ выявил следующие характеристики погрешности:

- основная точность измерений составляет $\pm 5\%$, что является приемлемым показателем для большинства технических приложений;

Таблица 2.

Акустические показатели при моделировании в программном комплексе COMSOL Multiphysics

№	Описание	ПК		Речь двух дикторов				Речь диктора				Речь собеседника			
		ДО	ПОСЛЕ	ДО		ПОСЛЕ		ДО		ПОСЛЕ		ДО		ПОСЛЕ	
				С ПК	Без ПК	С ПК	Без ПК	С ПК	Без ПК	С ПК	Без ПК	С ПК	Без ПК	С ПК	Без ПК
1	В кабинете	54	55	58	57	57	56	54	52	54	56	59	58	57	55
2	За перегородкой	25	27	32	28	15	11	25	18	13	7	32	23	14	9
3	За дверью	36	39	45	43	33	30	41	36	31	25	40	36	32	28
4	За окном	31	30	29	26	24	22	31	26	23	18	27	22	23	19

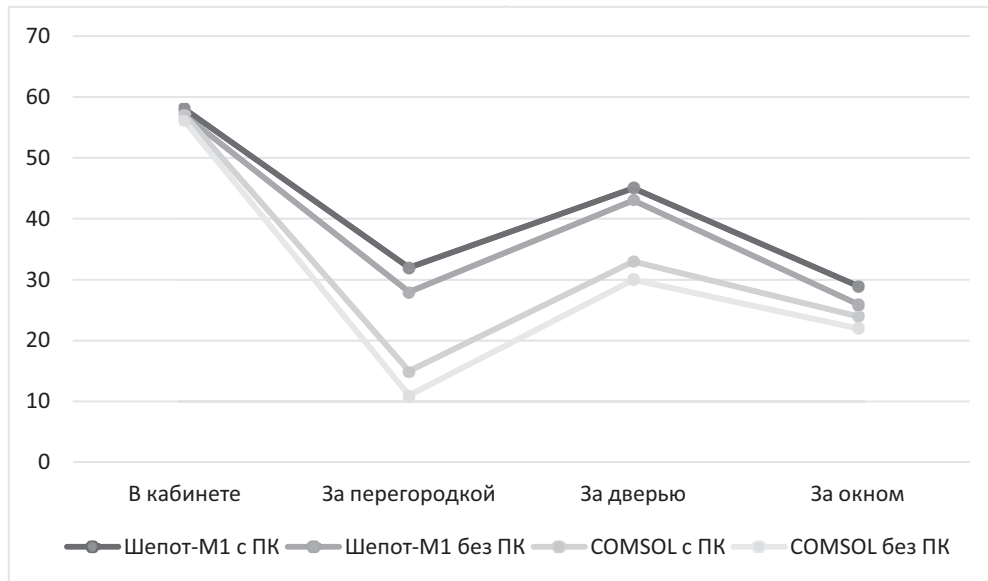


Рис. 10. Сравнительный анализ результатов измерения

- максимальная абсолютная погрешность 8 % указывает на то, что фактическое значение может отклоняться от измеренного на эту величину;
- относительная погрешность до 40 % является довольно высокой и может существенно влиять на точность результатов в определенных условиях.

Указанные показатели точности справедливы в диапазоне отношений сигнал/шум от -20 до -5 дБ. В данном интервале предложенный метод демонстрирует более высокую точность по сравнению с базовым подходом, что обусловлено применением усовершенствованной методики снижения методических погрешностей при оценке защищенности информации повышенной секретности (как показано в работе В.А. Трушина, И.Л. Ревы и А.В. Иванова [9, с. 238]).

Однако стоит отметить, что в расчетах отношение сигнал/шум часто выходит за пределы указанного оптимального диапазона, что может влиять на точность получаемых результатов.

Анализ результатов исследования позволяет сделать выводы и определить следующие рекомендации:

Практические рекомендации:

1. При проведении измерений:
 - использовать дополнительное оборудование;

- учитывать возможные искажения за пределами оптимального диапазона.

2. В области защиты информации:

- принять меры по устранению выявленных уязвимостей;
- провести дополнительную оценку защищенности помещения;
- рассмотреть возможность применения активных методов защиты.

3. Для дальнейшего применения методики:

- использовать в комплексе с другими методами оценки;
- учитывать ограничения при интерпретации результатов;
- рекомендовать для практического применения в сфере защиты речевой информации.

Таким образом, исследование демонстрирует эффективность модифицированной методики в заданных условиях и выявляет существенные риски утечки информации, требующие принятия соответствующих мер защиты. Следующим этапом работы является интеграция с уже имеющими программным обеспечением COMSOL Multiphysics и собственной нейросетью, которая будет определять возможные каналы утечки информации и предлагать активные/пассивные меры защиты акустической информации [10, 12–14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.В. Оценка защищенности информации от утечки по виброакустическим каналам / А.В. Иванов // Новосибирский государственный технический университет — Н.: 2018. — 76 с.
2. Зайцев А.П. Технические средства и методы защиты информации: учеб. для вузов / А.П. Зайцев, Р. В. Мещеряков, А.А. Шелупанов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2013. — 442 с.
3. Сапожков М.А. Акустика: справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1989. — 336 с.
4. Ложкова, А.А. Оценка защищенности речевого сигнала от утечки по акустическим и виброакустическим каналам / А.А. Ложкова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 40 (487). — С. 1–5.
5. Узденова А.М., Урtenов М.Х. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2. Учебное пособие для вузов / А.М. Узденова, М.Х. Урtenов // М.: Издательство Лань, 2021. — с. 229.
6. Киргизова Е.В., Рубцов А.В. Информационная безопасность / Е.В. Киргизова, А.В. Рубцов // — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. — 160 с.
7. Козлачков С.Б. Методические аспекты оценки защищенности речевой информации // Спецтехника и связь. — 2001. — № 2(6). — С. 44–47.
8. Паршин К.А., Анашкин П.А. Сравнительный анализ методик оценки защищенности речевой информации от утечки по прямым акустическим каналам при аттестации выделенных помещений / К.А. Паршин, П.А. Анашкин // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. — 2015. — № 5(15). — С. 13–26.
9. Трушин В.А. Усовершенствование методики оценки разборчивости речи в задачах защиты информации / В.А. Трушин, И.Л. Рева, А.В. Иванов // Ползуновский вестник. — 2012. — № 3-2. — С. 238–241.
10. Bélanger O. Pyo, the python DSP toolbox // Proc. ACM Multimedia Conference, 2016. P. 1214–1217.

© Бушманов Александр Вениаминович; Ложкова Анна Александровна (zabolashka@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»