

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Кафедра информационных и управляющих систем
Направление подготовки 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
Направленность (профиль) образовательной программы: Компьютерное моделирование

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

« _____ » _____ 2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Исследование акустической защиты помещений для конфиденциальных переговоров

Исполнитель

студент группы 653 ом

(подпись, дата)

В.К. Дорогова

Руководитель

доцент, канд. техн. наук

(подпись, дата)

А.В. Бушманов

Руководитель научного

содержания программы

магистратуры

профессор, доктор техн. наук

(подпись, дата)

Е.Л. Еремин

Нормоконтроль

инженер кафедры

(подпись, дата)

В.В. Романико

Рецензент

зам. рук. Амурстата

(подпись, дата)

О.Г. Какаулин

Рецензент

доцент, канд. физ.-мат. наук,

БГПУ, каф. «Информатика»

(подпись, дата)

А.Н. Семочкин

Благовещенск 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Кафедра информационных и управляющих систем

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

« ____ » _____ 2018 г.

З А Д А Н И Е

К магистерской диссертации студента Дороговой Веры Константиновны

1. Тема магистерской диссертации: Исследование акустической защиты помещений для конфиденциальных переговоров (утверждена приказом от 23.04.2018 № 914-уч)
2. Срок сдачи студентом законченной работы: 20.06.18.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: отчёт о прохождении преддипломной практики, техническое задание.
4. Содержание пояснительной записки: общие сведения об утечке информации по акустическим каналам связи, техническое задание, экспериментальное исследование акустической защиты помещений для конфиденциальных переговоров, проектирование модели шумоизлучения в помещении для конфиденциальных переговоров.
5. Перечень материалов приложения: рисунки; техническое задание; копии сертификатов, дипломов участника научных конференций.
6. Дата выдачи задания: 06.02.17.

Руководитель магистерской работы: Бушманов Александр Вениаминович, зав. каф. ИУС, доцент, канд. техн. наук

Задание принял к исполнению 06.02.17. _____ В.К. Дорогова

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит 122 страницы, 85 рисунков, 8 таблиц, 18 формул, 47 источников, 3 приложения.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, УТЕЧКА ИНФОРМАЦИИ, ШУМОИЗЛУЧЕНИЕ, ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ, АКУСТИКА, АКУСТИЧЕСКИЙ КАНАЛ, КОНФИДЕЦИАЛЬНЫЕ ПЕРЕГОВОРЫ, МЕТОД ПОКРОВСКОГО, COMSOL, УРАВНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ДИФФУЗИИ, РАЗБОРЧИВОСТЬ РЕЧИ, ШУМОМЕР, УРОВЕНЬ ЗВУКА, РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА

В диссертации исследована утечка информации по акустическим каналам в помещении для конфиденциальных переговоров.

Защита информации при проведении совещаний с участием представителей сторонних организаций имеет актуальное значение и является одной из основных задач по обеспечению информационной безопасности – выявление и своевременная локализация возможных акустических каналов утечки информации, так как промышленный шпионаж приобретает всё больший размах на всех сторонах рыночной экономики.

В данной работе представлены разработка и моделирование процесса распространения звука во время проведения совещания, предоставляющие пользователю возможность наглядно отследить акустические каналы утечки информации и виртуально апробировать способы усиления звукоизоляции для предварительной проверки их эффективности с помощью современного программного комплекса COMSOL.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>В.К. Дорогова</i>			ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ПЕРЕГОВОРОВ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		<i>А.В. Бушманов</i>					3	122
<i>Рук.прог.маг</i>		<i>Е.Л. Еремин</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>В.В. Романико</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>А.В. Бушманов</i>						
						<i>АмГУ кафедра ИУС</i>		

СОДЕРЖАНИЕ

Нормативные ссылки	7
Введение	8
1 Общие сведения об утечке информации по акустическим каналам связи	11
1.1 Возможные виды и уровни угроз утечки акустической информации	11
1.2 Анализ существующих методов решения задач рассматриваемой проблематики	20
1.2.1 Формантный подход измерения разборчивости речи	21
1.2.2 Метод измерения разборчивости речи Н.Б. Покровского (Покровский метод)	23
1.2.3 Уравнение акустической диффузии	24
1.3 Общая постановка задачи квалификационного исследования	26
2 Экспериментальное исследование акустической защиты помещений	32
2.1 Описание состава программно-технических средств, используемых в эксперименте	32
2.2 Инженерный анализ строительных конструкций исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров	33
2.3 Расчёт утечки информации по акустическому каналу на основе показаний, полученных эмпирическим путём с помощью шумомера, по методу Покровского	36
2.4 Рекомендации по улучшению звукоизоляции	39
3 Проектирование модели распространения звука исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров	43
3.1 Обоснование выбора среды разработки программного продукта	43
3.2 Описание математических и алгоритмических процедур авторского решения	45
3.3 Общие сведения о методе конечных элементов	48
3.3.1 Концепция метода конечных элементов	49

3.3.2	Преимущества и недостатки метода конечных элементов	51
3.4	Построение геометрии модели помещения для проведения конфиденциальных переговоров в Autodesk Revit и Comsol	52
3.5	Определение материалов и свойств инженерной конструкции и со- держимого исследуемого помещения для проведения конфиденци- альных переговоров	60
3.6	Задание параметров источников акустического воздействия (источ- ников шума и речи)	64
3.7	Задание точек, выводов, граней, поверхностей, областей воздействия акустических возмущений и граничных условий	68
3.8	Выбор методов расчётов измерения шума в помещении для проведе- ния конфиденциальных переговоров	72
3.9	Разбиение объектов помещения для проведения конфиденциальных переговоров и его среды на сетку элементарных ячеек	76
3.9.1	Типы конечных элементов	76
3.9.2	Разбиение области на конечные элементы	80
3.10	Проведение расчётов распространения звука	85
3.11	Анализ и отображение результатов	85
3.11.1	Анализ результата ситуации при включенном персональном компьютере и активной беседе собеседников	86
3.11.2	Анализ результата ситуации при выключенном персональном компьютере и активной беседе собеседников	90
3.11.3	Анализ результата ситуации при включенном персональном компьютере и речи начальника	93
3.11.4	Анализ результата ситуации при выключенном персональном компьютере и речи начальника	96
3.11.5	Анализ результата ситуации при включенном персональном компьютере и речи собеседника	99

3.11.6 Анализ результата ситуации при выключенном персональном компьютере и речи собеседника	102
3.12 Итоговый сравнительный анализ	105
Заключение	110
Список используемой литературы	113
Приложение А Библиографический список авторских работ по теме диссертации	117
Приложение Б Копии сертификатов и дипломов участника научных конференций	118
Приложение В Техническое задание	120

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей магистерской диссертации использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 20445-75 Здания в сооружения промышленных предприятий. Метод измерения шума на рабочих местах

СП 163.1325800.2014 Конструкции с применением гипсокартонных и гипсоволокнистых листов. Правила проектирования и монтажа

ГОСТ 12.1.003-76 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности

ОСТ 19-238-01 Кинотеатры и видеозалы. Категории. Технические требования. Методы контроля и оценки

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий

МГСН 2.04-97 Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях

Пособие к МГСН 2.04-97 Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий

СНиП 23-03-2003 Защита от шума

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

ВВЕДЕНИЕ

В работе исследована утечка информации по акустическим каналам в помещении для конфиденциальных переговоров. Цель квалификационного исследования – моделирование процесса шумоизлучения в помещении для конфиденциальных переговоров с помощью программных пакетов моделирования и расчёта акустических задач, а также методы для его реализации.

Объектом исследования является кабинет для проведения переговоров крупного предприятия ООО «Арт-Маркет»; предмет исследования составляет законченная 3D-модель «нарушителя».

Основу методологии квалификационного исследования составляют: акустическое уравнение диффузии, методы измерения разборчивости речи: Покровского, образцовый метод, формантный.

Исходные данные для квалификационного исследования были получены эмпирическим путём: произведён инженерный анализ конструкций помещения, а также выполнены необходимые измерения интенсивности звука для нескольких ситуаций (активная беседа обоих) с помощью специализированного прибора – шумомера.

Затем выявлены естественные и искусственные каналы утечки информации по акустическим каналам путём наблюдения целостной картины помещения.

Далее произведён расчёт разборчивость речи в выбранном помещении для проведения конфиденциальных переговоров на основе полученных данных предыдущего этапа исследования.

С помощью программного комплекса «Autodesk Revit» разработан проект исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров (инженерная конструкция, мебель и т.п.), в которую внесены свойства материалов, необходимые для дальнейших вычислений в «модели нарушителя».

Данная модель далее импортирована в прикладной программный пакет COMSOL версии 5.2a для моделирования процесса шумоизлучения и получения

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

дополнительной информации о возможных уязвимых местах утечки информации по акустическим каналам.

На заключительном этапе исследования произведён анализ и сравнение полученных результатов эмпирическим путём и с помощью моделирования процесса шумоизлучения, что позволило разработать новый комплексный метод защиты информации по акустическим каналам связи при нестандартном использовании указанных ранее прикладных программных пакетов.

В результате представлена «законченная» модель нарушителя в нескольких вариациях и соответствующие ей модели защиты речевой информации по акустическим каналам связи в помещении для конфиденциальных переговоров.

О важности и актуальности решения проблем информационной безопасности в век интенсивного развития информационных технологий известно каждому. Защита информации при проведении совещаний с участием представителей сторонних организаций имеет не менее актуальное значение и является одной из основных задач по обеспечению информационной безопасности – выявление и своевременная локализация возможных акустических каналов утечки информации, так как промышленный шпионаж приобретает всё больший размах на всех сторонах рыночной экономики.

Отсюда вытекает вывод: защищённая информационная среда – неперемное условие развития современного общества. В свою очередь комплексный подход – является гарантией 100 %-й защиты.

В настоящее время комплексный подход предотвращения утечки информации по акустическим каналам в помещениях для конфиденциальных переговоров включает следующие основные этапы:

- 1) инженерный анализ строительных конструкций;
- 2) выявление естественных и искусственных каналов утечки информации по акустическим каналам;
- 3) выполнение расчёта на основе полученных данных (метод Покровского, образцовый метод, метод формантной разборчивости и т. п.);
- 4) проектирование «модели нарушителя», выявление уязвимых мест;

выбор методов защиты.

Моделирование шумоизлучения в общем виде имеет следующий алгоритм:

- 1) постановка акустической задачи;
- 2) проектирование 3D-модели на основе полученных данных;
- 3) выполнение расчёта;
- 4) анализ результата.

Существуют различные способы несанкционированного получения информации через акустический канал. Поэтому акустические каналы, которые могут образоваться при проведении совещания, требуют тщательного изучения с целью разработки эффективных мер по их блокированию.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УТЕЧКЕ ИНФОРМАЦИИ ПО АКУСТИЧЕСКИМ КАНАЛАМ СВЯЗИ

В данной главе квалификационного исследования рассмотрены возможные виды и уровни угроз безопасности информации в помещении для проведения конфиденциальных переговоров, а также обзор существующих методов решения задач рассматриваемой проблематики, включая анализ их достоинств и недостатков. На основе этого представлена общая постановка задачи квалификационного исследования. [16]

1.1 Возможные виды и уровни угроз утечки акустической информации

Возможная утечка информации по акустическим каналам в помещении для проведения конфиденциальных переговоров зависит от его расположения и архитектурно-строительной конструкции, от формы представления информации во время проведения совещаний, от типов радио- и электроаппаратуры, размещённых в помещении. [7]

Акустический канал утечки информации состоит из трёх составляющих:

- 1) источник опасного сигнала;
- 2) физическая среда распространения источника опасного сигнала (воздух, вода, земля, строительные и другие конструкции);
- 3) средство его приёма, определяющее физический путь, по которому злоумышленник обеспечивает несанкционированное получение.

Следует отметить, что средством перехвата акустической информации, данным природой, является человеческое ухо, возможности которого можно существенно улучшить за счёт различных технических средств и решений. Возникновение акустического канала утечки информации может быть обусловлено физическими полями, сопровождающими работу объекта или специально созданными злоумышленником:

- 1) обсуждение, передача, обработка информации связана с возникновением соответствующих физических полей (акустическим, гидроакустическим, элек-

ромагнитным, магнитным) и сред, которые являются источником утечки информации, в том числе конфиденциальной (при этом информация может быть перехвачена как непосредственно из этих сопровождающих полей, так и через поля, сопровождающие работу других сред, не создающих конфиденциальной информации, но на элементы которых воздействуют поля от сред, содержащих конфиденциальную информацию); [9]

2) акустический канал утечки информации может быть сформирован злоумышленником за счёт использования технических устройств, позволяющих преобразовать конфиденциальную информацию к условиям оптимальной её передачи с объекта (например, радиозакладные устройства позволяют преобразовать конфиденциальную акустическую информацию в диапазон радиоволн и существенно повысить дальность её передачи);

3) доступ к конфиденциальной информации объекта может быть осуществлён за счёт съёма этой информации в отраженном сигнале (при этом выбор параметров облучаемого сигнала (вид модуляции, частота, мощность) злоумышленник выбирает, исходя из условий оптимального получения необходимой информации); [1]

4) информация об объекте может быть получена за счёт излучения и анализа информации о воздействии объекта на окружающие физические поля и среды (в этом случае источником информации является, например, изменение состояния физических полей (магнитного, электромагнитного и др.), окружающих объектов при его перемещении.

Обязательным условием осуществления акустического канала утечки являются энергетические и временные соотношения в точке приёма сигнала:

$$P_{ак}/P_{ш} > (P_{ак}/P_{ш})_{пред}, \quad (1)$$

$$T_{раб} = t_{мер}, \quad (2)$$

то есть, мощность (P) интересующего сигнала в точке его приёма должна превы-

шать шумы, а время работы (Т) приёмного устройства должно совпадать со временем излучения опасного сигнала. [6]

В энергетических условиях приёма опасного сигнала в ряде случаев учитываются также условия взаимного расположения источника конфиденциальной информации и технического средства её приема, например, совпадение или несовпадение максимумов диаграмм направленности антенных устройств источника и технического средства, совпадение поляризаций и тому подобное. [10]

С учётом физических особенностей акустической волны как волны механической, количество типов каналов утечки информации может быть разнообразным. Применительно и акустическому сигналу можно рассмотреть также каналы утечки информации:

- 1) канал утечки акустической информации воздушной волной;
- 2) канал утечки акустической информации структурной волной;
- 3) канал утечки акустической информации с использованием облучающих сигналов;
- 4) канал утечки акустической информации за счёт акустоэлектрических преобразователей;
- 5) канал утечки акустической информации закладными устройствами.

Утечка информационного акустического сигнала может осуществляться за счёт воздушной акустической волны. В этом случае в качестве технического средства перехвата может служить человеческое ухо, микрофон, направленный микрофон.

Перехват волны, преобразованной из воздушной в вибрационную (структурную), может быть осуществлён непосредственно с несущих конструкций (стены, трубы, окна и так далее) стетоскопами.

С учётом особенностей воздействия звуковой волны как механической, возможен канал утечки информации с использованием облучающих сигналов. В этом случае, злоумышленник «подсвечивает» тонкую перегородку (окно, лампочку и т. п.) сигналом лазера или высокочастотного генератора. Отражённый

сигнал, в этом случае, будет промодулирован механическими колебаниями тонкой перегородки, полностью воспроизводящими акустический информационный сигнал, воздействующий на эту же тонкую перегородку.

Утечка акустической информации может произойти из-за воздействия акустического сигнала на катушки индуктивности, элементы телефонного аппарата, вторичных часов и т. п. В этом случае, преобразованный в электрический, информационный акустический сигнал может распространяться на большие расстояния. Также, информативный акустический сигнал может быть перехвачен закладным (радиозакладным) устройством и передан злоумышленнику. [2]

Каждый из возможных каналов утечки информации индивидуален по физическим основам его создания, и для его разрушения, то есть для защиты источника, требуется нарушение энергетических и временных условий существования канала утечки путём использования различных по физическим принципам средств защиты.

Возможности утечки информации с совещания зависят от многих факторов, основными из которых являются:

- 1) возможность организации злоумышленниками каналов утечки информации;
- 2) условия обеспечения разведывательного контакта в рамках того или иного канала утечки информации.

Канал утечки конфиденциальной информации представляет собой физический путь от источника коммерческой тайны к злоумышленнику (конкуренту), посредством которого может быть реализован несанкционированный доступ к ограниченному сведениям. Для установления канала утечки информации необходимы определенные энергетические, пространственные и временные условия и соответствующие технические средства восприятия и фиксации информации.

В качестве основных угроз безопасности информации во время проведения совещания выступают:

- 1) подслушивание и несанкционированная запись речевой информации с помощью закладных устройств, систем лазерного подслушивания, стетоскопов,

диктофонов;

2) регистрация на неконтролируемой территории с помощью радиомикрофонов участниками, выполняющими агентурное задание;

3) перехват электромагнитных излучений при работе звукозаписывающих устройств и электроприборов.

Такие угрозы безопасности информации как модификация и уничтожение в данном квалификационном исследовании не актуальны.

Утечка акустической информации возможна через дверь, окна, стены, пол, потолок, батареи центрального отопления.

Источниками опасных сигналов в виде радиоволн или электрических сигналов могут быть звукоусилительные и звукозаписывающие средства, из-вещатели охранной сигнализации, различные бытовые приборы, размещённые в комнате для совещаний. [18]

Наличие специалистов из другой организации повышает вероятность возникновения дополнительных каналов утечки информации, то есть злоумышленник может получить информацию о происходящем на совещании путём найма кого-либо из присутствующих на совещании.

Большая часть информации на совещании представлена в виде речевой информации. Речь, вызывающая акустические сигналы, представляет собой механические колебания воздушной среды, которые распространяются одинаково во все стороны от источника звука. Попадая на твёрдые тела, поверхности в комнате, они преобразуются в структурные (вибрационные) сигналы, которые, оставаясь по своей природе механическими, распространяются по строительным конструкциям здания на значительные расстояния. Это даёт возможность злоумышленнику получать информацию, передаваемую не только акустической звуковой волной, но и структурным звуком.

В акустическом канале можно выделить следующие пути распространения акустической волны: воздушная среда комнаты, несущие стены, тонкие стены между комнатой для проведения совещания и кабинетами директора, дверь, вентиляционный воздуховод. [4]

Структурный звук может распространяться также через стены, перегородки, оконные рамы, дверные коробки, по трубопроводам и коробам вентиляции.

Угрозу безопасности речевой информации может представлять подслушивание: непосредственное и подслушивание при помощи технических средств.

Данные варианты можно подразделить на следующие типы:

1) подслушивание непосредственно злоумышленником включает: подслушивание и запоминание, подслушивание и запись;

2) подслушивание при помощи технических средств включает: подслушивание путём приема структурного звука, распространяющегося в трубах отопления и конструкциях здания, подслушивание при помощи акустических закладных устройств, перехват опасных сигналов технических средств, подслушивание с помощью лазерных систем подслушивания.

При подслушивании непосредственно злоумышленником акустические каналы, распространяющиеся по помещению, а также через окна, двери, вентиляцию, принимаются слуховой системой злоумышленника. В данном случае возможны следующие варианты подслушивания во время проведения совещания:

- 1) подслушивание через дверь;
- 2) подслушивание через окно (в случае, если оно неплотно закрыто);
- 3) подслушивание через вентиляционное отверстие.

Отдельно необходимо выделить вариант, когда злоумышленник является участником совещания. В данной ситуации крайне сложно найти решение проблемы, так как в случае неиспользования злоумышленником специальной аппаратуры, невозможно обвинить его в преступлении. Таким образом, при составлении списка участников совещания, составляющие его сотрудники должны тщательно проверять кандидатуру каждого участника и его личные качества.

[15]

При непосредственном подслушивании злоумышленником может также вестись регистрация подслушиваемой информации. Подобный вариант может

быть осуществлен путём простой записи на бумажный носитель, при расположении злоумышленника в соседней комнате.

Осуществление подслушивания непосредственно через входную дверь представляет собой более сложную задачу, так как в рабочее время в коридоре могут находиться сотрудники и охрана, и подобное поведение, естественно, привлечёт их внимание, даже если злоумышленником является сотрудник организации.

В случае если злоумышленник является участником совещания, ведение каких-либо записей невозможно, так как все участники находятся друг у друга на виду, и в случае обсуждения конфиденциальной информации участники заранее предупреждаются о том, что делать какие-либо записи во время совещания не разрешается. [5]

В настоящее время широко применяется большое число закладных устройств. Подобные устройства перед прослушиванием размещаются в помещении злоумышленниками или привлечёнными к этому сотрудниками организации. Данные действия реализуются при проникновении в помещение во время, в которое злоумышленник останется один. В качестве предлогов здесь может выступить – уборка помещений, ремонт радиоаппаратуры и так далее.

Технические средства, используемые для подслушивания информации в акустическом канале, можно классифицировать следующим образом:

- 1) радиозакладки;
- 2) микрофоны, в том числе направленные микрофоны;
- 3) диктофоны на теле присутствующих;
- 4) лазерные системы подслушивания.

Наиболее распространенным способом несанкционированного получения конфиденциальной информации являются закладные радиоустройства (радиозакладки). В состав простейших радиозакладок входят 3 основных узла:

- 1) микрофон, определяющий зону акустической чувствительности радиозакладки;

2) радиопередатчик, определяющий дальность её действия и скрытость работы;

3) источник питания, от которого зависит продолжительность её работы.

По целевому назначению выделяют 2 вида радиозакладок:

1) акустические (чувствительные в основном к действию звуковых колебаний воздуха и предназначенные для восприятия речевых или звуковых сигналов);

2) контактные (вибрационные), преобразующие в электрические сигналы колебания, возникающие под действием звука или механического воздействия в разнообразных жёстких конструкциях.

В комнате для совещаний установка микрофонных закладок является достаточно сложной задачей, так как в комнате нет крупных предметов интерьера, с помощью которых можно было бы закамуфлировать подобные устройства. Помимо этого, установка данных устройств требует определённого времени и отсутствия посторонних лиц в комнате. [14]

Радиозакладки более просты в установке и, как правило, занимают меньше места, чем микрофонные. Установка радиозакладок возможна даже в присутствии в помещении посторонних лиц. Радиозакладки в комнате можно разместить в ящике стола, в ножке стула, в щелях подвесного потолка, в углу комнаты под ковром, в цветочном горшке. Наряду с вышесказанными способами, существует достаточно простой и надёжный способ – подслушивание при помощи бытового или специального диктофона.

В этом случае злоумышленник, являющийся участником совещания, приносит с собой диктофон и включает его во время совещания. Самым простым решением проблемы в данной ситуации является личный досмотр вещей и обыск каждого участника совещания. Однако это невозможно по эстетическим и дипломатическим причинам. Поэтому целесообразно использование технических средств, способных дистанционно обнаруживать работающие средства акусто-записи (диктофон также является источником опасных сигналов). [13]

Возможен вариант дистанционного установления радиозакладки злоумышленником во время совещания.

Лазерное подслушивание является сравнительно новой технологией подслушивания и заключается в съёме акустической информации с вибрирующих под действием акустических волн поверхностей. В комнате для совещаний такими поверхностями являются стёкла окон (закрытых). Лазерный луч направляется на окно помещения, при отражении от вибрирующего под действием акустического сигнала окна происходит модуляция его направления и фазы. Отражённый луч принимается оптическим приёмником. Аппаратура – источник луча и приемник – может быть помещена в доме, стоящем напротив окон комнаты.

Акустические сигналы разговаривающих в зале людей и воспроизведение аудиозаписей могут передаваться за пределы помещения по трубам отопления и конструкциям помещения и здания. Добывание информации осуществляется с помощью стетоскопов.

Перехват опасных сигналов является широко распространённым способом подслушивания. Как и в любом другом рабочем помещении в комнате достаточное количество аппаратуры и приборов, которые могут являться источниками опасных сигналов. [7]

Среди радиоэлектронных средств и систем, являющихся потенциальными источниками опасных сигналов, в рассматриваемой комнате для совещаний есть:

- 1) технические средства охраны и пожарной сигнализации;
- 2) средства электропитания.

Перехват опасных сигналов осуществляется при помощи приёмников опасных сигналов. Также могут использоваться бытовые и специальные приёмники радио- и электрических сигналов, селективные вольтметры, сканирующие приёмники, селективные – усилители. [12]

Прослушивание может вестись через окна и двери. Прослушивание через дверь является довольно сложной проблемой для злоумышленника, так как во время проведения совещаний дверь не остаётся открытой. Однако подобную

угрозу не следует исключать полностью, так как возможны следующие непредвиденные обстоятельства:

- 1) дверь не плотно прикрыта, имеются щели;
- 2) во время совещания участники могут выходить и входить в случае возникновения необходимости, следовательно, дверь будет кратковременно открываться и закрываться.

Подслушивание речевой информации при открытых окнах или форточках возможно с помощью узконаправленных микрофонов. Выпускается несколько модификаций узконаправленных микрофонов, воспринимающих и усиливающих звуки, идущие только из одного направления, и ослабляющие все остальные звуки.

Для закрытой записи в самом помещении для совещаний могут использоваться миниатюрные автоматические магнитофоны, отличающиеся от широко используемых малогабаритных магнитофонов меньшей скоростью лентопротяжного механизма и возможностью автоматически включаться при появлении звуковых сигналов.

1.2 Анализ существующих методов решения задач рассматриваемой проблематики

В данном параграфе следует отметить, что методов и способов моделирования процесса шумоизлучения в программных пакетах с целью непосредственного выявления и ликвидации возможных угроз утечки информации по акустическим каналам в помещениях для проведения конфиденциальных переговоров не разработано.

Однако существуют методы, косвенно касающиеся в целом исследования утечки информации по акустическим каналам, некоторые из которых представлены в данном квалификационном исследовании.

Особое внимание уделяется в следующей главе методам, сопутствующим данному квалификационному исследованию, задействующим прикладные программные пакеты, так как основная цель настоящей магистерской диссертации –

моделирование распространения звука внутри помещения для проведения конфиденциальных переговоров и за его пределами в областях, потенциально являющихся акустическими каналами утечки информации.

1.2.1 Формантный подход измерения разборчивости речи

Форманты – это такие области в спектре звука речи, где концентрация энергии максимальна. Впервые формантный подход был предложен ещё в 1929 году Д. Коллардом. Он прочно держал свои позиции до 70-х, пока не был предложен модуляционный подход, позволяющий учесть не только шумовую, но и реверберационную помеху, эхо и нелинейные искажения.

За 80 лет существования формантный подход обрёл много сторонников и модификаций, однако самой распространённой стала зарубежная версия формантного метода, известная как индекс артикуляции. [8]

Использование индекса артикуляции было предложено Г. Флетчером 1940 году. Существует две версии данного метода:

- 1) для двадцати равноартикуляционных полос;
- 2) для шести октавных либо пятнадцати третьоктавных полос.

Рассмотрим данный метод для двадцати равноартикуляционных полос. Разборчивость речи определяют все по формуле 3:

$$A = \sum_{k=1}^K p_k \cdot P(E'_k), \quad (3)$$

где k – количество смежных полос; p_k – вероятность пребывания формант в k -ой полосе частот; $P(E'_k)$ – коэффициент восприятия речи, иначе вероятность отсутствия маскировки речи шумом.

Однако, так как вычисления производятся в двадцати полосах, формула выше принимает вид формулы 4:

$$AI = \frac{1}{20} \sum_{k=1}^{20} P(\Delta L_i), \quad (4)$$

где ΔL_i – разница между пиковым уровнем речи и эффективным уровнем маскирующего шума (формула 5):

$$P_{AI}(\Delta L) = \begin{cases} 0, & \Delta L \leq 0 \text{ дБ} \\ \frac{\Delta L}{30}, & 0 < \Delta L \leq 30 \text{ дБ} \\ 1, & \Delta L > 30 \text{ дБ} \end{cases} \quad (5)$$

Таким образом получим формулу 6:

$$AI = \frac{1}{600} \sum_{k=1}^{20} \Delta L_i \quad (6)$$

Пересчёт индекса артикуляции в словесную и фразовую разборчивости осуществляют по графику, представленному на рисунке 1.

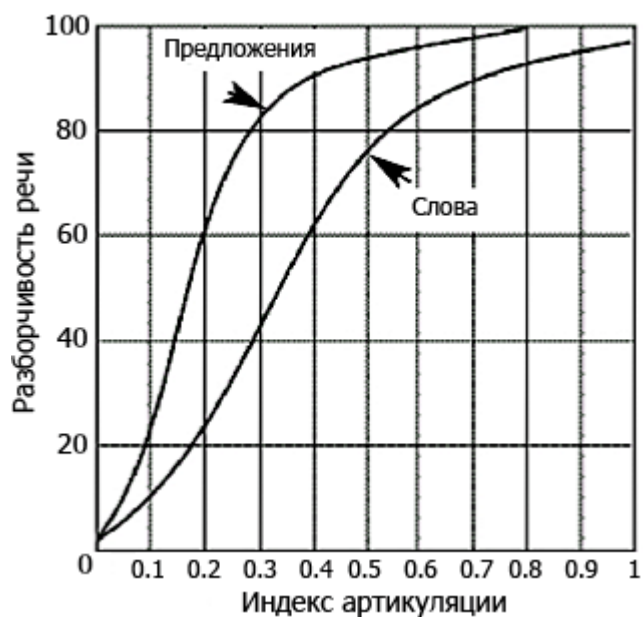


Рисунок 1 – Пересчёт индекса артикуляции

В методе учитываются:

- 1) влияние реверберационной помехи;
- 2) влияние АЧХ тракта передачи;

3) нестационарный характер маскирующего шума, если известен его рабочий цикл или время включения/выключения;

4) влияние клиппирования.

Метод неприменим:

1) если на речевой сигнал влияет несколько разных типов помех;

2) в случае смешанного приёма сигнала от диктора и громкоговорителя.

1.2.2 Метод измерения разборчивости речи Н.Б. Покровского (Покровский метод)

Согласно этому методу всю анализируемую область частот разбивают на несколько смежных полос, в пределах каждой из которых плотность вероятностей формант, спектры речи и шума приближенно считаются постоянными. Артикуляционная разборчивость представляет собой сумму разборчивостей формант каждой полосы (формулы 3, 7):

$$P_k = F_1(f_{ок}) - F_1(f_{нк}), \quad (7)$$

$F_1(f)$ – функция распределения вероятностей формант; $f_{ок}$ – центральная частота полосы; $f_{нк}$ – нижняя граничная частота полосы; $f_{вк}$ – верхняя граничная частота полосы. [11]

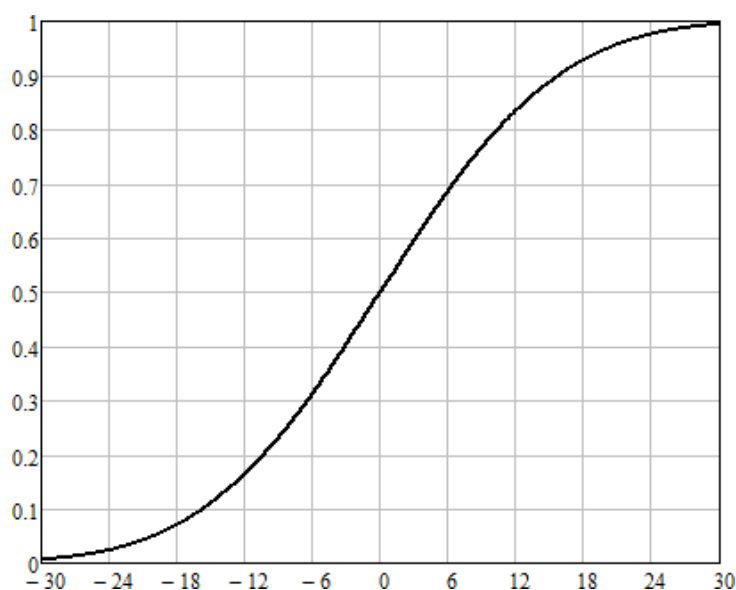


Рисунок 2 – Визуальное отношение сигнала к шуму

Коэффициент восприятия речи зависит от разности уровней формантного спектра и спектра помехи. При достаточно больших уровнях шума это отношение сигнал/шум в каждой из полос частот (рисунок 2). Методическая погрешность на лицо. Кривая коэффициента восприятия речи для каждой полосы частот разная.

Однако в методе Н. Б. Покровского им же и было предложено не обращать на это внимания и использовать какую-то одну кривую для упрощения расчётов.

1.2.3 Уравнение акустической диффузии

Процесс диффузии часто рассматривается при описании движения частиц в газе. Частицы перемещаются вдоль прямых линий, со случайной периодичностью изменяя направление движения при соударении с молекулами газа. Коэффициент диффузии является функцией длины свободного пробега между двумя последовательными столкновениями.

Уравнение акустической диффузии оперирует с воображаемыми "звуковыми частицами", с плотностью, пропорциональной локальной звуковой энергии. Эти частицы сталкиваются не с молекулами воздуха, а скорее, со стенами и перекрытиями, ограничивающими комнату. Длина свободного пробега λ (формула 8), а, вместе с ней, коэффициент диффузии D (формула 9, 11), связаны с размерами помещения. Считается, что

$$\lambda = 4V/S, \quad (8)$$

где V – это объём исследуемого помещения, а S является общей площадью поверхности, ограничивающих расположение в кабинете для проведения конфиденциальных переговоров стен и перекрытий. В свою очередь,

$$D = \lambda c/3, \quad (9)$$

где c – скорость звука.

Реализацией уравнения акустической диффузии в среде COMSOL Multiphysics является формула 10

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \nabla \cdot (-D_t \nabla w) + cm_a w = q(\mathbf{x}, t) \quad (10)$$

Уравнение решается для плотности акустической энергии ω , из которой можно вывести уровень звукового давления и другие важные измеримые величины. Если отбросить производную по времени, то можно получить стационарную форму уравнения. Коэффициент объёмного поглощения m_a , который отвечает за диссипацию в воздухе, часто полагается незначительным, но иногда, в случае очень больших пространств, оказывается важным. [9]

$$D_t = D \quad (11)$$

есть коэффициент диффузии и q описывает произвольное распределение объёмных источников звука. В альтернативной формулировке (формула 12)

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \nabla \cdot (-D_t \nabla w) + c(m_a + \frac{\alpha_f}{\lambda_f})w = q(\mathbf{x}, t), \quad D_t = \frac{D_f D}{D_f + D}, \quad (12)$$

можно также учесть усредненное описание внутреннего убранства помещения. Здесь, α_f является средним коэффициентом поглощения предметами мебели. Коэффициент диффузии D_f и длина свободного пробега λ_f выводятся из концентрации и среднего поперечного сечения предметов мебели.

Граничные условия включают в себя разнообразные способы задания локального коэффициента поглощения и распределения источников звука. Можно также задавать различные точечные источники звука.

Таким образом мы имеем весьма гибкую систему для проектирования моделей, выявляющих утечку информации по акустическим каналам.

1.3 Общая постановка задачи квалификационного исследования

Для определения угроз необходимо рассмотреть структурную и пространственную модели помещения. Структурная модель описывает состав основных элементов комнаты, влияющих на безопасность информации в нём: двери, окна, толщина стен и перекрытий, радио- и электронные устройства, телефонные и другие линии связи, кабели электропитания и другие.

Пространственная модель характеризует расположение зала в коридоре, этаже, ориентацию окон относительно внешних возможных мест расположения технических средств злоумышленника.

Объект защиты, исследуемый в статье – комната для совещаний – представляет собой отдельное помещение размером 10 м² с окном. Окно выходит на улицу. Одинарная дверь помещения выходит в приемную, в которой могут находиться не только сотрудники организации, но и потенциальные клиенты или конкуренты (рисунок 3).

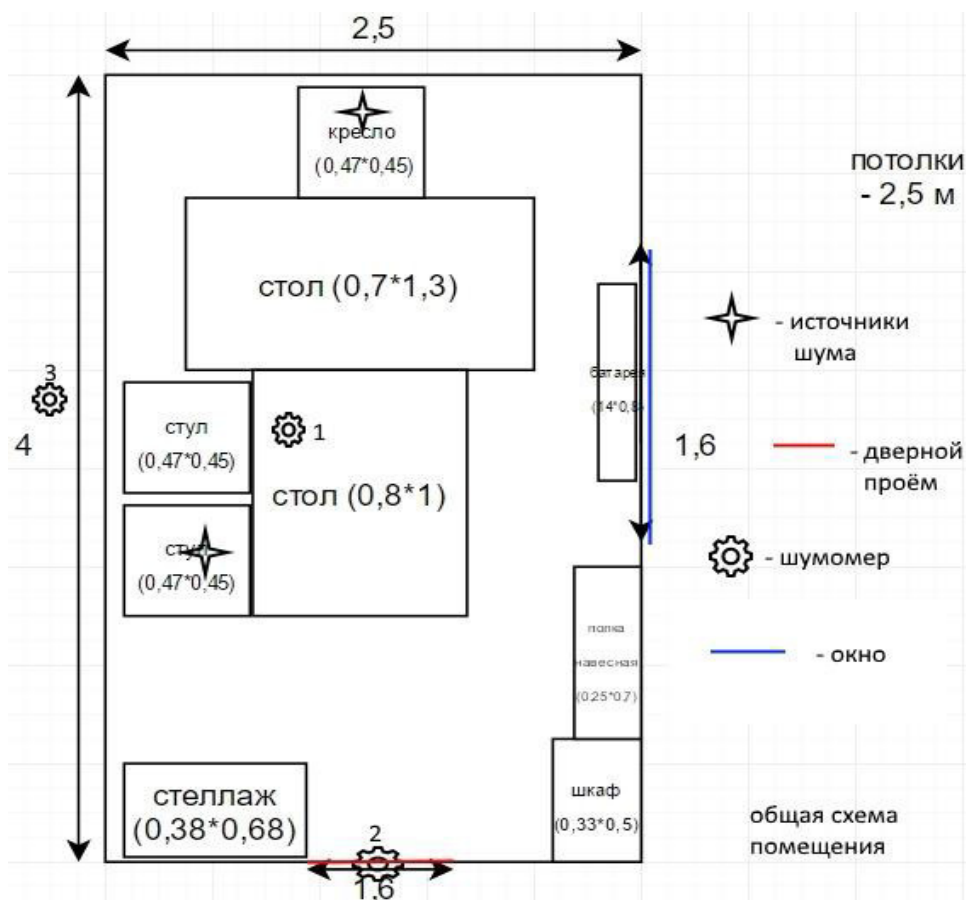


Рисунок 3 – Схема исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров ООО «Арт-Маркет»

Основная часть информации на совещании передается посредством человеческой речи, источниками которой являются сотрудники рассматриваемой и сторонней организации, то есть люди. Под речевой информацией понимается то, что произносится участниками совещаний (обсуждения, замечания, ремарки). Речевая информация несёт в себе основную смысловую нагрузку, так как является прямым и непосредственным выражением человеческой мысли.

Звуковые волны распространяются одинаково во все стороны от источника звука и заполняют весь объём помещения. [10]

Источниками речевой информации в комнате совещаний организации могут быть:

- 1) непосредственная речь участников заседания;
- 2) люди, чья речь предварительно записана и воспроизведена при помощи технических аудио приспособлений.

Защита информации при проведении совещаний с участием представителей сторонних организаций имеет ряд особенностей, вызванных следующими факторами:

- 1) большим ущербом от утечки сведений по комплексным работам, в выполнении которых участвуют различные организации;
- 2) присутствием на совещании, в том числе представителей заказчика и исполнителей, с разным отношением к требованиям по обеспечению безопасности информации;
- 3) стремлением части сотрудников сторонних организаций к регистрации информации, в том числе не исключается возможность записи на диктофон, с целью последующей обработки для доклада хода и результатов совещания руководству своих организаций;
- 4) стремлением некоторых сотрудников сторонних организаций связаться с их начальством во время совещания для проведения каких-либо оперативных мероприятий;
- 5) выполнением участниками совещания агентурных заданий;

6) высоким уровнем концентрации и обобщения закрытых сведений в докладах выступающих, отображаемых на плакатах и находящихся на столах документах;

7) большой продолжительностью совещания по комплексным работам по сравнению с обсуждением внутренних вопросов головной организации;

8) сам факт совещания и состав его участников является информативным демаскирующим признаком хода выполнения комплексной работы.

Эти обстоятельства усложняют задачи и ужесточают требования по защите информации, прежде всего по «чистке» помещения перед проведением совещания, предотвращению утечки информации в ходе совещания по различным каналам. Мероприятия по защите информации в случае проведения совещаний с участием представителей сторонних организаций носят чрезвычайный характер, и служба безопасности организации должна проводить эти мероприятия в полной мере.

Однако указанные мероприятия не дают на данный момент оценить в полной мере степень безопасности помещения для проведения конфиденциальных переговоров от утечки информации по акустическим каналам. Гораздо проще обезопасить предприятие при возможности увидеть и проанализировать полную картину шумоизлучения внутри помещения, то есть использовать комплексный подход, что является одной из основных задач данного квалификационного исследования.

Объект расположен в малонаселенной части города, окружен со всех сторон постройками различного назначения и ведомственной принадлежности. На расстоянии 25 м от здания с южной стороны размещена стоянка легковых автомобилей. С северной стороны расположено торговое здание, в котором размещены различные коммерческие организации. Расстояние между зданиями составляет 10-30 м. С восточной стороны от объекта на расстоянии 100 м расположен торговый центр. Прямо перед зданием через проезжую часть улицы на удалении 200 м расположены коммерческие здания средней этажности. Окна проверяемого помещения выходят на автостоянку.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

В ходе обследования помещения были выявлены следующие потенциальные уязвимости объекта, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Каналы утечки информации

Название	Описание
1	2
Акустический	Мембранный перенос энергии речевых сигналов через перегородки за счёт малой массы и слабого затухания сигнала Утечка информации за счёт слабой звукоизоляции.
Вибрационный	Утечка информации за счёт продольных колебаний ограждающих конструкций и арматуры системы центрального отопления, колебаний окон.
Электроакустический	Утечка информации за счёт акустоэлектрического преобразования в приемнике линии радиотрансляции и электрочасофикации.

Для того, чтобы определить эффективность защиты информации, необходимо провести анализ на соответствие установленным требованиям и нормам.

Эффективность защиты информации – интегральный показатель, устанавливающий степень соответствия достигнутых результатов защиты информации установленным требованиям.

Нормативно-методическая документация устанавливает требования к измерительному сигналу:

- 1) шумовому в 7 октавных полосах;
- 2) гармоническому в виде 20 частот, средним частотам полос равной разборчивости.

В качестве приемника шумовых сигналов используется шумомер 1-го класса точности с измерительным микрофоном.

Виртуальные средства измерений (оценки) характеристик маскирующего шума позволяют оценивать с высокой точностью, практически в реальном масштабе времени, а также представлять документированные результаты оценки либо на бумажном, либо на электронном носителе (рисунок 4).

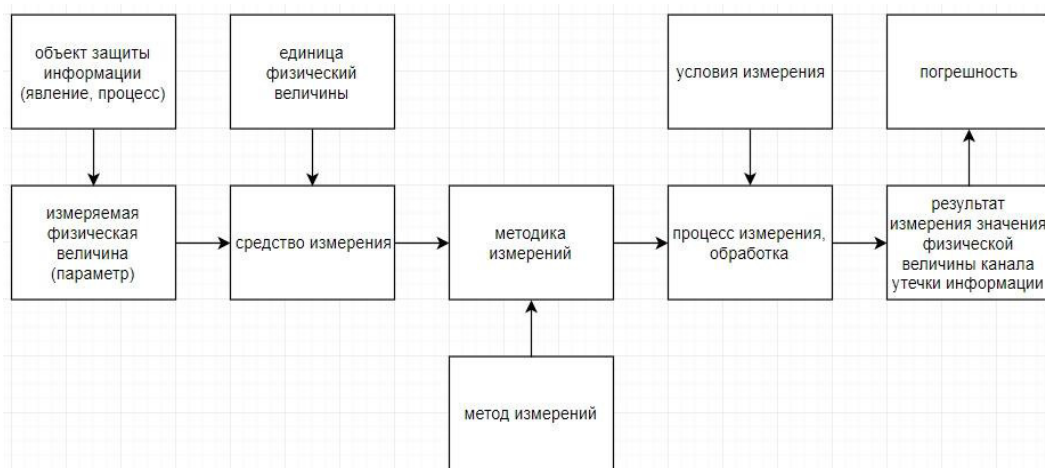


Рисунок 4 – Схема контроля (измерения) параметров, определяющих эффективность защиты информации

Контроль эффективности защиты информации установлен нормативно-методическими требованиями. Требования научно обоснованы и учитывают следующие факторы:

1) неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), усреднённой для мужских и женских голосов спектральной плотности речевого сигнала (кривая чувствительности уха имеет максимальную чувствительность в области средних частот с понижением к нижним и высоким частотам);

2) среда распространения акустического речевого сигнала характеризуется распределением фоновых шумов в виде экспоненциального закона со спадом в области высоких частот;

3) искусственные шумы, вносящие погрешность при оценке разборчивости речи, следует фильтровать;

4) искусственные преграды в виде элементов конструкций зданий создают неравномерное частотозависимое ослабление речевого сигнала;

5) акустическому речевому сигналу в замкнутом пространстве присущи искажения в виде реверберационных помех и помех, обусловленных резонансными явлениями в замкнутом объёме;

6) резонансу подвержены как шумовые, так и гармонические сигналы.

Контроль эффективности защиты информации основан на научной и законодательной метрологии. Научная метрология устанавливает единые правила передачи единицы физической величины от государственного эталона к рабочим средствам измерений. Условия измерений законодательно закреплены для основной и дополнительной инструментальной погрешности средства измерения.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОМЕЩЕНИЙ

Для проведения экспериментальной части выпускного квалификационного исследования был проведен анализ строительных конструкций помещения для конфиденциальных переговоров и частично проанализированы смежные области и помещения. Далее выполнен расчёт утечки информации по акустическому каналу на основе показаний, полученных эмпирическим путём. В заключении проведения эксперимента проанализированы акустические каналы утечки информации.

2.1 Описание состава программно-технических средств, используемых в эксперименте

Для проведения замеров уровня шума от источников использовался цифровой шумомер Venetech GM1351. Предназначен для быстрого и точного измерения уровня звукового давления в диапазоне от 30 до 130 дБ. Данная модель шумомера оснащена высокочувствительным микрофоном, способным регистрировать звуковые колебания в широком диапазоне частот (от 31,5 Гц до 8,5 кГц). Отличительной чертой шумомера GM1351 являются небольшие габариты и простота использования. Функциональность шумомера позволяет отображать максимальные значения измерения на дисплее, а яркая подсветка дисплея – работать в условиях недостаточной освещённости. Соответствует стандартам: IEC PUB 651 тип 2, и ANSI S1.4 тип 2 для шумомеров. Области применения: измерение уровня шума на производстве, в транспорте, в учебных заведениях, медицинских учреждениях – всюду, где требуется выполнить быстрый и точный контроль уровня шума.

Технические характеристики шумомера GM1351:

- 1) частотный диапазон: 31,5 Гц до 8,5 кГц;
- 2) диапазон измерения: от 30 до 130 дБ;
- 3) динамический диапазон 100 дБ;
- 4) разрешение: 0,1 дБ;

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

- 5) погрешность: $\pm 1,5$ дБ;
- 6) дисплей: ЖКИ 4-разрядный;
- 7) скорость измерения: 2 измерения в секунду;
- 8) тип датчика: микрофон ёмкостного типа 1/2";
- 9) удержание максимальных значений;
- 10) индикация превышения диапазона измерения;
- 11) индикация низкого заряда батареи;
- 12) автоматическая подсветка дисплея;
- 13) автоотключение питания;
- 14) питание: батарея 9 В IEC 6F22;
- 15) габариты: 149 мм x 36 мм x 57 мм;
- 16) масса: 144 гр.

Самая простая модель из серии цифровых шумомеров Venetech. Грубо говоря шумомер представляет собой микрофон, к которому подключён вольтметр, отградуированный в децибелах.

Величина дБа – уровень звукового давления, измеренный в дБ при помощи шумомера, содержащего корректирующую цепочку, снижающую чувствительность устройства на низких и очень высоких частотах для того, чтобы точнее имитировать чувствительность человеческого уха и получать отсчёты, дающие некоторые указания на громкость, неприятное действие или приемлемость звука. Значение дБа обычно на 10 единиц превосходит эквивалентное значение нормировочного индекса шума для данного звука. Устройство отображает минимальное значение измеренного шума или максимальное, или динамическое.

2.2 Инженерный анализ строительных конструкций исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров

Исследуемое помещение имеет площадь 10 м² – длина 4 м, ширина 2,5 м.

Высота потолка – 2,5 м. Кабинет занимает угловое положение (2 несущие стены). Наружные стены в данном квалификационном исследовании утечки информации по акустическим каналам не рассматриваются.

Вход в помещение – сосновая дверь, высота которой 2 м, глубина – 0,15 м,

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

длина – 1 м. На той же стене имеется вентиляционное отверстие, размеры которого: длина – 0,25 м, высота – 0,16 м, глубина – 0,15 м. Оно расположено на высоте 2 м слева от двери.

Окно в исследуемом кабинете для проведения конфиденциальных переговоров сделано из стеклопакета (2 слоя), размеры которого: глубина – 0,032 м, длина – 1,5 м, высота – 1,2 м. Оно расположено на высоте 1 м, ориентировочно посередине наружной стены.

Исследуемое помещение отделено от соседнего кабинета «импровизированной» гипсокартонной перегородкой, состоящей из 2-х параллельных пластов (глубиной 0,125 м каждый), между которыми отсутствует звукоизолирующий наполнитель. Размеры перегородки: глубина – 0,25 м, длина – 4 м, высота – 2,5 м.

Внутри кабинета для проведения конфиденциальных переговоров расположены следующие объекты:

1) стальной стеллаж, габариты которого: глубина – 0,6 м, длина – 0,6 м, высота – 2 м (ориентировочное расположение – слева от входа в углу);

2) стеллаж из сосны, габариты которого: глубина – 0,6 м, длина – 0,6 м, высота – 2 м (ориентировочное расположение – справа от входа в углу);

3) чугунная батарея, габариты которой: глубина – 0,15 м, длина – 0,8 м, высота – 0,6 м (ориентировочное расположение – в центре несущей стены под окном на высоте 0,2 м);

4) навесная полка из сосны, габариты которой: глубина – 0,25 м, длина – 0,7 м, высота – 0,05 м (ориентировочное расположение – на несущей стене напротив входа в правом углу на высоте 1,3 м);

5) стол начальника, ножки которого из стали (4 штуки, габариты каждой: глубина и ширина – 0,1 м, высота – 0,7 м), а рабочая поверхность из сосны, габариты которой: глубина – 0,7 м, длина – 1,3 м, высота – 0,062 м (ориентировочное расположение – центр исследуемого помещения);

6) переговорный стол, ножки которого из стали (4 штуки, габариты каждой:

глубина и ширина – 0,1 м, высота – 0,7 м), а рабочая поверхность из сосны, габариты которой: глубина – 0,9 м, длина – 1 м, высота – 0,062 м (ориентировочное расположение – центр исследуемого помещения);

7) 3 стула, ножки которых из стали в форме цилиндра (1 штука у каждого, габариты каждой: радиус – 0,05 м, высота – 0,42 м), а сиденья (габариты каждого: глубина и длина – 0,4 м, высота – 0,03 м) и спинки (габариты каждой: глубина – 0,04 м, длина – 0,4 м, высота – 0,6 м) из сосны (ориентировочное расположение – вокруг столов);

8) пластмассовый системный блок типа midi-tower с габаритами: глубина – 0,173 м, длина – 0,49 м, высота – 0,432 м (ориентировочное расположение – слева от начальника на столе).

Таким образом, можно описать материалы и их свойства, которые участвуют в эксперименте:

1) воздух (плотность – 1,2041 кг/м³, скорость распространения звука – 343,26 м/с при температуре 20 градусов в помещении);

2) сосна (плотность – 450 кг/м³, скорость распространения звука – 3600 м/с);

3) стеклопакет с учётом количества слоёв (плотность – 5000 кг/м³, скорость распространения звука – 1750 м/с);

4) чугун (плотность – 7000 кг/м³, скорость распространения звука – 3500 м/с);

5) пластик (плотность – 850 кг/м³, скорость распространения звука – 1120 м/с);

6) гипсокартонный лист (плотность – 1200 кг/м³, скорость распространения звука – 5774 м/с);

7) сталь (плотность – 7670 кг/м³, скорость распространения звука – 5900 м/с).

Описав и проанализировав основные параметры исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров, можно выполнить основные расчёты утечки информации по акустическим каналам.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

2.3 Расчёт утечки информации по акустическому каналу на основе показаний, полученных эмпирическим путём с помощью шумомера, по методу Покровского

Рассчитаем возможность существования акустических каналов утечки информации (КУИ) за пределами исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров по методу Покровского с результатами полученных замеров с помощью вышеописанного шумомера. Тогда получим показатели, приведённые ниже. В каждой расчётной таблице 2-7 рассматривается 2 варианта:

- 1) ведётся активная беседа обоих участников совещания при включенном системном блоке;
- 2) один из собеседников говорит при включенном системном блоке (начальник (2) или приглашенных собеседник (3)).

Таблица 2 – Расчёт разборчивости речи (возможности существования акустического канала утечки информации) внутри исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров

№	УРС по ЧП, дБ	УШ по ЧП, дБ	С/Ш, q_i , дБ	НГЧП, $f_{ни}$, Гц	ВГЧП, $f_{ви}$, Гц	ФП ΔA_i ($f_{срi}$) на ср. геом. частоте	весовой коэф. полосы k_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1	77,9	77,5	0,4	100	420	19,9	0,05
2	77,7	77,5	0,2	100	420	19,9	0,05
3	77,8	77,5	0,3	100	420	19,9	0,05

УРС по ЧП – уровень речевого сигнала по частотным полосам, УШ по ЧП – уровень шума по частотным полосам, С/Ш – отношение речевого сигнала к шуму, НГЧП – нижняя граница частотной полосы, ВГЧП – верхняя граница частотной полосы, ФП – формантный параметр.

Далее рассчитываем значения слоговой и словесной разборчивости непосредственно внутри исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров.

Таблица 3 – Расчёт значений слоговой и словесной разборчивости внутри исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров

СИАР	ИИАР	Р слоговая	Р словесная	Р словесная
$R_i = p_i * k_i$	$R = \sum R_i$	S	W (S)	W (R)
1	2	3	4	
0,0141	0,042	0,043	0,2352	0,258
0,0139				
0,014				

СИАР – спектральный индекс артикуляции (понятности) речи, ИИАР – интегральный индекс артикуляции (понятности) речи, Р – разборчивость.

Из расчётов, представленных в таблицах 2 и 3, видно, что речевой сигнал, подслушанный непосредственно внутри исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров, может обладать информативностью для злоумышленника. Получена словесная разборчивость $W \approx 24-26\%$. Сообщение содержит количество правильно понятых слов, достаточное только для составления краткой справки-аннотации, отражающей предмет разговора. В применении средств защиты акустической информации нет острой необходимости.

Таблица 4 – Расчёт возможности существования акустического канала утечки информации для «импровизированной» гипсокартонной перегородки

№	УРС по ЧП, дБ	УШ по ЧП, дБ	С/Ш, q_i , дБ	НГЧП, $f_{ни}$, Гц	ВГЧП, $f_{ви}$, Гц	ФП	весовой коэф. сред. п-сы k_i
1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
1	32	25	7	180	355	17,5	0,0015
2	25	25	0	180	355	17,5	0,0015
3	32	25	7	180	355	17,5	0,0015

Далее рассчитываем значения слоговой и словесной разборчивости непосредственно внутри исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров.

Таблица 5 – Расчёт значений слоговой и словесной разборчивости для «импровизированной» гипсокартонной перегородки

СИАР	ИИАР	Р слоговая	Р словесная	Р словесная
$R_i = p_i * k_i$	$R = \sum R_i$	S	W (S)	W (R)
1	2	3	4	5
0,0004	0,0288	0,0252	0,1473	0,1723
0,028				
0,0004				

Из расчётов, представленных в таблицах 4 и 5, видно, что речевой сигнал, прошедший через «импровизированную» гипсокартонную перегородку, может обладать слабой информативностью для злоумышленника. Получена словесная разборчивость $W \approx 14-18\%$. Сообщение содержит количество правильно понятых слов, отражающих только предмет разговора. В применении средств защиты акустической информации нет острой необходимости, однако рекомендуется принять минимальные меры по звукоизоляции.

Таблица 6 – Расчёт возможности существования акустического канала утечки информации для двери

№	УРС по ЧП, дБ	УШ по ЧП, дБ	С/Ш, q_i , дБ	НГЧП, $f_{ни}$, Гц	ВГЧП, $f_{ви}$, Гц	ФП	в. коэф. k_i
1	2	3	4	5	6	7	8

1	2	3	4	5	6	7	8
1	45	36	9	180	355	17,5	0,0015
2	41	36	5	180	355	17,5	0,0015
3	40	36	4	180	355	17,5	0,0015

Далее рассчитываем значения слоговой и словесной разборчивости за дверь исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров.

Таблица 7 – Расчёт значений слоговой и словесной разборчивости для двери

СИАР	ИИАР	Р слоговая	Р словесная	Р словесная
$R_i = p_i * k_i$	$R = \sum R_i$	S	W (S)	W (R)
1	2	3	4	5
0,0097	0,0224	0,0176	0,1058	0,1301
0,0086				
0,0004				

Из расчётов, представленных в таблицах 6 и 7, видно, что речевой сигнал, прошедший через дверь, может обладать слабой информативностью для злоумышленника. Получена словесная разборчивость $W \approx 10-14\%$. Сообщение содержит количество правильно понятых слов, отражающих только предмет разговора. В применении средств защиты акустической информации нет острой необходимости, однако рекомендуется принять минимальные меры по звукоизоляции.

2.4 Рекомендации по усилению звукоизоляции

На основе проведённого анализа инженерных конструкций и выполненных вычислений по методу Покровского были предложены рекомендации по улучшению звукоизоляции согласно каждому из рассматриваемых случаев. Стоит отметить, что расчёты первого опыта несут ознакомительный характер о том, как в целом распространяется звук по исследуемому помещению для проведения конфиденциальных переговоров. В данном случае единственной адекватной мерой «улучшения звукоизоляции» является недопустимость посторонних лиц

внутри исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров во время совещания (включая случайных сотрудников, уборщиков, секретарей и тому подобных).

При анализе результатов опыта по звукоизоляции через «импровизированную» гипсокартонную перегородку ($W \approx 14-18\%$) было предложено заменить установленные листы гипсокартона на специальные гипсокартонные акустические листы – перфорированный гипсокартон характеризуется большим количеством отверстий и наклеенным звуконепроницаемым нетканым полотном с тыльной стороны листа, благодаря которым происходит максимальное гашение звуковых волн. Акустический гипсокартон можно использовать как и традиционный и осуществлять на нём отделочные работы. Наиболее популярными производителями перфорированных гипсокартонных листов являются Gyptone и KNAUF. Но без наполнителя необходимый эффект может быть не достигнут.

При помощи наполнителей – звукопоглощающих плит, изоляционных мембран и напыляемых покрытий можно осуществить качественную звукоизоляцию перегородок из гипсокартона. Звукоизоляционная мембрана представляет собой основанный на полимере материал, имеющий небольшую толщину (от 2,5 мм до 12 мм). Такая поверхность не пропускает звуковые волны, характеризуется высоким коэффициентом звукоизоляции, устойчивостью к различным температурам. Одним из наилучших считается бренд Tecsound, который практически монополизировал данную сферу рынка. Мембраны можно применять и в сочетании с плитами для увеличения поглощения звука.

Звукопоглощающие плиты также часто используют в качестве звукоизоляционного материала в гипсокартонных стенах. Одними из наиболее качественных считаются стекловолоконистые материалы от KNAUF insulation, однако, и наиболее затратными. Эти плиты имеют высокие звукопоглощающие свойства, небольшую толщину, повышенную воздухопроницаемость. Одним из их основных конкурентов является компания Rockwool. Изоляционные материалы производятся на основе каменной ваты, они огнеустойчивые, экологичные, эффективные и к тому же имеют меньшую стоимость.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

Для того чтобы выполнить шумоизоляцию стен под гипсокартон, хорошим решением будет использовать в качестве наполнителя полиэфирные плиты, но следует помнить, что несколько разновидностей этих плит не обладают нужной огнестойкостью. Что касается пенопласта, то использовать его в качестве звукоизоляции не стоит.

Использование акустических напыляемых покрытий является инновационным и абсолютно несложным решением. Их можно наносить как с любой из сторон гипсокартонного листа, так и в роли «начинки». Напыляемые материалы имеют отличную адгезию с обрабатываемой поверхностью, при этом можно контролировать количество слоев и, следовательно, толщину изоляции. Но для нанесения понадобятся специальные инструменты. Проверенным и надёжным брендом считается Sonaspray.

При анализе результатов опыта по звукоизоляции для двери ($W \approx 10-14\%$) было предложено использовать специальные материалы для обшивки межкомнатных конструкций. При этом необходимо осуществить следующие действия:

- 1) тщательно заделать все щели между стеной и дверной коробкой;
- 2) произвести обшивку дверей со стороны потенциального источника шума;
- 3) работа значительно упрощается при применении специальных плит с высокой степенью звукопоглощения;
- 4) по всему периметру наклеивается уплотнитель;
- 5) производится установка порожка для сокращения уровня шума из-под двери.

Наполнителем могут служить такие материалы, как ватин, синтепон, минеральная вата, поролон, а в качестве основы для обшивки подходят дермантин, искусственная кожа.

С помощью мастики специальные плиты с высокой степенью звукопоглощения наклеиваются на поверхность двери впритык один к другому. Для отделки можно воспользоваться любым типом декоративных материалов.

Необходимо следить, чтобы величина зазора между полотном и дверной коробкой не превышала 1 см. Уплотнительным материалом может служить пустотелый резиновый профильный шнур.

Можно использовать особые звукопоглощающие порошки или воспользоваться приклеенным к нижней части двери щёточным уплотнителем.

При анализе результатов опыта по звукоизоляции для окна ($W \approx 12-15\%$) было предложено использовать заполнение камер пластикового окна газами. К ним относят ксенон, аргон и криптон. Разное расстояние между стёклами способствует тому, что воздушное пространство увеличивается, а значит звук поглощается эффективнее.

Добиться максимальной шумоизоляции пластиковых окон не так сложно. Следует регулярно проверять стеклопакеты на наличие щелей и трещин, на плотность прилегания створок к раме.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА ИССЛЕДУЕМОГО ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ПЕРЕГОВОРОВ

В настоящем квалификационном исследовании утечки информации по акустическим каналам в помещении для проведения конфиденциальных переговоров на этапе разработки «модели нарушителя» было решено использовать профессиональный прикладной программный пакет Comsol Multiphysics (версии 5.2a) для расчётов и непосредственного моделирования излучения и распространения звука (шума). Проектирование помещения и ключевых элементов реализовано в профессиональном прикладном программном пакете Autodesk Revit 2017.

После изучения литературы и научных трудов в сфере обнаружения и ликвидации угроз информационной безопасности по акустическим каналам утечки информации, а также методических рекомендаций для разработки «модели нарушителя», проведения опыта и выполнения необходимых расчётов с анализом и предложением рекомендаций по улучшению звукоизоляции в исследуемом помещении для проведения конфиденциальных переговоров была спроектирована частная «модель нарушителя» для конкретного кабинета.

3.1 Обоснование выбора среды разработки программного продукта

Revit – это программа для информационного моделирования зданий. Мощные инструменты позволяют использовать процесс, основанный на использовании интеллектуальных моделей, для планирования, проектирования, строительства и эксплуатации зданий и объектов инфраструктуры. Revit поддерживает межотраслевой процесс проектирования в среде для совместной работы.

Преимущества использования Autodesk Revit 2017:

1) программное обеспечение Revit предлагает специализированные функции планирования, проектирования, строительства и эксплуатации зданий и объектов инфраструктуры для самых разных специалистов: архитекторов; механи-

ков, электриков и специалистов по сантехническому оборудованию (MEP), проектировщиков зданий или строителей;

2) позволяет осуществить весь процесс проектирования от концептуального проектирования до создания конструкторской документации;

3) оптимизация эксплуатационных характеристик зданий и создание высококачественных визуализаций;

4) возможность использования специальных инструментов для проектирования строительных конструкций для создания интеллектуальных моделей конструкции, согласованных с другими компонентами здания;

5) оценка соответствия требованиям к зданиям и нормам безопасности;

6) проектирование инженерных систем зданий с высокой точностью и координация с архитектурными элементами и компонентами структуры, используя скоординированную и согласованную информацию, содержащаяся в интеллектуальных моделях;

7) получение более полного представления о различных средствах работы, методах, материалах, а также принципах их взаимодействия;

8) возможность интеграции в реальном времени с Comsol Multiphysics.

COMSOL – полностью интегрированное программное обеспечение. COMSOL Desktop даёт полный контроль над процессом моделирования. Model Builder даёт доступ ко всем настройками модели:

1) CAD / геометрия;

2) материалы;

3) физика;

4) сетки;

5) решатели;

6) результаты.

Основной функционал акустического модуля:

1) классические модели (уравнение Гельмгольца и скалярное волновое уравнение, фоновое поле);

2) различные граничные условия, включая PML и Far-Field Calculation;

- импедансные условия;
- 3) усреднённые материальные модели для пористых материалов, узких регионов;
 - 4) предустановленные мультифизические связи;
 - 5) пороупругие волны (Био, Аллард, т.д.);
 - 6) пьезоматериалы;
 - 7) учёт демпфирования;
 - 8) объёмные геометрии и высокие частоты;
 - 9) акустическая диффузия и лучевая акустика (в том числе для моделирования гидроакустики);
 - 10) явный решатель для акустических волн с фоновым потоком;
 - 11) граничное условие Absorbing Layers (поглощающие слои).

3.2 Описание математических и алгоритмических процедур авторского решения

В работе используются уже известные программные акустические методы профессионального прикладного программного пакета Comsol Multiphysics (версии 5.2a). Однако если эти методы изначально направлены на проектирование моделей помещений, которые должны соответствовать всем установленным нормам (в частности рассматриваются расчёты, позволяющие, например, проверить уровень звукоизоляции в жилом помещении или распространение звука в концертном зале), то в данном квалификационном исследовании эти же методы в общем случае используются по-новому: для определения степени угрозы утечки информации по акустическим каналам в помещении для проведения конфиденциальных переговоров.

Как было отмечено в первой главе настоящей магистерской диссертации, моделирование процесса распространения звука реализуется с помощью уравнения акустической диффузии. Элементы геометрической акустики, естественно, присутствуют тоже.

Модифицированный под специфику данного квалификационного исследования алгоритм расчёта в профессиональном прикладном программном пакете Comsol Multiphysics (версии 5.2a) (после интеграции с Revit) имеет следующие этапы:

- 1) вычисляется распределение уровня звукового давления в стационарном состоянии с источника звука (человек) в помещении для проведения конфиденциальных переговоров;
- 2) моделирование с помощью интерфейса уравнения акустической диффузии;
- 3) добавление приблизительного выражения для прямого звука.

Геометрия и меширование:

1) геометрия состоит из непосредственно помещения и основной мебели, а также смежных исследуемых областей (за «импровизированной» перегородкой, окном и дверью);

2) геометрия импортируется из спроектированного ранее проекта в профессиональном прикладном пакете Autodesk Revit (включая всю необходимую информацию о материалах);

3) у уравнения акустической диффузии нет особых требований к мешированию геометрии.

Физика:

- 1) моделирование управляется потоком энергии звука от источника;
- 2) каждый источник звука имеет свой коэффициент акустической диффузии (рассчитанный исходя из скорости распространения и поглощения звука в помещении по формуле 13):

$$D = \frac{4cV}{3S}, \quad (13)$$

где c – скорость звука, V – объём помещения, S – площадь стен, пола и потолка;

3) дверь (с учетом вентиляции), окном и «импровизированная» перегородка в помещение для проведения конфиденциальных переговоров в модели выступает как элемент соединения со смежными исследуемыми области, поглощающий коэффициенты равен соответственно 12 дБ, 27 дБ, 30 дБ;

4) моделирование решается для «плоской полосы», то есть с коэффициентами поглощения, которые считаются независимыми от частоты (константы) – они импортированы из проекта Revit вместе с моделью;

5) коэффициент поглощения 0,7 применяется к мягким поверхностям и коэффициент поглощения 0,25 к твердым поверхностям (последний немного выше, чем установленный по нормам, для компенсации нехватки ковров, штор и прочего).

Для получения более реалистичных результатов, с учётом специфики квалификационного исследования, были изменены изначальные надстройки модуля акустики в помещении (включены различные коэффициенты поглощения для разных материалов и в разных частотных диапазонах).

Предполагая, что звук изотропный в полупространстве, ожидается, что большая часть помещения для проведения конфиденциальных переговоров будет испытывать прямую зависимость звука от каждого источника, аппроксимированного формулой 14:

$$I_n = \frac{P_n}{2\pi r_n^2}, \quad (14)$$

где P_n – мощность от источника n ; r_n – расстояние до центра источника n ; что соответствует квадратичной амплитуде давления по формуле 15:

$$|p_n|^2 = 2Z_0 I_n, \quad (15)$$

где Z_0 – характерное комплексное акустическое сопротивление среды.

В результате получим общим уровень звукового давления в помещении для проведения конфиденциальных переговоров по формуле 16:

$$10 \log_{10} \left((|p_d|^2 + |p_1|^2 + |p_2|^2) / |p_{ref}|^2 \right) , \quad (16)$$

где p_d – диффузное давление, $p_{ref} = 20 \times 10^{-6}$ Па.

3.3 Общие сведения о методе конечных элементов

Наиболее общим и достаточно эффективным методом численного моделирования сложных систем является метод конечных элементов (МКЭ) [2], поэтому на его основе производятся расчёты передовыми вычислительными системами, такими как:

- 1) ANSYS – универсальная система КЭ анализа с встроенным пре- и постпроцессором;
- 2) MSC.Nastran – универсальная система КЭ анализа с пре- и постпроцессором MSC.Patran;
- 3) ABAQUS – универсальная система КЭ анализа с встроенным пре- и постпроцессором;
- 4) Impact – универсальная система КЭ анализа с встроенным пре- и постпроцессором;
- 5) NEiNastran – универсальная система КЭ анализа с пре- и постпроцессором FEMAP;
- 6) NXNastran – универсальная система КЭ анализа с пре- и постпроцессором FEMAP;
- 7) SAMCEF – универсальная система КЭ анализа с пре- и постпроцессором SAMCEF Field;
- 8) Temper-3D – система КЭ анализа для расчета температурных полей в трехмерных конструкциях (теплотехнический расчет);
- 9) COMSOL Multiphysics – универсальная система КЭ анализа с пре- и постпроцессором;

10) NX Nastran – универсальная система МКЭ анализа;

11) Zebulon – универсальная система МКЭ анализа с расширенной библиотекой нелинейных моделей материалов.

Возникновение этого метода связано с решением задач космических исследований, а идея МКЭ была разработана советскими учеными в 1936 году. Этот метод возник из строительной механики и теории упругости, а уже затем было получено его математическое обоснование. Важный вклад в теоретическую разработку метода сделал Мелеш [3], который показал, что метод конечных элементов можно рассматривать как один из вариантов хорошо известного метода Рэлея–Ритца. Например, в строительной механике МКЭ минимизацией потенциальной энергии позволяет свести задачу к системе линейных уравнений равновесия. После того как была установлена связь МКЭ с процедурой минимизации, он стал применяться к задачам, описываемым уравнениями Лапласа или Пуассона, а после получения уравнений, определяющих элементы в задачах из вариантов метода взвешенных невязок (метод Галеркина, метод наименьших квадратов и другие), стал базовым методом численных расчетов для моделирования физических процессов. В настоящее время метод конечных элементов является общим методом численного решения дифференциальных уравнений или систем дифференциальных уравнений.

3.3.1 Концепция метода конечных элементов

Основная идея метода конечных элементов состоит в минимизация функционала вариационной задачи на множестве кусочно-непрерывных функций, каждая из которых определена на конечном числе подобластей. Кусочно-непрерывные функции определяются с помощью значений непрерывной величины в конечном числе точек рассматриваемой области.

В общем случае непрерывная величина заранее неизвестна, и нужно определить значения этой величины в некоторых внутренних точках области. Однако дискретную модель можно построить, если предположить, что числовые значения этой величины в каждой внутренней точке области известны. Для непрерывной величины поступают следующим образом:

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

1) в рассматриваемой области фиксируется конечное число точек – эти точки называются узловыми точками, или узлами;

2) значение непрерывной величины в каждой узловой точке считается переменной, которая должна быть определена;

3) область определения непрерывной величины разбивается на конечное число подобластей, называемых элементами – эти элементы имеют общие узловые точки и в совокупности аппроксимируют форму области;

4) непрерывная величина аппроксимируется на каждом элементе полиномом, который определяется с помощью узловых значений этой величины (для каждого элемента определяется свой полином, но полиномы подбираются таким образом, чтобы сохранялась непрерывность величины вдоль границ элемента).

Процесс минимизации сводится к решению систем линейных алгебраических уравнений относительно узловых значений. При построении дискретной модели непрерывной величины, определенной в многомерном случае (в системе COMSOL одно-, двух- и трехмерном), основная концепция метода конечных элементов используется аналогично, а в качестве элементов используются функции от нескольких переменных. Наиболее эффективный выбор элементов в двухмерном случае чаще всего осуществляется при использовании формы треугольника или четырехугольника. Функции элементов становятся плоскими поверхностями, если для данного элемента взято минимальное число узловых точек (рисунок 6), или криволинейными, если используемое число узлов больше минимального (рисунок 7).

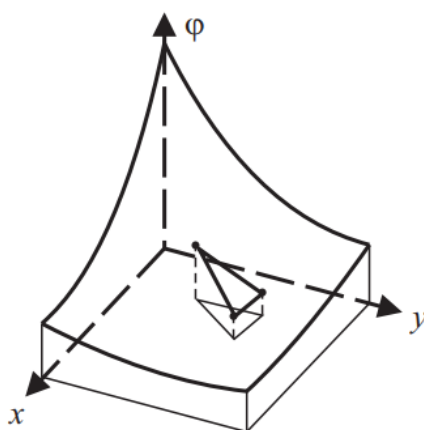


Рисунок 6 – Треугольный элемент с тремя узлами

Отметим, что избыточное число узлов позволяет рассматривать элементы с криволинейными границами.

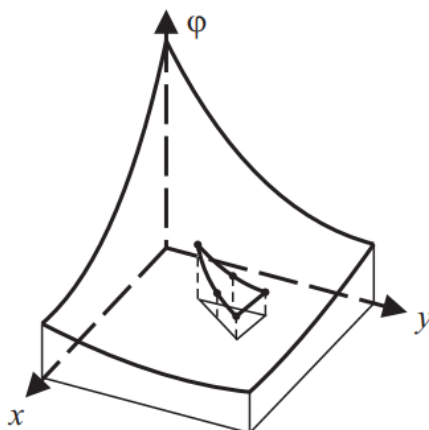


Рисунок 7 – Элемент с пятью узлами

Окончательной аппроксимацией двумерной непрерывной величины будет служить совокупность кусочно-непрерывных поверхностей, каждая из которых определяется на отдельном элементе с помощью значений $\varphi(x, y)$ в соответствующих узловых точках.

Важной особенностью метода конечных элементов является возможность выделить из набора элементов такой, использование которого позволило бы определять функцию элемента независимо от его положения в общей связанной модели и от других функций элементов. Задание функции элемента через произвольное множество узловых значений и координат позволяет использовать функции элемента для аппроксимации геометрии области.

3.3.2 Преимущества и недостатки метода конечных элементов

Наиболее важными преимуществами метода конечных элементов, благодаря которым он широко используется, являются следующие:

1) свойства материалов смежных элементов не должны быть обязательно одинаковыми, что позволяет применять метод к объектам, составленным из нескольких материалов;

2) криволинейная область может быть аппроксимирована с помощью прямолинейных элементов или описана точно с помощью криволинейных элементов, следовательно, МКЭ можно использовать для областей с любой формой границы;

3) размеры элементов могут быть переменными, что позволяет укрупнить или измельчить сеть разбиения области на элементы и задавать переменную плотность размещения элементов в сети;

4) МКЭ позволяет рассматривать граничные условия с разрывной поверхностной нагрузкой, а также смешанные граничные условия;

5) перечисленные преимущества метода конечных элементов используются при составлении программ для решения достаточно широкого класса задач.

К недостаткам метода конечных элементов относят:

1) искусственное ограничение области расчета,

2) дискретизацию окружающего пространства,

3) выполнение новой дискретизации при изменении положения элементов.

Хотя ресурсы совершенствования МКЭ практически исчерпаны, однако ведется разработка численных методов, а также реализующих их программных комплексов, позволяющих более экономично использовать вычислительные ресурсы и гарантировать эффективное решение многовариантных задач анализа и проектирования. Например, создан комбинированный метод конечных и граничных элементов (КМКиГЭ), реализующий достоинства МКЭ и не имеющий его недостатков.

3.4 Построение геометрии модели помещения для проведения конфиденциальных переговоров в Autodesk Revit и Comsol

Разработка модели «нарушителя» включает в себя несколько этапов, начальный из которых – построение модели в программном обеспечении Autodesk Revit (релиз 2017-го года). На рисунке 8 представлена модель, спроектированная в указанном профессиональном прикладном программном пакете. Материалы конструкций выбирались из предложенных, затем настраивались при необходимости.

На рисунке 6 можно увидеть, где располагаются участники конфиденциальных переговоров. Необходимо отметить, что мебель проектируется в приближённом варианте, но с учётом исходных материалов и их свойств (то есть при необходимости корректировались).

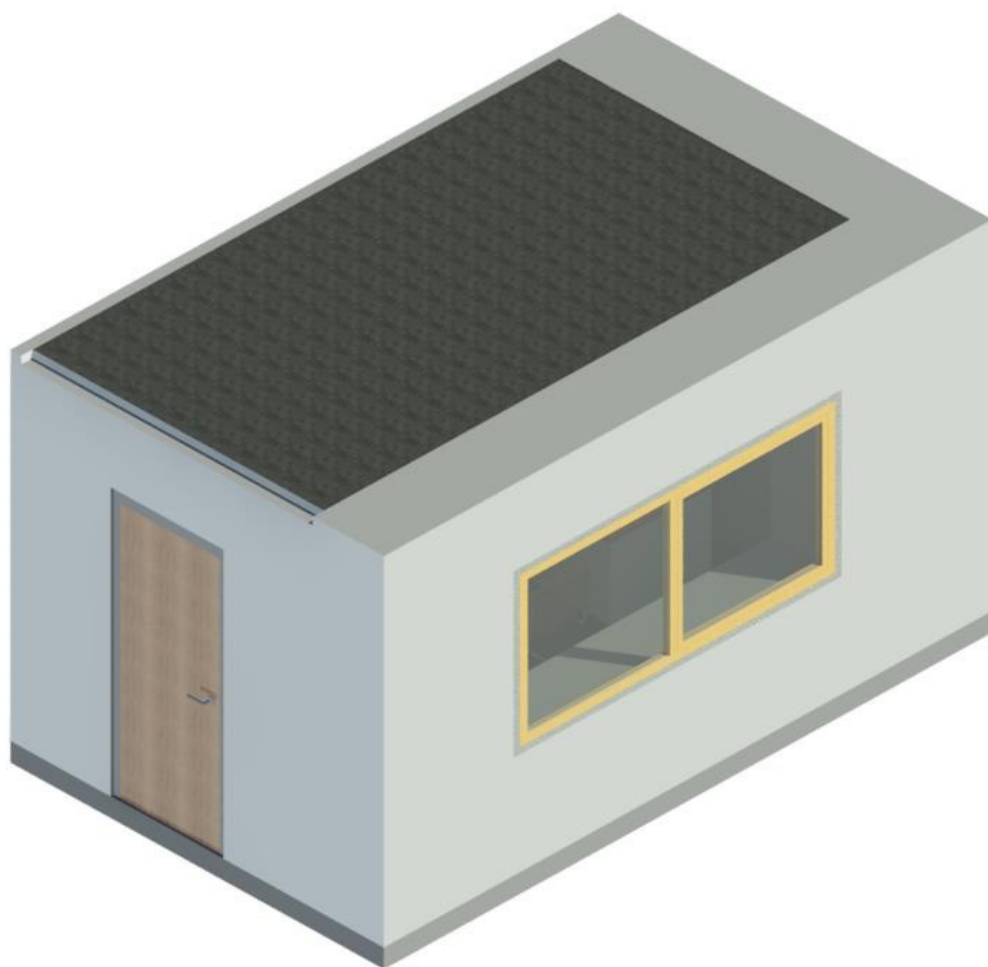


Рисунок 8 – Вид исследуемого помещения «снаружи»

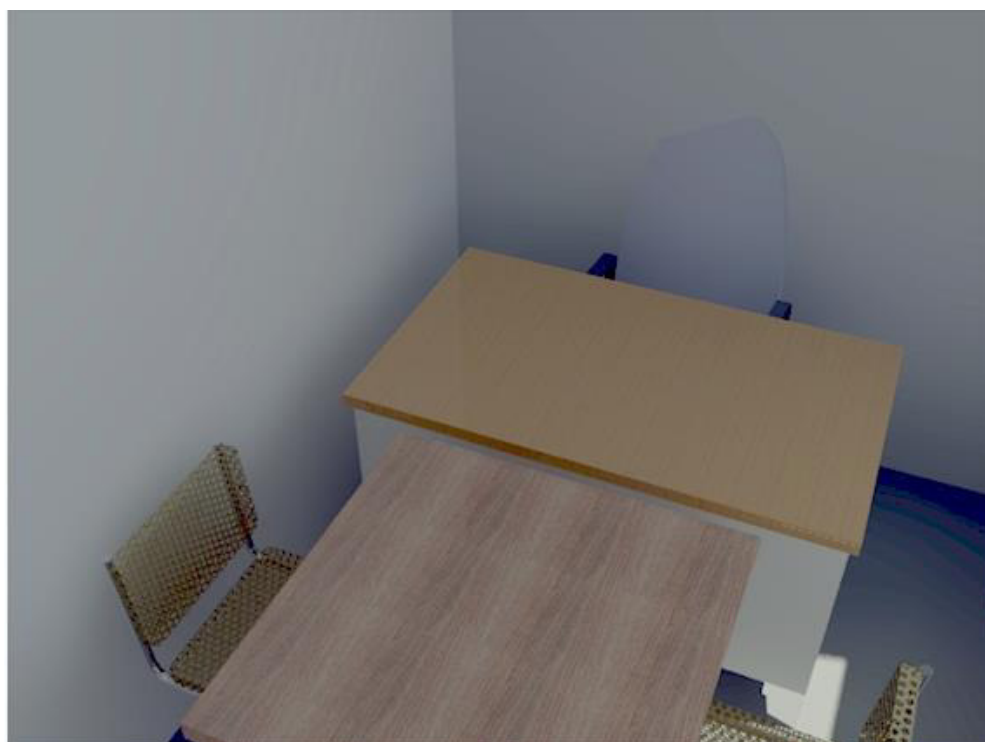


Рисунок 9 – Расположение потенциальных источников звука

Для наиболее наглядности представлена схема на рисунке 10 с точным

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

расположением исследуемых в настоящей магистерской диссертации объектов.

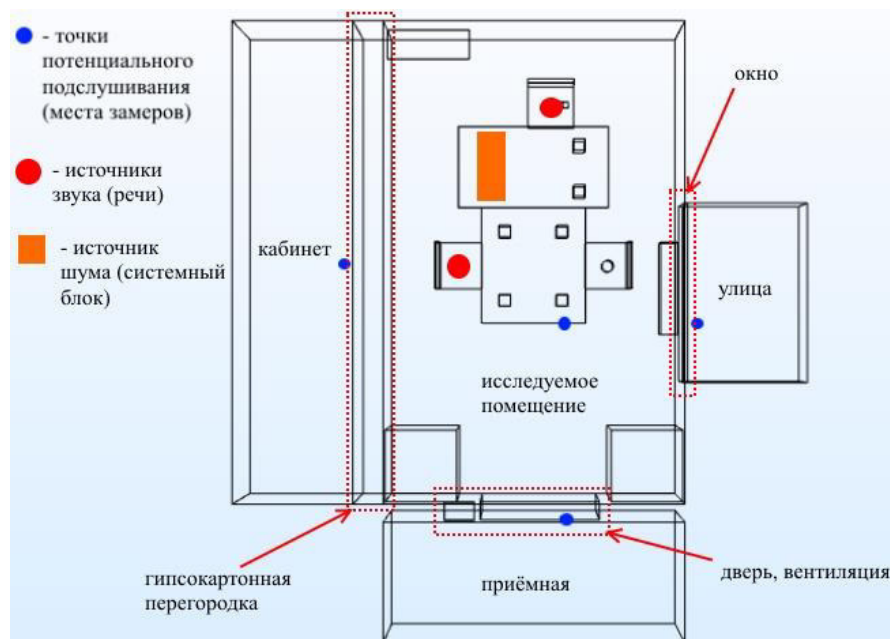


Рисунок 10 – Схема исследуемого помещения

То есть в данной работе при проектировании моделей распространения звука с целью выявления акустических каналов утечки информации с помощью подслушивания рассматриваются, помимо исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров, такие смежные зоны как:

а) приёмная – зона, в которой в среднем постоянно находятся 2 человека, при этом можно подслушать совещание через дверь и вентиляционное отверстие;

б) кабинет сотрудников – зона, в которой в среднем находятся 3 человека, при этом один из служащих имеет рабочее место прямо за «импровизированной» гипсокартонной перегородкой – ещё одного потенциального способа подслушивания;

в) зона за окном – область, через которую подслушивание маловероятно, но тем не менее имеет место быть, способ подслушивания – через окно.

Как указано в предыдущих разделах, ситуации проведения конфиденциальных переговоров можно условно разделить на две большие категории:

- 1) проведение совещания с включенной техникой (то есть персональным компьютером), которая в свою очередь аналогично распространяет шум;
- 2) проведение совещания с выключенной техникой.

Естественно предположить, что, помимо шума от персонального компьютера (а точнее – от системного блока), в исследуемом помещении для проведения конфиденциальных переговоров существуют и другие источники шума. Однако было решено не включать их в конечные модели и расчёты по следующим причинам:

- 1) затрудненное проведение замеров с помощью имеющегося шумомера;
- 2) шум от источника настолько слаб, что его вклад в общий шум незначителен или полностью отсутствует;
- 3) осознанное упрощение итоговых эмпирических расчётов и итоговых моделей.

Также на схеме можно увидеть, где конкретно проводились замеры с помощью шумомера, то есть места проведения эмпирического опыта.

На рисунке 11 изображён вид на основные рассматриваемые в исследовании источники утечки информации по акустическим каналам: дверь и окно. Детализация объектов ближе к ультравысокой, однако если модель запустить на ином программно-аппаратном комплексе, то возможно снижение качества её отображения – всё зависит от технических характеристик используемой машины.



Рисунок 11 – Вид на дверь и окно

Также на этом же рисунке представлен один из стеллажей. Для упрощения моделирования стеллажи имеют одинаковые форму и размер, но разные материалы изготовления.

В общем виде модель помещения для проведения конфиденциальных переговоров можно рассмотреть на рисунке 12. Для удобства скрыты из виду потолок и стены. В связи с тем, что персональный компьютер (а точнее системный блок) не является элементом мебели или инженерной конструкции, он не отображается на данном рисунке. Однако на дальнейших этапах моделирования этот элемент включён в систему объектов и, как описано во второй главе данной магистерской диссертации, имеет свои материалы и свойства, необходимые для решения поставленной акустической задачи. Здесь же стоит отметить, что в модели не рассматриваются такие предметы, как книги, журналы, шторы, ковёр и тому подобное в связи с ограниченными возможностями используемого аппаратного комплекса.



Рисунок 12 – Исследуемое помещение

Разработка каждого элемента интерьера и инженерной конструкции производилась предварительно в том же программном пакете «Autodesk Revit 2017».

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

Лист

56

Для примера можно рассмотреть элементы, представленные ниже на рисунках 13 и 14.

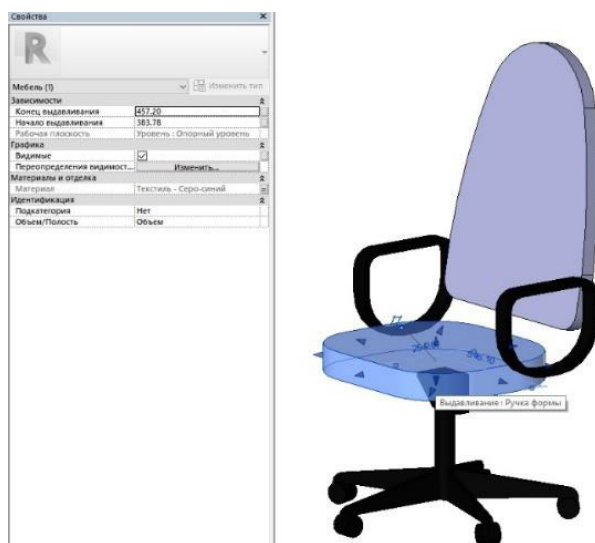


Рисунок 13 – Пример моделирования мебели

В левой части рисунка 13 отображена непосредственно модель интерьера. В правой части находится меню, в котором можно указать основные и дополнительные свойства материалов, из которых состоит элемент.

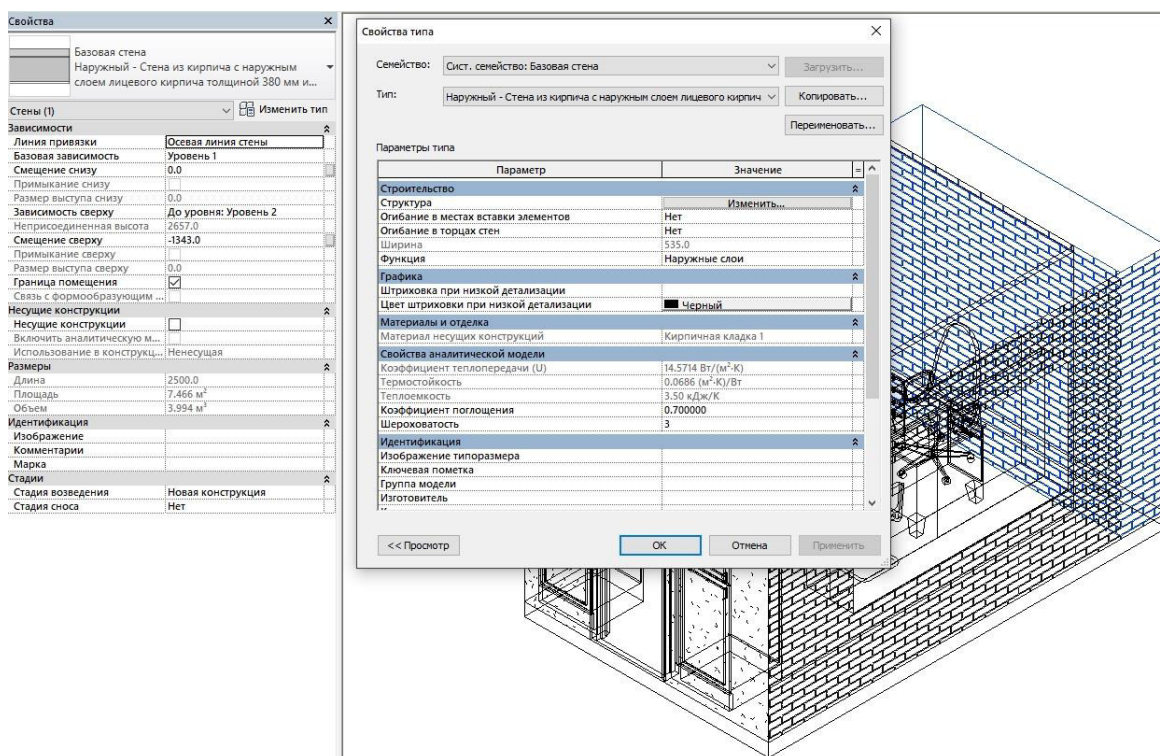


Рисунок 14 – Пример разработки наружной стены

При разработке моделей элементов инженерной конструкции общая суть

проектирования не меняется, но есть возможность указать дополнительные особенности в специальном меню. При импорте с помощью инструмента «Live Link» полученной модели исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров все особенности, указанные пользователем, сохраняются.

Вид импортируемой модели в профессиональном прикладном программном пакете Comsol Multiphysics (версии 5.2a) выглядит следующим образом как на рисунке 15. Для упрощения восприятия модели её визуализация была упрощена. В дальнейшем данная модель будет ещё более упрощена и дополнена элементами, которые необходимы для решения поставленных акустических задач. Также некоторые функциональные элементы были незначительно перепроектированы для выполнения вычислений, однако основная суть исходной модели (расположение мебели и элементов инженерной конструкции) сохранены. Таким образом мы получили описанные далее результирующие модели, которые просты для восприятия и наглядны даже для неопытного пользователя.

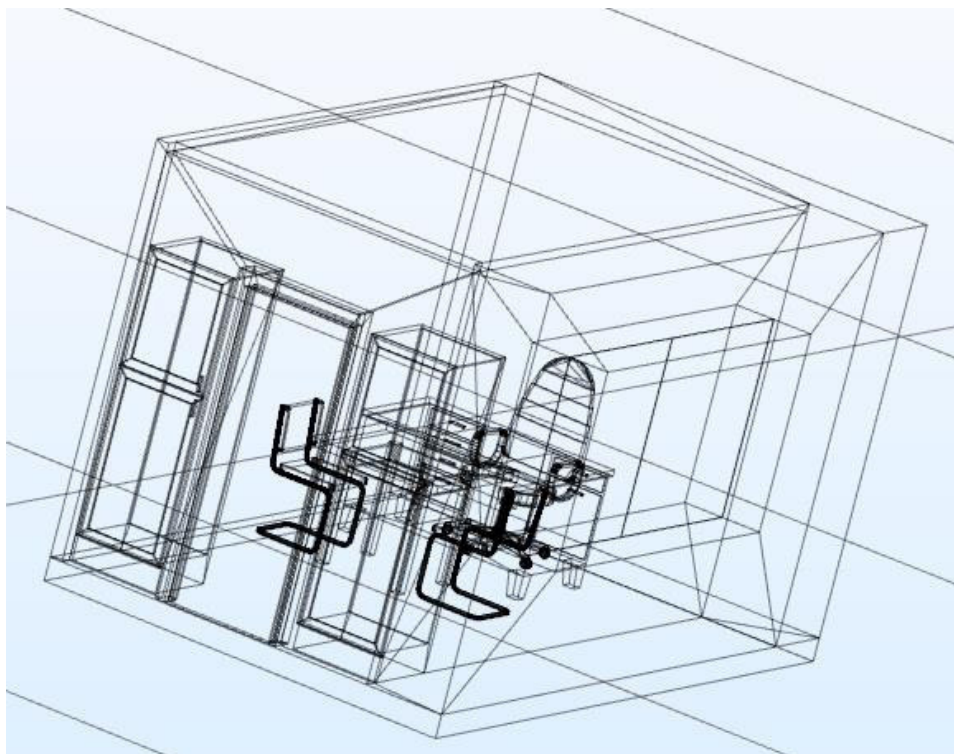


Рисунок 15 – Импортированная модель

Как указано выше далее геометрия полученной модели упрощается для проведения расчётов в связи с ограничениями аппаратного средства (стационар-

ного персонального компьютера) и корректируется при необходимости. Итоговая версия геометрии модели исследуемого помещения представлена на рисунках 16-18.

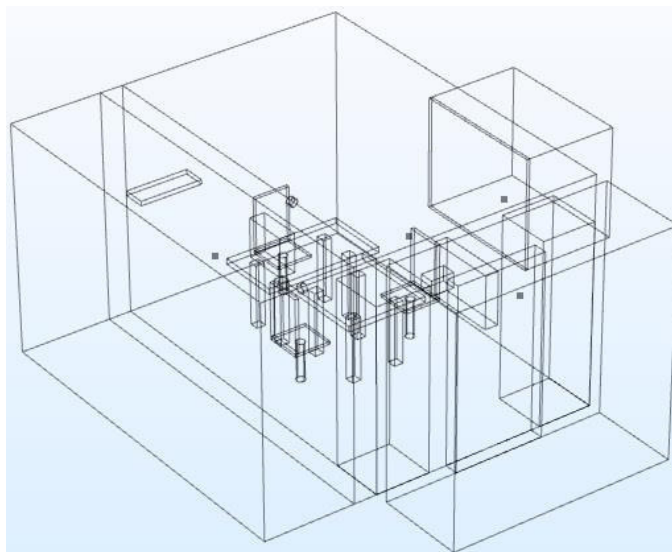


Рисунок 16 – Итоговая геометрия исследуемого помещения в пространстве

На рисунке 16 изображена упрощённая и дополненная модель, с которой в дальнейшем проводились вычисления и обработка полученных результатов. Если сравнивать с предыдущими схемами во второй и третьей главах – размерность и расположение элементов полностью соблюдены.

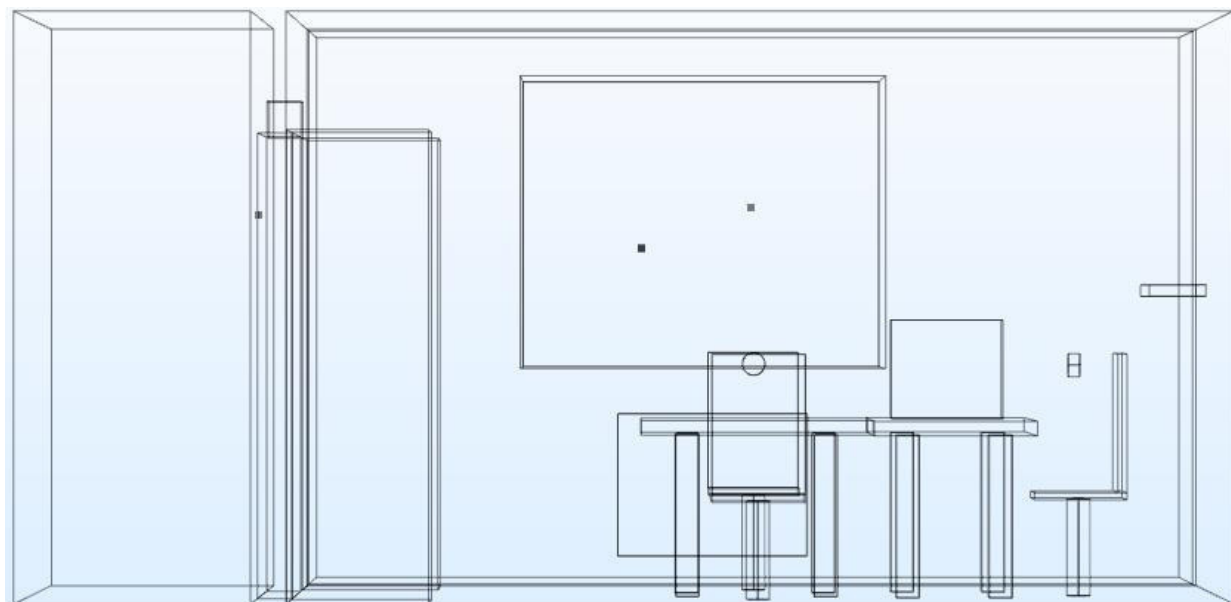


Рисунок 17 – Итоговая геометрия исследуемого помещения относительно осей

YZ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

Лист

59

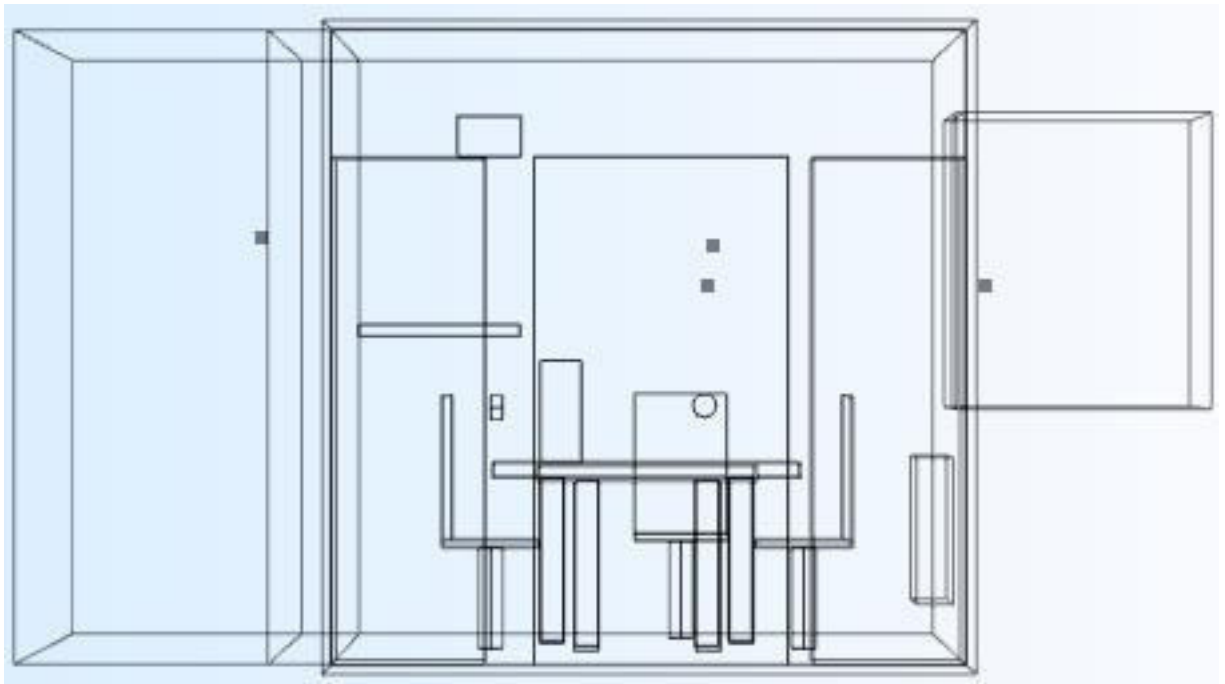


Рисунок 18 – Итоговая геометрия исследуемого помещения относительно осей
XZ

Цилиндрами отображаются источники речи.

3.5 Определение материалов и свойств инженерной конструкции и содержимого исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров

Подробное описание необходимых параметров и свойств материалов представлено во втором разделе настоящей магистерской диссертации. Отообразим иллюстративно, каким образом они использованы.

Воздух, как материал, используется во всех (включая смежные) помещениях. На рисунке 19 приведено распространение (расположение) воздуха в исследуемой модели.

Материал «Сосна» используется в нескольких элементах инженерной конструкции исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров. На рисунке 20 отображены эти элементы. Свойства этого материала прописаны в специальном разделе «Material» выбранного для решения акустической задачи программного комплекса «Comsol» (версии 5.2a). Некоторые свойства были вручную дополнительно откорректированы для добавления реалистичности представленных моделей.

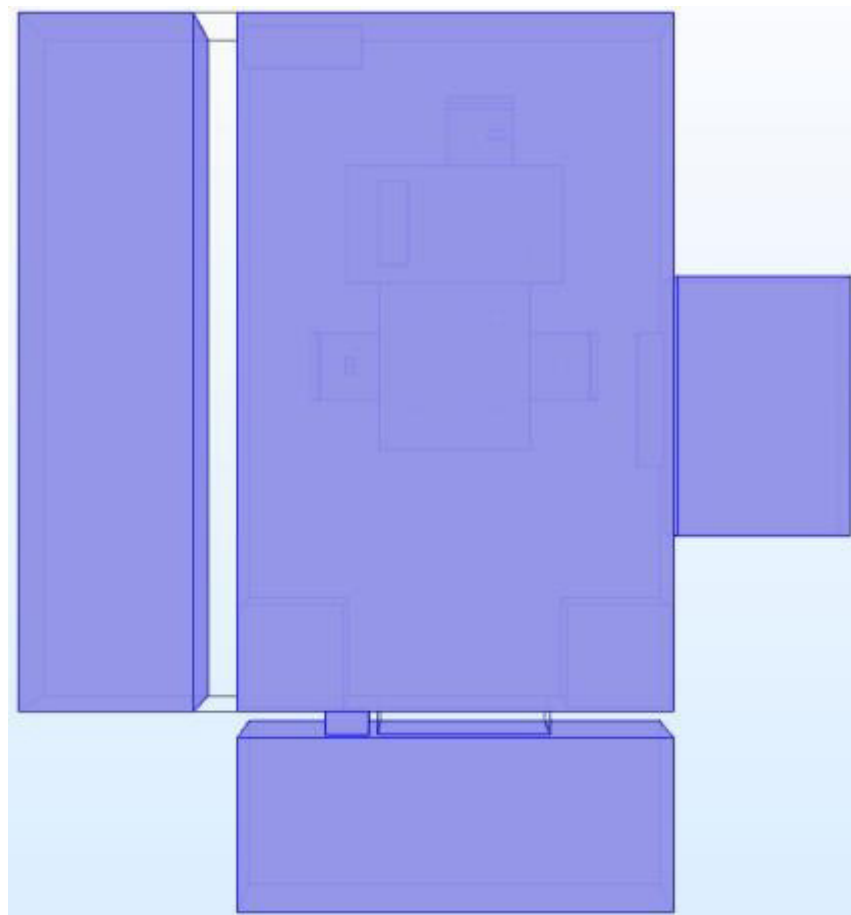


Рисунок 19 – Распространение воздуха

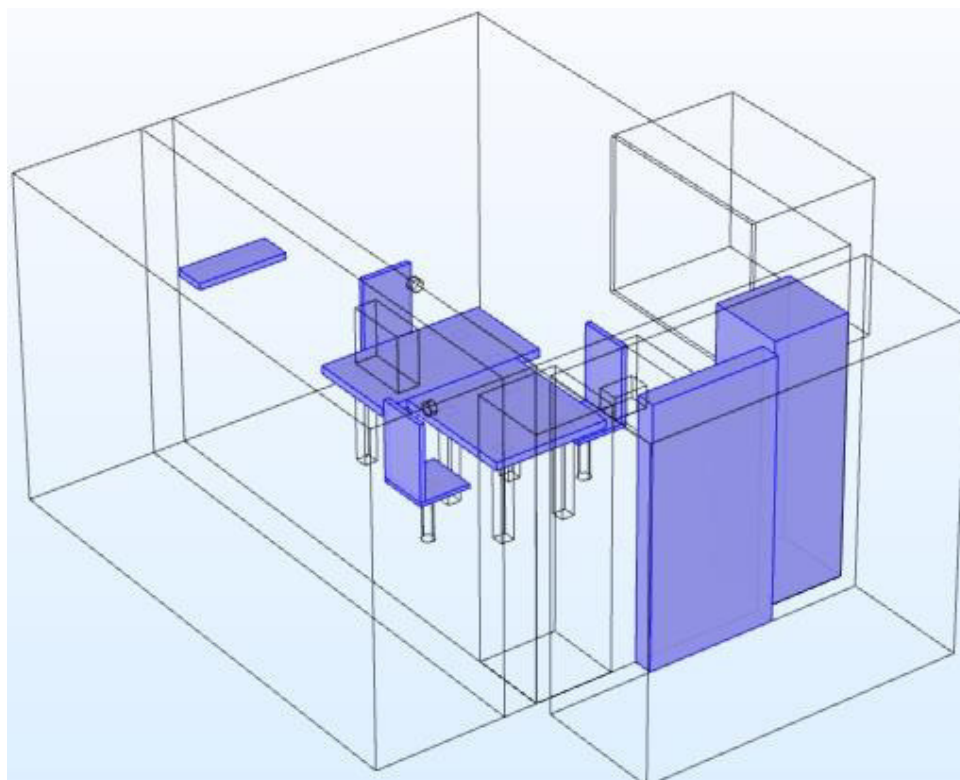


Рисунок 20 – Использование материала «Сосна»

Окно из стеклопакета отображено на рисунке 21. Свойства этого материала

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

Лист

61

аналогично были вручную дополнительно откорректированы для добавления реалистичности представленных моделей.

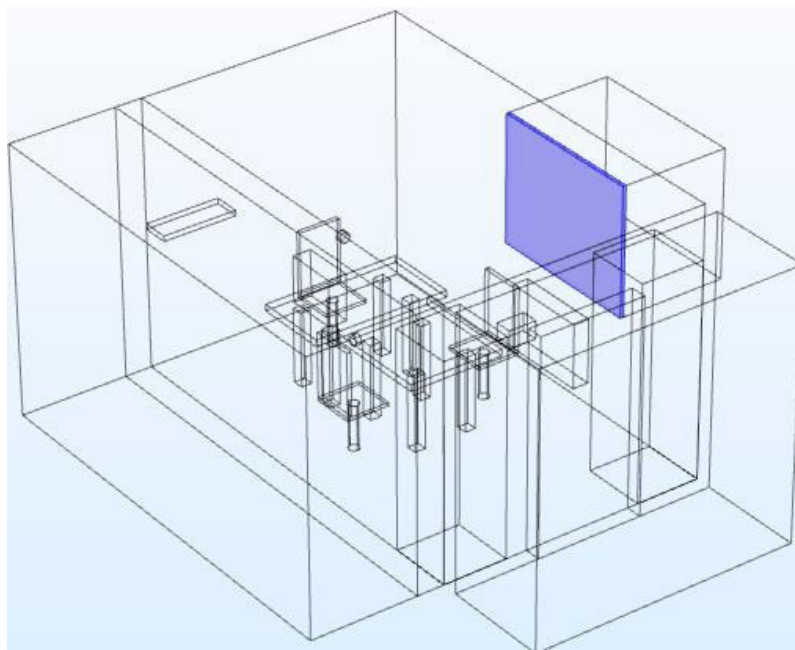


Рисунок 21 – Использование материала «Стеклопакет»

К тому же учитывается, что стеклопакет окна исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров двухслойный. То есть основные параметры, необходимые для решения акустической задачи удвоены.

«Импровизированная» гипсокартонная перегородка представлена на рисунке 22. Как и при работе с предыдущими материалами, некоторые свойства гипсокартона были изменены или прописаны вручную.

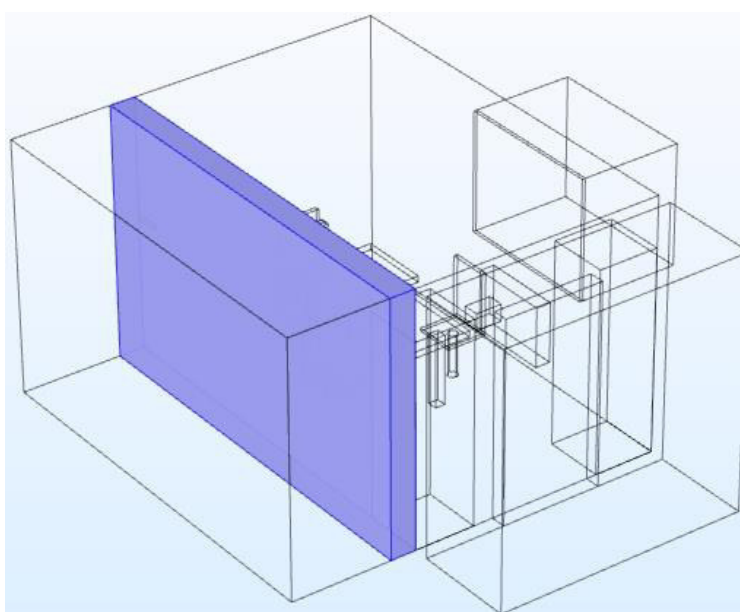


Рисунок 22 – Использование материала «Гипсокартон»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

Лист

62

Стальные элементы представлены на рисунке 23. Была выбрана хромированная сталь, некоторые свойства которой отредактированы.

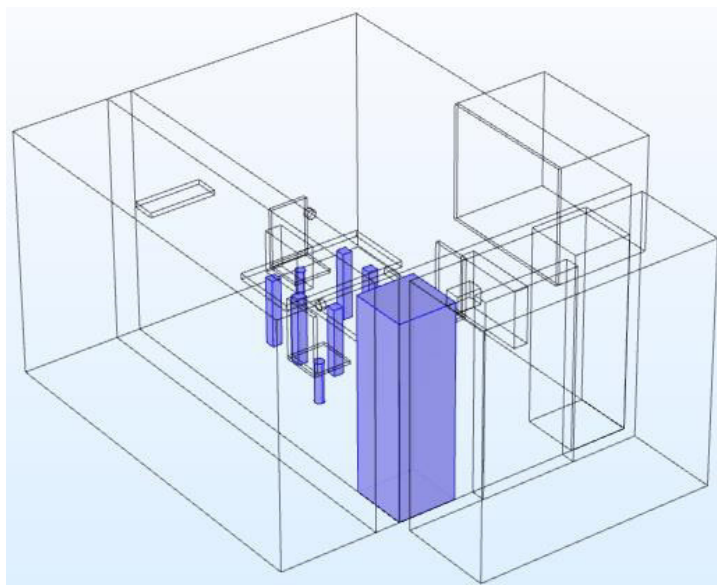


Рисунок 23 – Использование материала «Хромированная сталь»

Материал «Чугун» использовался только при проектировании батареи, что отображено на рисунке 24. Его свойства почти не менялись. Но учитывается тот фактор, что батарея состоит из 10 одинаковых блоков, а в модели для упрощения наглядности они соединены в один блок.

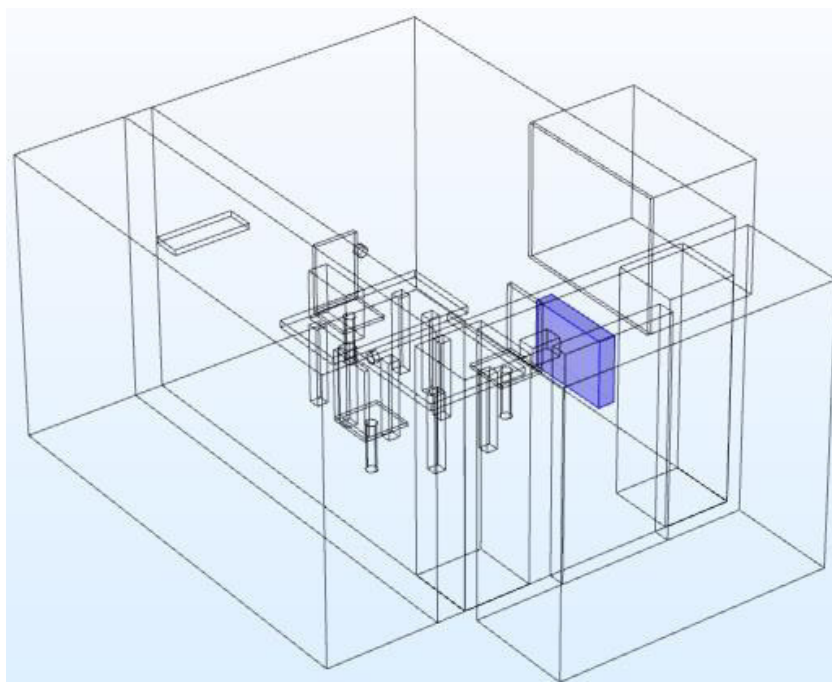


Рисунок 24 – Использование материала «Чугун»

Материал «Пластик» используется только для проектирования системного

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

блока, что отображено на рисунке 25. Свойства этого материала не редактировались.

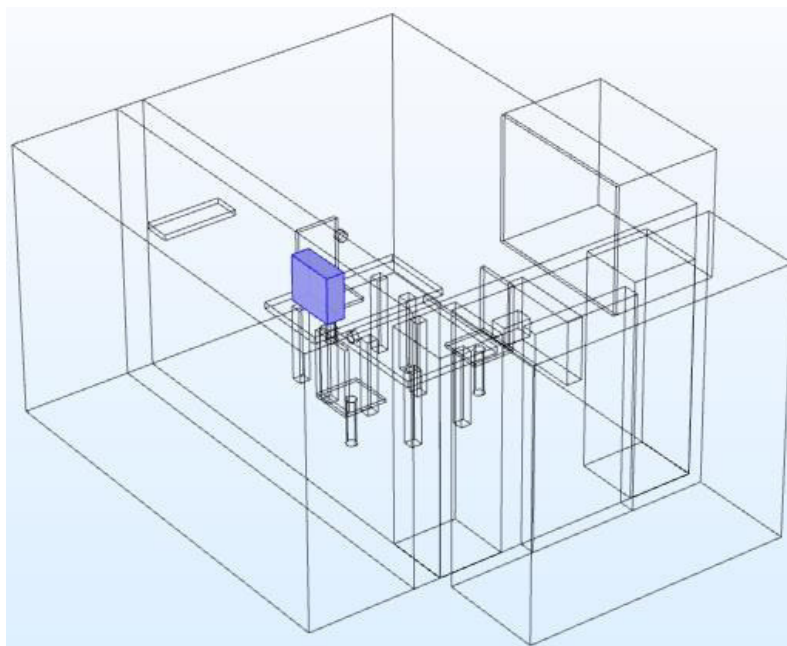


Рисунок 25 – Использование материала «Пластик»

3.6 Задание параметров источников акустического воздействия (источников шума и речи)

В первую очередь справочно приведем на рисунке 26 результаты проведения замеров опытным путем – с помощью шумомера.

	ПК	оба говорят	говорит начальник	говорит собеседник
внутри кабинета	54	58	54	59
за перегородкой	25	32	25	32
за дверью	36	45	41	40
за окном	31	29	31	27
		оба говорят	говорит начальник	говорит собеседник
внутри кабинета		57	52	58
за перегородкой		28	18	23
за дверью		43	36	36
за окном		26	26	22

Рисунок 26 – Реальные замеры

Далее в программном комплексе «Comsol» (версии 5.2a) необходимо указать глобальные параметры (рисунок 27):

- 1) сила голоса каждого из собеседников,
- 2) шум от персонального компьютера (системного блока),
- 3) коэффициенты поглощения.

Parameters

Parameters

Name	Expression	Value	Description
P	0.01[mW]	1E-5 W	мощность каждого голоса
alpha_h	0.25	0.25	коэффициент поглощения ("твёрдые" поверхности)
alpha_s	0.7	0.7	коэффициент поглощения ("мягкие" поверхности)
PP	80 [W]	80 W	шум от системного блока

Рисунок 27 – Глобальные параметры

После этого описывается основной набор переменных, использующийся в дальнейших автоматизированных расчётах (таблица 8). В данном контексте под переменными понимаются также и основные формулы. Система самостоятельно при этом выбирает единицы измерения.

Таблица 8 – Основной набор переменных

Обозначение	Формула	СИ	Описание
1	2	3	4
A	intop1 (1)	м ²	Общая площадь распространения звука в исследуемом помещении и смежных зонах
J	2*P/A	Вт/м ²	Поток энергии звука
x ₁	golos_1 (x)	м	Центральная точка начала распространения звука 1-го собеседника по оси X
y ₁	golos_1 (y)	м	Центральная точка начала распространения звука 1-го собеседника по оси Y
z ₁	golos_1 (z)	м	Центральная точка начала распространения звука 1-го собеседника по оси Z

1	2	3	4
x_2	golos_2 (x)	м	Центральная точка начала распространения звука 2-го собеседника по оси X
y_2	golos_2 (y)	м	Центральная точка начала распространения звука 2-го собеседника по оси Y
z_2	golos_2 (z)	м	Центральная точка начала распространения звука 2-го собеседника по оси Z
x_3	aveop3 (x)	м	Центральная точка начала распространения шума от системного блока по оси X
y_3	aveop3 (y)	м	Центральная точка начала распространения шума от системного блока по оси Y
r_3	$\sqrt{(x-x_3)^2+(y-y_3)^2+(z-z_3)^2}$	м	Расстояние от точки потенциального подслушивания до системного блока
I_1	$P/(2*p_i*r_1^2)$	Вт/м ²	Интенсивность голоса 1-го собеседника
I_2	$P/(2*p_i*r_2^2)$	Вт/м ²	Интенсивность голоса 2-го собеседника
I_3	$P/(2*p_i*r_3^2)$	Вт/м ²	Интенсивность шума от системного блока
z_0	golos_1 (ade.c*ade.rho)	кг/м ² *с	Импеданс
psq_1	$2*I_1*z_0$	кг ² /м ² *с ⁴	Квадратичное давление голоса от 1-го собеседника

1	2	3	4
psq ₂	$2 \cdot I_2 \cdot z_0$	кг ² /м ² *с ⁴	Квадратичное давление голоса от 2-го собеседника
psq ₃	$2 \cdot I_2 \cdot z_0$	кг ² /м ² *с ⁴	Квадратичное давление голоса от 2-го собеседника

Обозначим распространение звука в исследуемом помещении для проведения конфиденциальных переговоров на рисунке 28. Укажем логарифмическую формулу для представления звука в дБ.

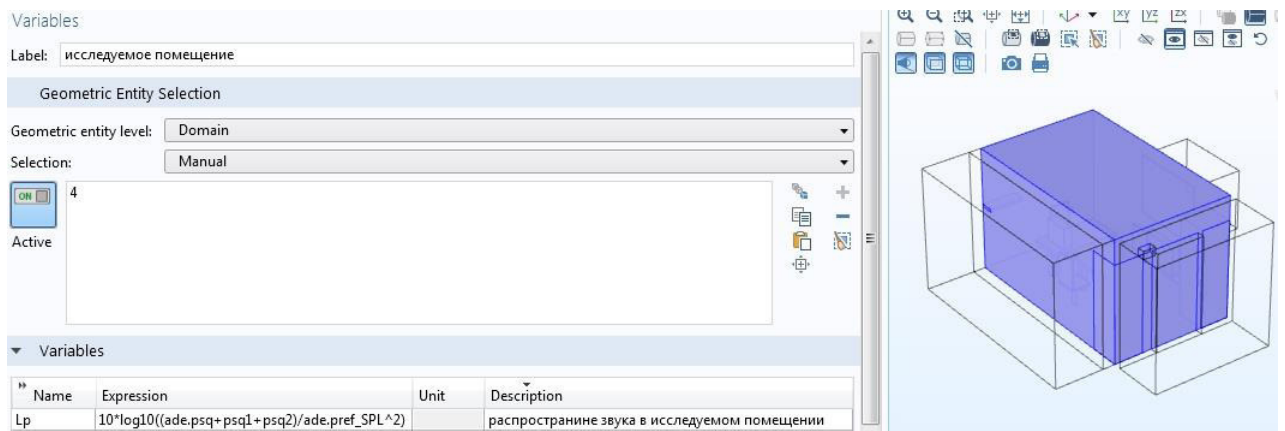


Рисунок 28 – Распространение звука в кабинете

Обозначим распространение звука в смежных от исследуемого зонах (рисунок 29). Стоит отметить, что для упрощения геометрии данные области не детализировались, так как в этом нет прямой необходимости.

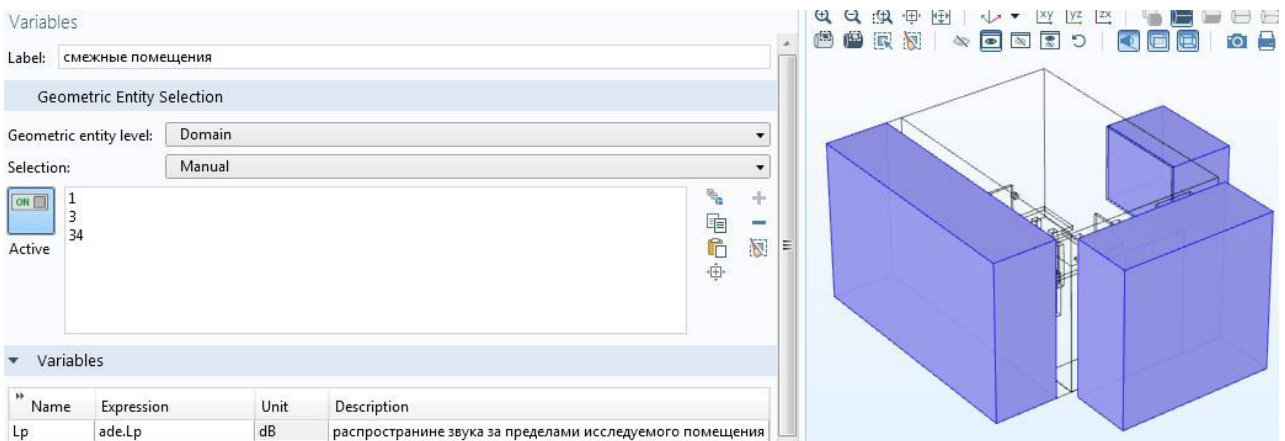


Рисунок 29 – Распространение звука в смежных зонах

Аналогично воспользуемся инструментом, переводящим интересующие нас данные в дБ. Это необходимо для дальнейшего анализа и сверки результатов,

Источником звука в данном случае (рисунок 30) выступает поверхность цилиндра, обращенная к окну. Операционное наименование – golos_2. Обозначение для навигации – Average 2.

Теперь отобразим интегрирование активной беседы обоих участников.

В данном случае операционным наименованием является intop1. Обозначение для навигации – Integration 1a.

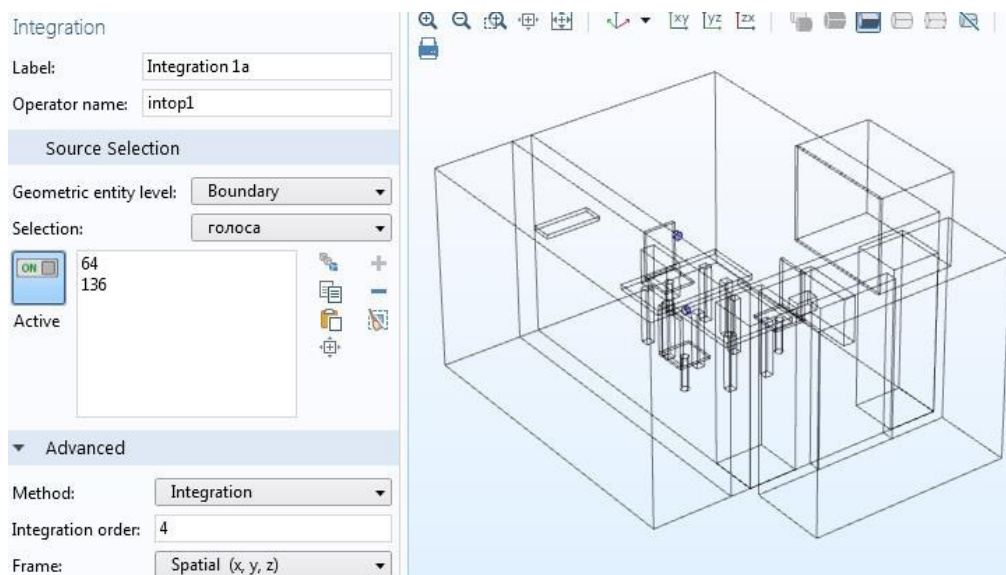


Рисунок 31 – Интегрирование голосов

Аналогично принципу, представленному на рисунках 29 и 30 отобразим показатель шума на рисунке 32, исходящего от персонального компьютера (системного блока). Так как рассматриваются две категории ситуаций (с включенным и выключенным аппаратом), то при выполнении расчётов этот показатель можно отключить, когда необходимо, не меняя общей структуры и алгоритма вычисления.

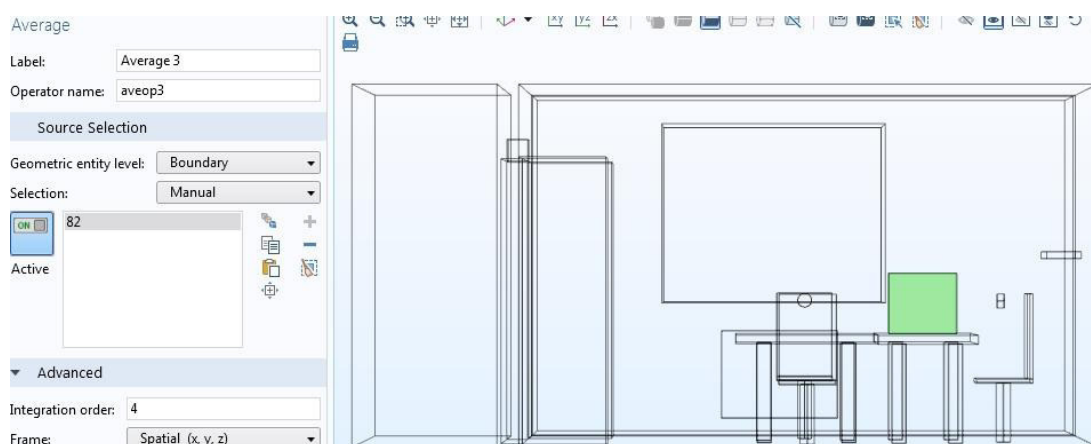


Рисунок 32 – Показатель шума от персонального компьютера

В данном случае показатель обозначает поверхность системного блока с направлением шума, перпендикулярным «импровизированной» гипсокартонной перегородке. Операционное наименование – aveor3. Обозначение для навигации – Average 3. Данный показатель также необходимо проинтегрировать (рисунок 33).

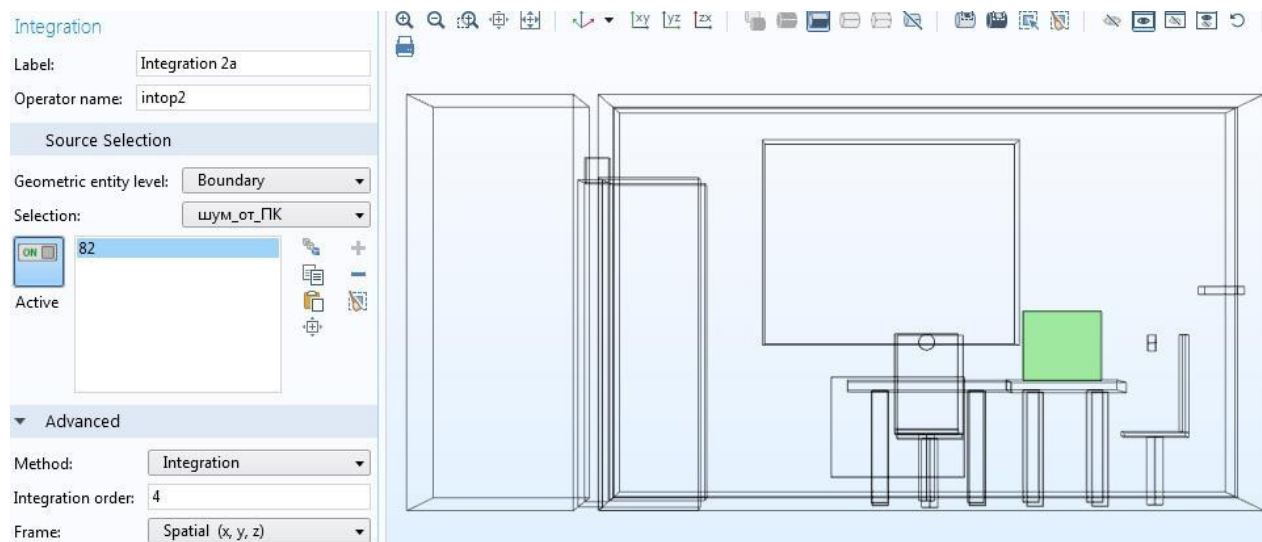


Рисунок 33 – Интегрирование шума

Операционное наименование – intop2. Обозначение для навигации – Integration 2a.

Далее необходимо явно задать «мягкие» поверхности, для которых коэффициент поглощения звука указан в разделе глобальных переменных, голоса, и поверхность системного блока, распространяющая шум, описание которых представлено выше (рисунки 34-36).

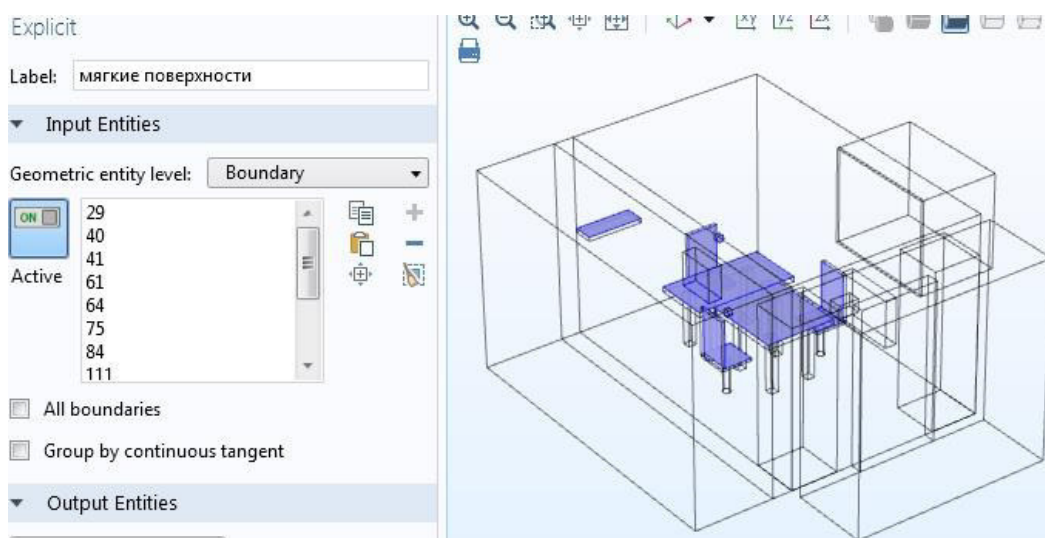


Рисунок 34 – «Мягкие» поверхности

К «Мягким» относятся все поверхности, способные сильно поглотить речь собеседников или шум от персонального компьютера (системного блока). Поверхности, являющиеся источниками речи, также являются в данных моделях «мягкими» (условно).

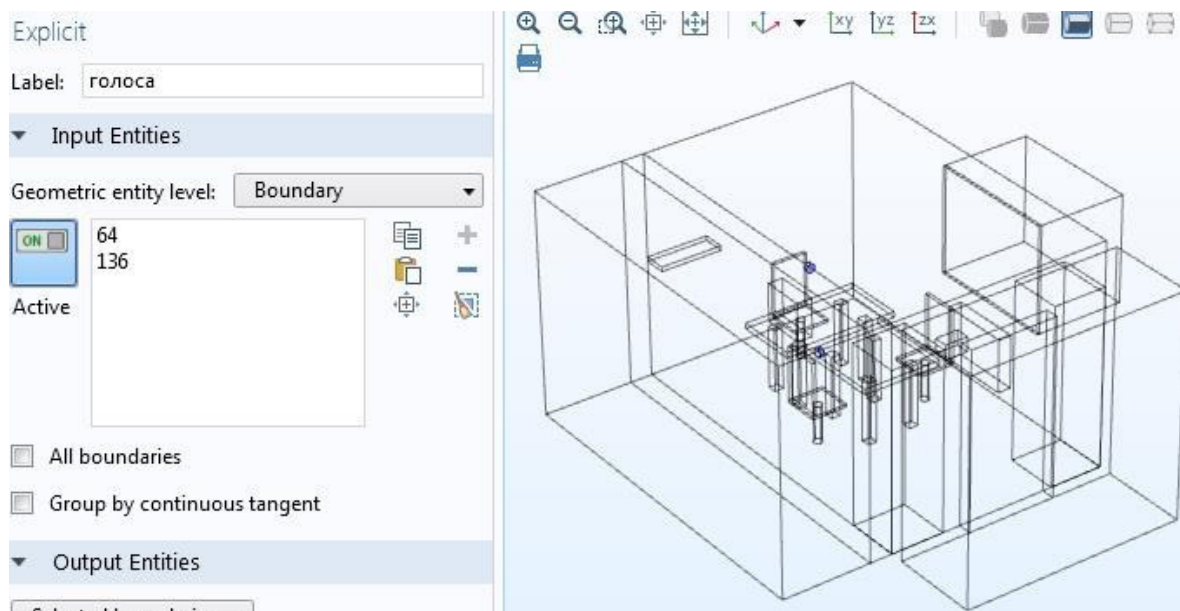


Рисунок 35 – Источники речи

По такому же принципу вручную отбираются поверхности, являющиеся в исследуемых моделях источниками голосов участников конфиденциальных переговоров. При рассмотрении ситуаций, когда говорит только один из участников совещания, в данном разделе убирается ненужная поверхность, при этом общий алгоритм вычислений и структура расчётов не нарушается.

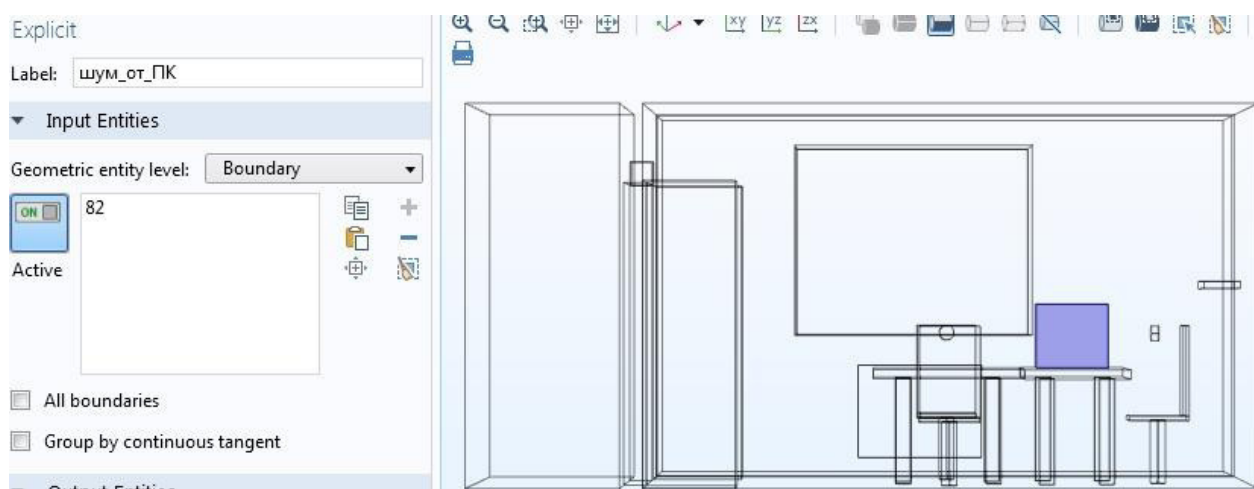


Рисунок 36 – Поверхность системного блока

Как уже было отмечено ранее, при необходимости рассмотрения ситуации

без шумов данная (рисунок 34) поверхность отключается.

3.8 Выбор методов расчётов измерения шума в помещении для проведения конфиденциальных переговоров

Ранее уже был описан метод расчёта измерения шума в помещении для проведения конфиденциальных переговоров и смежных с ним областей – с помощью уравнения акустической диффузии. В данном параграфе рассмотрим более детально этот процесс, реализованный в акустическом модуле программного комплекса «Comsol» (версии 5.2a).

Общая форма уравнения контролируется непосредственно стадиями вычислений. Так как число стадий вычислений в данном расчёте равняется единице, можно сразу описать основное уравнение (рисунок 37).



Рисунок 37 – Описание основного уравнения

В разделе настроек уровня звукового давления укажем опорное (начальное) давление звука для воздуха (рисунок 38).

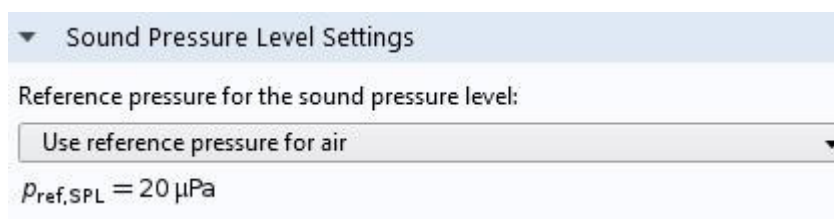


Рисунок 38 – Установка опорного давления звука

В разделе настроек ввода был выбран непрерывный тип (рисунок 37), предпочтительный для жилых помещений, однако в рассматриваемом исследовании, несмотря на то, что исследуемое помещение не жилое, наиболее подходящий.

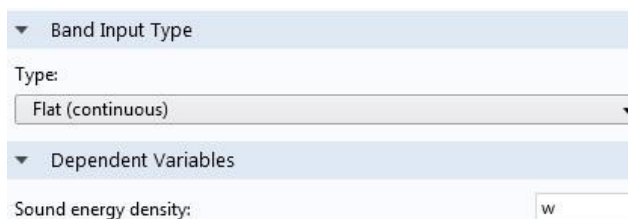


Рисунок 39 – Тип ввода и зависимая переменная

Здесь же необходимо обозначить основную зависимую переменную – плотность звуковой энергии.

Теперь можно детализировать модель акустической диффузии. Основное уравнение для построенной модели практически не изменилось (рисунок 38), добавим некоторые входные данные:

- 1) температура;
- 2) абсолютное давление;
- 3) эталонная температура деформации.

Рисунок 40 – Пользовательские входные данные

Получим основные формулы расчёта для исследуемого помещения и смежных с ним областей (рисунок 41).

Рисунок 41 – Формулы для исследуемого помещения

Настроим формулы расчёта для всех «твёрдых» поверхностей исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров и смежных с ним областей (рисунок 42), параметры которых были указаны выше. В разделе

свойств поглощения поверхностей укажем нужную глобальную переменную (коэффициент поглощения).

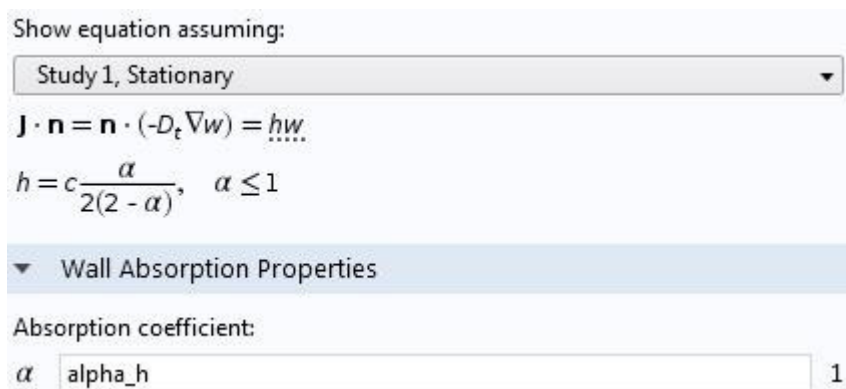


Рисунок 42 – Формулы для «Твёрдых» поверхностей исследуемого помещения

Аналогично отобразим формулы и коэффициент поглощения для поверхностей со стороны исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров окна, двери, вентиляционного отверстия и «импровизированной» гипсокартонной перегородки (рисунок 43). Таким же образом отображаются эти же поверхности со стороны смежных областей.

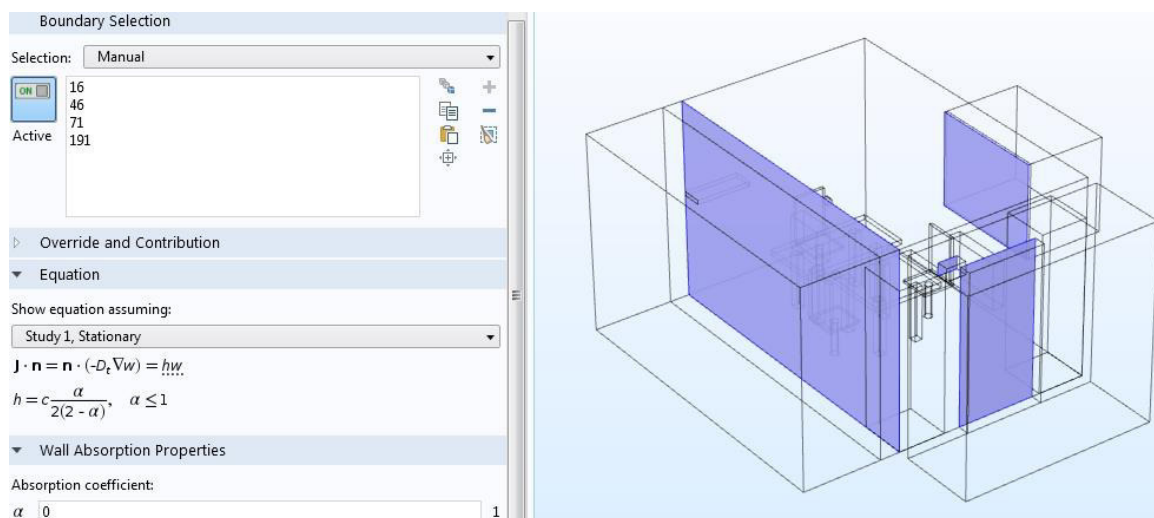


Рисунок 43 – Формулы для поверхностей прохождения звука

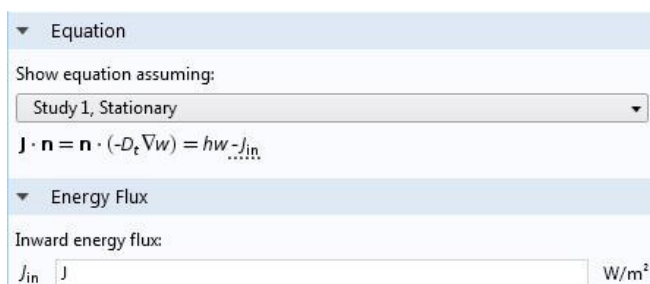


Рисунок 44 – Формула и опорная переменная потока внутренней энергии источников звука

В отношении потока внутренней энергии звука проводим те же действия (рисунок 44). Для «Мягких» поверхностей проводим аналогичные действия (рисунок 45).

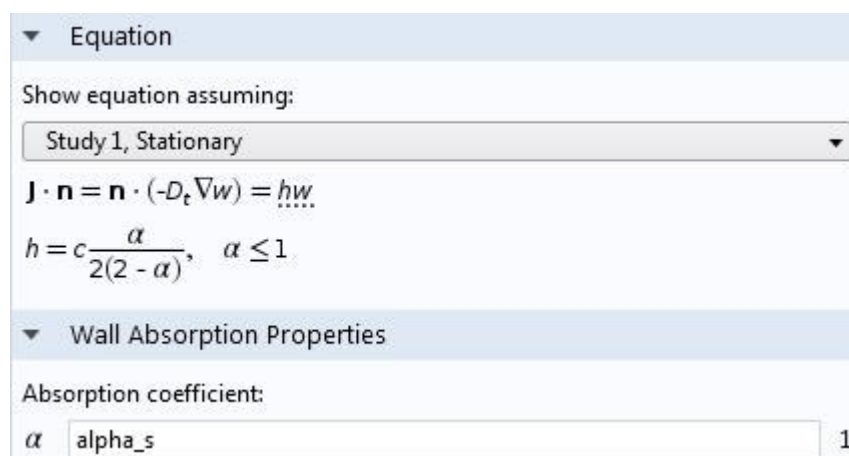


Рисунок 45 – Формулы и опорная переменная для «мягких» поверхностей

Начальное значение потока внутренней энергии звука примем за нулевое. Для всех областей, через которых проходит звук (речь и шум), используются одни и те же формулы для расчёта (рисунок 46). Вручную устанавливаются для каждой поверхности величины поглощения звука:

- 1) для двери – 12 дБ;
- 2) для окна – 27дБ;
- 3) для вентиляционного отверстия – 0дБ;
- 4) для «импровизированной» гипсокартонной перегородки – 30дБ.

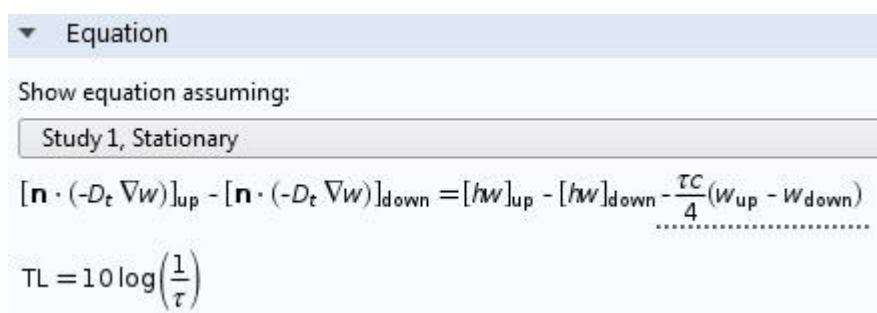


Рисунок 46 – Формулы для областей потенциального подслушивания

После выбора методов расчёта для исследуемой модели необходимо разбить её на элементарные ячейки. Это позволит выполнить дальнейшие автоматизированные вычисления в выбранном программном комплексе решения акустической задачи.

3.9 Разбиение объектов помещения для проведения конфиденциальных переговоров и его среды на сетку элементарных ячеек

Разбиение области на подобласти носит феноменологический характер, следовательно, зависит от имеющихся навыков. Некачественное разбиение приводит к ошибочным результатам, если даже остальные этапы метода осуществляются с достаточной точностью. Процедура дискретизации области состоит из задания числа, размеров и формы подобластей, которые используются для построения дискретной модели реального объекта. Элементы необходимо выбирать с достаточной точностью, то есть размер элемента должен зависеть от схожимости задачи, поэтому нужно иметь некоторые общие соображения об окончательных значениях, с тем чтобы можно было уменьшить размеры элементов в тех областях, где значение градиентов велико, и увеличить их там, где значение градиентов близко к нулю. Отметим, что в программных комплексах типа COMSOL дискретизация области проводится пользователем. Это обусловлено тем, что общего метода разбиения на элементы в настоящее время не существует, и наиболее эффективный метод разбиения – это навык пользователя, знающего природу описываемого процесса.

3.9.1 Типы конечных элементов

Рассмотрим часто используемые типы конечных элементов, простейшим из которых является одномерный элемент. Схематически он обычно изображается в виде отрезка, хотя и имеет поперечное сечение, площадь которого может изменяться по длине.

Простейший одномерный элемент имеет два узла, по одному на каждом конце (рисунок 47).



Рисунок 47 – Одномерный конечный элемент с двумя узлами

Элементы более высокого порядка, трехузловые (квадратичные) (рисунок

48) и четырехузловые (кубические) (рисунок 49) и так далее.

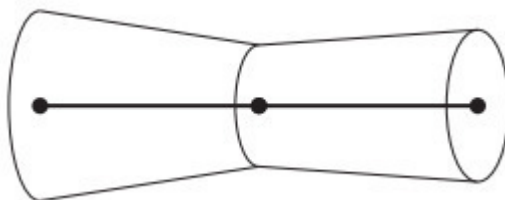


Рисунок 48 – Одномерный конечный элемент с тремя узлами

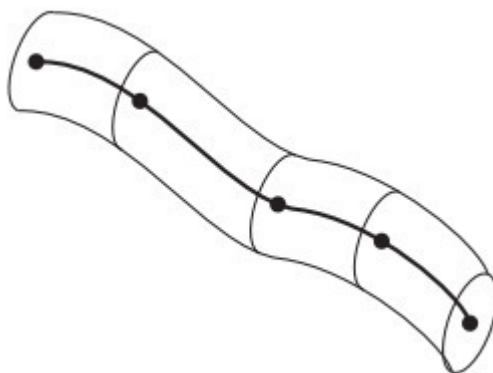


Рисунок 49 – Одномерный конечный элемент с четырьмя узлами

Одномерный элемент может быть криволинейным (рисунок 49) при условии, что длина дуги входит в уравнения, определяющие элементы.

Для дискретизации области в двухмерном случае лучше всего себя зарекомендовали два основных семейства элементов:

- 1) треугольники;
- 2) четырехугольники.

Стороны линейных элементов каждого семейства представляют собой прямые линии (рисунок 50).

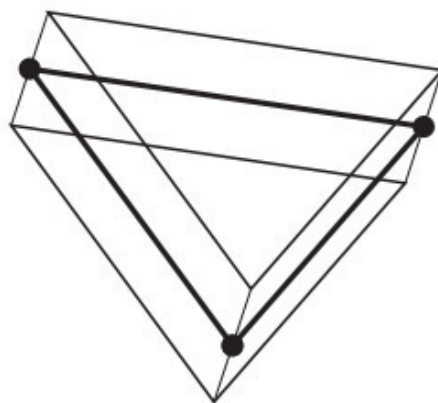


Рисунок 50 – Стороны линейных элементов

Квадратичные и кубические элементы могут иметь как прямолинейные, так и криволинейные стороны (рисунок 51), а для моделирования криволинейных границ достаточно добавить необходимое число узлов в соответствующие точки сторон элементов.

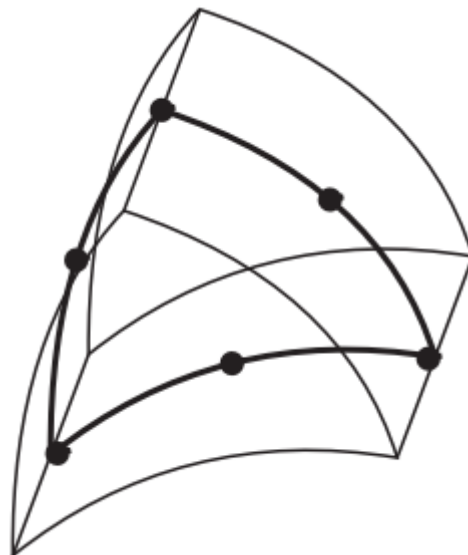


Рисунок 51 – Криволинейные стороны элемента

Очевидно, что внутри области можно использовать элементы из разных семейств, если только они имеют одинаковое количество узлов на соответствующих сторонах (рисунок 52). Отметим, что толщина элемента может являться функцией координат.



Рисунок 52 – Использование элементов из разных семейств

В трехмерном случае часто встречающимися элементами являются тетраэдр и параллелепипед (рисунок 53). В обоих случаях линейные элементы ограничены плоскостями, а элементы более высокого порядка имеют в качестве границ криволинейные поверхности.

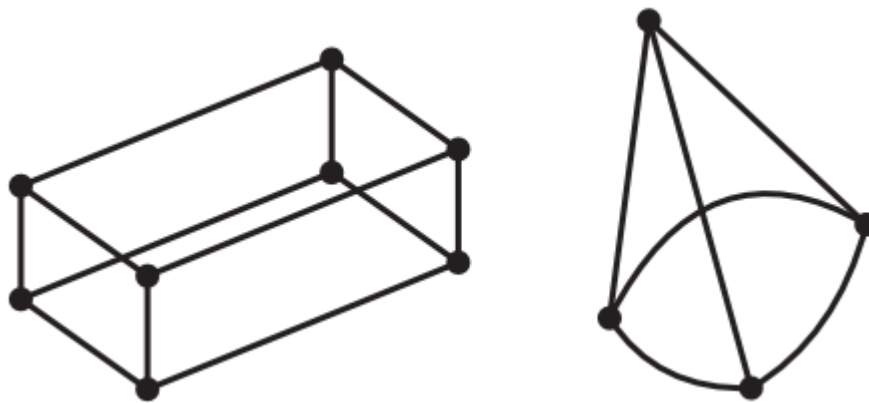


Рисунок 53 – Трехмерный случай

При разбиении трехмерного тела трудно наглядно представить расположение элементов в дискретной модели, поэтому, вероятно, более желательным из этих двух типов элементов является параллелепипед, однако очевидно, что при моделировании задач, связанных с кристаллической решеткой вещества, имеет смысл в качестве элементов рассматривать объекты, являющиеся элементарными ячейкам кристаллической решетки (рисунок 54).

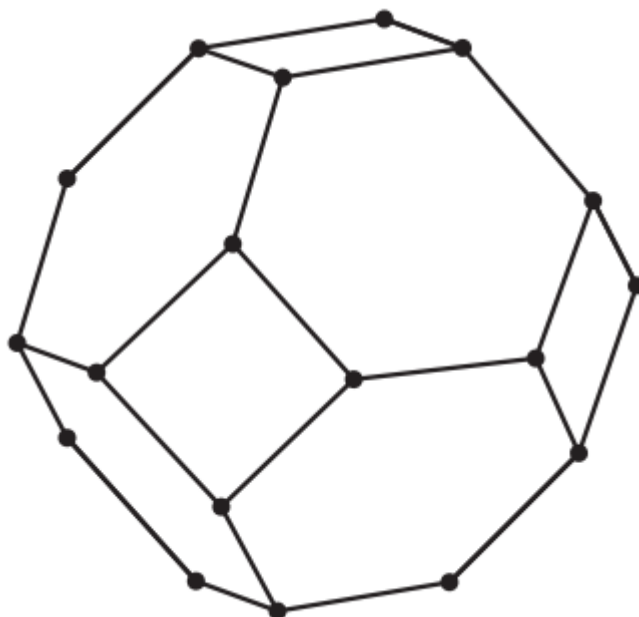


Рисунок 54 – Элементы кристаллической решетки

Также в случае объектов с ярко выраженными свойствами геометрии рассматривают другие элементы. Например, при рассмотрении тел цилиндрической формы используются элементы, подобные двумерному треугольнику, которые позволяют учесть изменение неизвестной величины вдоль третьей координаты (рисунок 55).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

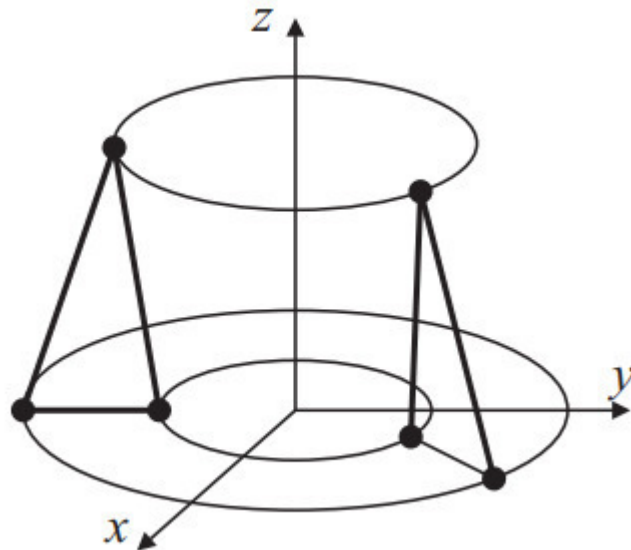


Рисунок 55 – Элемент, широко используемый в осесимметричных задачах

3.9.2 Разбиение области на конечные элементы

Разделим процесс дискретизации на две части:

- 1) разбиение объекта на элементы;
- 2) нумерация элементов и узлов.

Дискретизация одномерного объекта сводится к делению отрезка на более короткие участки, при этом варьировать можно только количество этих участков и их размеры. Отметим, что иногда, в соответствии с природой протекающего процесса, эффективным оказывается деление на участки разной длины.

Нетривиальной задача становится уже в двухмерном случае. Рассмотрим разбиение двумерной области на линейные треугольные элементы. Треугольник – это простейший элемент из двумерных элементов в смысле аналитической формулировки, следовательно, при моделировании области треугольниками можно использовать наибольшее число элементов. Любые другие элементы можно представить в виде комбинации треугольников, поэтому деление области на треугольники – как правило, наилучший способ разбиения. В большинстве случаев при разбиении производится деление на четырехугольные и треугольные подобласти, или зоны, которые затем подразделяются на треугольники. Стандартная процедура разбиения заключается в следующем: необходимо

выбрать определенное число узлов вдоль каждой стороны и соединить соответствующие узлы прямыми линиями, а точки пересечения этих линий считать узлами. Например, треугольная зона, разбитая на девять элементов после размещения четырех узлов на каждой стороне, показана на рисунке 56.

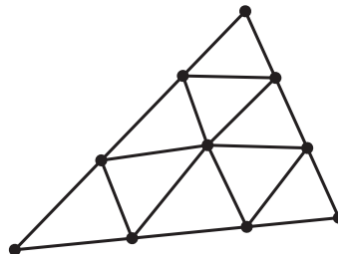


Рисунок 56 – Простейший вариант разбиения на конечные элементы

Узлы на сторонах зоны можно располагать на разных расстояниях, что позволяет варьировать размеры элементов. В случае криволинейной подобласти, границы ее элементов заменяются на прямые отрезки (рисунок 57).

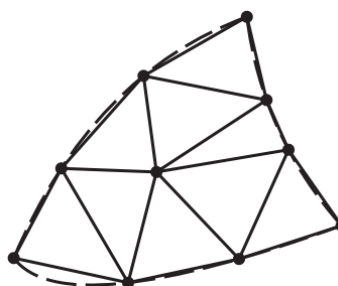


Рисунок 57 – Замена отрезков

Число треугольных элементов в результате разбиения вычисляется по формуле 17

$$(n - 1)^2, \tag{17}$$

где n – количество узлов на стороне треугольной подобласти.

Отметим, что случай разбиения на четырехугольные элементы можно простым образом свести к разбиению на треугольники. Для этого достаточно провести короткую диагональ в каждом внутреннем четырехугольнике. Разбиение с использованием короткой диагонали предпочтительно, потому что элементы, близкие по форме к равностороннему треугольнику, приводят к более точным результатам, чем длинные узкие треугольники. Четырехугольные зоны обычно

разбивают на элементы соединением узлов на противоположных сторонах. Число узлов на смежных сторонах четырехугольника может быть различным. Если сеть разбиения измельчается или укрупняется, то на противоположных сторонах может быть разное число узлов, иначе число узлов должно быть одинаковым. Расстояние между граничными узлами можно варьировать, чтобы получать элементы различных размеров. В четырехугольнике будет (формула 18)

$$2 \times (n - 1) \times (m - 1) \quad (18)$$

элементов, если на его смежных сторонах фиксировано n и m узлов.

Равномерное разбиение, когда все элементы имеют одинаковую форму и размеры, обычно не проводится, потому что существуют концентрация напряжений, температурные градиенты и так далее. В этом случае возможность варьировать размеры элемента в методе конечных элементов позволяет наиболее простым способом, применяя четырехугольные подобласти с неравным числом узлов на противоположных сторонах, проводить процедуру дискретизации неравномерно. Например, расположив два узла на одной стороне против трех узлов на противоположной стороне. Проиллюстрируем применение изложенных идей дискретизации с помощью разбиения модели прямоугольной и круглой областей в COMSOL Multiphysics (рисунок 58).

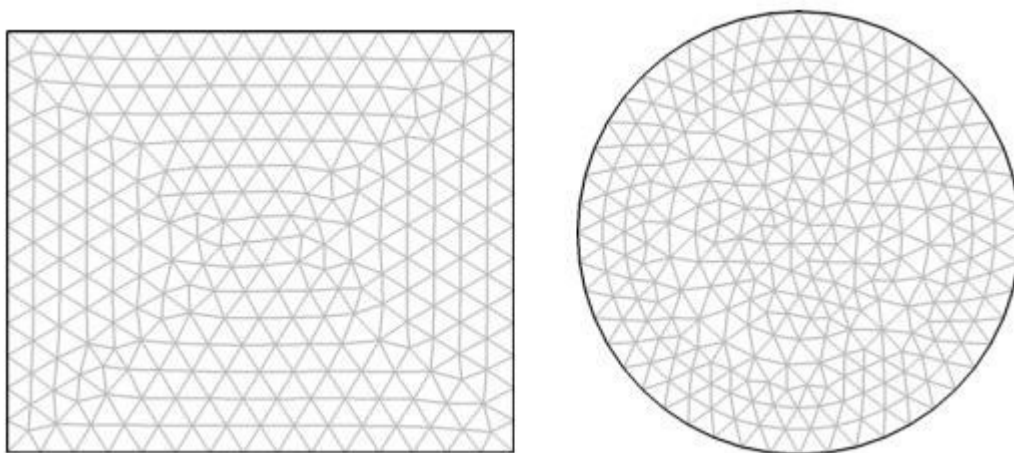


Рисунок 58 – Пример разбиения

Для сохранения непрерывности рассматриваемых величин вдоль общей

границы элементов необходимо, чтобы треугольная и четырехугольная подобласти имели общую границу, число узлов на этой границе для обеих подобластей должно быть одинаковым, а относительное положение узлов должно совпадать. Расстояния между узлами вдоль границ четырехугольной зоны изменяются так, чтобы элементы вблизи криволинейной части границы были малыми (рисунок 59).

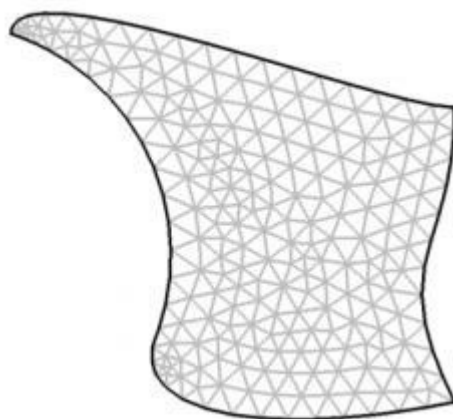


Рисунок 59 – Разбиение некоторой области с учетом ее нетривиальной геометрии

Во многих задачах необходимо отметить подобласти (узлы, направления, траектории и так далее), которые обладают определенными преимуществами над другими. Границы между подобластями должны проходить там, где изменяются геометрия, приложенная нагрузка или свойства материала. Как правило, в этих подобластях разбиение необходимо сильно измельчить. Например, на рисунке 60 показано разбиение области рисунка 59 с учетом некоторой особенности заданной на окружности.

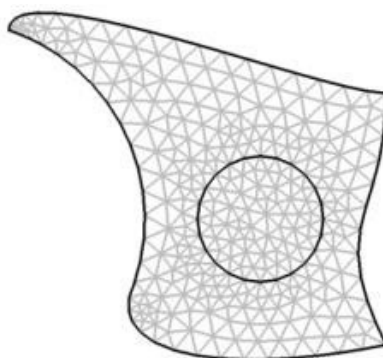


Рисунок 60 – Искусственным образом добавлена особенность в виде окружности

В качестве такой особенности может выступать сильный градиент искомой двухмерной функции вблизи окружности. Подобное разбиение позволяет с достаточной эффективностью и минимумом затрат расчетной мощности значительно увеличить точность расчетов.

Многие физические задачи не имеют четко установленных границ области анализа. Моделирование тел, бесконечно протяженных в одном или нескольких направлениях, представляет собой определенную задачу о граничных условиях.

Вторая часть процесса дискретизации (нумерация узлов) влияет на эффективность вычислений. Использование метода конечных элементов приводит к задаче решения системы большого числа линейных алгебраических уравнений. В большинстве случаев матрица коэффициентов системы имеет вид s -диагональной матрицы, то есть все коэффициенты, не лежащие на этих диагоналях, равны нулю. Правильная вычислительная программа использует только ненулевые коэффициенты матрицы, поэтому наиболее эффективные способы решения таких систем универсализированы, и замечательным является то, что в настоящее время исследователям физических явлений не требуется писать сложные вычислительные системы, так как они реализованы в специализированных программных продуктах (в том числе в COMSOL).

Итак, при решении задач методом конечных элементов используются разнообразные элементы, и задача правильного разбиения области зависит от структуры моделируемой системы и процессов, протекающих в ней. Задание геометрии и правильное разбиение области являются одной из основных проблем при использовании специализированных программных продуктов по численному моделированию, а задача нумерации узлов реализована в этих программах.

Идеи, изложенные для двухмерной области в данном разделе, могут быть обобщены на случай трехмерного тела.

В настоящем выпускном квалификационном исследовании была использована сеть элементарных ячеек с пользовательскими настройками, а не заданными автоматически. Это связано с ограниченными техническими возможностями аппаратных средств, на которых производились автоматизированные вычисления.

Разбивается модель на относительно мелкие элементы (рисунок 61). Максимальный размер конечного элемента – 0,283 м. Минимальный размер конечного элемента – 0,0206 м. Максимальный тем роста элемента – 1,4. Коэффициент кривизны – 0,4. Разрешение узких регионов – 0,7. Уровень геометрической сущности – домены. Контрольные объекты:

- 1) включена поддержка сглаживания элементов;
- 2) количество итераций – 4;
- 3) максимальная глубина элемента для обработки – 4.

Уровень оптимизации – базовый.

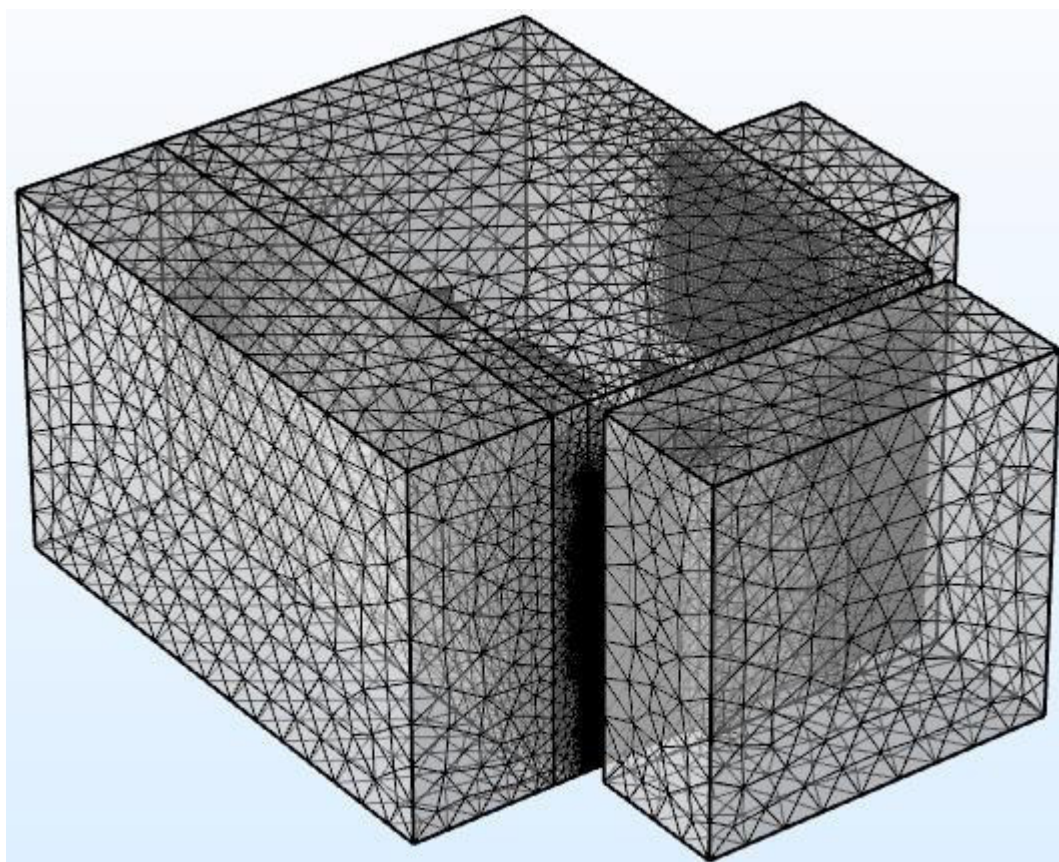


Рисунок 61 – Модель, разбитая на конечные элементы

Теперь можно перейти к расчётной части моделирования процесса распространения звука.

3.10 Проведение расчётов распространения звука

При выполнении расчётов в акустическом модуле программного комплекса «Comsol» (версия 5.2a) были установлены следующие настройки «обучения»:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

Лист

85

- 1) генерация графиков по умолчанию;
- 2) генерация графиков сходимости.

Ориентировочное время вычислений на ноутбуке с 6 Гб оперативной памяти – 3 минуты, на стационарном персональном компьютере с 8 Гб оперативной памяти – 40 секунд.

Настройки результатов решения заданы следующие:

- 1) исследование всех элементов;
- 2) обновление результатов – выходные результаты.

Настройки значений зависимых переменных:

- 1) начальные значения и нерешаемые значения контролируются заданной физикой модели;
- 2) все данные на выходе сохраняются.

Решатель – MUMPS. Коэффициент разбиения памяти – 1,2. Алгоритм предварительной обработки – автоматический с упорядочиванием.

3.11 Анализ и отображение результатов

Как было указано во второй главе данной работы, исследуется несколько основных случаев проведения переговоров, для каждого из которых строятся свои итоговые модели.

3.11.1 Анализ результата ситуации при включенном персональном компьютере и активной беседе собеседников

Для начала рассмотрим наиболее вероятную ситуацию проведения конфиденциальных переговоров в исследуемом помещении: ведётся активный диалог, при этом работает персональный компьютер (системный блок). Входные данные описаны выше в разделе глобальных переменных.

Пронаблюдаем распространение звукового давления в дБ в исследуемом помещении и смежных зонах (рисунок 62).

Визуально можно заметить, что внутри помещения уровень звука варьирует в рамках 55-60 дБ. В зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой – 25-35 дБ. В зоне за дверью (с учётом вентиляции) – 40-45 дБ. Проанализировав полученную модель распространения звукового давления,

можно сделать вывод, что наиболее удачным способом подслушивания конфиденциальных переговоров является подслушивание через дверь, что и будем считать в данной ситуации за наиболее уязвимый акустический канал утечки информации, который необходимо блокировать в первую очередь.

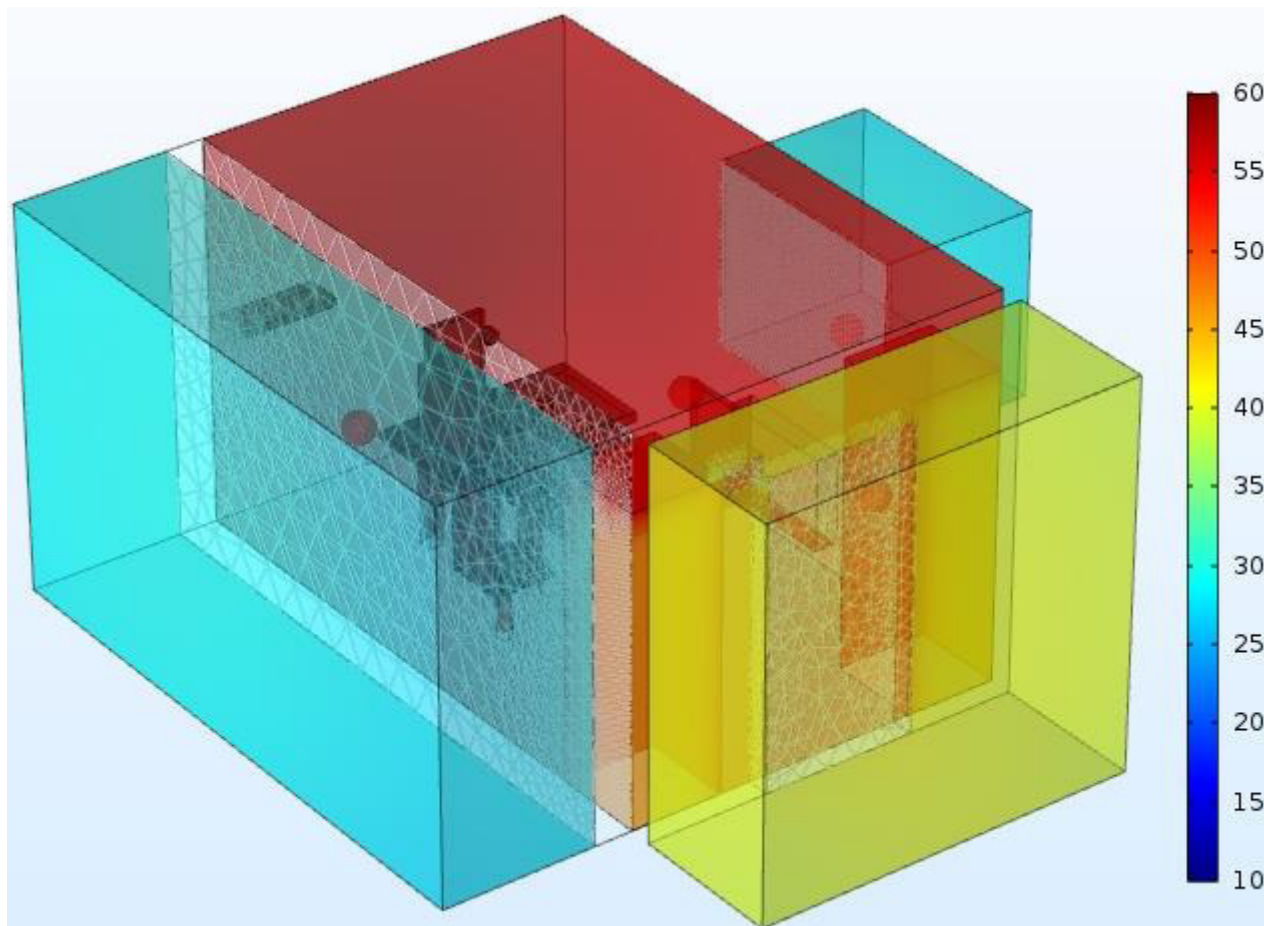


Рисунок 62 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «оба говорят + ПК»)

Рассмотрим, каким образом распространяется звук от источников в данной ситуации на рисунке 63. Это необходимо для того, чтобы проверить вышеизложенный вывод более наглядно и, при необходимости, откорректировать результирующее заключение и рекомендации.

Проанализировав рисунок 47, можно сделать следующие выводы:

- 1) несмотря на то, что наиболее слабой звукоизоляцией обладает дверь (с учётом вентиляции), наиболее активно поток звука распространяется в исследуемой зоне за «импровизированно» гипсокартонной перегородкой;
- 2) с учётом того, что включен персональный компьютер (системный блок),

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

Лист

87

при внимательном рассмотрении распространения потока звука видно, что именно этот поток звука будет мешать подслушиванию через «импровизированную» гипсокартонную перегородку, а значит изначальный вывод верен и не нуждается в корректировке.

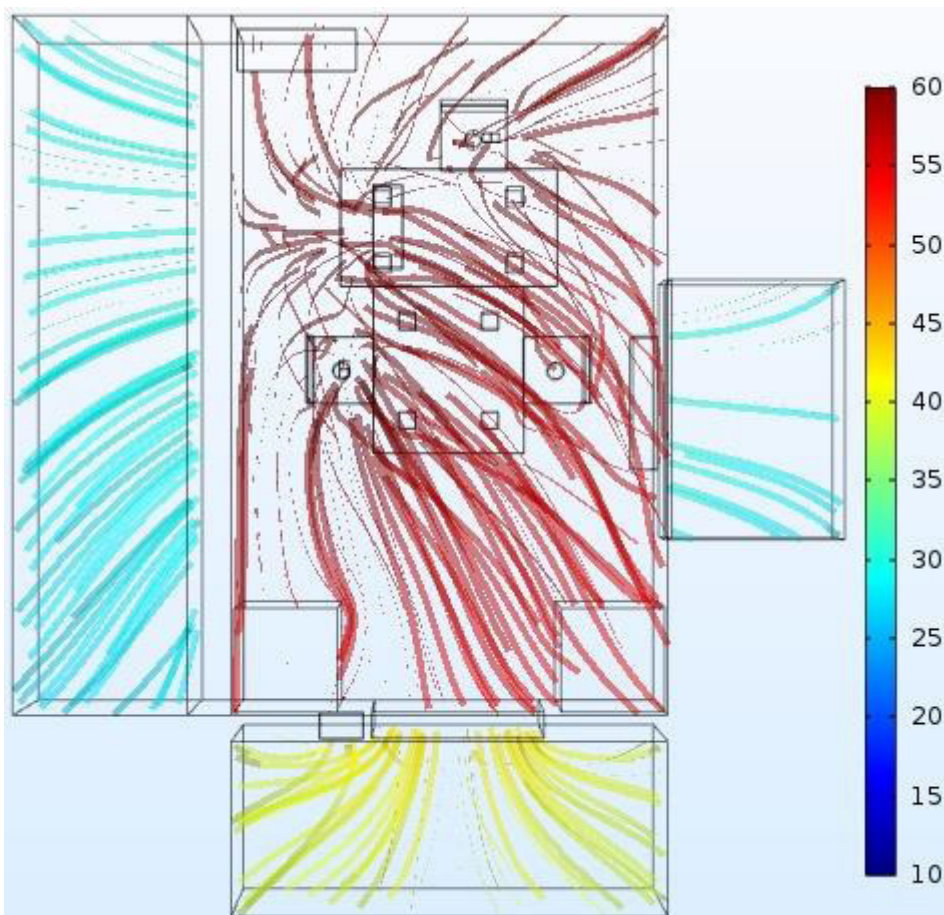


Рисунок 63 – Поток распространения звука от источников в дБ (ситуация «оба говорят + ПК»)

С учётом вышеизложенного предложенные во второй главе рекомендации по усилению звукоизоляции двери наиболее актуальны в данной ситуации. Однако не стоит пренебрегать рекомендациями, касающихся других зон.

Рассмотрим аналогичные по своей структуре модели этой же ситуации, но с применением указанных рекомендаций (рисунки 64 и 65).

Визуально видно, насколько улучшилась общая картина. Теперь в зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой уровень звука варьирует в диапазоне 15-25 дБ. За дверью – 25-30 дБ. Это доказывает то, что предложенные рекомендации эффективны.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

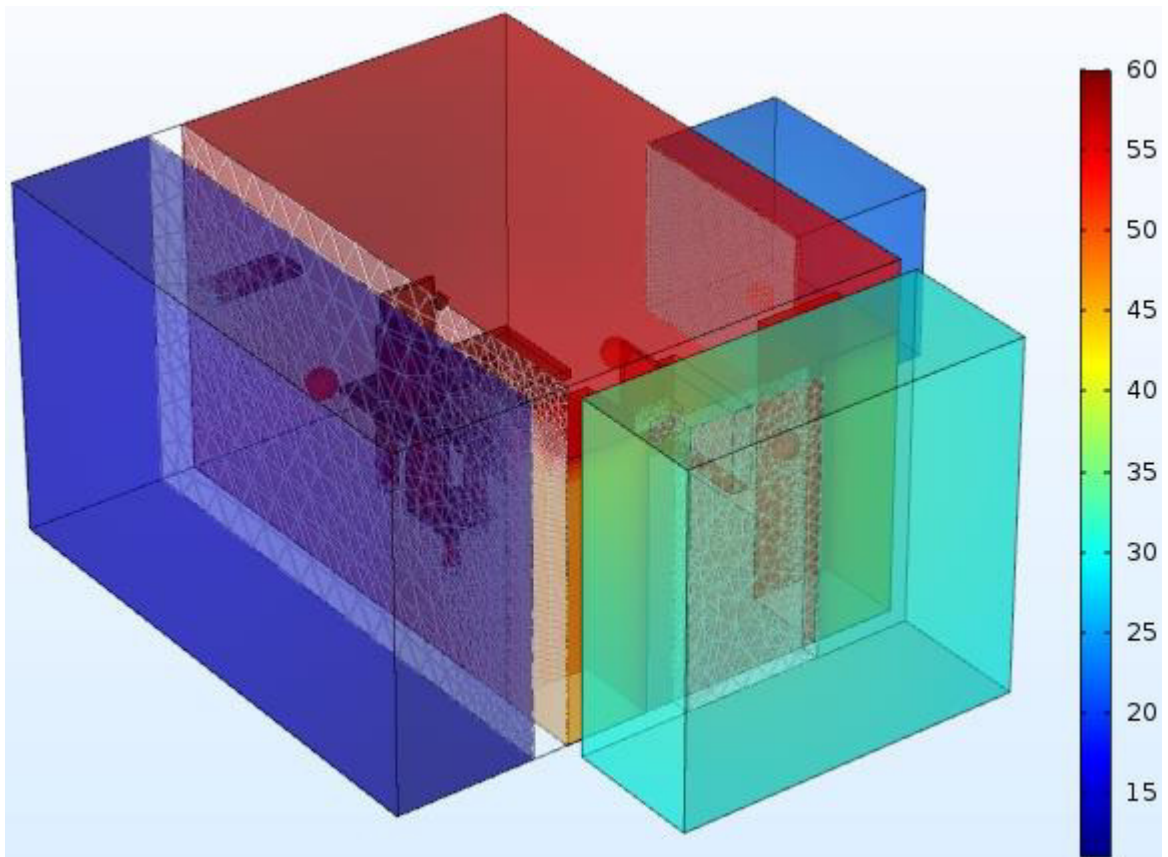


Рисунок 64 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «оба говорят + ПК») после применения рекомендованных мер

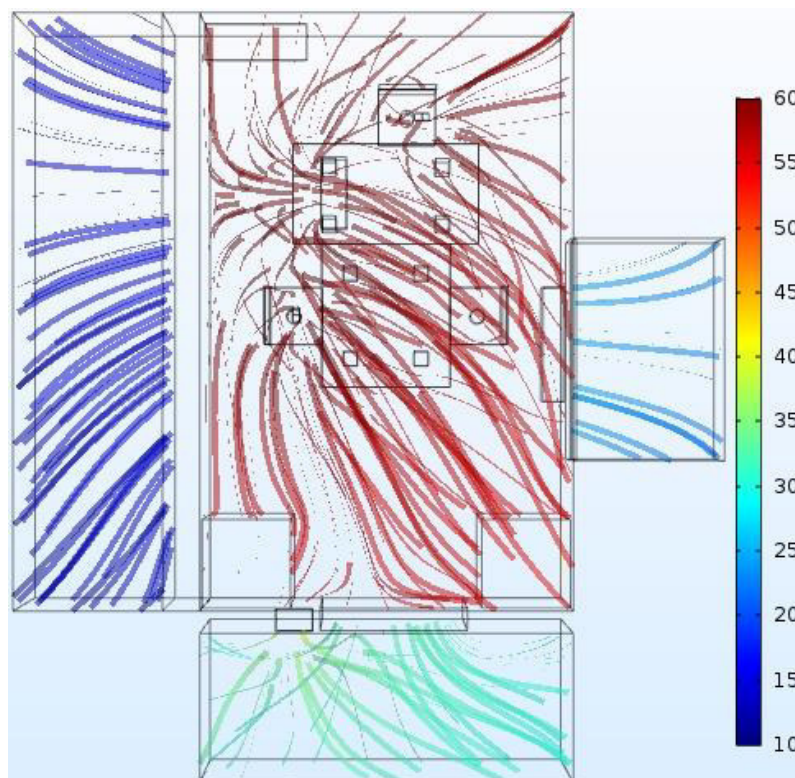


Рисунок 65 – Поток распространения звука от источников в дБ (ситуация «оба говорят + ПК») после применения рекомендованных мер

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

Лист

89

Если судить о распространении потока звука (рисунок 65), то он незначительно изменился – стал более беспорядочным в зоне за дверью. Дополнительный анализ не требуется.

Делая общий вывод по данной ситуации, можно сказать, что исходная модель соответствует действительности (в сравнении с эмпирически проведённым опытом – замеры уровня звука с помощью дБ), а значит весь анализ модели актуален и применим в реальности.

3.11.2 Анализ результата ситуации при выключенном персональном компьютере и активной беседе собеседников

Рассмотрим следующую ситуацию проведения конфиденциальных переговоров в исследуемом помещении: ведётся активный диалог, при этом не работает персональный компьютер (системный блок). Входные данные описаны выше в разделе глобальных переменных.

Пронаблюдаем распространение звукового давления в дБ в исследуемом помещении и смежных зонах (рисунок 66).

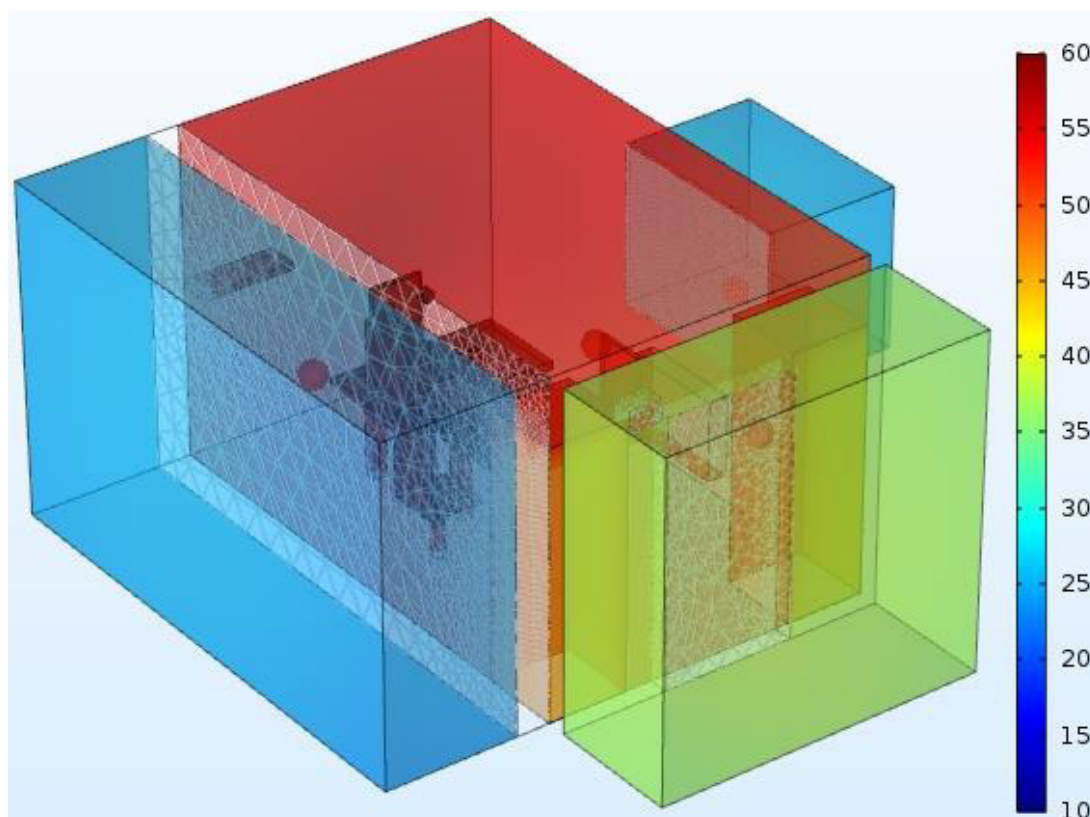


Рисунок 66 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «оба говорят»)

Визуально можно заметить, что внутри помещения уровень звука варьирует в рамках 55-60 дБ. В зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой – 25-35 дБ. В зоне за дверью (с учётом вентиляции) – 30-35 дБ. Проанализировав полученную модель распространения звукового давления, можно сделать вывод, что наиболее удачным способом подслушивания конфиденциальных переговоров является подслушивание через дверь, что и будем считать в данной ситуации за наиболее уязвимый акустический канал утечки информации, который необходимо блокировать в первую очередь.

Рассмотрим, каким образом распространяется звук от источников в данной ситуации на рисунке 67. Это необходимо для того, чтобы проверить вышеизложенный вывод более наглядно и, при необходимости, откорректировать результирующее заключение и рекомендации.

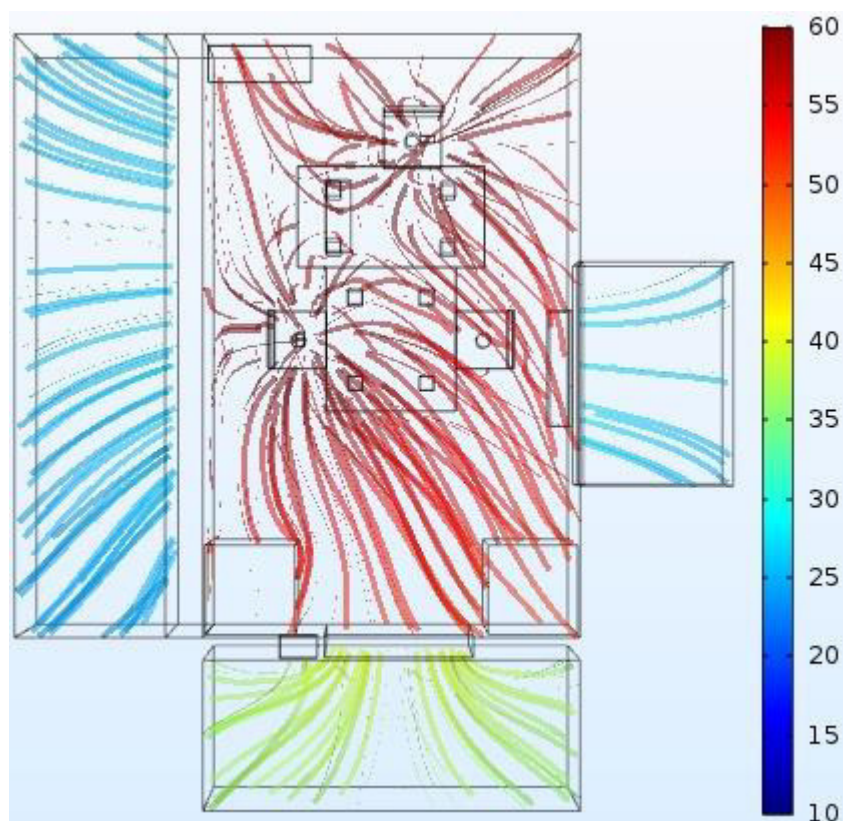


Рисунок 67 – Поток распространения звука от источников в дБ (ситуация «оба говорят»)

Проанализировав рисунок 67, можно сделать следующие выводы:

- 1) несмотря на то, что наиболее слабой звукоизоляцией обладает дверь (с

учётом вентиляции), наиболее активно поток звука распространяется в исследуемой зоне за «импровизированно» гипсокартонной перегородкой;

2) с учётом того, что выключен персональный компьютер (системный блок), а значит шум от него не будет мешать подслушиванию, то можно сделать вывод, что проще будет подслушать конфиденциальные переговоры именно в этой зоне, несмотря на то, что уровень звука за дверью выше, так как (в отличие от предыдущей ситуации) здесь помех не наблюдается, к тому же сотруднику, работающему в этой зоне гораздо проще получить информацию, чем кому-либо из приёмной.

С учётом вышеизложенного предложенные во второй главе рекомендации по усилению звукоизоляции «импровизированной» гипсокартонной перегородки наиболее актуальны в данной ситуации. Однако не стоит пренебрегать рекомендациями, касающихся других зон.

Рассмотрим аналогичную по своей структуре модель этой же ситуации, но с применением указанных рекомендаций (рисунок 68).

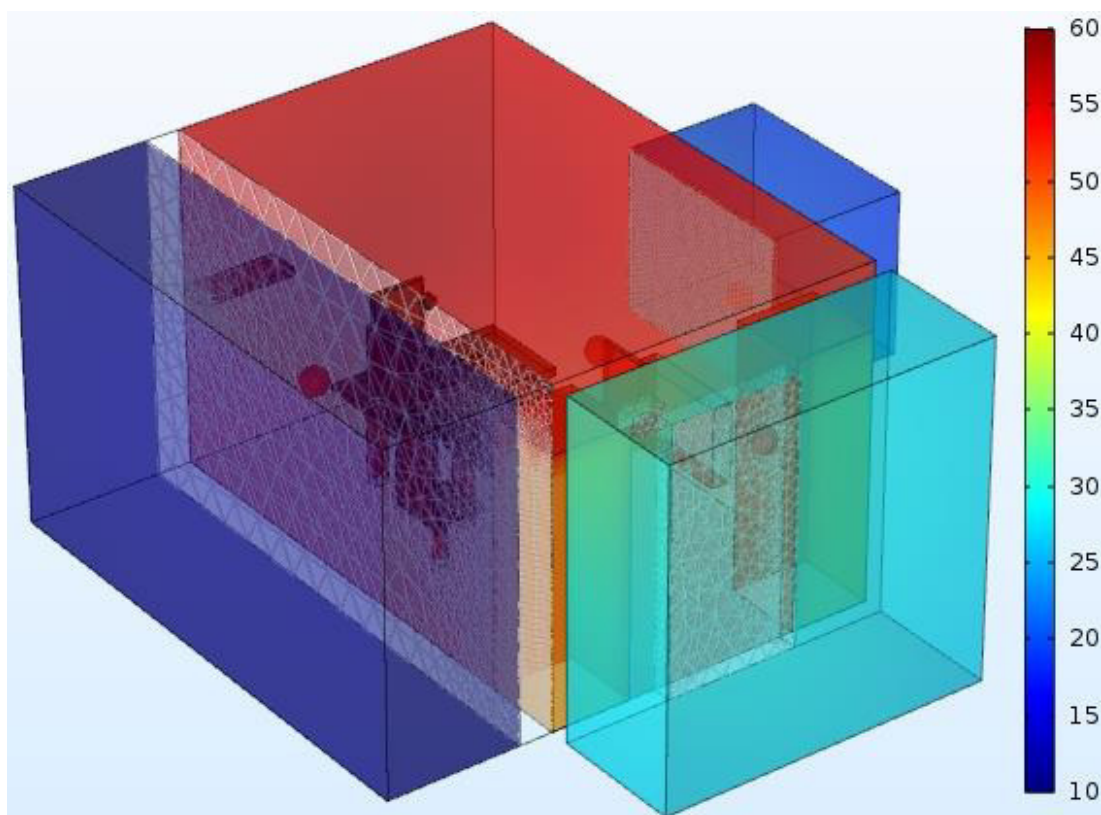


Рисунок 68 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «оба говорят») после применения рекомендованных мер

Визуально видно, насколько улучшилась общая картина. Теперь в зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой уровень звука варьирует в диапазоне 10-20 дБ. За дверью – 25-30 дБ. Это доказывает то, что предложенные рекомендации эффективны.

Если судить о распространении потока звука, то он незначительно изменился – стал более беспорядочным в зоне за дверью (аналогично предыдущей рассмотренной ситуации). Дополнительный анализ не требуется.

Делая общий вывод по данной ситуации, можно сказать, что исходная модель соответствует действительности (в сравнении с эмпирически проведённым опытом – замеры уровня звука с помощью дБ), а значит весь анализ модели актуален и применим в реальности.

3.11.3 Анализ результата ситуации при включенном персональном компьютере и речи начальника

Рассмотрим следующую ситуацию проведения конфиденциальных переговоров в исследуемом помещении: начальник излагает определённую конфиденциальную информацию собеседнику, при этом работает персональный компьютер (системный блок). Входные данные описаны выше в разделе глобальных переменных.

Пронаблюдаем распространение звукового давления в дБ в исследуемом помещении и смежных зонах (рисунок 69).

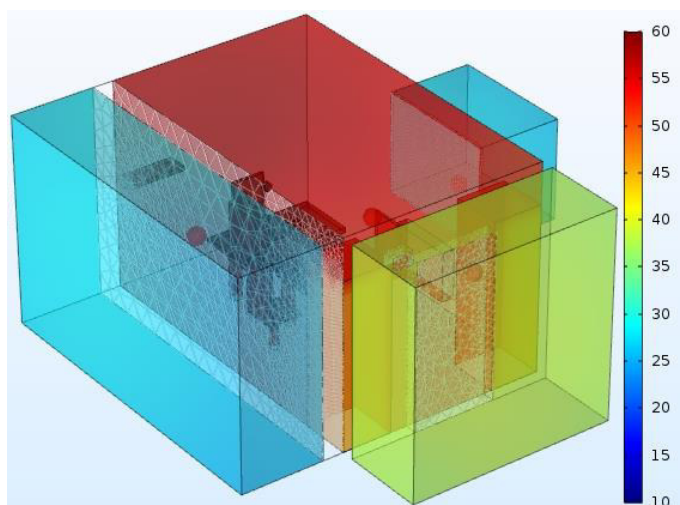


Рисунок 69 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «говорит начальник + ПК»)

Визуально можно заметить, что внутри помещения уровень звука варьирует в рамках 55-60 дБ. В зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой – 25-30 дБ. В зоне за дверью (с учётом вентиляции) – 35-40 дБ. Проанализировав полученную модель распространения звукового давления, можно сделать вывод, что наиболее удачным способом подслушивания конфиденциальных переговоров является подслушивание через дверь, что и будем считать в данной ситуации за наиболее уязвимый акустический канал утечки информации, который необходимо блокировать в первую очередь.

Рассмотрим, каким образом распространяется звук от источников в данной ситуации на рисунке 70. Это необходимо для того, чтобы проверить вышеизложенный вывод более наглядно и, при необходимости, откорректировать результирующее заключение и рекомендации.

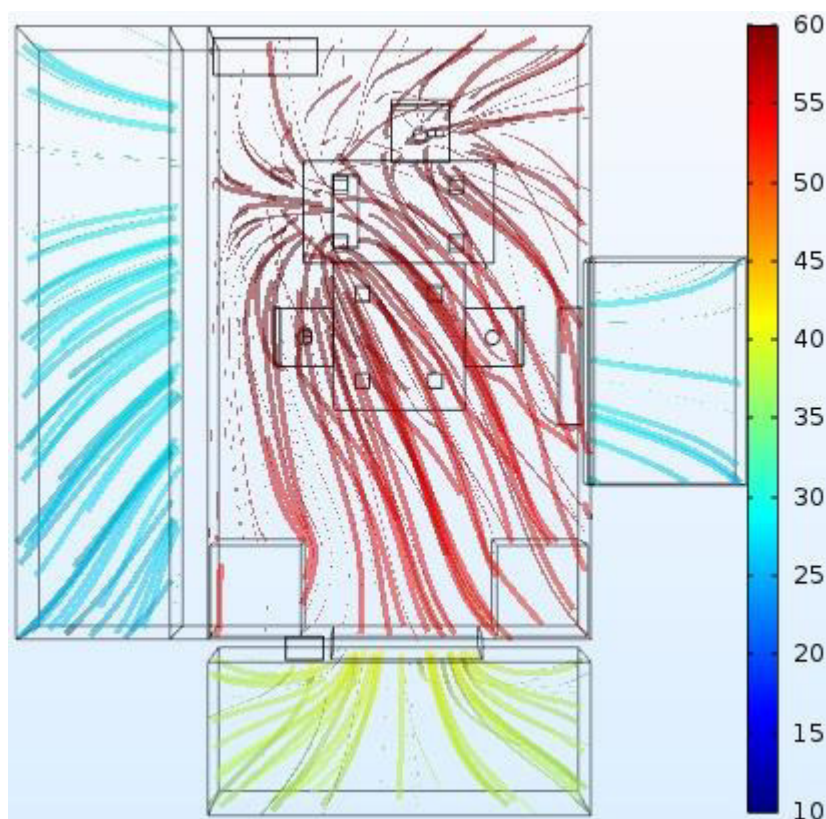


Рисунок 70 – Поток распространения звука от источников в дБ (ситуация «говорит начальник + ПК»)

Проанализировав рисунок 54, можно сделать следующие выводы:

1) несмотря на то, что наиболее слабой звукоизоляцией обладает дверь (с

учётом вентиляции), наиболее активно поток звука распространяется в исследуемой зоне за «импровизированно» гипсокартонной перегородкой;

2) с учётом того, что включен персональный компьютер (системный блок), при внимательном рассмотрении распространения потока звука видно, что именно этот поток звука будет мешать подслушиванию через «импровизированную» гипсокартонную перегородку, а значит изначальный вывод верен и не нуждается в корректировке.

С учётом вышеизложенного предложенные во второй главе рекомендации по усилению звукоизоляции двери наиболее актуальны в данной ситуации. Однако не стоит пренебрегать рекомендациями, касающихся других зон.

Рассмотрим аналогичные по своей структуре модели этой же ситуации, но с применением указанных рекомендаций (рисунок 71).

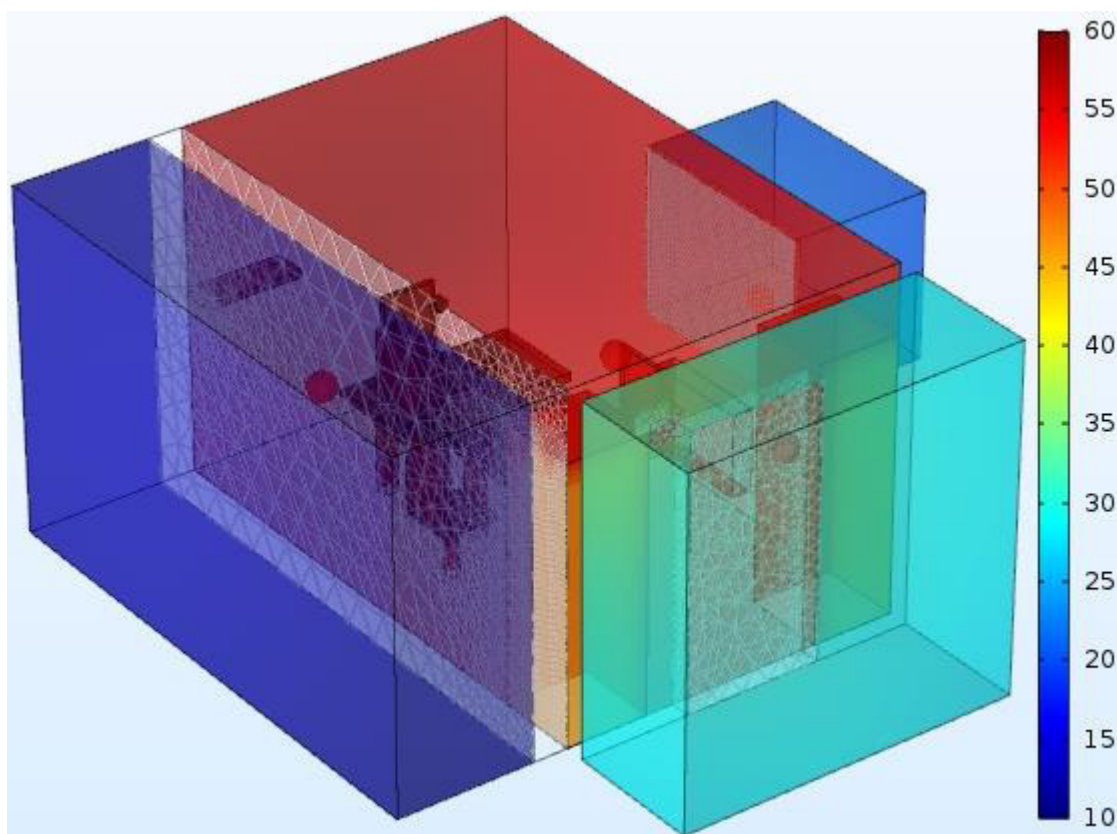


Рисунок 71 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «говорит начальник + ПК») после применения рекомендаций по усилению звукоизоляции

Визуально видно, насколько улучшилась общая картина. Теперь в зонах за

окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой уровень звука варьирует в диапазоне 10-20 дБ. За дверью – 25-30 дБ. Это доказывает то, что предложенные рекомендации эффективны.

Если судить о распространении потока звука, то он незначительно изменился – стал более беспорядочным в зоне за дверью. Дополнительный анализ не требуется.

Делая общий вывод по данной ситуации, можно сказать, что исходная модель соответствует действительности (в сравнении с эмпирически проведённым опытом – замеры уровня звука с помощью дБ), а значит весь анализ модели актуален и применим в реальности.

3.11.4 Анализ результата ситуации при выключенном персональном компьютере и речи начальника

Рассмотрим следующую ситуацию проведения конфиденциальных переговоров в исследуемом помещении: начальник излагает определённую конфиденциальную информацию собеседнику, при этом не работает персональный компьютер (системный блок). Входные данные описаны выше в разделе глобальных переменных.

Пронаблюдаем распространение звукового давления в дБ в исследуемом помещении и смежных зонах (рисунок 72).

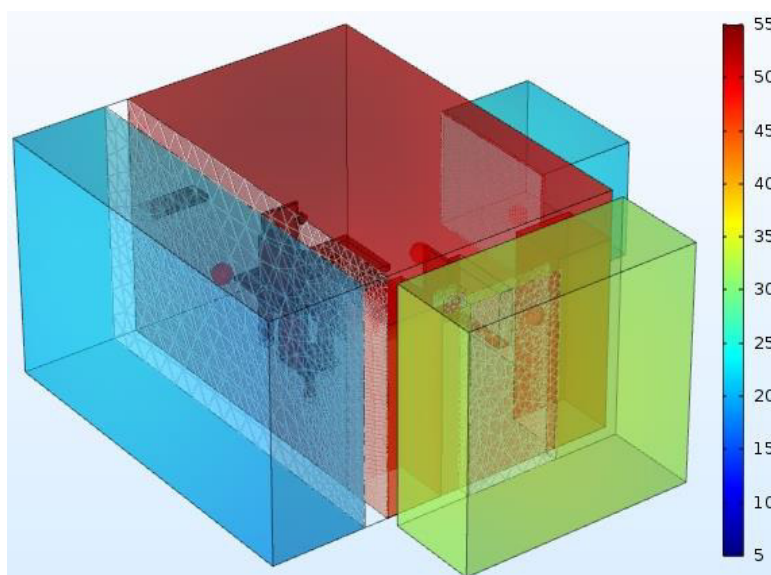


Рисунок 72 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «говорит начальник»)

Визуально можно заметить, что внутри помещения уровень звука варьирует в рамках 55-60 дБ. В зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой – 20-25 дБ. В зоне за дверью (с учётом вентиляции) – 30-35 дБ. Проанализировав полученную модель распространения звукового давления, можно сделать вывод, что наиболее удачным способом подслушивания конфиденциальных переговоров является подслушивание через дверь, что и будем считать в данной ситуации за наиболее уязвимый акустический канал утечки информации, который необходимо блокировать в первую очередь.

Рассмотрим, каким образом распространяется звук от источников в данной ситуации на рисунке 73. Это необходимо для того, чтобы проверить вышеизложенный вывод более наглядно и, при необходимости, откорректировать результирующее заключение и рекомендации.

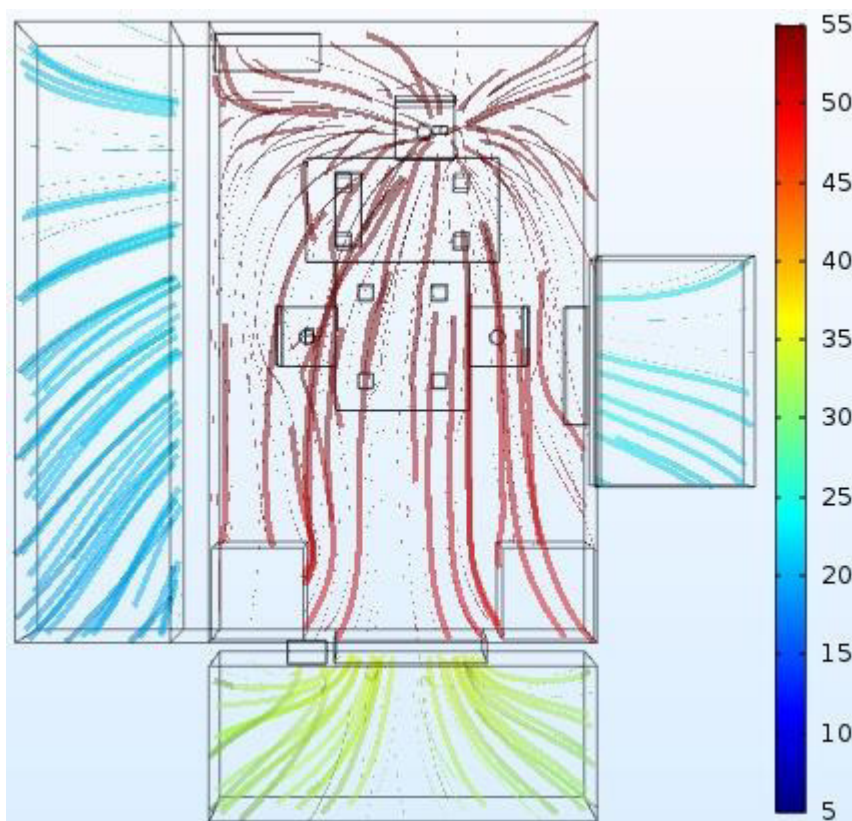


Рисунок 73 – Поток распространения звука от источников в дБ (ситуация «говорит начальник»)

Проанализировав рисунок 73, можно сделать следующие выводы:

- 1) несмотря на то, что наиболее слабой звукоизоляцией обладает дверь (с

учётом вентиляции), наиболее активно поток звука распространяется в исследуемой зоне за «импровизированно» гипсокартонной перегородкой;

2) с учётом того, что выключен персональный компьютер (системный блок), а значит шум от него не будет мешать подслушиванию, то можно сделать вывод, что проще будет подслушать конфиденциальные переговоры именно в этой зоне, несмотря на то, что уровень звука за дверью выше, так как (в отличие от предыдущей ситуации) здесь помех не наблюдается, к тому же сотруднику, работающему в этой зоне гораздо проще получить информацию, чем кому-либо из приёмной.

С учётом вышеизложенного предложенные во второй главе рекомендации по усилению звукоизоляции «импровизированной» гипсокартонной перегородки наиболее актуальны в данной ситуации. Однако не стоит пренебрегать рекомендациями, касающихся других зон.

Рассмотрим аналогичную по своей структуре модель этой же ситуации, но с применением указанных рекомендаций (рисунок 74).

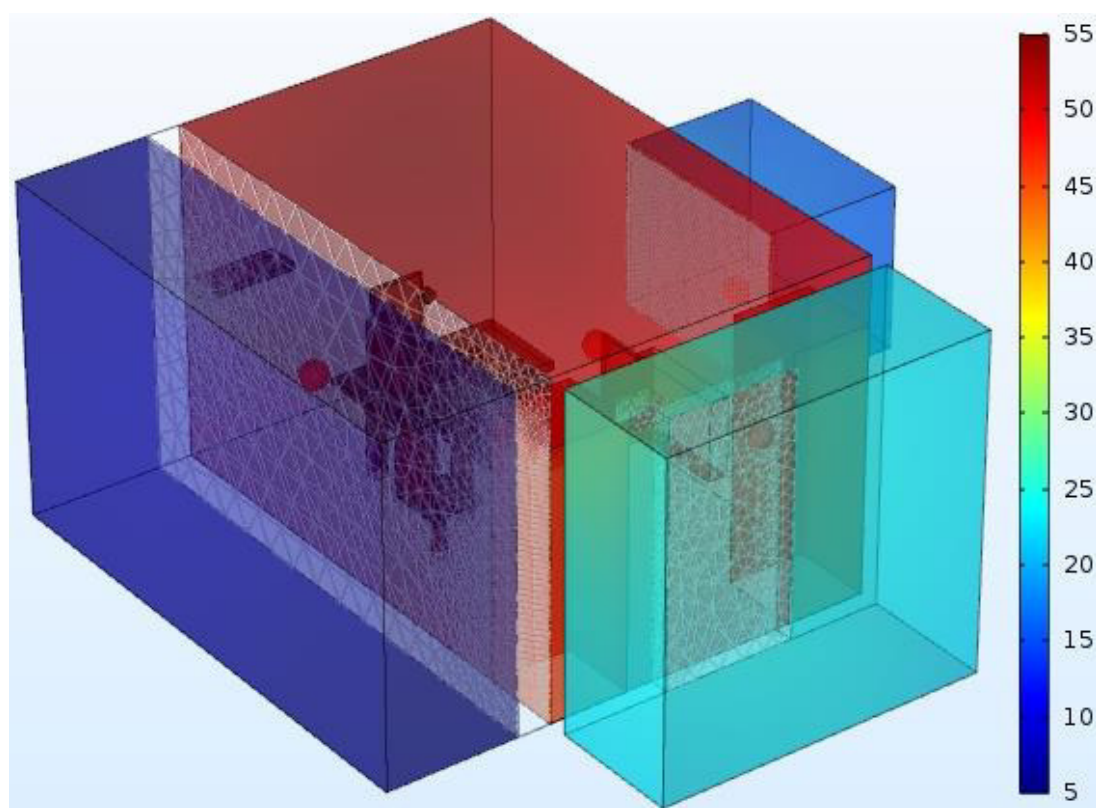


Рисунок 74 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «говорит начальник») после применения предложенных мер по усилению звукоизоляции

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

Лист

98

Визуально видно, насколько улучшилась общая картина. Теперь в зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой уровень звука варьирует в диапазоне 5-15 дБ. За дверью – 20-25 дБ. Это доказывает то, что предложенные рекомендации эффективны.

Если судить о распространении потока звука, то он незначительно изменился – стал более беспорядочным в зоне за дверью (аналогично предыдущей рассмотренной ситуации). Дополнительный анализ не требуется.

Делая общий вывод по данной ситуации, можно сказать, что исходная модель соответствует действительности (в сравнении с эмпирически проведённым опытом – замеры уровня звука с помощью дБ), а значит весь анализ модели актуален и применим в реальности.

3.11.5 Анализ результата ситуации при включенном персональном компьютере и речи собеседника

Рассмотрим следующую ситуацию проведения конфиденциальных переговоров в исследуемом помещении: собеседник излагает определённую конфиденциальную информацию начальнику, при этом работает персональный компьютер (системный блок). Входные данные описаны выше в разделе глобальных переменных.

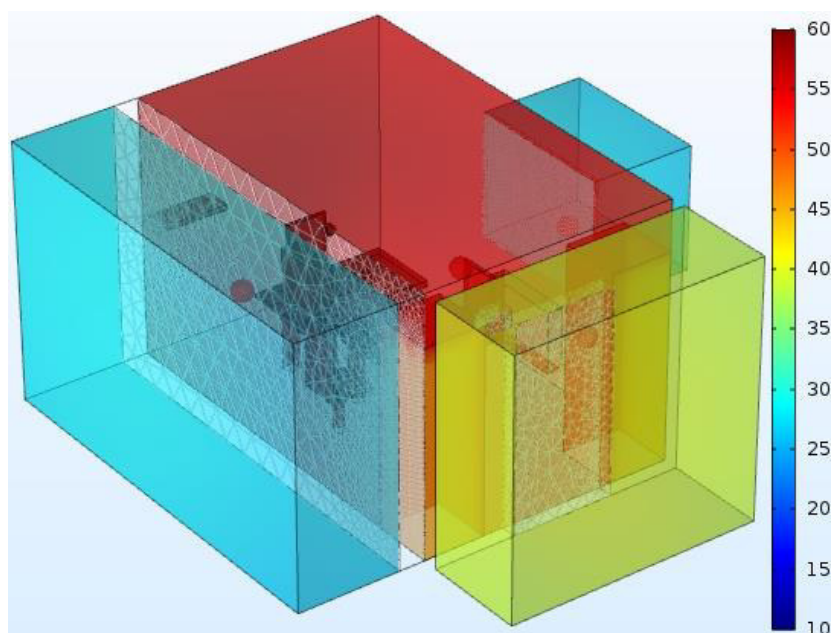


Рисунок 75 – Распространение звукового давления в дБ (ситуация «говорит собеседник + ПК»)

Пронаблюдаем распространение звукового давления в дБ в исследуемом помещении и смежных зонах (рисунок 75).

Визуально можно заметить, что внутри помещения уровень звука варьирует в рамках 50-55 дБ. В зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой – 25-30 дБ. В зоне за дверью (с учётом вентиляции) – 40-45 дБ. Проанализировав полученную модель распространения звукового давления, можно сделать вывод, что наиболее удачным способом подслушивания конфиденциальных переговоров является подслушивание через дверь, что и будем считать в данной ситуации за наиболее уязвимый акустический канал утечки информации, который необходимо блокировать в первую очередь.

Рассмотрим, каким образом распространяется звук от источников в данной ситуации на рисунке 76. Это необходимо для того, чтобы проверить вышеизложенный вывод более наглядно и, при необходимости, откорректировать результирующее заключение и рекомендации.

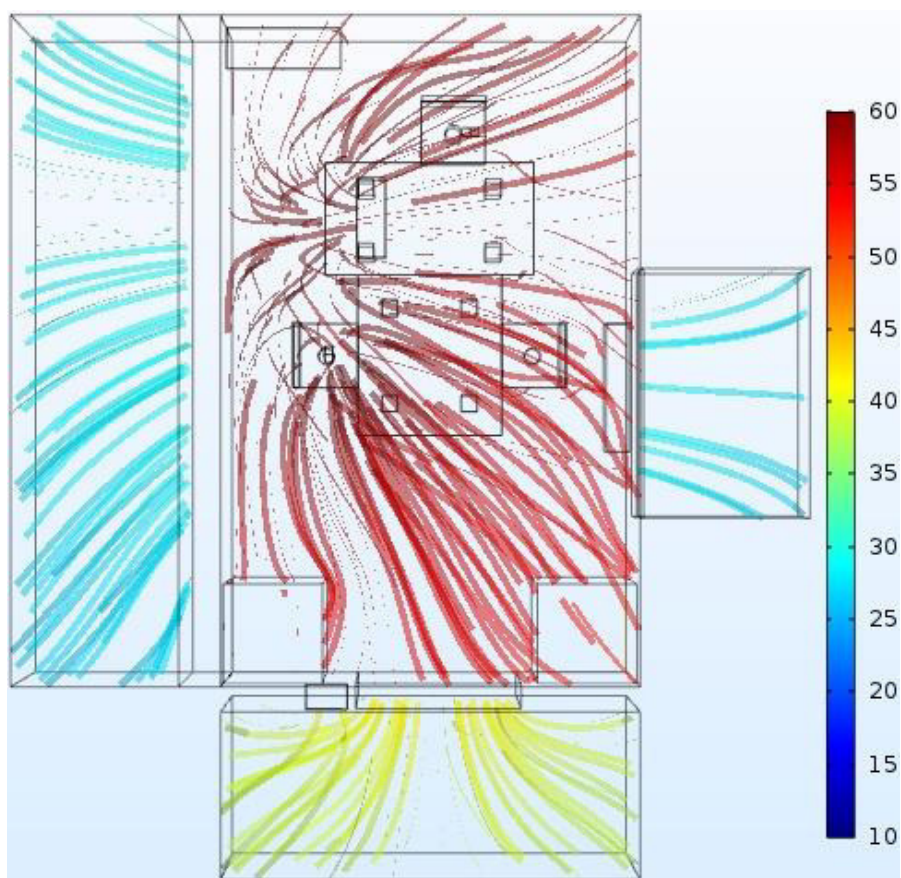


Рисунок 76 – Поток распространения звука от источников в дБ (ситуация «говорит собеседник + ПК»)

Проанализировав рисунок 60, можно сделать следующие выводы:

1) несмотря на то, что наиболее слабой звукоизоляцией обладает дверь (с учётом вентиляции), наиболее активно поток звука распространяется в исследуемой зоне за «импровизированно» гипсокартонной перегородкой;

2) с учётом того, что включен персональный компьютер (системный блок), при внимательном рассмотрении распространения потока звука видно, что именно этот поток звука будет мешать подслушиванию через «импровизированную» гипсокартонную перегородку, а значит изначальный вывод верен и не нуждается в корректировке.

С учётом вышеизложенного предложенные во второй главе рекомендации по усилению звукоизоляции двери наиболее актуальны в данной ситуации. Однако не стоит пренебрегать рекомендациями, касающихся других зон.

Рассмотрим аналогичную по своей структуре модели этой же ситуации, но с применением указанных рекомендаций (рисунок 77).

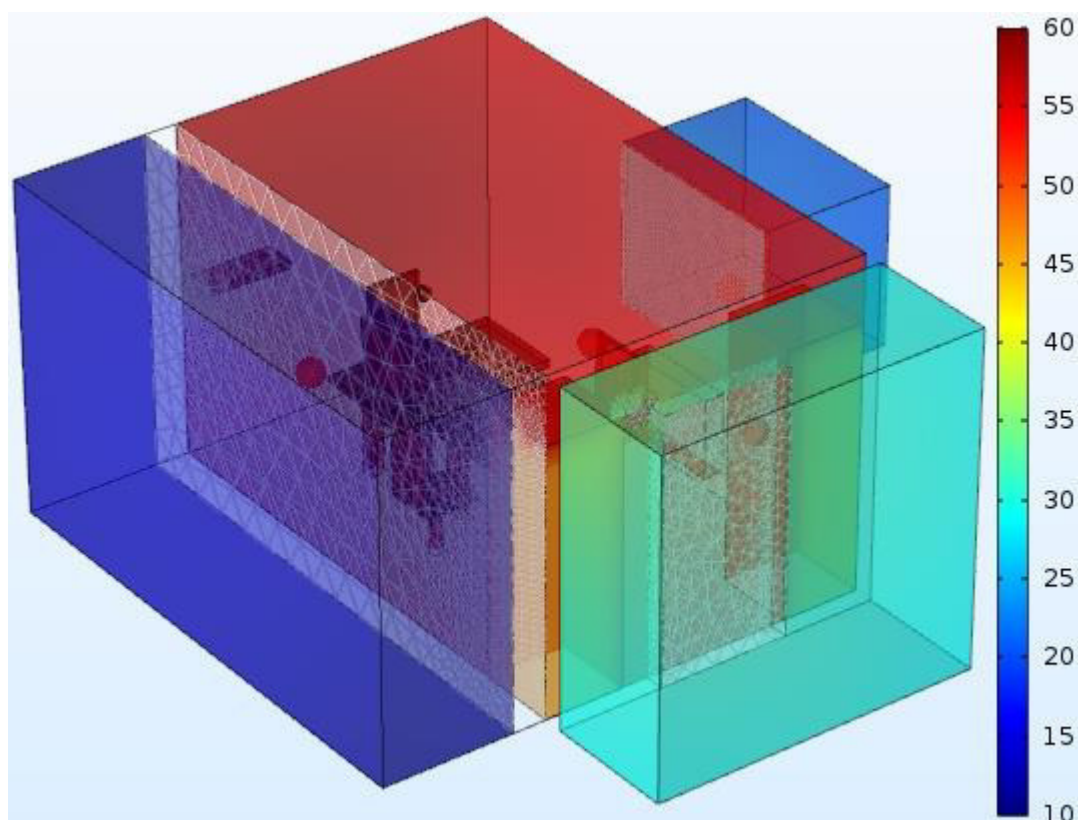


Рисунок 77 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «говорит собеседник + ПК») после применения предложенных рекомендаций
Визуально видно, насколько улучшилась общая картина. Теперь в зонах за

окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой уровень звука варьирует в диапазоне 10-20 дБ. За дверью – 25-30 дБ. Это доказывает то, что предложенные рекомендации эффективны.

Если судить о распространении потока звука, то он незначительно изменился – стал более беспорядочным в зоне за дверью. Дополнительный анализ не требуется.

Делая общий вывод по данной ситуации, можно сказать, что исходная модель соответствует действительности (в сравнении с эмпирически проведённым опытом – замеры уровня звука с помощью дБ), а значит весь анализ модели актуален и применим в реальности.

3.11.6 Анализ результата ситуации при выключенном персональном компьютере и речи собеседника

Рассмотрим следующую ситуацию проведения конфиденциальных переговоров в исследуемом помещении: начальник излагает определённую конфиденциальную информацию собеседнику, при этом не работает персональный компьютер (системный блок). Входные данные описаны выше в разделе глобальных переменных.

Пронаблюдаем распространение звукового давления в дБ в исследуемом помещении и смежных зонах (рисунок 78).

Визуально можно заметить, что внутри помещения уровень звука варьирует в рамках 45-50 дБ. В зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой – 20-25 дБ. В зоне за дверью (с учётом вентиляции) – 35-40 дБ. Проанализировав полученную модель распространения звукового давления, можно сделать вывод, что наиболее удачным способом подслушивания конфиденциальных переговоров является подслушивание через дверь, что и будем считать в данной ситуации за наиболее уязвимый акустический канал утечки информации, который необходимо блокировать в первую очередь.

Рассмотрим, каким образом распространяется звук от источников в данной ситуации на рисунке 79.

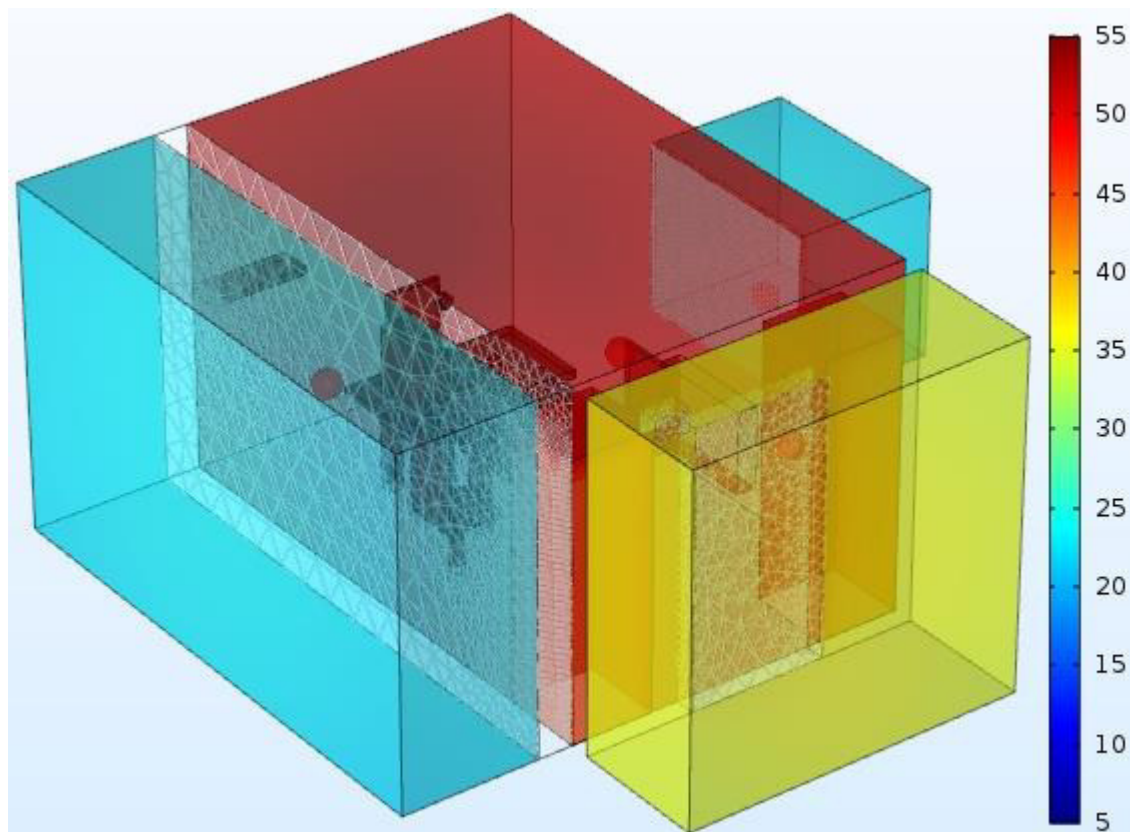


Рисунок 78 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «говорит собеседник»)

Это необходимо для того, чтобы проверить вышеизложенный вывод более наглядно и, при необходимости, откорректировать результирующее заключение и рекомендации.

Проанализировав рисунок 79, можно сделать следующие выводы:

1) несмотря на то, что наиболее слабой звукоизоляцией обладает дверь (с учётом вентиляции), наиболее активно поток звука распространяется в исследуемой зоне за «импровизированно» гипсокартонной перегородкой;

2) с учётом того, что выключен персональный компьютер (системный блок), а значит шум от него не будет мешать подслушиванию, то можно сделать вывод, что проще будет подслушать конфиденциальные переговоры именно в этой зоне, несмотря на то, что уровень звука за дверью выше, так как (в отличие от предыдущей ситуации) здесь помех не наблюдается, к тому же сотруднику, работающему в этой зоне гораздо проще получить информацию, чем кому-либо из приёмной.

С учётом вышеизложенного предложенные во второй главе рекомендации

по усилению звукоизоляции «импровизированной» гипсокартонной перегородки наиболее актуальны в данной ситуации. Однако не стоит пренебрегать рекомендациями, касающихся других зон.

Рассмотрим аналогичную по своей структуре модель этой же ситуации, но с применением указанных рекомендаций (рисунок 80).

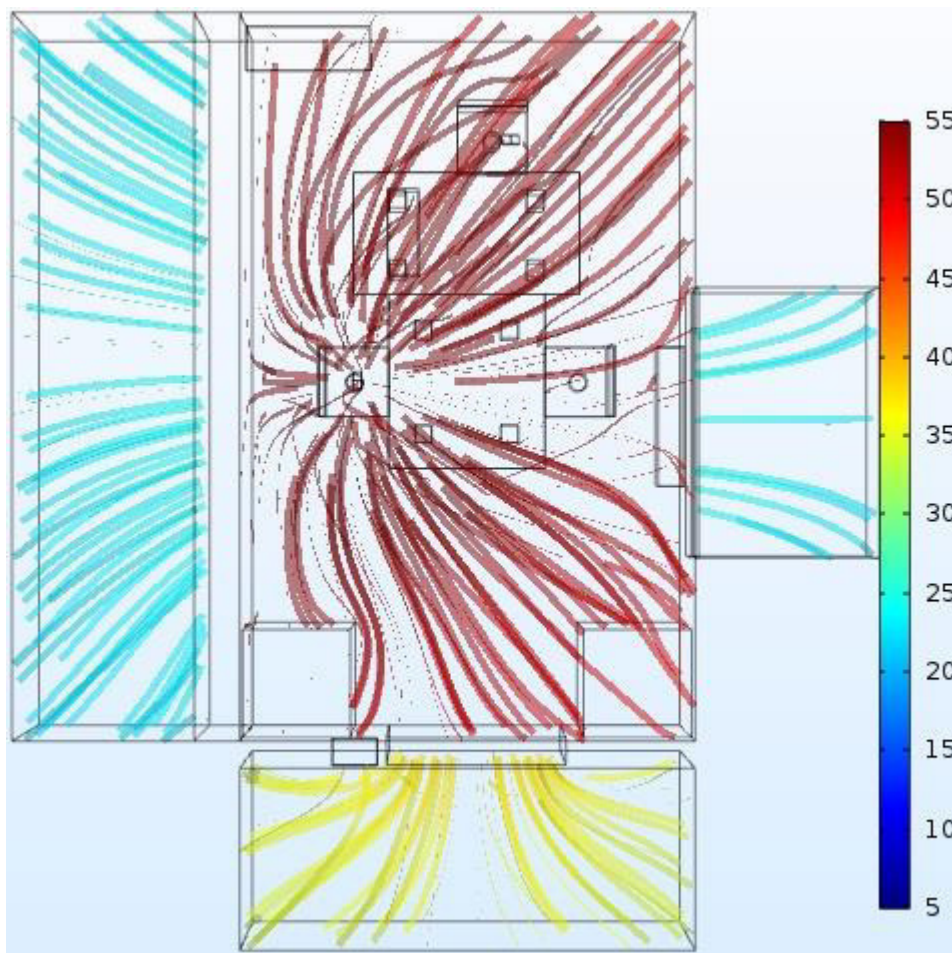


Рисунок 79 – Поток распространения звука от источников в дБ (ситуация «говорит собеседник»)

Визуально видно, насколько улучшилась общая картина. Теперь в зонах за окном и «импровизированной» гипсокартонной перегородкой уровень звука варьирует в диапазоне 10-15 дБ. За дверью – 25-30 дБ. Это доказывает то, что предложенные рекомендации эффективны.

Если судить о распространении потока звука, то он незначительно изменился – стал более беспорядочным в зоне за дверью (аналогично предыдущей рассмотренной ситуации). Дополнительный анализ не требуется.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

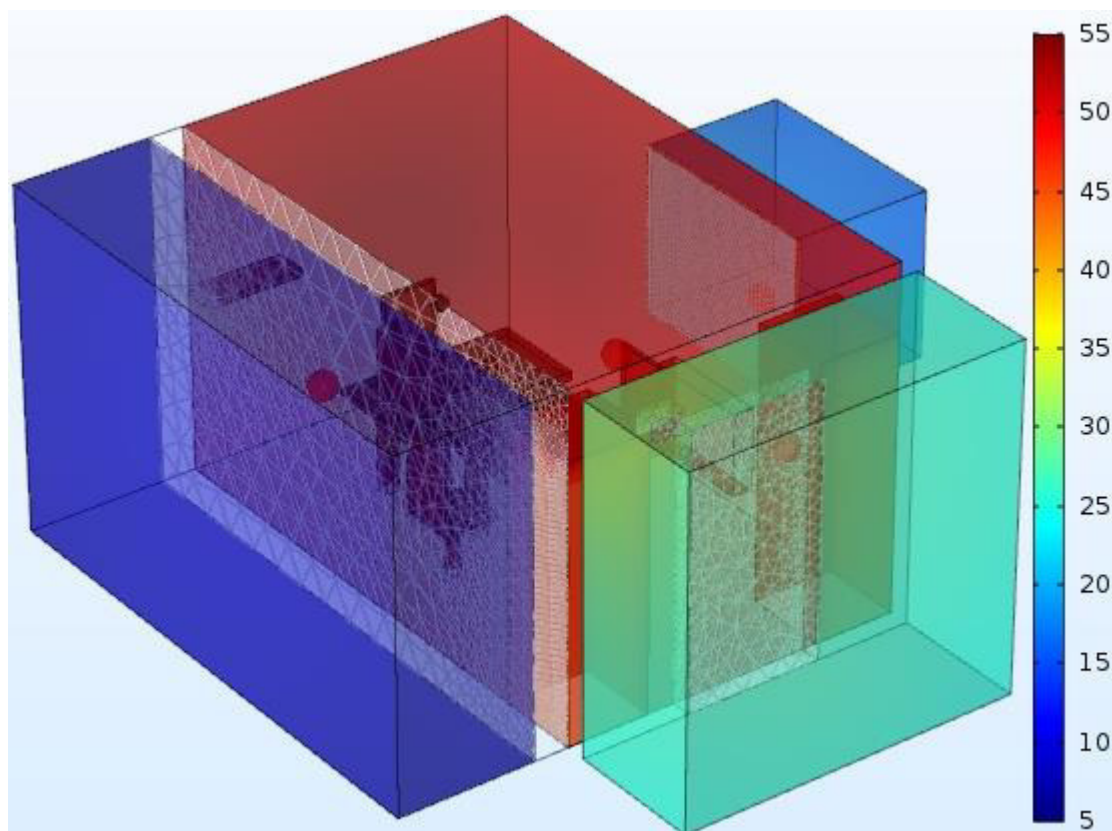


Рисунок 80 – Распространение звукового давление в дБ (ситуация «говорит собеседник») после применения рекомендованных мер по усилению звукоизоляции

Делая общий вывод по данной ситуации, можно сказать, что исходная модель соответствует действительности (в сравнении с эмпирически проведённым опытом – замеры уровня звука с помощью дБ), а значит весь анализ модели актуален и применим в реальности.

3.12 Итоговый сравнительный анализ

Как было отмечено ранее в предыдущих разделах, результаты, полученные с помощью измерений шумомером и в программном комплексе «Comsol» (версия 5.2a) имеют совсем небольшую погрешность (до 5 дБ). Для более детального рассмотрения предложены следующие данные в цифрах на рисунке 81.

Если вернуться к рисунку 23, отображающему числовые результаты замеров, полученные эмпирическим путем, то применимость предложенного в настоящем выпускном квалификационном исследовании подхода по выявлению и ликвидации возможных акустических каналов утечки информации, ещё более наглядна.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

	ОБА ГОВОРЯТ (дБ)					СОБЕСЕДНИК ГОВОРИТ (дБ)			
	до		после			до		после	
	без ПК	с ПК	без ПК	с ПК		без ПК	с ПК	без ПК	с ПК
внутри	55,449	57,212	55,534	57,306	внутри	54,448	56,571	54,518	56,674
за перегородкой	26,205	27,762	11,334	14,88	за перегородкой	24,155	28,974	9,289	14,089
за дверью	39,447	42,225	29,91	32,704	за дверью	37,639	41,365	28,108	31,853
за окном	27,355	30,177	21,518	24,342	за окном	24,613	28,96	18,809	23,137
	НАЧАЛЬНИК ГОВОРИТ (дБ)					ШУМ ОТ ПК (дБ)			
	до		после						
	без ПК	с ПК	без ПК	с ПК					
внутри	53,596	56,068	56,162	53,641	внутри	55,214			
за перегородкой	21,958	28,365	7,08	13,174	за перегородкой	27,237			
за дверью	34,77	40,368	25,221	30,857	за дверью	38,969			
за окном	24,059	28,764	18,184	22,917	за окном	29,969			

Рисунок 81 – Числовые результаты обработки данных программным комплексом «Comsol» (версия 5.2a)

Если отобразить полученные результаты в виде графиков, то получим следующую информацию (рисунки 82 и 83).

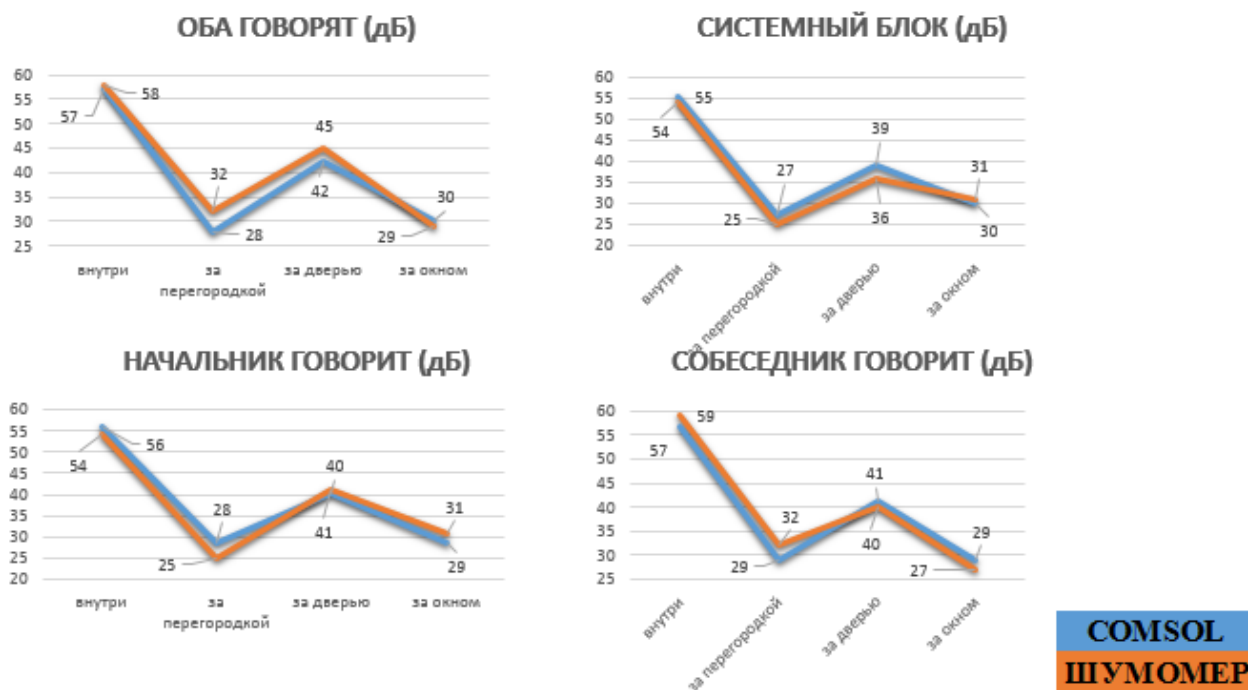


Рисунок 82 – Сравнение показателей замеров шумомера и моделирования в «Comsol» (версия 5.2a) с учётом шума от персонального компьютера

Анализируя графики, видим, что наибольшая погрешность в измерениях наблюдается в ситуации, когда ведётся активная беседа обоих участников конфиденциальных переговоров, при этом замер делается за «импровизированной» гипсокартонной перегородкой – разница в 4 дБ.

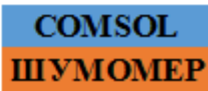
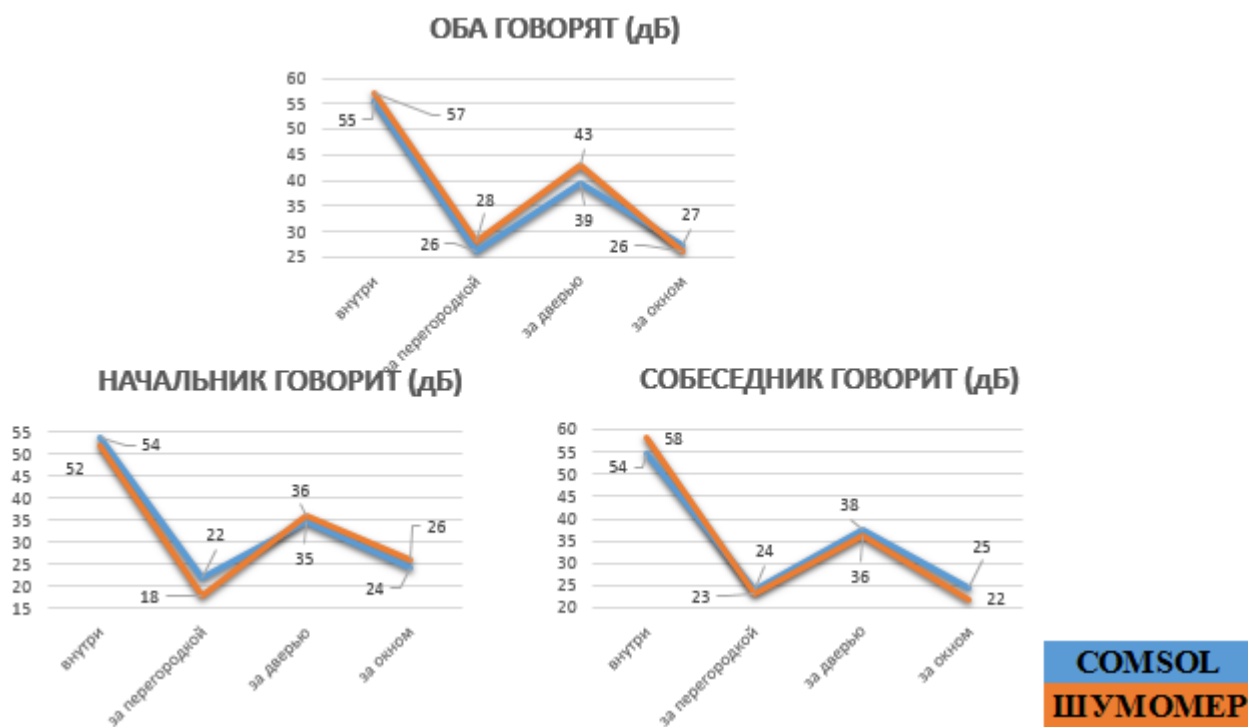


Рисунок 83 – Сравнение показателей замеров шумомера и моделирования в «Comsol» (версия 5.2a) без учёта шума от персонального компьютера

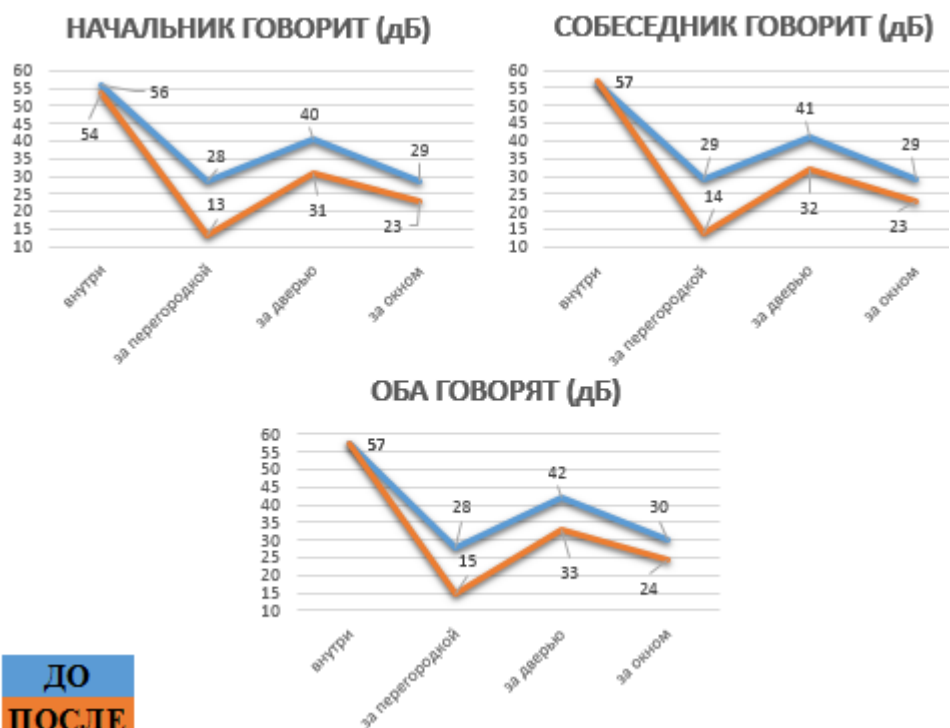
Анализируя графики, видим, что наибольшая погрешность в измерениях наблюдается в ситуациях:

- 1) когда ведётся активная беседа обоих участников конфиденциальных переговоров, при этом замер делается за дверью – разница в 4 дБ;
- 2) когда прослушивается речь начальника за «импровизированной» гипсокартонной перегородкой – разница в 4 дБ.

По такому же принципу детализируем эффективность применения мер по улучшению звукоизоляции на основе полученных моделей (рисунки 84 и 85).

Если мы рассмотрим ситуации категории включенного персонального компьютера (системного блока), то увидим, что:

- 1) при активной беседе обоих участников конфиденциальных переговоров после применения рекомендованных мер, представленных подробно во второй главе настоящего выпускного квалификационного исследования за перегородкой звукоизоляция усилилась на 13 дБ, за дверью на 9 дБ, за окном на 6 дБ;
- 2) при прослушивании речи начальника: за перегородкой – 15 дБ, за дверью – 9 дБ, за окном – 6 дБ;



ДО
ПОСЛЕ

Рисунок 84 – Сравнение показателей до и после усиления звукоизоляции с учётом шума от персонального компьютера

3) при прослушивании речи приглашенного собеседника: за перегородкой – 15 дБ, за дверью – 9 дБ; за окном – 9 дБ.

При этом наиболее уязвимым считается акустический канал утечки информации за дверью, так как даже после усиления звукоизоляции разница между уровнем звука внутри помещения и в данной зоне наименьшая – порядка 23 дБ. Наименее уязвимым, но тем не менее всё равно вероятным, считается акустический канал утечки информации за «импровизированной» гипсокартонной перегородкой. Здесь, наоборот, достигается максимальная разница между уровнем звука внутри помещения и смежной исследуемой зоне – порядка 41 дБ.

Если мы рассмотрим ситуации категории выключенного персонального компьютера (системного блока), то увидим, что:

1) при активной беседе обоих участников конфиденциальных переговоров после применения рекомендованных мер, представленных подробно во второй главе настоящего выпускного квалификационного исследования за перегородкой звукоизоляция усилилась на 15 дБ, за дверью на 9 дБ, за окном на 5 дБ;

2) при прослушивании речи начальника: за перегородкой – 15 дБ, за дверью

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

– 10 дБ, за окном – 6 дБ;



ДО
ПОСЛЕ

Рисунок 85 – Сравнение показателей до и после усиления звукоизоляции без учёта шума от персонального компьютера

3) при прослушивании речи приглашенного собеседника: за перегородкой – 15 дБ, за дверью – 10 дБ; за окном – 6 дБ.

При этом наиболее уязвимым считается акустический канал утечки информации за дверью, так как даже после усиления звукоизоляции разница между уровнем звука внутри помещения и в данной зоне наименьшая – порядка 24 дБ. Наименее уязвимым, но тем не менее всё равно вероятным, считается акустический канал утечки информации за «импровизированной» гипсокартонной перегородкой. Здесь, наоборот, достигается максимальная разница между уровнем звука внутри помещения и смежной исследуемой зоне – порядка 47 дБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате квалификационного исследования разработан комплексный подход при обеспечении информационной безопасности по акустическим каналам связи, который включает не только уже известные этапы, такие как:

- 1) анализ инженерной конструкции;
- 2) замеры с помощью специализированных инструментов;
- 3) практические расчеты,

но и новый – моделирование процесса распространения звука в исследуемом помещении для проведения конфиденциальных переговоров и в интересующих смежных зонах.

Научная новизна работы заключается в применении уже известных методов проектирования моделей распространения звука (шума) согласно всем правилам и нормам (жилые помещения, концертные залы и прочее) в области защиты информации по акустическим каналам. Но при этом надстройки используемого программного модуля были изменены согласно специфике исследования, о чём подробно говорится во второй главе.

Опираясь на общеизвестные и наиболее подходящие способы измерения разборчивости речи, проведён анализ полученной модели, выявлены уязвимые места, в которых возможно образование акустического канала утечки информации, предложены методы их ликвидации.

Разработанный способ исследования акустических каналов утечки информации можно адаптировать на любое помещение в целом (коммерческая, государственная, правоохранительная сферы деятельности). Это в свою очередь подчёркивает универсальность исследования и его практическую значимость.

Кроме того, представленная интеграция профессиональных прикладных пакетов Comsol Multiphysics (версии 5.2a) и Autodesk Revit 2017 для квалификационного исследования утечки информации по акустическим каналам в помещении для конфиденциальных переговоров отражает ещё один новый аспект и взгляд на использование указанного программного обеспечения.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>110</i>

Выпускное квалификационное исследование включило в себя следующие этапы:

1) углубленное изучение узкоспециализированной литературы в области информационной безопасности, а именно – утечки информации по акустическим каналам;

2) анализ уже разработанных и применяемых способов ликвидации, локализации или блокирования возможности утечки информации по акустическим каналам;

3) анализ инженерной конструкции, структурной и пространственной моделей исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров с предварительным выявлением потенциальных акустических каналов утечки информации;

4) выполнение замеров с помощью наиболее простого в использовании шумомера внутри помещения и точках возможного подслушивания;

5) проектирование модели исследуемого помещения в специальном программном комплексе «Revit» (релиз 2017-го года);

6) импорт проекта с помощью инструмента «LiveLink» в программное обеспечение «Comsol» (версии 5.2a), его упрощение и доработка (присоединение смежных интересующих зон);

7) задание необходимых параметров для решения поставленной акустической задачи с помощью уравнения акустической диффузии с учётом его особенностей и нестандартного взгляда на звук;

8) выполнение автоматизированных расчётов и анализ полученных результатов (рассмотрены две глобальные категории: с посторонним шумом и только разговорная речь);

9) сравнение результатов с ранее произведёнными практическими расчётами на основе эмпирического опыта и метода Покровского;

10) разработка рекомендаций по усилению звукоизоляции, проверка их на разработанных моделях, анализ вновь произведённых автоматизированных расчётов, но уже с обновленными данными и вывод.

В результате представлены «модели нарушителя» в нескольких вариациях и соответствующие ей модели защиты речевой информации по акустическим каналам связи в помещении для проведения конфиденциальных переговоров.

Существуют различные способы несанкционированного получения информации через акустический канал. Поэтому акустические каналы, которые могут образоваться при проведении конфиденциальных переговоров, требуют тщательного изучения с целью разработки эффективных мер по их блокированию.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		112

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Абалмазов Э.И. Методы и инженерно-технические средства противодействия информационным угрозам. М.: Гротек, 2017. – 248 с.
- 2) Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция. Л.: Судостроение, 2016.9: Борисов Л.П., Гужас Д.Р. Звукоизоляция в машиностроении. – М. Машиностроение, 1990. – 256с., 10. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Под ред. Е.Я.
- 3) Бузов Г.А., Калинин С.В., Кондратьев А.В. Защита от утечки информации по техническим каналам: Учеб. пособие. М.: Горячая линия – Телеком, 2005, – 416 с.
- 4) Быков Ю.С. Составление артикуляционных таблиц русской речи и метод определения звуковой разборчивости. М.: Труды Комиссии по акустике АН РФ, 2012, V 6.
- 5) Ванина Н.М., Орехов В.В., Галкин А.П. «Спецтехника средств связи», серия «Техника радиосвязи», 2017, № 1, 51-57.
- 6) Варганов Н.О. Сравнение различных методов артикуляционных измерений. Информационный листок. НИЛ МЭС и ЭП, 2013, # 12 (112).
- 7) Галкин А. П. Оценка необходимости защиты информации предприятия. «Вестник ассоциации Русская оценка», 2009-1, с.55-58.
- 8) Галкин А.П. К определению погрешности измерения контролирующих параметров, Межвуз. сб. научн. тр. «Повышение эффективности и надежности РЭС», вып. 3, Л., ЛЭТИ, 2014 с.34-39.
- 9) Галкин А.П. Устранение несанкционированного использования диктофона. / Материалы 3-ей Международной НТК «Перспективные технологии в средствах передачи информации», г. Владимир, 2014, с.61-64.
- 10) Герасименко В.Г., Лаврухин Ю.Н., Тупота В.И., «Методы защиты акустической речевой информации от утечки по техническим каналам». М.: РЦИБ «Факел», 2013. – 256с.
- 11) Гришин В.Г. Образный анализ экспериментальных данных. М.: Наука,

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		113

2012. – 238 с.

12) Грушо А.А., Тимонина Е.Е. Теоретические основы защиты информации. – М.: Яхтсмен, 2016. – 196 с.

13) Дворянкин С.В. Очистка речевого сигнала от шумов и помех посредством цифровой обработки изображений его сонограмм. // Тезисы докладов международной конференции "Обработка информации в компьютерных системах". М.: МТУСИ. 2017. С. 179-180.

14) Дворянкин С.В., Женило В.Р. Система протоколирования искаженных помехами и шумами речевых фонограмм. // Тезисы докладов международной конференции "Информатизация правоохранительных систем". М.: Академия управления МВД РФ, часть 2. 2012. – С. 85-89.

15) Дворянкин С.В., Калужин Р.В. Адаптивное сжатие аудиоинформации в системах защиты и обработки. // «Системы безопасности», № 6(48), 2012. – С. 94-96.

16) Дворянкин С.В., Романцов А.П. Статистический метод стеганофонического анализа аудиофайлов. // Тезисы докладов IV межрегионального науч.-техн. семинара "Применение пластиковых карт и защита информации". М.: МНТОРЭС им. А.С. Попова. 2012. – С. 51-54.

17) Дружинин Г.В., Сергеева И.В. Качество информации. - М.: Радио и связь, 2010. – 163 с.

18) Евтушенко А.В, Ермилина. Влияние шума на человека. Акустический журнал, 2015, 41, (3), 510.

19) Железняк В. К., Колесников А. А., Комарович В. Ф. Корреляционная теория разборчивости речи // Вопросы радиоэлектроники. 2015. – № 2 С. 3-7.

20) Железняк В.К. Защита информации от утечки по техническим каналам: Учеб. пособие. СПб.: Редакционно издательский центр СПб.: ГУАП, 2016. – 188 с.

21) Железняк В.К., Макаров Ю.К., Хорев А.А. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации. М.: Специальная техника, № 4, 2012. – С. 39-45.

22) Иванов Н.И. Инженерная акустика: Теория и практика борьбы с шумом: учебник. – М.: Университетская книга, Логос, 2008. – 424 с.

23) Иванов Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики. – СПб.: Политехника, 2010. – 482с.

24) Калинин С.В. Виброакустическое зашумление помещений – иллюзии и реальность // Защита информации. Конфидент. № 4 (40) июль-август 2012. – С. 38-42.

25) Колесников А.Е. Шум и вибрация. Л.: Судостроение, 2018. – 248 с.

26) Леонов С.А. Радиолокационные средства ПВС. М.: Воениздат, 2012, 245 с.

27) Малюк А.А. Информационная безопасность: концептуальные и методологические основы защиты информации.: Учеб. пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014, – 280 с.

28) Марковец М.П. Определение механических свойств металлов по твердости. – М.: Машиностроение, 2009. – 191с.

29) Меньинов А.А. Влияние производственной вибрации и шума на организм человека. — Киев: Здоровье, 2017.

30) Меньшаков Ю.К. Виды и средства иностранных технических разведок: учеб. пособие. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 656 с.: ил.

31) Минаев В.А., Чудновский Л.С., Чудновская И.Н. Речевые технологии в криминалистической фоноскопии. Красноярск: 2017. Часть 1. с.59.

32) Михайлов В.Г. Методы измерения разборчивости и качества синтезированной речи. // "Электросвязь", 2012, №6, С. 35-38.

33) Опыт снижения производственного шума и вибрации: экспресс-информация. ЦИНИНТИ; Оргтрансстрой. - М.,2017.70.0тделочные операции в машиностроении. Справочник / под общ. ред. П.А. Руденко 2-е изд., перераб. и доп. — Киев: Техника, 2010-150 с.

34) Осипов Г.Л. Защита зданий от шума. М.: Стройиздат, 2012. – 216 с.

35) Осипов Г.Л. Защита от шума и акустическое благоустройство. Матери-

алы научно-технического семинара «Актуальные проблемы защиты от шума зданий и территорий застройки». Севастополь, 2017 г, стр.8-10.

36) Петраков А.В. Основы практической защиты информации. М.: Радио и связь, 2009. – 368 с.

37) Покровский Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи. М.: Связь, 1962. – 392 с.

38) Половинкин А.И. Теория проектирования новой техники: закономерности техники и их применение. М.: Информэлектро, 2012, 183 с.

39) Скучик Е. Основы акустики. М.: Мир, 1976. – Т.1 – 520 с; Т.2 – 542 с.

40) Снижение шума методами звукоизоляции /В.И. Заборов, И.В. Горенштейн, Л.Н. Клячко и др. М.: Стройиздат, 1973.-143с.

41) Соловьев Э.Я. Коммерческая тайна и ее защита. М.: ИВФ Антал, 2016. – 64 с.

42) Торокин А.А. Основы инженерно-технической защиты информации. М.: Ось-89, 2018. – 336 с.

43) Хиггинсон Р.Ф., Хапес П. Погрешности измерений при определении излучения шума: обзор // Noise Control Engineering Journal, 2013, Том 40. - №2, с. 173-178.

44) Хорев А.А. Способы и средства защиты информации. М.: МО РФ, 2018. – 316 с.

45) Хорев А. А., Железняк В. К., Макаров Ю. К. Оценка эффективности методов защиты речевой информации. Общесистемные вопросы защиты информации: монография / Под ред. Е. М. Сухарева. М.: Радиотехника, – Кн.1. – 2013. – 296 с.

46) Шубин И.Л. Опыт снижения шума в г. Москве. Сборник докладов научно практической конференции с международным участием «Защита населения от повышенного шумового воздействия», СПб.: 2006, с. 58-65.

47) Шумозащитные устройства. Offene Zellen // Production, 2007, № 38, С. 20.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Библиографический список авторских работ по теме диссертации

1) Исследование акустической защиты помещений для конфиденциальных переговоров. БГПУ, Молодёжь XXI века: шаг в будущее: материалы XVIII региональной научно-практической конференции (18 мая 2017 года), 2017, 1014-1015.

2) Разработка комплексного подхода акустической защиты помещения для проведения конфиденциальных переговоров. ООО «Коллоквиум», Вестник магистратуры, № 2-1 (77), 2018, 3-4.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>117</i>

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Копии сертификатов и дипломов участника научных конференций



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

Лист

118



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.165634.09.04.01.ПЗ

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Техническое задание

1 Полное наименование исследования

Исследование акустической защиты помещений для проведения конфиденциальных переговоров.

2 Наименование предприятий разработчика и заказчика (пользователя) исследования

Заказчик: ООО «Арт-маркет».

Автор исследования: В.К. Дорогова, магистрант.

3 Перечень документов, на основании которых проводится исследование

Федеральный закон от 27 июля 2006 г. N 152-ФЗ «О персональных данных».

СНиП 23-03-2003 «Защита от шума, актуализированная редакция».

МГСН 2.04-97 «Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях».

Пособие к МГСН 2.04-97 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий».

СП 163.1325800.2014 «Конструкции с применением гипсокартонных и гипсоволокнистых листов. Правила применения и монтажа»

ГОСТ 12.1.003-76 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

ГОСТ 20445-75 «Здания в сооружения промышленных предприятий. Метод измерения шума на рабочих местах».

ГОСТ 8.055-73 "ГСИ. Машины. Методика выполнения измерений для определения шумовых характеристик".

4 Плановые сроки начала и окончания работы по проведению научно-исследовательской работы

В соответствии с календарным графиком на преддипломную практику, представленном в дневнике практики и индивидуальном задании.

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		120

5 Назначение исследования

Разработка нового подхода определения степени защищённости акустических каналов конкретного помещения для проведения конфиденциальных переговоров.

6 Цель проведения исследования

Разработка наглядной 3D-модели излучения шума в выбранном помещении для проведения конфиденциальных переговоров с адекватным выявлением уязвимых мест.

7 Краткие сведения об исследуемом объекте

Объектом исследования является небольшой личный кабинет начальника крупного коммерческого предприятия ООО «Арт-Маркет».

8 Сведения об условиях эксплуатации исследуемого объекта

Исследуемый объект используется в качестве помещения для проведения конфиденциальных переговоров.

9 Требования к результатам исследования в целом

Результативная модель должна просто и наглядно демонстрировать процесс излучения шума и отображать возможные уязвимости в акустических каналах.

10 Требования к численности, квалификации персонала

При использовании исследуемого подхода к оценке степени акустической защиты, необходимо минимум 2 человека (зависимости от масштабов помещения и исходных данных) – 3D-архитектор инженерных конструкций и специалист в области моделирования расчётных моделей в программной среде «COMSOL».

11 Требования к надёжности

Полученная модель должна иметь ограничения в правах доступа (доступна только для соответствующих сотрудников).

12 Требования по эргономике и технической эстетике

Интерфейс пользователя должен быть прост и понятен. При этом должен

					<i>ВКР.165634.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		121

быть учтён следующий стандарт: ГОСТ Р 50948-96 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности».

Эргономические параметры и параметры безопасности должны оцениваться в соответствии со стандартом: ГОСТ Р 50949-96 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности».

13 Требования по стандартизации и унификации

Для проектирования результативной модели необходимо применять стандартное общее и базовое программное обеспечение.

14 Требования к функциям разрабатываемой модели

Результативная модель выбранного исследуемого помещения для проведения конфиденциальных переговоров должна выполнять следующие функции:

- 1) наглядное, при необходимости и по возможности упрощённое, отображение помещения для проведения конфиденциальных переговоров (и смежных с ним помещений или объектов – в зависимости от исходной задачи и данных);
- 2) предоставлять в удобном для конечных пользователей виде процесс излучения шума;
- 3) выявлять уязвимости в акустической защите помещения и возможные акустические каналы несанкционированного получения речевой информации потенциальным злоумышленником.

15 Требования к информационному и программному обеспечению

Для построения модели инженерных конструкции используется программное обеспечение «Revit».

Для возможного упрощения инженерной конструкции выбранного помещения для проведения конфиденциальных переговоров используется программное обеспечение «Solidworks».

Для выполнения расчётной части исследования используется программное обеспечение «Comsol».