

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОМПЛЕКСА МЕР
ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ
АКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторного практикума
по дисциплине «Радиоэлектронные системы
защиты объектов и информации»
для студентов очной и заочной формы обучения
специальности 11.05.01 — Радиоэлектронные системы и комплексы

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 004.934
А64

Р е ц е н з е н т:

И.Л. Афонин - заведующий кафедрой «Радиоэлектроника и телекоммуникации»,
д-р техн. наук, профессор

Ответственный за выпуск:

И.Л. Афонин - заведующий кафедрой «Радиоэлектроника и телекоммуникации»,
д-р техн. наук, профессор

Составитель: Лащенко И.В.

А64 Анализ эффективности комплекса мер по технической защите акустической информации : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторного практикума по дисциплине «Радиоэлектронные системы защиты объектов и информации» для студентов очной и заочной формы обучения специальности 11.05.01 — Радиоэлектронные системы и комплексы / Сост. И.В. Лащенко ; Министерство науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет, Институт радиоэлектроники и информационной безопасности. – Севастополь : СевГУ, 2020. – 44 с. – Текст : электронный.

Целью учебно-методического пособия является оказание помощи студентам при самостоятельном изучении темы «Техническая защита информации. Обнаружение и противодействие каналам утечки информации» дисциплины «Радиоэлектронные системы защиты объектов и информации», а также при выполнении и оформлении четырех лабораторных работ.

УДК 004.934

Учебно-методическое пособие утверждено на заседании кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации», протокол № 3 от 21 ноября 2019 г.

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании учёного совета Института радиоэлектроники и информационной безопасности, протокол № 4 от 27 ноября 2019 г.

Изд. № 23/2020. Объем 2,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2020

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по теме «Техническая защита информации. Обнаружение и противодействие каналам утечки информации» дисциплины «Радиоэлектронные системы защиты объектов и информации», ориентированные на практическое изучение методов технической защиты акустической информации, выполняются в едином цикле:

- 1) «Влияние формы и материалов конструкций на распределение акустических сигналов внутри и снаружи выделенного помещения»;
- 2) «Анализ характеристик источников радиоизлучений»;
- 3) «Методы акустической маскировки речевой информации в выделенном помещении»;
- 4) «Методы оценки эффективности комплекса мер по технической защите акустической информации».

Все задания выполняются для одного объекта.

Экспериментальные этапы предваряются теоретическими исследованиями.

Предварительное задание:

- описать объект (функциональные и инженерно-технические особенности) выделить цели защиты, охарактеризовать угрозы;
- разработать структурно-пространственную модель акустических каналов утечки речевой информации (АКУРИ) для заданного объекта (одна модель на бригаду);
- на этой модели выделить два-три наиболее вероятных канала (каждый студент из бригады выполняет расчет одного АКУРИ в течении всего цикла лабораторного практикума по данной тематике) и рассчитать разборчивость речи в контрольных точках объекта (выбранных по согласованию с преподавателем), используя в качестве исходных данных спектральные уровни акустического сигнала (АС), характерные для спокойной речи (интегральный уровень $L_{S_i} = 64$ дБ).

При расчете в среде MATLAB следует использовать ПО «Анализ АКУРИ», разработанное на кафедре «Радиоэлектроника и телекоммуникации» (Приложение 2), часть 1 «Расчет разборчивости речи». Необходимые пояснения даны в комментариях.

Предварительные теоретические сведения

В данном цикле лабораторных работ рассматривается задача защиты акустической информации в выделенном помещении (могут быть определены контролируемые зоны), оборудованном пассивными средствами звукоизоляции и звукопоглощения, а также оснащенном активными средствами виброакустического зашумления. Для обеспечения требуемого уровня защиты речи необходимо иметь возможность оценить состояние потенциальных акустических и виброакустических каналов утечки расчетным методом, а также оценить эффективность предлагаемых мер защиты. Решение данной задачи можно получить на основе математической модели, позволяющей расчетным методом оценить состояние этих каналов для конкретного помещения (Приложение 1). Более наглядно каналы представлены на структурно-пространственной модели **акустического канала утечки речевой информации (АКУРИ)**.

Основным оцениваемым информационным параметром, влияющим на защищенность информации, является **разборчивость речи** (количество правильно понятых элементов речи в процентах), которая зависит от структурно-пространственных условий, т.е. от составных элементов канала — характеристик помещений, влияющих на распространение речевого сигнала, от взаимного пространственного расположения и характеристик источника и приемника акустических сигналов, от внешних влияющих воздействий.

Обобщенная структурно-пространственная модель АКУРИ приведена на рис. 1. Создаваемые источниками акустические поля, ослабленные средой распространения, замаскированные естественными шумами и преднамеренными помехами, распространяются за пределы контролируемой зоны, и могут быть перехвачены техническими средствами акустической разведки, располагаемыми в выделенном помещении или за его пределами в соседних помещениях и на открытом пространстве. В зависимости от энергетических условий разведывательного контакта речевая информация может быть распознана с определенным качеством.

Пример разработки структурно-пространственной модели АКУРИ приведен в приложении 3.

Точность математической модели АКУРИ зависит от выбора метода оценки словесной разборчивости речи. Выберем формантный метод, в котором анализ речи осуществляется в 21-й третьоктавных частотных полосах (в упрощенном варианте в 7-и октавных полосах).

Значения спектральных уровней речевого сигнала в заданной полосе можно получить экспериментально, используя полосовые октавные фильтры (или фильтры на доли октавы) либо расчетным путем. В пределах октавных полос спектры речи и шума, а также плотность распределения вероятностей формант, принято считать практически неизменными.

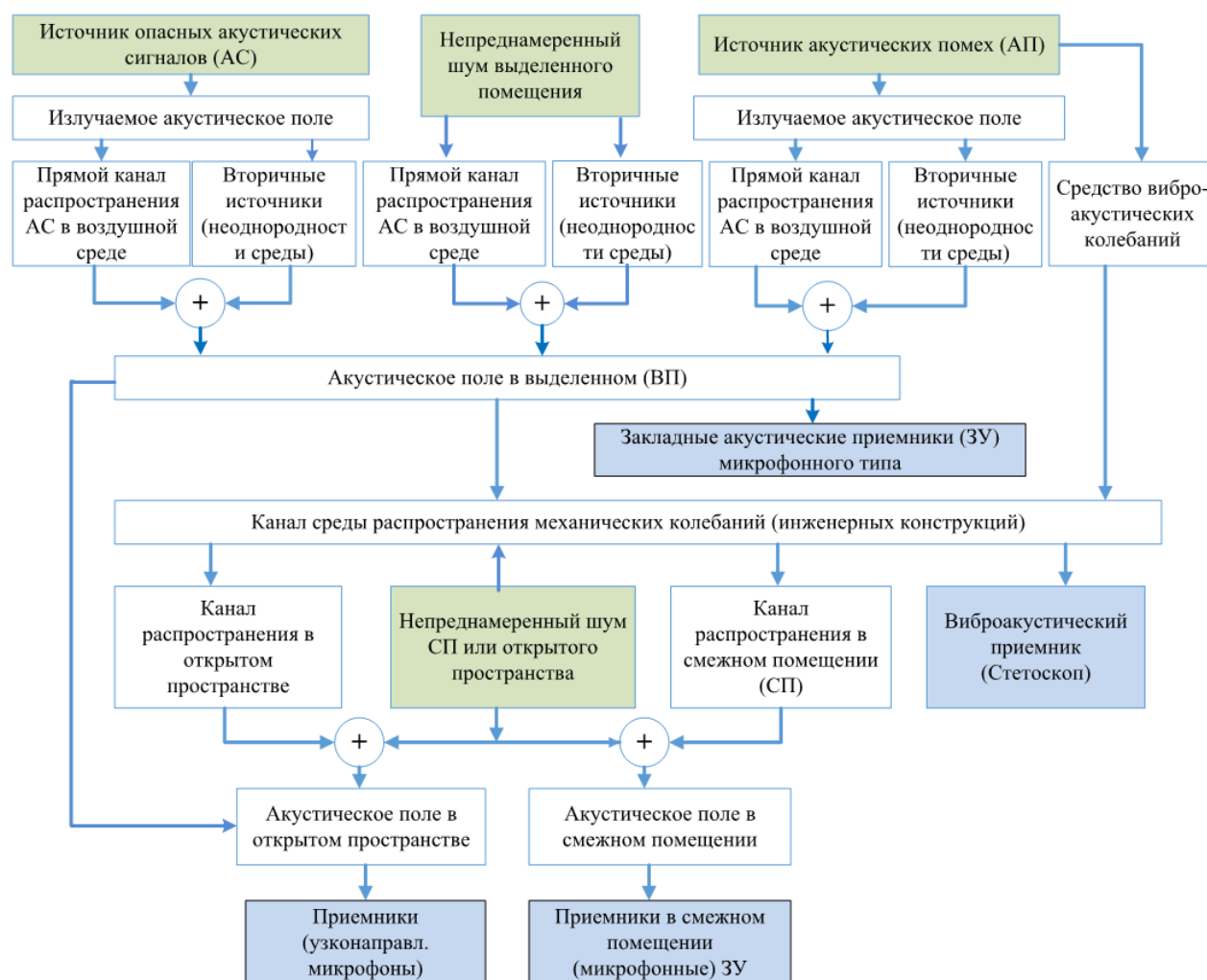


Рис. 1. Структурно-пространственная модель АКУРИ

С учетом специфики структурно-пространственной модели математическая модель, положенная в основу создания программы «АКУРИ», состоит из четырех взаимосогласованных частных моделей: источника акустического сигнала (ИАС); источников акустических помех и шумов (ИАПШ); среды распространения (СР) АС и акустического приемника (АПрм).

Пример структурно-пространственной модели АКУРИ, приведенной в приложении 1, разработан для аудитории I-B-410.

Основная цель работы: расчетным и экспериментальным путем проверить, обеспечивается ли требуемая эффективность защиты речевой информации для заданного объекта.

Лабораторная работа № 1

«Влияние формы и материалов конструкций на распределение акустических сигналов внутри и снаружи выделенного помещения»

Цель работы: изучить влияние формы и материалов конструкций помещений на разборчивость речи, воспринимаемой непосредственно и с помощью средств технической разведки.

1.1. Основные теоретические сведения

Проблемы защиты информации от акустической речевой разведки решаются в направлении совершенствования пассивных, поисковых и активных методов технической защиты информации, рассмотренных в данных лабораторных работах.

Пассивные методы защиты акустической (речевой) информации:

- ослабление акустических (речевых) сигналов на границе контролируемой зоны до величин, обеспечивающих невозможность их выделения средством разведки на фоне естественных шумов;
- ослабление информационных электрических сигналов в соединительных линиях вспомогательных технических средств и систем (ВТСС), имеющих в своем составе электроакустические преобразователи (обладающие микрофонным эффектом), до величин, обеспечивающих невозможность их выделения средством разведки на фоне естественных шумов;
- исключение (ослабление) прохождения сигналов высокочастотного навязывания во вспомогательные технические средства, имеющие в своем составе электроакустические преобразователи (обладающие микрофонным эффектом).

Ослабление акустических (речевых) сигналов осуществляется путем звукоизоляции помещений. Для скрывания речевого сигнала широко применяются специальные материалы и средства, технические и конструкторские решения: специальные строительные и отделочные материалы, обеспечивающие звукоизоляцию выделенных помещений.

Распространение звука в зданиях и сооружениях происходит часто на большие расстояния путем прохождения так называемого структурного звука, что может создать опасные каналы утечки акустической информации. Под структурным звуком обычно понимают механические колебания с частотой 16—20 000 Гц в твердом теле. Такие колебания возникают из-за механического воздействия акустического сигнала на строительные конструкции: стены, перекрытия, различные перегородки, трубопроводы, воздуховоды, батареи отопления. Опасность данных каналов утечки акустической информации состоит в большой дальности распространения звуковых волн, преобразованных в структурные, с возможным их перехватом на значительных дистанциях от места расположения источника конфиденциальной информации.

Звукоизоляция является одним из основных способов технической защиты выделенного помещения от утечки речевой информации по акустическим каналам через строительные конструкции. Звукоизолирующие конструкции служат для того, чтобы уменьшить уровень информативного акустического сигнала до уровня, не позволяющего осуществить его перехват техническими средствами (стетоскопами, системами лазерного и СВЧ-подслушивания, пьезоэлектрическими акселерометрами и геофонами, микрофонами).

Звукоизолирующая способность строительных конструкций, также как и применяемые в строительной технике звукопоглощающие свойства материалов, характеризуются мерой ослабления звуковых волн при прохождении ими внешних и внутренних звукоизоляционных ограждений. При этом измеряется интенсивность звука I_0 , падающего на ограждение, и интенсивность $I_{\text{прош}}$ того же звука, прошедшего через ограждение.

В расчетах и измерениях часто используют величину, называемую коэффициентом звукоизоляции $K_{\text{зи}}$ и определяемую (в дБ) соотношением

$$K_{\text{зи}} = 10 \lg \frac{I_0}{I_{\text{пр}}} .$$

Учет коэффициента звукоизоляции особенно важен при выработке мероприятий, направленных на повышение акустической защиты выделенных помещений.

К элементам пассивной защиты выделенных помещений следует отнести:

- несущие конструкции (стены, перекрытия, пол, потолок);
- двери;
- окна;
- специальные конструкции: акустические экраны.

Значения коэффициента звукоизоляции для различных типов ограждающих конструкций и их элементов в литературе приводятся при прохождении через них звука с частотой $f = 1\,000$ Гц (табл. 1.1). Реально звукоизолирующая способность этих строительных элементов и конструкций существенно зависит от частоты звука, проходящего через них.

При проектировании новых выделенных помещений и оценке эффективности защитных мероприятий необходимо учитывать, что звукоизолирующая способность ограждающих конструкций и их элементов существенно снижается при наличии в них щелей и отверстий. При этом имеет значение дифракция звуковых волн на границах отверстий и щелей и резонансные колебания объема воздуха в этих отверстиях и щелях.

Звукоизолирующая способность таких перекрытий, как пол, стены и потолок, зависит не только от их конструкций, но и от толщины используемой, например, железобетонной плиты, ее состава, количества изолирующих слоев и качества строительного материала.

Для акустической защиты выделенных помещений в настоящее время широко применяются следующие материалы: звукопоглощающие акустические материалы, в частности, поропласты и минеральная вата, способные результативно глушить звуки внутри помещений; звукоизоляционные акустические материалы, например, древесноволокнистые плиты и пористая резина, позволяющие защитить помещение от проникновения звуков извне. В указанных пористых материалах воздух заключен в большом числе канальцев неправильной формы, в которых частицы воздушной среды при звуковых колебаниях испытывают сильное трение о стенки, что приводит к интенсивному поглощению звуковых волн.

Таблица 1.1 — Коэффициент звукоизоляции $K_{зи}$

Тип конструкции	$K_{зи}$, дБ
Кирпичная кладка в 1 кирпич оштукатуренная	58
Кирпичная кладка в 2 кирпича оштукатуренная	65
Плита железобетонная толщиной 200 мм	60
Плита железобетонная толщиной 400 мм	67
Древесно-стружечная плита (ДСП) толщиной 20 мм	26
Дверь щитовая стандартная, облицованная с двух сторон фанерой	24
Двери тяжелые двойные с облицовкой тамбура	70
Одинарное остекление, толщина стекла 3 мм	28
Двойное остекление, толщина стекла 4 мм, промежуток между стеклами около 200 мм	47
Тройное комбинированное остекление и стеклопакеты	66

Анализ звукоизолирующей способности дверей показывает, что стандартные одинарные щитовые двери не могут быть использованы при проектировании и строительстве выделенных помещений с целью обеспечения их акустической защиты. В выделенных помещениях необходимо применять либо специально разработанные звукоизолирующие металлические двери, либо тяжелые двойные двери с тамбуром. При этом, применяя утяжеленные двери, следует производить их обивку материалами со слоями ваты или войлока, а также использовать дополнительные уплотнительные прокладки, валики и т. п. При организации тамбурного объема необходимо исключить щели над полом при беспороговой системе дверей, а также сделать облицовку внутренней поверхности тамбура звукопоглощающими материалами.

Окна обычной конструкции имеют низкий уровень звукоизоляции. Наиболее совершенными, с точки зрения звукоизоляции, являются

конструкции окон с применением стеклопакетов с герметизацией воздушного промежутка или с заполнением промежутка между стеклами различными газовыми смесями. При этом стекла выбираются разной толщины и устанавливаются с небольшими наклонами относительно друг друга. Это позволяет при значительном ослаблении информативного акустического сигнала избежать резонансных явлений, возникающих в промежутках между стеклами. В результате интенсивность информативного речевого сигнала на внешнем стекле оказывается значительно ниже интенсивности общих акустических шумов, и съём (перехват) информации традиционными для акустики методами оказывается невозможным.

Для облицовки акустических экранов со стороны, обращенной к защищаемому рабочему месту применяют звукопоглощающие акустические материалы. Такие акустические экраны обычно используют при невозможности применения стационарных методов звукоизоляции и звукопоглощения в выделенных помещениях. Как правило, используются передвижные, складные и легко монтируемые акустические экраны. Действие акустических экранов основано на отражении звуковых волн и образовании за экраном области звуковой тени. Подобные экраны (с учетом явления дифракции звуковых волн) наиболее эффективны для той области длин волн, где размеры экрана не менее чем в три раза превышают наибольшую длину звуковой волны. Наиболее глубокую звуковую тень дают экраны-колпаки и полусферические экраны, защищающие рабочие места сотрудников в выделенном помещении. При этом для устройства акустических экранов используют как прозрачные материалы (силикатное и органическое стекло, пластики и т. п.), так и непрозрачные листовые материалы (дюралюминий, асбоцементные листы и др.). С целью решения задач по защите всего объема выделенных помещений могут быть использованы плоскостные акустические экраны для дополнительной защиты окон, имеющих низкую звукоизолирующую способность.

Применение вышеперечисленных способов акустической защиты позволит избежать перехвата речевой информации средствами внешнего наблюдения либо существенно ухудшит качество несанкционированной записи конфиденциального разговора.

1.2. Расчетное задание

Рассчитать значения спектральных уровней акустического сигнала $L_{S_i}(f_{cp_i})$ в 1/3 октавных полосах для идеального и реального АКУРИ для заданного объекта с размещением приемника внутри и за пределами выделенного помещения, аналогичного представленному на рис. 3.3 на расстоянии 1, 3, 5 м от источника в выделенном помещении и за его пределами. Определить разборчивость речи.

1.3. Описание лабораторной установки

Структурная схема лабораторного комплекса приведена на рис. 2.

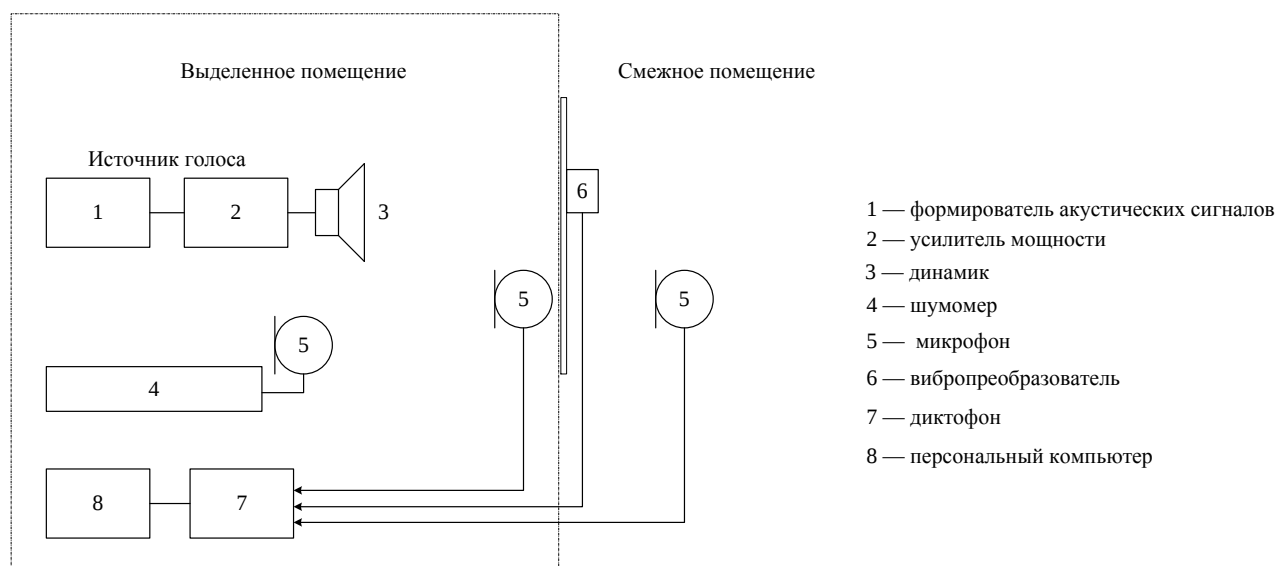


Рис. 2. Схема лабораторного комплекса анализа акустических характеристик речевого сигнала

Источником речевых сигналов является человек либо динамик компьютера (сигнал можно формировать с помощью персонального компьютера, имеется база речевых фрагментов (БРФ) различных голосов — заранее записанные файлы в формате *.wav*, содержащие необходимые примеры речевых сообщений, воспроизведенных разными дикторами — D:\РЭСЗОИ\ТЗИ\БРФ).

Измерение интегрального уровня акустического сигнала осуществляется с помощью ПО «Шумомер 1.6 Smart tools», реализованного как приложение для ОС Android, свободно доступное в *Googleplay* либо на сайте *Trashbox.ru*. Данное приложение позволяет контролировать уровень звука, обеспечивая

- измерение окружающего шума (звукового давления) в децибелах (дБ);
- вывод на экран телефона справочных величин звукового давления;
- калибровку вектора звукового давления;
- сохранение данных измерений в галерею смартфона в формате *.png*. *.jpeg*

На рис. 3 приведены *PrintScreen* программы.

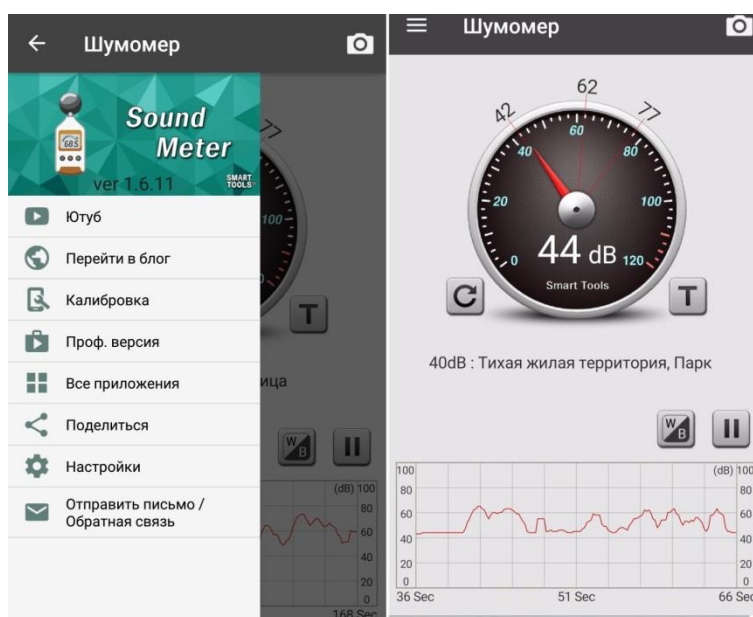


Рис. 3. Рабочие окна программы «Шумомер 1.6 Smart Tools»

Приемником акустических сигналов является измерительный микрофон, подключенный к ПК, позволяющему записать на диктофон звуковые фрагменты в формате .wav. Для оценочных измерений можно использовать встроенные микрофоны мобильного телефона и ноутбука. Для измерений за пределами выделенного помещения может дополнительно использоваться вибропреобразователь (стетоскоп).

Расчет экспериментальных спектральных характеристик речи производится в среде «MATLAB» с помощью специального ПО «Анализ АКУРИ. Часть 2. Октавная и долеоктавная фильтрация акустических сигналов».

1.4. Программа экспериментальных исследований

1.4.1. Расположить шумомер на расстоянии 1 м от источника акустических сигналов. Изменяя громкость голоса (регулируя громкость динамика компьютера) определить интегральный уровень акустического сигнала 64 дБ (тихая речь), 70 дБ (речь средней громкости), 76 дБ (громкая речь). При проведении экспериментальных исследований следует периодически контролировать соответствие установленной громкости и показания шумомера.

1.4.2. Установить измерительный микрофон в нескольких контрольных точках выбранного АКУРИ (например, на расстоянии 1, 3, 5 м от источника акустических сигналов) и записать фрагмент речи в течении 1 минуты для указанной громкости сигнала. Описать характеристики диктора (мужской, женский голос, конкретное лицо, особенности тембра, дикции), условия проведения эксперимента (описать взаимное расположение элементов схемы лабораторного комплекта, возможное влияние материалов отделки поверхностей, мебели, наличие людей) и речевой материал (слоги, слова,

цифры, фразы — источник, можно использовать таблицы, подготовленные для речевых испытаний фразовой, словесной, слоговой разборчивости [6].

1.4.3. Используя специальное ПО «Анализ АКУРИ. Часть 2. Расчет спектральных уровней акустического сигнала», определить значения спектральных уровней акустического сигнала $L_{Si}(f_{cp_i})$ в 1/3 октавных полосах.

1.4.4. Сравнить экспериментально определенные значения с рассчитанными для реального канала (пример I-B-410) и идеализированного канала.

1.4.5. Рассчитать словесную разборчивость речи для указанных условий разведывательного контакта, используя ПО «Анализ АКУРИ», часть 1 «Расчет разборчивости речи». Сделать вывод о возможности/невозможности организации утечки по данному АКУРИ.

1.4.6. Повторить пп.1.4.2—1.4.5, расположив микрофон в контрольной точке за пределами помещения, характерной для выбранного АКУРИ (например, в коридоре за деревянной дверью на расстоянии 3 м от источника речи).

1.4.7. Повторить пп.1.4.2—1.4.5, расположив вибропреобразователь в контрольной точке.

В выводе следует:

- отметить факторы, влияющие на разборчивость речи, указать: все ли из них использовались в расчетах;
- сравнить соответствие расчетных и экспериментальных значений разборчивости, указать причины расхождения;
- предложить по одному варианту снижения разборчивости речи внутри и снаружи выделенного помещения за счет формы и материалов конструкций.

1.5. Вопросы к защите

- пояснить требования к разборчивости речи в выделенном помещении;
- описать связь между различными видами разборчивости речи;
- описать схему лабораторной установки и цель исследований;
- описать пути снижения разборчивости речи в случае угрозы утечки речевой информации;
- описать порядок расчета разборчивости речи с помощью ПО «АКУРИ».

Лабораторная работа № 2 **«Обнаружение и анализ характеристик** **источников радиоизлучений»**

Цель работы: сравнить эффективность поисковых средств технической защиты информации.

2.1. Основные теоретические сведения

При решении задач технической защиты акустической информации необходимо предотвратить применение технических средств разведки, особенно внутри контролируемых зон. Эта проблема решается организационными мерами, ограничением доступа, с помощью видеонаблюдения, регулярным осмотром помещений, в том числе с помощью средств ТЗИ (а также другими видами осмотров — перед мероприятиями, при обнаружении признаков утечки информации), а также средствами радиомониторинга и контроля параметров линий [1].

Среди устройств поиска технических средств разведки могут быть выделены:

- устройства поиска активного типа: нелинейные локаторы; рентгенметры; магнито-резонансные локаторы;
- устройства поиска пассивного типа: металлоискатели; тепловизоры; устройства и системы поиска по электромагнитному излучению; устройства поиска по изменению параметров телефонной линии; устройства поиска по изменению магнитного поля; бароскопическая аппаратура.

Рассмотрим более подробно устройства и системы поиска по электромагнитному излучению. Основным демаскирующим фактором радиозакладных устройств (установка которых — наиболее вероятная угроза) является наличие радиоизлучения. Следовательно, и выявлять их можно с помощью специальных радиоприемных устройств.

Простейшим индикатором радиоизлучения в контролируемой зоне является детектор поля (индикатор поля), представляющий собой приемник прямого усиления. Основное преимущество таких простых устройств, как детектор поля — способность локализовать источники излучения независимо от вида модуляции в достаточно широком частотном диапазоне.

Детекторы поля характеризуются невысокой чувствительностью 0,4 — 3 мВ. В схему часто вводятся режекторные фильтры на частоты, характерные для данного района источников излучений, например, теле- и радиостанций. Чаще всего выпускаются детекторы с диапазоном частот от 20 МГц до 3000 МГц, поскольку многие недорогие и распространенные радиозакладные устройства работают на этих частотах. Некоторые модели оснащаются встроенным частотомером, измеряющим частоту радиосигнала, превысившего некоторый порог, что позволяет оператору идентифицировать выявленный сигнал. Могут быть применены логарифмические усилители,

позволяющие существенно расширить динамический диапазон. В качестве индикатора могут использоваться простейшие стрелочные приборы, линейки светодиодов, может применяться звуковая или вибросигнализация.

Сканирующие приемники — устройства, предназначенные не только для поисковых мероприятий, но и для текущего долговременного контроля радиоэфира, радиомониторинга. Они работают в достаточно широком диапазоне частот, как правило, от сотен кГц до нескольких ГГц, и могут детектировать сигналы различных типов модуляции.

Основными функциями сканирующих приемников являются

- просмотр широкого диапазона частот с заданным шагом автоматической перестройки,
- текущий контроль выделенных частот,
- детектирование и прослушивание принимаемых сигналов,
- создание банков контролируемых частот,
- возможность детального изучения подозрительных сигналов с помощью дополнительных средств (осциллографов, спектроанализаторов),
- постановка прицельной помехи на частоте обнаруженного нелегального передатчика.

Конструктивно такие устройства могут выполняться как в носимом, так и в стационарном варианте, в этом случае возможно применение распределенных антенных систем для локализации источника излучения. Большая часть приемников выпускается с возможностью подключения к компьютеру.

Приемники непрерывно совершенствуются — расширение полосы пропускания, появление управляющих программ, обладающих новыми возможностями и возможно, использующих иные методы обработки сигнала. для выявления сигналов со сложными видами модуляции, а также снижение массогабаритных и стоимостных показателей сканирующих приемников.

Самым надежным, но и самым дорогим средством для обнаружения, поиска и нейтрализации подслушивающих устройств являются автоматизированные поисковые комплексы. Такие комплексы построены на основе сканирующего приемника, управляющего компьютера и специального программного обеспечения.

Более сложные комплексы помимо сканирующего приемника имеют в составе ряд дополнительных устройств, расширяющих их функциональные возможности (устройства для проверки проводных коммуникаций, постановщики помех, блоки БПФ и т.п.). В качестве примера таких устройств можно привести семейства комплексов АРК, Дельта, Крона, Пластун, Армада.

Комплексы мониторинга радиообстановки предназначены для долговременного (в том числе круглосуточного), периодического или оперативного мониторинга радиообстановки, цифровой обработки и анализа сигналов. Выявления несанкционированных радиоизлучений, в том числе передатчиков, использующих сложные алгоритмы маскировки своей работы (накопление информации, перестройка по частоте, широкополосные и

шумоподобные излучения и т.д.), детального исследования радиосигналов, локализации их источников, а также для создания архивов результатов радиомониторинга. Позволяют автоматически классифицировать излучения и проводить анализ цифровых стандартов связи.

Комплексы выполняют высокоскоростное сканирование и цифровую обработку радиосигналов накапливают, хранят, обрабатывают и отображают в панорамах спектров информацию о значениях уровней сигналов в каждой частотной точке, а также результаты обработки этой информации по каждой из выбранных в задании антенн.

Ключевой особенностью комплексов является долговременное накопление в базе данных результатов анализа радиообстановки и ее анализ. Результаты анализа предоставляются оператору в удобной табличной или графической форме. При обнаружении подозрительного сигнала оператор имеет возможность проследить всю историю сигнала, начиная от момента установки комплекса.

В комплексах предусмотрена визуализация спектральных панорам и сравнительных таблиц выделенных сигналов. Для различных задач имеется возможность просмотра этих панорам в различных масштабах и режимах на каждой выбранной антенне (группе антенн). Анализ и сравнение сигналов, принятых системой антенн, расположенных определенным образом в пределах защищаемого объекта, предоставляет оператору широкие возможности для выполнения задач обнаружения закладных устройств.

Комплексы снабжаются блоками цифровой демодуляции сигналов, которые позволяют проводить демодуляцию большинства аналоговых и цифровых видов модуляции. Демодуляция сигналов может происходить как в реальном времени, так и с использованием данных, накопленных в базе. Блоки цифровой демодуляции сигналов работают независимо от мониторинговой части комплекса, что позволяет не останавливать сканирование при их использовании. Также в комплексах имеется возможность пеленгации источника радиоизлучения блоками направленных антенн.

Таким образом, наиболее надежное выявление несанкционированных устройств разведки с радиоканалом могут обеспечить комплексы радиомониторинга.

2.2. Предварительное задание

Изучить принципы действия и функциональные возможности поисковых средств, предназначенных для технической защиты информации. Обратить особое внимание на принципы работы комплексов радиомониторинга (учебные видеоматериалы по радиомониторингу РМ в каталоге D:\РЭСЗОИ\ТЗИ\РМ).

Составить сравнительную таблицу с описанием возможностей детекторов поля, сканирующих приемников и комплексов радиомониторинга.

2.3. Описание лабораторной установки

Для обнаружения и анализа характеристик источников радиоизлучений используется комплект «Поисковые средства технической защиты информации» включающий макет радиопередающего устройства (радиомикрофон с мощностью излучения менее 10 мВт, разрешенный к применению без лицензии на основании [7]) и оборудование обнаружения и анализа характеристик (рис. 4):

- детектор поля: «CC308+»;
- приемник: *DVB-T TV USB* тюнер в качестве *SDR* приёмника.

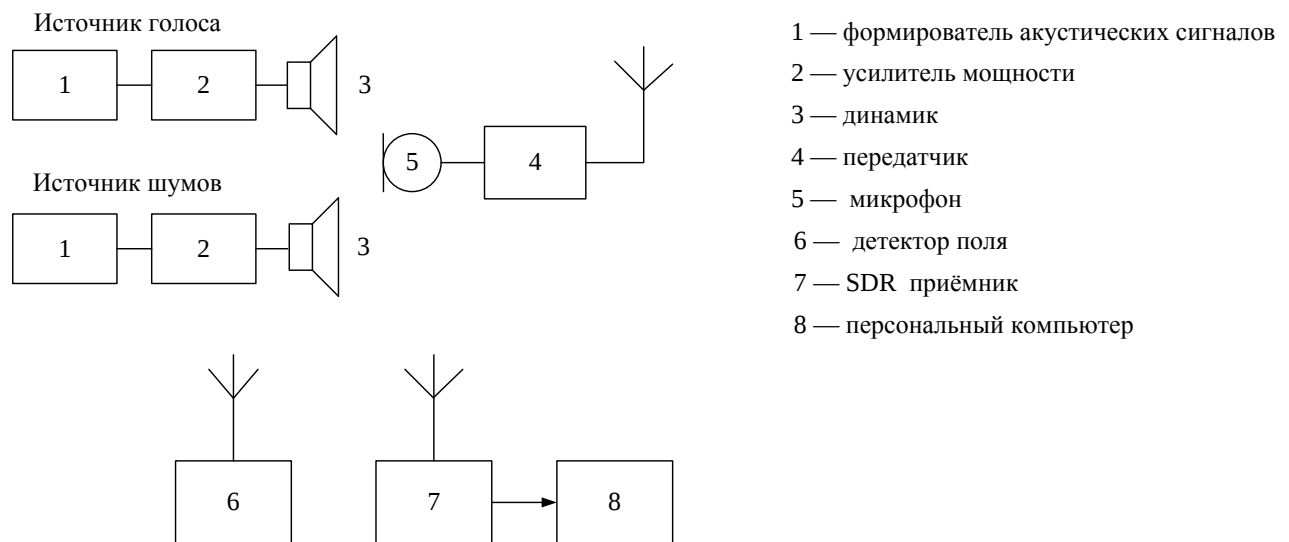


Рис. 4. Схема лабораторного комплекса обнаружения и анализа характеристик радиоканала утечки акустической информации

Технические характеристики детектора поля «CC308+»:

- диапазон частот 1 МГц — 6,5 ГГц;
- примерные расстояния определения устройств:
- работающий передатчик по GSM каналу (мобильный телефон) — 1 м;
- радиомикрофон средней мощности передачи — 1—3 м;
- подавитель мобильной связи или диктофонов — до 10 м;
- беспроводная видеокамера средней мощности передачи — до 3 метров частотомером, до 15 метров детектором линз;
- функция визуального обнаружения камеры при помощи встроенного лазера по эффекту обратного отклика.

SDR-приёмник на микросхемах *RTL2832U* + *R820T* обладает следующими характеристиками:

- диапазон частот от 24 до 1750 МГц;
- модуляция *AM*, *FM*, *NFM*, *LS*, *USB*, *CW* (*ADS-B*, *D-STAR*, *AIS* и др.);
- полоса обзора от 250 кГц до 3 МГц;
- чувствительность 0,22 мкВ (на 438 МГц в режиме *NFM*);
- входное сопротивление приёмника 50 Ом;
- диапазонные фильтры: только внешние;

- разрядность АЦП 8 бит;
- динамический диапазон: 50 дБ (в режиме *CW*);
- задержка принимаемого сигнала: 340 мсек;
- интерфейс *USB 2.0*;
- операционная система: *Windows, Linux, Android*.

Принцип работы такого приемника основывается на аналогово-цифровом преобразовании принятого радиосигнала (микросхема *R820T*) и дальнейшей его обработке уже в цифровой форме (*RTL2832U*). Такой приемник может быть использован как анализатор спектра, селективный измеритель, устройство контроля качества принимаемых сигналов, как приемник сигналов различных типов. Для настройки используется специальное ПО *SDRSharp* и драйверы (в зависимости от операционной системы, установленной на ПК).

На рис. 5 приведено рабочее окно программы анализа в диапазоне мобильной связи.

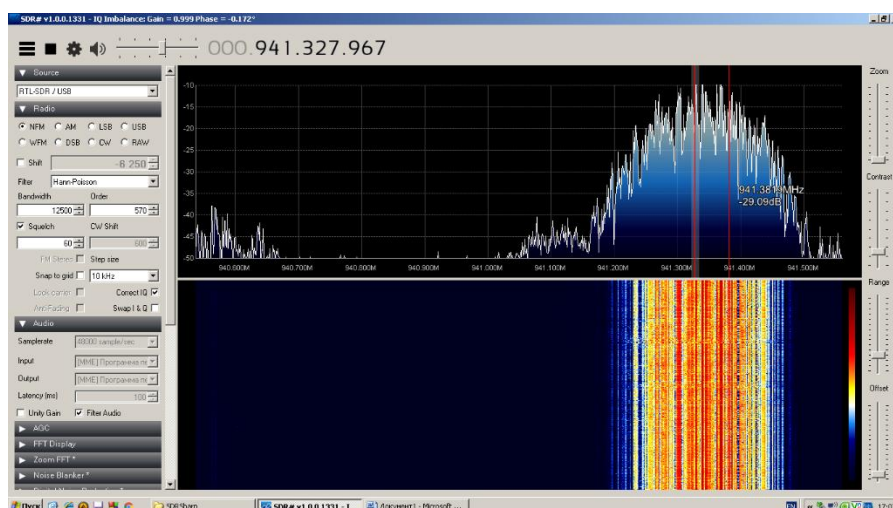


Рис. 5. Рабочие окна программы анализа:
«Панорама» и «Водопад» для мобильной сети

2.4. Программа экспериментальных исследований

2.4.1. Исследование способов применения детектора поля при поиске источников излучений

Задача исследования: обнаружить источник тестового излучения с помощью детектора поля.

Условие: для успешного поиска необходимо обеспечить необходимые условия для работы радиозакладного устройства. Для этого следует озвучить помещение, в котором производится поиск, то есть создать разумный естественный шум (звук), чтобы включить закладки с акустопуском; включить в сеть бытовую радиоэлектронную аппаратуру и оргтехнику; провести поиск со снятыми и положенными трубками телефонных

аппаратов. При этом следует избежать шумов, характерных для поиска и демаскирующих процесс ТЗИ (разговоры по теме, использование зондирующих звуковых сигналов).

2.4.1.1. Включите детектор поля. Обойдите помещение, располагая детектор не далее 30-50 см от мест возможной закладки, и отметьте на схеме лаборатории ориентировочные места, в которых фиксируется наличие сигнала, и относительный уровень сигналов.

2.4.1.2. Уточните местоположение источников. Вернитесь туда, где наблюдался максимальный сигнал. Регулируя длину антенны по мере необходимости, по максимальной амплитуде радиосигнала найдите источник сигнала. "Амплитудный метод" основан на резком возрастании уровня принимаемого сигнала при приближении приемной антенны прибора к месту расположения источника.

2.4.1.3. Отметьте точное положение локализованного источника на схеме лаборатории. Опишите его характеристики. При необходимости продолжите поиск.

2.4.2. Исследование возможностей SDR приёмника при обнаружении источников излучений из данного помещения и анализа принятых сигналов

Задача исследования: изучить возможности анализа характеристик обнаруженного источника излучения с помощью SDR-приёмника.

2.4.2.1. Поскольку этот приемник не обеспечивает сканирования заданного диапазона, следует, перестраивая частоту в заданном диапазоне рассмотреть спектры принимаемых сигналов, сохранить результаты для наиболее значимых источников в виде панорамы спектра и зависимости спектра от времени («водопад»).

2.4.2.2. Демодулировать принятые сигналы с помощью встроенных средств ПО *SDRSharp* и прослушать сигналы.

2.4.2.3. В случае обнаружения излучения, предположительно связанного с акустической обстановкой данного помещения провести дополнительные исследования: создавая изменения акустического поля (можно использовать тестовые звуки (ТЗ) из электронного каталога D:\РЭСЗОИ\ТЗИ\ТЗ), соотнести их с изменениями спектра рассматриваемого сигнала.

В выводе следует:

- отметить: сколько и каких источников радиоизлучений обнаружено с помощью каждого поискового средства;
- оценить эффективность обнаружения различных источников, возможность пропуска закладных устройств;
- отметить в каком случае необходимо соблюдение вышеизложенных правил поиска;

- сравнить характеристики и возможности исследованных технических средств, включая комплексы радиомониторинга;
- предложить поисковое средство для подготовки заданного выделенного помещения к проведению мероприятий.

2.5. Вопросы к защите

- описать принцип действия и характеристики (в рамках ТЗИ) детектора поля;
- описать принцип действия и характеристики сканирующих приемников;
- описать принцип действия и характеристики (в рамках ТЗИ) SDR-приемников;
- описать принцип действия и характеристики комплексов радиомониторинга;
- поясните, при каких условиях можно использовать различные методы поиска: «акустической завязки», метод «разнесенных антенн», метод «тестового источника акустического сигнала».

Лабораторная работа № 3

«Методы акустической маскировки речевой информации в выделенном помещении»

Цель работы: определить характеристики шумов, обеспечивающие требуемую разборчивость речи для заданных условий.

3.1. Основные теоретические сведения

В основе активных методов защиты акустической информации лежит использование средств маскировки: различного типа генераторов акустических и электромагнитных шумов, а также применение специальных технических средств для вывода из работоспособного режима технических средств разведки.

Активные методы защиты акустической (речевой) информации включают:

- создание маскирующих акустических и вибрационных помех с целью уменьшения отношения сигнал/шум на границе контролируемой зоны до величин, обеспечивающих невозможность выделения информационного акустического сигнала средством разведки;
- создание маскирующих электромагнитных помех в соединительных линиях, имеющих в своем составе электроакустические преобразователи (обладающие микрофонным эффектом), с целью уменьшения отношения сигнал/шум до величин, обеспечивающих невозможность выделения информационного сигнала средством разведки;

- электромагнитное подавление диктофонов в режиме записи;
- ультразвуковое подавление диктофонов в режиме записи;
- создание маскирующих электромагнитных помех в линиях электропитания ВТСС, обладающих микрофонным эффектом, с целью уменьшения отношения сигнал/шум до величин, обеспечивающих невозможность выделения информационного сигнала средством разведки;
- создание прицельных радиопомех акустическим и телефонным радиозакладкам с целью уменьшения отношения сигнал/шум до величин, обеспечивающих невозможность выделения информационного сигнала средством разведки;
- подавление (нарушение функционирования) средств несанкционированного подключения к телефонным линиям;
- уничтожение (вывод из строя) средств несанкционированного подключения к телефонным линиям.

Рассмотрим средства акустической и виброакустической маскировки. Они применяются для подавления дистанционных и внедряемых средств перехвата речевой информации. У подобных систем имеется два главных недостатка: во-первых, значительно повышается общий уровень акустических шумов в защищаемом помещении, что приводит к быстрой утомляемости находящихся в нем людей; во-вторых, при разговоре в зашумленном помещении человек инстинктивно начинает говорить громче, тем самым улучшая условия перехвата нарушителем конфиденциальной речевой информации, так как при повышении громкости речи повышается и величина отношения опасный сигнал/помеха на входе приемника акустической разведки.

В существующих системах активного зашумления формируется маскирующий сигнал типа «белый шум» или речеподобный сигнал типа «разговор трех и более лиц», акустический спектр которого представляет собой усредненный спектр голоса человека. По сравнению с генераторами «белого шума» использование речеподобной помехи обеспечивает энергетический выигрыш 8—10 дБ. То есть, заданное снижение разборчивости защищаемых переговоров обеспечивается при существенно меньшем уровне маскирующего шума. Устройства акустической защиты переговоров могут формировать сигналы из речевых, путем их специального преобразования и многократного повторения. Такое оборудование обеспечивает более комфортные условия: отсутствие шумовых сигналов в паузах разговора; зависимость уровня шумовых сигналов от громкости разговора и тембра речи; уменьшение мешающего и раздражающего (по сравнению с белым шумом) воздействия на человека; невозможность восстановления информации современными методами, вследствие совпадения спектра и динамики сигнала и помехи.

Генераторы акустических помех могут быть аппаратными и программными. Динамики размещаются по периметру помещения. Кроме

акустической составляющей защищают и периметр с помощью специальных вибропреобразователей, генерирующих «белый шум».

3.2. Расчетное задание

Используя ПО «Анализ АКУРИ. Часть 1» и значения спектральных уровней речи, рассчитанных в лабораторной работе №1, определить словесную разборчивость речи W , соответствующую отношению сигнал/шум равному заданному значению (тип шума, интегральный уровень речи, отношение сигнал/шум определяется номером варианта — табл.3.1).

Расстояние между источником речи и источником шума задать 2 м, расстояние между источником речи и микрофоном — 2 м, расстояние между источником шума и микрофоном — 2 м.

Спектральные уровни источников шума можно получить, используя ПО «Анализ АКУРИ. Часть 2», сформировав шумы с требуемыми характеристиками в среде *MatLAB*.

Проведите анализ заданного шума с помощью синтезированной группы фильтров 1/3 октавы. Изобразите на графиках спектры мощности речевого сигнала и шума, полученные с использованием анализатора спектра в среде *MatLAB*.

Таблица 3.1 — Исходные данные

Номер варианта	Тип шума	Интегральный уровень речи (на расстоянии 1 м от источника)	Отношение сигнал/шум
1	Белый	64 дБ (тихая речь)	1
2	Розовый	70 дБ (речь средней громкости)	1
3	Речеподобный	76 дБ (громкая речь)	1,2
4	Белый	70 дБ (речь средней громкости)	1,2
5	Розовый	64 дБ (тихая речь)	1
6	Речеподобный	70 дБ (речь средней громкости)	1
7	Белый	76 дБ (громкая речь)	0,8
8	Розовый	64 дБ (тихая речь)	0,8
9	Речеподобный	64 дБ (тихая речь)	0,8
10	Белый	70 дБ (речь средней громкости)	1

3.3. Описание лабораторной установки

Структурная схема лабораторного комплекса для проведения исследований по применению маскирующих акустических помех приведена на рис. 6.

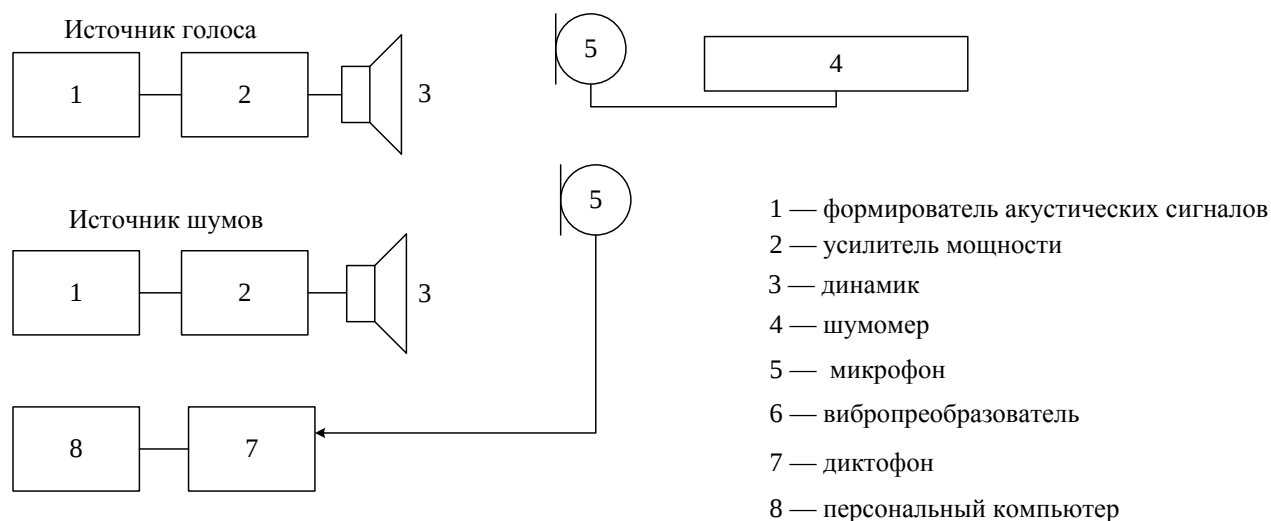


Рис. 6. Схема лабораторного комплекса анализа акустических характеристик речевого сигнала и шумов

Источником речевых сигналов является человек или динамик компьютера. Источник акустических помех, формируемых специальным ПО — динамики компьютера. При выполнении экспериментальных исследований используется демоверсия программы «*Soundmasker*». Ярлык программы размещен в папке D:\ПЭСЗОИ\ТЗИ\ SOUNDMASKER. На рис. 7 приведено рабочее окно программы — генератора специальных шумовых воздействий.

Установив метку в окне «*White Noise*», «*Pink noise*»..., можно выбрать требуемый тип воздействия — «белый шум», «розовый шум»... и установить с помощью ползунков требуемую громкость и другие параметры. Можно установить готовые комбинации воздействий, типичные для определенных условий: «*Apartment*», «*Traffic*», «*Office*» и др.

Дополнительно можно использовать шумы из электронного каталога База шумов (БШ) к данной работе D:\ПЭСЗОИ\ТЗИ\БШ.

Спектральные уровни источников шума можно получить, обработав с помощью программы «Анализ АКУРИ» аудиозаписи шумов, полученные в контрольных точках (на расстоянии 1 м от динамика), из электронного каталога к лабораторной работе либо полученные с помощью ПО «*Soundmasker*»



Рис. 7. Рабочее окно программы «Soundmasker»

3.4. Программа экспериментальных исследований

3.4.1. Для получения аудиозаписей следует расположить источник речи, источник шума и микрофон на равном расстоянии (в вершинах равностороннего треугольника, на расстоянии 2 м). Шумомер располагается на расстоянии 1 м от источника речи и источника шума (посередине). Включая источники речи и шума по очереди и регулируя уровень громкости динамиков, обеспечьте отношение сигнал/шум, указанное в варианте.

3.4.2. Используйте указанные в выбранном варианте речевые фрагменты и шумы для формирования аудиозаписи в контрольной точке.

3.4.3. Рассчитайте формантную, слоговую и словесную разборчивости с помощью ПО «Анализ АКУРИ. Часть 1».

3.4.4. Выберите другой тип шума, размещение источников и/или отношение сигнал/шум, обеспечивающие необходимый уровень разборчивости речи. Повторите запись и расчет разборчивости речи.

В выводах отметьте:

- какие факторы влияли на разборчивость речи при проведении исследований;
- достигнуто ли требуемое значение разборчивости речи в указанных условиях;
- как изменятся требуемые характеристики шума при переносе контрольной точки в другое место (реальное условие: место расположения технического средства разведки неизвестно).

3.5. Вопросы к защите

- поясните как влияют спектральные характеристики шумов на разборчивость речи;
- поясните как влияют спектральные характеристики шумов на психофизиологическое состояние людей, речь которых должна быть защищена;
- поясните методику проведения экспериментального исследования;
- поясните возможности анализатора спектра в среде *MatLAB* ;
- поясните, чем определяются частоты группы фильтров 1/3 октавы.

Лабораторная работа № 4

«Оценка эффективности комплекса мер по технической защите акустической информации»

Цель работы: проанализировать интегральную эффективность мер технической защиты акустической информации, предложенных в работах цикла.

4.1. Основные теоретические сведения

Итоговая оценка защищенности информации в выделенном помещении производится по каждому потенциально возможному АКУРИ согласно критерию эффективности

$$W_j < W_{доп} , \quad (*)$$

где $j = 1, N$,

N — число статистически независимых АКУРИ.

Граничное значение допустимой разборчивости определяется из следующего выражения:

$$W_{доп} = 1 - \sqrt[N]{1 - P_w},$$

где P_w — суммарная словесная разборчивость речи, полученная техническими средствами обработки по совокупности N статистически независимых АКУРИ.

Например, для того чтобы скрыть факт ведения переговоров в ВП P_w должно быть не более 0,1; тогда при числе каналов, равное трем, $W_{доп}$ не должно превышать 0,035.

При невыполнении такого условия принимаются решения о необходимости использования дополнительных пассивных или активных мер защиты для АКУРИ, у которого величина словесной разборчивости речи W_j , превышает нормативное пороговое значение $W_{доп}$.

В случае возможного ухудшения энергетических условий разведывательного контакта (применение узконаправленных микрофонов или систем шумоочистки) также вводятся дополнительные параметры в модель.

После этого этапа производится перерасчет, пока не будет обеспечена требуемая техническая защищенность речевой информации в конкретном заданном ВП.

4.2. Предварительное задание

На основании данных, полученных всеми студентами бригады в лабораторных работах 1, 2, 3, определите геометрические и акустические параметры опасных АКУРИ (обеспечивающих достаточные условия для успешного разведывательного контакта). Оцените качественно вероятность реализации угроз и предполагаемую опасность каждого канала утечки.

4.3. Программа экспериментальных исследований

4.3.1. Выберите наиболее вероятные каналы утечки и оцените количественно техническую защищенность по каждому потенциально возможному АКУРИ согласно суммарному критерию эффективности (указан в формуле (*)).

4.3.2. Примите решение о необходимости использования дополнительных мер защиты для АКУРИ, у которых величина словесной разборчивости речи W_j , превышает нормативное пороговое значение $W_{дон}$. Студентам одной бригады рекомендуется использовать различные технические средства, обеспечивающих ухудшение энергетических условий разведывательного контакта: по одному из каналов повышать звукоизоляцию ограждающих конструкций, по другому — использовать маскирующие помехи.

4.3.3. Для подтверждения эффективности рекомендуемых технических мероприятий повторяются расчеты вероятной разборчивости речи. Если требуемого результата достичь не удалось, следует предложить дополнительные (или другие более эффективные) меры, пока не будет подтверждена расчетом в указанных преподавателем контрольных точках требуемая техническая защищенность речевой информации в данном выделенном помещении.

В выводах отметить эффективность мероприятий технической защиты информации различного направления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технические методы и средства защиты информации / Под ред. А. П. Зайцева, А. А. Шелупанова: учеб. пособие для студ. вузов. — М.: Машиностроение, 2009. — 508с.
2. Теоретические основы защиты информации от утечки по акустическим каналам: учебное пособие / Ю. А. Гатчин [и др.] . — Новосибирск: СГГА, 2008. — 31 с.
3. Хорошко, В. А. Методы и средства защиты информации / В. А. Хорошко, А. А. Чекатков; Под ред. Ю. С. Ковтанюк. — К.: ЮНИОР, 2003. — 505 с
4. Методы и средства защиты информации от утечки по техническим каналам [Электронный ресурс] / А. А. Хорев — Режим доступа: http://www.analitika.info/zaschita.php?page=1&full=block_article48.
5. Петренко, В. И. Методика оценки технической защищенности речевой информации в выделенных помещениях / В. И. Петренко, К. М. Сагдеев // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2.12. Тематический выпуск «Информационная безопасность». — С.121— 129.
6. ГОСТ Р 50840-95 Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — <http://docs.cntd.ru/document/1200027288>.
7. Решение от 2 апреля 2001 года «Об утверждении "Перечня радиоэлектронных средств, для которых не требуется разрешения на приобретение» и «Перечня радиоэлектронных средств, для которых не требуется разрешения на использование» (протокол N 7/5) [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. —<http://docs.cntd.ru/document/901790717>
8. Оформление текстовых работ: методические указания / СевГУ; сост. В. Г. Слёзкин, П. П. Ермолов. — Севастополь: Изд-во СевГУ, 2015. — 19 с.

Приложение 1 ПРОГРАММА «АНАЛИЗ АКУРИ»

% Часть 1. РАСЧЕТ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ %ПО ИЗВЕСТНЫМ СПЕКТРАЛЬНЫМ УРОВНЯМ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА В %ОКТАВНЫХ ПОЛОСАХ

i=7; %i-количество октавных полос
fc=[125 250 500 1000 2000 4000 8000] % Среднегеометрическая частота полосы,Гц
fN=90; % нижняя частота диапазона речи, Гц
fV=11200; % верхняя частота диапазона речи, Гц

% используем в расчете справочные параметры акустического сигнала AC
% LS — интегральный уровень AC, измеряемый на расстоянии 1 м
LS=64; % спокойная речь, дБ
% LS7T — интегральные уровни AC в спектральных полосах при LS=64
LS7T=[47 60 60 55 50 47 43]
LS7=LS7T % здесь - используем теоретические:

% далее могут использоваться уровни LS7, полученные экспериментальным или
расчетным путем
% ЗАДАЙТЕ интегральные уровни AC LS7f в спектральных полосах /с фильтров/
%LS7=LS7f

% или
% РАСЧИТАЙТЕ изменения LS при возрастании расстояния r от источника
% r=3
% LS7r=LS7T-20*log10(r)
% LS7=LS7r

% или учитываем изменения LS при прохождении через конструкции
% Z=30 – коэффициент звукоизоляции двери ДСП, дБ
% если расстояния r от источника также задано
% r=3
% LS7rp=LS7T-20*log10(r)-Z
% LS7=LS7rp

% Расчет W - словесной разборчивости речи

% используем справочные данные:
% k — весовые коэффициенты, характеризующие вероятность наличия формант в
октавной полосе
k=[0.01 0.03 0.12 0.20 0.30 0.26 0.07];
% A - средний спектральный модальный уровень формант в спектральной полосе, дБ;
A=[25 18 14 9 6 5 4]% из таблицы
% Рассчитаем DA — формантный параметр, характеризующий энергетическую
избыточность дискретной составляющей AC
DA=LS7-A

% ОПРЕДЕЛИМ p – матрицу коэффициентов восприятия формант слуховым аппаратом
% человека, которые представляют собой вероятное относительное количество

% формантных составляющих речи, которые будут иметь уровни интенсивности выше
% порогового значения восприятия.

% УЧТЕМ влияние шумов (непреднамеренных либо маскирующих)

% LN(i) - уровень шума (помехи) в i-й частотной полосе, дБ.

% ВВЕСТИ уровни шумов

LN7 = zeros(1,7) %(ПОКА равны 0)

% LN7=[////////] спектральные уровни шума (например, с фильтров LN7f)

q=LS7-LN7 % отношение «уровень речевого сигнала/уровень шума» в i-й частотной
полосе, дБ

Q=LS7-DA-LN7

% поэлементно расчет матрицы p:

p = zeros(size(Q))

for i =1:length(Q)

if Q(i)>0

p(i) = 1-(0.78+5.46*exp(-0.0043*(27.3-Q(i)^2)))/(1+(10^0.1*abs(Q(i))));

else p(i) = (0.78+5.46*exp(-0.0043*(27.3-Q(i)^2)))/(1+(10^0.1*abs(Q(i))));

end

end

% как вариант (без учета условия $Q \geq 0$) возможен расчет не поэлементно, а матрицы в
целом

% pp=1-(0.78+5.46*exp(-0.0043*(27.3-(Q).^2)))/(1+(10^0.1*abs(Q)))

p % вывод результата расчета матрицы p

% расчет R - интегрального индекса артикуляции речи (формантная разборчивость)

% Ri - спектральный индекс понимаемости речи

R7=k.*p

R=sum(R7)

% расчет словесной разборчивости речи W

if R<0.15

W=1.54*R^0.25*[1-exp(-11*R)]

else W=1-exp(-11*R/(1+0.7*R))

end

>> oktava Расчет для r=1 м без учета преднамеренных маскирующих шумов

fc =

125 250 500 1000 2000 4000 8000

LS7T =

47 60 60 55 50 47 43

LS7 =

47 60 60 55 50 47 43

A =

25 18 14 9 6 5 4

DA =

22 42 46 46 44 42 39

LN7 =

0 0 0 0 0 0 0

q =

47 60 60 55 50 47 43

Q =

25 18 14 9 6 5 4

p =

0 0 0 0 0 0 0

p =

-1.2211 0.1405 0.3526 0.3789 0.2461 0.1519 0.0091

R7 =

-0.0122 0.0042 0.0423 0.0758 0.0738 0.0395 0.0006

R =

0.2241

W =

0.8812

% Часть 2. РАСЧЕТ СПЕКТРАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА % В ОКТАВНЫХ И ДОЛЕОКТАВНЫХ ПОЛОСАХ

clc; clear; close all;

filename='f:\matlab\02.wav';

[y,Fs] = audioread(filename); % Считывание из файла "*.wav" и запись информации в матрицу y

player = audioplayer(y(1:(1*Fs)), Fs); % Создание объекта типа audioplayer

play(player); % Проигрывание

%создание октавных и долеоктавных фильтров

BandsPerOctave = 3; % 1/3 октавный

N = 6; % Filter Order

F0 = 1000; % Center Frequency (Hz)

% Fs = 32000; % Sampling Frequency (Hz)

f = fdesign.octave(BandsPerOctave,'Class 1','N,F0',N,F0,Fs);

F0 = validfrequencies(f);% можно посмотреть все возможные центральные частоты

F0 = F0(F0 > 90 & F0 < Fs/2 & F0 < 11201); % получилось - 21 фильтр

fm = F0';

Nfc = length(F0);

for i = 1:Nfc,

```

    f.F0 = F0(i);
    Hd(i) = design(f,'butter'); %#ok<SAGROW>
end
%
fvtool(Hd(11),'FrequencyScale','log','color','white'); % Анализ фильтра
%11го поддиапазона (1 000 кГц)
hfvt = fvtool(Hd,'FrequencyScale','log','color','white'); % Анализ всей
%группы фильтров

% Nx = 100000;
% SA2 = dsp.SpectrumAnalyzer('SpectralAverages',50,'SampleRate',Fs,...
%   'PlotAsTwoSidedSpectrum',false,'FrequencyScale','Log',...
%   'RBWSource','Property','RBW',2000);
% yw = zeros(Nx,Nfc);
% tic,
% while toc < 15
%   % Run for 15 seconds
%   xw = randn(Nx,1);
%   for i=1:Nfc,
%       yw(:,i) = filter(Hd(i),xw);
%   end
%   step(SA2,yw);
% end
% figure
% plot(xw)

SA = dsp.SpectrumAnalyzer('SpectralAverages',50,'SampleRate',Fs,...
    'PlotAsTwoSidedSpectrum',false,'FrequencyScale','Log',...
    'YLimits', [-250 0]);
% YLimits - Границы по оси Y

step1 = Fs/2;
% step1 = length(y);

n_step = floor(length(y)/step1);
Gi = zeros(n_step,Nfc);
Gn = zeros(n_step,Nfc);
G = zeros(n_step,1);
for i = 1:n_step
    z = y((step1*(i-1)+1):step1*i);
    G(i) = sum(z.^2/length(z)); % Средняя плотность энергии во всей полосе частот
    for j = 1:Nfc
        reset(Hd(j));
        zf = filter(Hd(j),z); % Фильтрация сигнала
        Gi(i,j) = sum(zf.^2/length(zf)); % Средняя плотность энергии во одной полосе

        % Спектр сигнала и спектр одной полосы
        step(SA,[zf; z]);
    %   axis([0.0125 20 -150 -10]) % не работают для спектроанализатора
    %   pause(0.1) % можно вставить паузу заданной длины
    %   pause() % можно вставить ожидание нажатия любой клавиши

```

```

        reset(SA); % Сброс спектроанализатора
    end
i
    pause(0.1)
end
for i = 1:n_step
    Gn(i,:) = Gi(i, :)/G(i);
end
%-----
% Построение распределения по частотам для всех участков звука
figure
h = axes();
surf((1:n_step)*step1/Fs, fm, Gn');
set(h,'Xlim',[1 n_step]*step1/Fs);
set(h,'Ylim',[0 fm(end)]);
set(h,'YScale','Log');
%-----
% Построение распределения по частотам для 1 участка звука
figure
h1 = axes();
stem(fm, 10*log10(Gn(1, :))) % Вместо 1 можно любой другой № кусочка звука
set(h1,'XScale','Log');
xlabel('Частота, Гц')
ylabel('Уровень в полосе, Дб')

```

Приложение 2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКУРИ

1. Модель источника акустического (речевого) сигнала

Значение спектрального уровня акустического сигнала $L_{S_i}(f_{cp_i})$ в 1/3 октавной полосе (ОП) определяется выражением

$$L_{S_i}(f_{cp_i}) = L_S + 10 \lg \left(\frac{\int_{f_{hi}}^{f_{bi}} g_S df}{G_S(f)} \right) = L_S + V_i, [\text{дБ}], \quad (1)$$

где L_S — интегральный уровень акустического сигнала (АС), измеряемый на расстоянии 1 м;

$G_S(f)$ — усредненный энергетический спектр АС;

$g_S(f)$ — усредненная спектральная плотность мощности АС;

V_i — весовой энергетический коэффициент i -й полосы, показывающий ее вклад полосы в интегральную мощность АС, при оценке в дБ он имеет отрицательный знак;

f_{cp_i} — среднегеометрическая частота i -й полосы;

f_{bi} и f_{hi} — соответственно нижняя и верхняя граничные частота i -й полосы.

Расчет значений данных частот производится по формулам, приведенным в ГОСТ Р 8.714-2010 (МЭК 61260:1995) [2].

$$f_{cp_i} = 10^{\frac{X+it}{10}}, f_{hi} = \frac{f_{cp_i}}{\sqrt[2t]{2}}, f_{bi} = f_{cp_i} * \sqrt[2t]{2}, i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

где i — номер полосы;

N — число полос, равное 7 для ОП и 21 для 1/3 ОП;

X — число, равное 18 для ОП и 19 для 1/3 ОП;

t — число, равное 1 для ОП и 3 для 1/3 ОП.

Таблица П.1 — Типовые уровни речевого сигнала в октавных полосах частотного диапазона речи $L_{s,i}$

Номер полосы	Частотные границы полосы, $f_n - f_v$, Гц	Среднегеометрическая частота полосы, f_i , Гц	Типовые интегральные уровни речи L_s , измеренные на расстоянии 1 м от источника сигнала, дБ			
			$L_s = 64$	$L_s = 70$	$L_s = 76$	$L_s = 84$
1	90 - 175	125	47	53	59	67
2	175 - 355	250	60	66	72	80
3	355 - 710	500	60	66	72	80
4	710 - 1400	1000	55	61	67	75
5	1400 - 2800	2000	50	56	62	70
6	2800 - 5600	4000	47	53	59	67
7	5600 - 11200	8000	43	49	55	63

Таблица П.2 — Типовые уровни речевого сигнала в третьоктавных полосах частотного диапазона речи $L_{s,i}$

Номер полосы	Частотные границы полосы, $f_n - f_v$, Гц	Среднегеометрическая частота полосы, f_i , Гц	Типовые интегральные уровни речи L_s , измеренные на расстоянии 1 м от источника сигнала, дБ			
			$L_s = 64$	$L_s = 70$	$L_s = 76$	$L_s = 84$
1	180 - 224	200	54	60	66	74
2	224 - 280	250	58	64	70	78
3	280 - 355	315	56	62	68	76
4	355 - 450	400	58	64	70	78
5	450 - 560	500	56	62	68	76
6	560 - 710	630	50	56	62	70
7	710 - 900	800	44	50	56	64
8	900 - 1120	1000	45	51	57	65
9	1120 - 1400	1250	45	51	57	65
10	1400 - 1800	1600	42	48	54	62
11	1800 - 2240	2000	38	44	50	58
12	2240 - 2800	2500	39	45	51	59
13	2800 - 3550	3150	38	44	50	58
14	3550 - 4500	4000	37	43	49	57
15	4500 - 5600	5000	33	39	45	53
16	5600 - 7100	6300	31	37	43	51
17	7100 - 9000	8000	30	36	42	50
18	9000 - 11200	10000	27	33	39	47

Математическая модель ИАС описывается выражением (1), осуществляющим преобразование интегрального уровня речевого сигнала L_S , в его спектральные уровни $L_{S_i}(f_{cp_i})$ в 1/3 ОП. Результат преобразования представляет собой массив данных.

В лабораторном практикуме можем получить такой массив из экспериментальных данных, обработав речевой сигнал, поступивший на анализ, цифровыми октавными (или долеоктавными) фильтрами.

Разместив измерительный микрофон, подключенный к компьютеру, на расстоянии 1 м от источника можем получить интегральный уровень речевого сигнала, с помощью ПО произведем 1/3 октавный анализ, полученные значения спектральных уровней будем использовать в дальнейшей работе.

2. Модель среды распространения АС

Данная модель, учитывая пространственные и энергетические условия разведывательного контакта, описывает неравномерное зависящее от частоты ослабление речевого сигнала в процессе его распространения с учетом особенностей акустики конкретных ВП, их звукоизолирующих и звукопоглощающих возможностей. Из структурно-пространственной модели АКУРИ следует, что возможны 4 варианта пространственных условий разведывательного контакта, задаваемых формализованными параметрами $p1, p2$: подслушивание в открытом пространстве ($p1=p2=0$); подслушивание в ВП ($p1=0, p2=1$); подслушивание за пределами ВП в открытом пространстве ($p1=1, p2=0$); подслушивание в СП ($p1=p2=1$). Исходя из таких условий, спектральный уровень L_{c_i} АС в точке размещения АПрм определяется системой:

$$L_{c_i} = \begin{cases} L_i - 20 \lg(r_0) - \frac{\beta_i r_0}{1000}, & \text{if } p1 = p2 = 0; \\ 10 \lg(10^{0,1 L_{nb_i}} + 10^{0,1 L_{d_i}}) = L_{n1_i}, & \text{if } p1 = 0, p2 = 1; \\ L_{n1_i} - Z_i - 20 \lg(r_2), & \text{if } p1 = 1, p2 = 0; \\ 10 \lg\left(10^{0,1(L_{nb_i} - Z_i)} + 10^{\lg\left(\frac{S_n}{\alpha_{2i}^2 S_2}\right)}\right), & \text{if } p1 = p2 = 1; \end{cases} \quad (3)$$

где L_i – спектральный уровень АС на выходе источника, дБ;

r_0 – расстояние от ИАС до АПрм в открытом пространстве, м;

β – величина коэффициента затухания звука в воздухе;

L_{nb_i} – спектральный уровень АС в точке приема в ВП, создаваемый прямой волной, дБ;

Ld_i – спектральный уровень АС в точке приема в ВП, создаваемый диффузной составляющей поля, дБ;

Ln_{1i} – спектральный уровень АС на границе сред воздух – ограждающая конструкция (ОК) в ВП, дБ;

Z_i – коэффициент потерь (затухания) АС в твердой среде распространения (звукоизолирующей ОК), дБ,

r_2 – расстояние от наружной поверхности ОК до точки приема АС в открытом пространстве, м;

S_n – площадь ОК между ВП и СП, м²;

S_2 – площадь внутренних поверхностей СП, в котором размещается ТСАР, м²;

α_{2i} – средний спектральный коэффициент звукопоглощения звука в СП.

Значения спектральных уровней АС, создаваемых прямой волной и диффузионной составляющей поля, в точке приема определяются согласно формулам

$$L_{nb_i} = L_i = 20 \lg(r_1),$$

$$L_{d_i} = 10 \lg \left[\frac{10^{0,1 * L_i * 4 * (1 - \alpha_1)}}{\alpha_1 * S_1} \right], [\text{дБ}], \quad (4)$$

где S_1 – площадь внутренних поверхностей ВП, м²;

α_{1i} – средний спектральный коэффициент звукопоглощения звука в ВП;

r_1 – расстояние от источника АС до контрольной точки приема на внутренней поверхности ВП, м.

Итак, с помощью модели среды распространения АС, описываемой выражениями (3) и (4), рассчитываются спектральные уровни Lc_i речевого сигнала на входе АПрм ТСАР для различных вариантов разведывательного контакта. При этом величина Lc_i существенным образом зависит от величины коэффициента потерь Z_i , который имеет различные значения для различных ОК (стен, потолка, поля, окон, дверей). Типовые значения коэффициентов Z_i , указываются в справочниках.

3. Модель акустических помех и шумов

Важнейшими факторами, влияющими на разборчивость речи, являются акустические естественные шумы и преднамеренные помехи, т.к. процесс восприятия речи в шуме сопровождается потерями составных элементов (формант и фонем) речевого сообщения. При этом разборчивость речи будет зависеть от уровня и вида помех (шума) в месте размещения приемника ТСАР.

Спектральный уровень суммарного шума $L_{ш_i}$, наводимый на входе АПрм, определяется выражением

$$L_{ш_i} = L_{e_i} + \rho [Ln_i - Z_i + 10 \lg(S_n)], \text{ [дБ]} \quad (5)$$

где L_{e_i} , Ln_i — соответственно спектральные уровни естественного шума и преднамеренных помех в АКУРИ, измеряемые на входе АПрм.

Усредненные (среднестатистические) спектральные уровни Le_i акустических шумов в ОП для типовых помещений и территорий приведены в СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».

Формализованный параметр ρ характеризует применение активных помех (при $\rho = 1$).

Следует отметить, что среда распространения также влияет на величину спектрального уровня преднамеренных помех Ln_i , поэтому в выражение (5) введен коэффициент потерь Z_i в ОК, а также коэффициент, учитывающий размеры площади ограждающей конструкции S_n между ВП и СП, как вторичного источника помехового поля.

Спектральный уровень преднамеренного шума Ln_i в контрольной точке приема определяется выражением

$$Ln_i = L_{no_i} + a 10 \lg \left(\frac{x * \varphi}{\Omega * r_1^2} + \frac{4}{K d_i * B_i} \right) + v * 10 \lg(Kv), \text{ дБ} \quad (6)$$

где L_{no_i} — спектральный уровень преднамеренного шума на выходе источника помех,

a — формализованный параметр, учитывающий наличие источника акустических помех;

v — формализованный параметр, учитывающий наличие источника виброакустических помех;

X — коэффициент, учитывающий влияние внешнего поля и зависящий от отношения расстояния от источника помех до контрольной точки приема и максимальными габаритами источника, X лежит в пределах от 1 до 3;

φ — фактор, зависящий от направленности источника помех;

Ω — пространственный угол излучения источника помех;

Kd — коэффициент нарушения диффузности в ВП, принимающий значения 1,25; 1,6; 2 и 2,5 в зависимости от величины среднего коэффициента звукопоглощения в ВП ;

Kv — количество вибродатчиков;

Bi — акустическая постоянная ВП в 1/3 ОП, которая определяется следующим образом:

$$B_i = \frac{\alpha_{1i} * S_{пов} - \alpha_{1i} * S_n + n_z * S_z * \alpha_{zi}}{1 - \alpha_{1i}}, \quad (7)$$

где α_{1i} — средний спектральный коэффициент звукопоглощения ОК в ВП;

$S_{пов}$ — площадь внутренней поверхности ВП;

S_n — площадь ОК между ВП и СП;

α_{zi} — спектральный коэффициент звукопоглощения дополнительного звукопоглотителя;

n_z — количество звукопоглотителей в защищаемой ОК;

S_z — площадь звукопоглощающей конструкции.

Для защиты речи от подслушивания с помощью ТСАР активно применяются генераторы преднамеренных акустических помех (АП), которые создают шумовые помехи типа белый, розовый или окрашенный шум, а также речеподобные помехи.

Математически преднамеренная АП описывается спектральной плотностью мощности шума $g_{ш}$ и средними спектральными уровнями шума $L_{ш}$ в 1/3 ОП. Рассмотрим математическое описание помех. Так, средний спектральный уровень белого шума в 1/3 ОП определяется выражением (7), а розового шума – выражением (8), т.е.

$$L_{бш_i} = 10 \lg [g_{бш} * (f_{в_i} - f_{н_i})], \text{ дБ} \quad (8)$$

$$\text{где } g_{бш} = \frac{10^{0,1 * L_{П}}}{f_{в_N} - f_{Н_1}}.$$

$$L_{рш_i} = 10 \lg [g_{рш} * (\ln(f_{в_i}) - \ln(f_{н_i}))], \text{ дБ} \quad (9)$$

$$\text{где } g_{рш} = \frac{10^{0,1 * L_{П}}}{\ln\left(\frac{1}{f_{Н_1}}\right) - \ln\left(\frac{1}{f_{в_N}}\right)},$$

$L_{П}$ — интегральный уровень преднамеренной помехи, создаваемый источником помех.

Для речи близкой к оптимальной помехе считается окрашенный шум, спектр которого близок к усредненному спектру речи. Средний спектральный уровень окрашенного шума в 1/3 ОП равен

$$L_{\text{ош}_i} = 10 \lg(k_i * 10^{0.1 * L_{\text{п}}}), \text{ дБ} \quad (10)$$

где k_i — весовой коэффициент, характеризующий вероятность наличия формант речевого сигнала в i -й полосе частот.

Наиболее эффективной помехой для речевой информации является речеподобная помеха (речевой хор) [22] со спектральным уровнем в 1/3 ОП, равным

$$L_{px_i} = 10 \lg \left(k_i \frac{10^{0.1 * L_{\text{п}}}}{s+1} + \sum_{s=1}^S \left(1 - \exp \left(-225 / L_{S_i} \right) R_{sn_{i,s}} \right) \right), \quad (11)$$

где S — количество помеховых речеподобных сигналов (фонограмм);

L_{si} — спектральный уровень исходного (передаваемого) речевого сигнала в 1/3 ОП;

R_{snis} — коэффициент корреляции между спектрами переданного и сгенерированных речевых сигналов в 1/3 ОП.

Итак, выражения (5) — (11) представляют собой математическую модель, описывающую спектральный уровень суммарного шума на входе АПрм, создаваемый за счет наличия естественных шумов и действия системы подавления, генерирующей одну из типовых помех. При этом величина спектрального уровня преднамеренной помехи $L_{\text{по}_i}$ на выходе источника помех в выражении (6) определяется с помощью выражений (8) — (11) в зависимости от типа генерируемого шума.

4. Модель с преднамеренными шумами

Особенность АКУРИ состоит в том, что семантический анализ речи, перехваченной с помощью ТСАР, производит человек. С учетом этой особенности, а также выбранного формантного метода оценки математическая модель АПрм должна описывать функциональную зависимость интегральной величины, характеризующей разборчивость (артикуляцию) речи, от отношения уровней сигнал/шума на входе приемника, т.е. от энергетических условий разведывательного контакта. Для удобства вычисления данный интегральный функционал следует заменить взвешенной суммой, позволяющей производить расчет формантной разборчивости речи R :

$$R = \sum_{i=1}^n k_i r_i(Q_i), \quad (12)$$

где i — номер 1/3 ОП,

n — их число,

ki — весовые коэффициенты, характеризующие вероятность наличия формант в 1/3 ОП, т.е. их весовой вклад в разборчивость,

$ri(Qi)$ — коэффициент восприятия формант, зависящий от относительного уровня Qi сигнал/шум, т.е.

$$Q_i = q_i - \Delta A_i = Lc_i - Lш_i - \Delta A_i + \theta * K_{нд_i} + mK_{ош_i}, \quad \text{дБ}, \quad (13)$$

где qi — энергетическое соотношение уровней АС и АП;

ΔAi — формантный параметр, характеризующий энергетическую избыточность дискретной составляющей АС (приведен в табл.П.3);

θ и m — формализованные параметры, уточняющие энергетические условия разведывательного контакта.

Таблица П.3 — Характеристики октавных полос частотного диапазона речи

Номер полосы	Среднегеометрическая частота полосы, f_j , Гц	Весовой коэффициент полосы, k_j	Значение формантного параметра речи в полосе, A_j , дБ
1	125	0,01	25
2	250	0,03	18
3	500	0,12	14
4	1000	0,20	9
5	2000	0,30	6
6	4000	0,26	5
7	8000	0,07	4

Если $\theta = 1$, то прослушивание речи осуществляется с использованием ТСАР (остронаправленных микрофонов), если $m = 1$, то прослушивание речи осуществляется с использованием технических средств шумовой очистки речи; $K_{нд_i}$ — коэффициент направленного действия (КНД) микрофона в 1/3 ОП, характеризующий энергетический выигрыш за счет его применения, дБ; $K_{ош_i}$ — коэффициент улучшения отношения сигнал/шум в 1/3 ОП за счет применения средств шумовой очистки, дБ.

Значения коэффициентов $ri(Qi)$ и ki определяется с помощью аналитических соотношений (12) и (13), обеспечивающих ошибку аппроксимации менее 1 %,

$$r_i = \left| \gamma_i - \left(\frac{0.78 + 5.46 * \exp(-4.3 * 10^{-3} * (27.3 - |Q_i|)^2)}{1 + 10^{0.1 * |Q_i|}} \right) \right|,$$

$$\text{где } \gamma_i = \begin{cases} 1, & \text{if } Q_i > 0, \\ 0, & \text{if } Q_i \leq 0, \end{cases} \quad (14)$$

$$k_i = \begin{cases} 2.57 * 10^{-8} * [f_{в.и}^{2.4} - f_{н.и}^{2.4}], & \text{if } f \leq 400 \text{ Гц}, \\ 1.074 * [\exp(-10^{-4} * f_{в.и}^{1.18}) - \exp(-10^{-4} * f_{н.и}^{1.18})], & \end{cases} \quad (15)$$

Теперь, расчет словесной разборчивости речи W легко осуществляется с помощью следующего выражения:

$$W = \begin{cases} 1.54 * R^{0.25} * [1 - \exp(-11 * R)], & \text{if } R < 0.15; \\ 1 - \exp\left(-\frac{11 * R}{1 + 0.7 * R}\right), & \text{if } R \geq 0.15. \end{cases} \quad (16)$$

Выражения (12) — (16) представляют собой математическую модель АПрм, при этом выражение (13) определяет энергетические условия разведывательного контакта, от которого зависит форматная разборчивость речи, а выражение (16) описывает зависимость величины словесной разборчивости речи от форматной разборчивости.

Приложение 3

ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ АКУРИ

Проведём анализ для заданного помещения (на примере I-B-410). Полноценная структурно-пространственная модель АКУРИ для лаборатории представлена на рисунке П2.

Возможны пять вариантов формирования канала утечки информации. Закладные устройства (ЗУ) могут быть размещены:

- внутри самого помещения I-B-410 (первичный преобразователь — микрофон, далее — запись на диктофон, либо передача по радиоканалу, инфракрасному либо электрическому каналу за пределы выделенного помещения);

- в двух соседних помещениях: I-B-410а (разделены гипсокартонной перегородкой) и I-B-411 (разделены капитальной перегородкой) — первичный преобразователь ЗУ может быть виброакустическим (стетоскоп) либо микрофонного типа;

- в коридоре (стена капитальная, толщина 0,5 м, дверь деревянная);

- за окном (если окна открыты — создается канал для передачи информации на узконаправленные микрофоны, если закрыто — могут быть использованы лазерные микрофоны либо стетоскопы, размещенные на стеклах.)

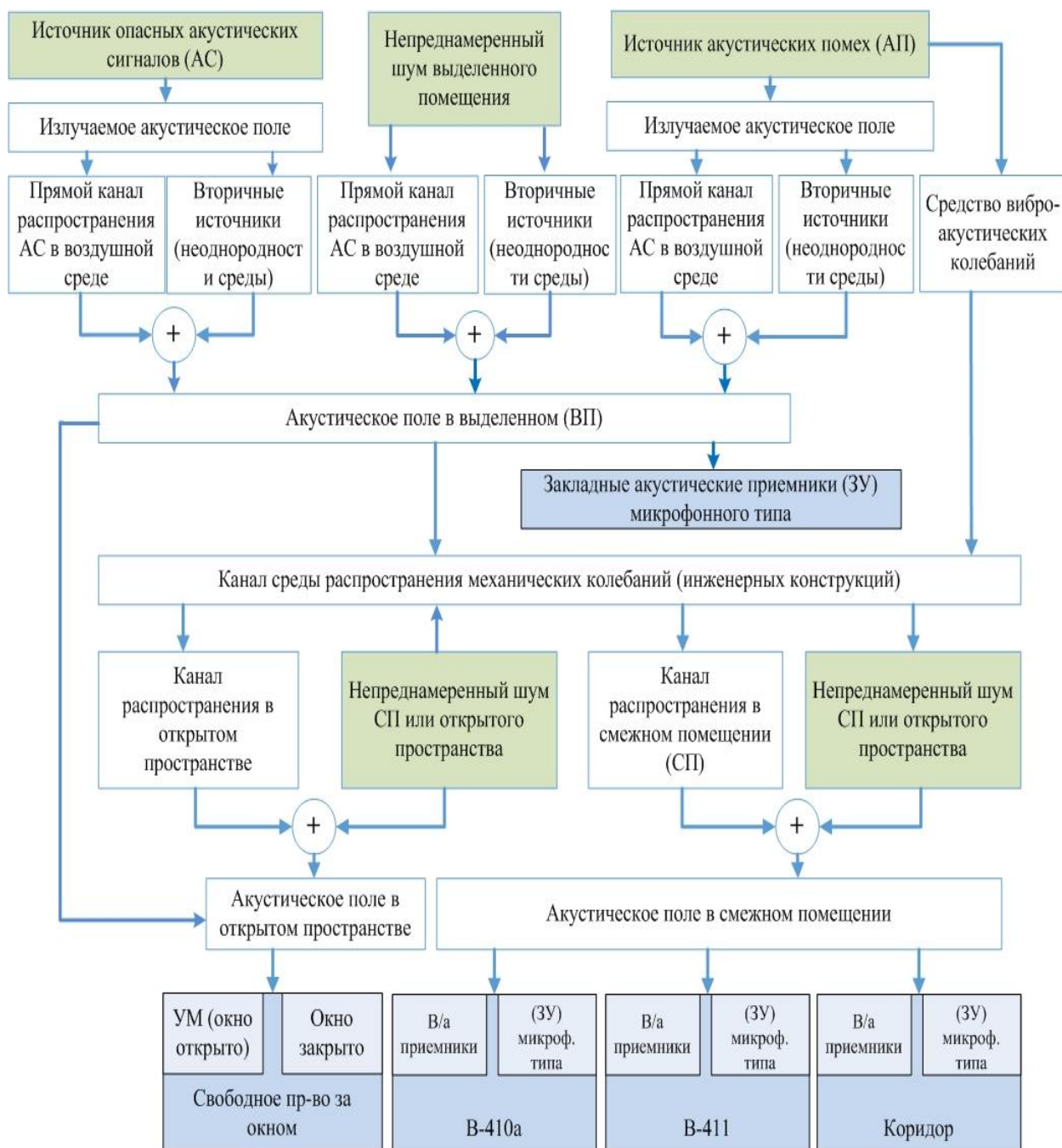


Рис. П.2 — Полная схема АКУРИ лаборатории В-410

Рассмотрим принцип определения частных моделей, которые учитывают конкретный способ организации утечки и технические характеристики вероятных разведустройств.

На рис. П.3 представлена модель АКУРИ 1 (вариант 1 — для разведустройств микрофонного типа, расположенных внутри помещения), здесь приведен идеализированный — без непреднамеренных шумов вариант.

Для данного канала необходимо использовать сочетание $p1=0, p2=1$ (подслушивание в ВП) формулы (3).

Тогда спектральный уровень L_{ci} АС в точке размещения АПрм определится выражением:

$$L_{ci} = 10 \lg(10^{0,1L_{nb_i}} + 10^{0,1L_{di}}) = L_{n1_i}.$$

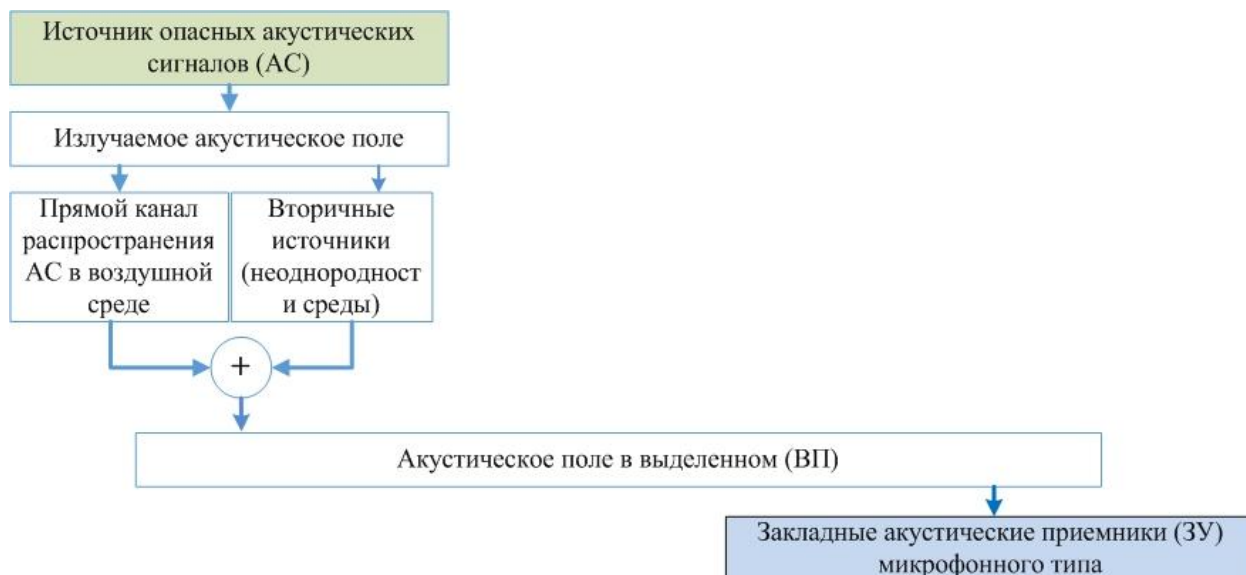


Рис. П.3 — Идеализированная модель АКУРИ 1 для лаборатории В-410

Рассматривая расположение разведустройств за пределами помещения, исключим наименее вероятные и обеспечивающие наименьшую слышимость варианты — узконаправленные микрофоны для открытого пространства, радио-вибропреобразователи, устанавливаемые на стекла, устройства, расположенные в помещениях I-B-410a и в аудитории I-B-411— их можно предложить как вариативные для расчетов студентов.

На рисунке П.4 представлена наиболее вероятная идеализированная модель АКУРИ 2 (вариант 2 — расположение разведустройств микрофонного и вибропреобразовательного типа в коридоре).

В данном случае необходимо при расчете использовать сочетание ($p1=p2=1$). Исходя из таких условий, спектральный уровень L_{ci} АС в точке возможного размещения АПрм определится выражением:

$$L_{ci} = 10 \lg \left(10^{0,1(L_{nb_i} - Z_i)} + 10^{\lg \left(\frac{S_n}{\alpha 2_i S_2} \right)} \right)$$

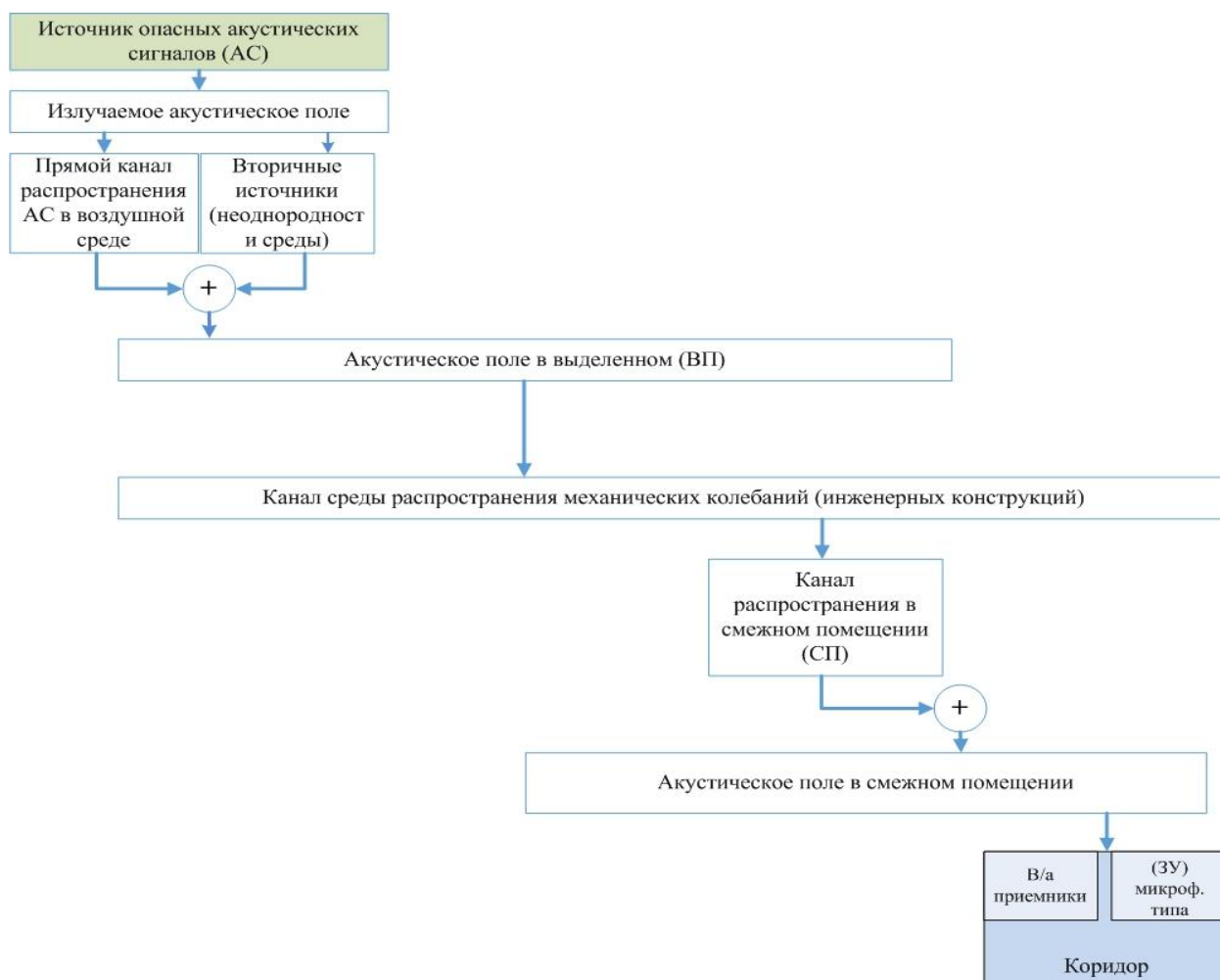


Рис. П.4 — Идеализированная модель АКУРИ 2 для лаборатории I-B-410

Следует выбрать один или несколько различных вариантов защиты, изменяя материалы ограждающих конструкций (стен, дверей), дополнительную шумоизоляцию двери и т.п.

Такой расчет необходимо производить при анализе реальной (не идеализированной) модели АКУРИ 1 (рис.П.5).

Непреднамеренные шумы рассматриваются в модели АКУРИ, как дополнительные источники. Учет непреднамеренных шумов представлен на рис. П.5



Рис. П.5 — Реальная модель АКУРИ 1 для лаборатории I-B-410

В процессе проведения лабораторного эксперимента может быть учтена зашумленность, вызванная разговорами и перемещениями людей, находящихся в помещении, а также фоновые шумы, создаваемые вычислительной техникой, кондиционерами, производственным оборудованием.

И на завершающем этапе анализа структурно-пространственной модели введем активную защиту — специально сформированные шумы. Модель АКУРИ в этом случае также рассматривается для наихудшего случая — расположения разведустроств внутри помещения — АКУРИ 1, приведена на рис. П.6.



Рис. П.6 — Реальная модель АКУРИ 1 с применением активных помех для лаборатории I-B-410