

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Факультет приборостроения,
информационных технологий и
электроники

Кафедра
«Информационная безопасность
систем и технологий»

Специальность 100503 –

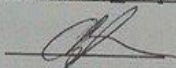
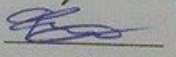
Специализация -

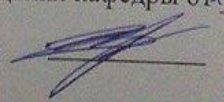
Информационная безопасность
автоматизированных систем
Защищенные автоматизированные
системы управления

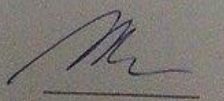
ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ ПО
АКУСТИЧЕСКОМУ КАНАЛУ

Студент		Постнов Сергей Владимирович
Руководитель		Егорова Н.А.
Нормоконтролёр		Фатеев А.Г.
Рецензент <u>ведущий инженер АО «ПНИЭИ»</u>		Грунин С.Б.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 20.06.2016 № 14)
Заведующий кафедрой  С.Л. Зефи́ров

Работа защищена с отметкой хорошо (протокол заседания ГЭК
от 24.06.16 № 16)
Секретарь ГЭК  А.П. Ивано́в

РЕФЕРАТ

Отчет содержит 78 с., 56 рис., 4 табл., 13 источников, 3 прил.

ИНФОРМАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЙ КАНАЛ УТЕЧКИ
ИНФОРМАЦИИ, БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ, ЗАЩИТА
ИНФОРМАЦИИ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА,
КОНТРОЛИРУЕМАЯ ЗОНА.

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является разработка и создание лабораторного стенда для исследования утечки информации по акустическим каналам.

В процессе выполнения ВКР были рассмотрены акустические каналы утечки информации. Рассмотрены средства съема акустической информации, которые можно приобрести в свободном доступе.

В результате выполнения ВКР была разработана структурная схема лабораторного стенда, схема электрическая принципиальная микрофонного усилителя, разработан алгоритм проведения лабораторной работы, создан работоспособный лабораторный стенд для изучения акустических каналов утечки информации. Составлены рекомендации по использованию лабораторного стенда на лабораторных работах по дисциплине «Технической защиты информации».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Описание акустических каналов утечки информации.....	5
1.1 Характеристики акустических сигналов.....	5
1.2 Акустические каналы утечки информации.....	8
1.3 Разборчивость речи	10
2 Обзор средств съема акустической информации	20
3 Выбор компонентов лабораторного стенда	23
4 Разработка схемы электрической принципиальной лабораторного стенда.....	24
4.1 Выбор схемы микрофонного усилителя	24
4.2 Реализация выбранной схемы на операционном усилителе.....	33
4.3 Разработка вторичного источника питания	37
4.4 Применение экранирования	45
5 Результаты проверки лабораторного стенда.....	47
6 Инструкция по использованию лабораторного стенда.....	49
Заключение	50
Список использованных источников	51
Приложение А Методические рекомендации по подготовке и проведению лабораторных работ	53
Приложение Б Пример отчета получаемого в результате выполнения лабораторной работы	69
Приложение В Схема электрическая принципиальная лабораторного стенда Перечень элементов	77

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение информационной безопасности в наши дни является одной из приоритетных задач, поставленных перед руководителями и специалистами информационной безопасности различных предприятий. От целостности и неприкосновенности сведений, содержащих различного рода тайну, зависит не только благополучие той или иной организации, но и сам факт её существования.

Целью данной выпускной квалификационной работы является создание стенда для проведения лабораторных работ, направленных на изучение утечки информации по акустическим каналам связи. Для достижения этой цели необходимо:

- произвести описание акустических каналов утечки информации;
- произвести обзор средств съема акустической информации;
- произвести выбор компонентов лабораторного стенда;
- произвести разработку схемы электрической принципиальной лабораторного стенда;
- произвести проверку работоспособности созданного лабораторного стенда;
- составить инструкцию по использованию лабораторного стенда.

В ходе проведения лабораторных работ учащиеся будут изучать принцип действия и основные характеристики специальных средств съема акустической информации. При этом ставятся цели, как удовлетворения требований технического задания на выпускную квалификационную работу, так и создание работоспособной модели акустической системы перехвата информации.

Актуальность данной работы заключается в том, что на кафедре отсутствует стенд для изучения утечек по акустическому каналу с использованием специальных средств съема речевой информации, однако данный лабораторный практикум предусмотрен в курсе изучения программы “Технической защиты информации”.

1 Описание акустических каналов утечки информации

1.1 Характеристики акустических сигналов

Звук – это колебательное движение упругой среды [1]. Процесс распространения колебательного движения в среде называется звуковой волной. За один полный период колебания T , показанный на рисунке 1, звуковой процесс распространяется в среде на расстояние, равное длине волны λ , со скоростью v :

$$f = 1/T, \text{Гц}$$

$$\lambda = v \times T, \text{м}$$

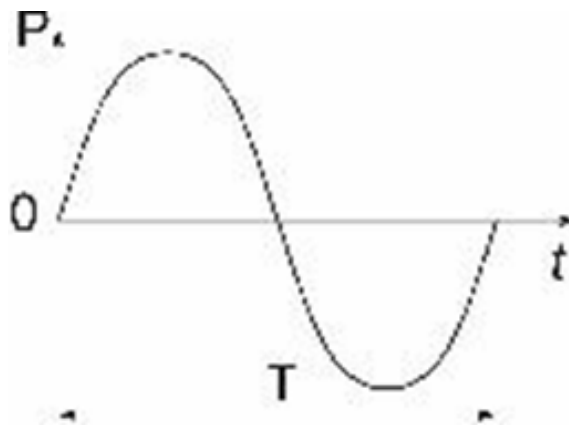


Рисунок 1 - Полный период колебания

Длина волны зависит от скорости распространения звука в среде v [1]:

- воздух – 340 м/с;
- вода – 1490 м/с;
- кирпич – 2300м/с;
- бетон – 3700 м/с;
- сталь – 5200 м/с.

Изменение давления в звуковой волне относительно среднего значения называется звуковым давлением P и измеряется в паскалях. Один паскаль – это давление, создаваемое силой в один ньютон, действующей на площадь один квадратный метр [2].

В акустике принято использование относительных единиц измерения уровня звукового давления – децибел.

$$L_{\text{дБ}} = 20 \times \lg(P:P_0)$$

В качестве P_0 выбрана величина P_0 равно 2 умноженное на 10 в степени минус 5 Па, что соответствует минимальному звуковому давлению, воспринимаемому человеческим слухом. При этом изменение уровня звукового давления на 1 дБ является минимальной различаемой человеческим слухом величиной изменения громкости [3].

Следует отметить, что в акустике при частотном анализе сигналов используют стандартизированные частотные полосы шириной в 1 октаву, треть октавы, двенадцатую часть октавы. Октава – это полоса частот, у которой верхняя граничная частота в два раза больше нижней граничной частоты[4].

$$\Delta f = (f_B - f_H) = 1 \text{ окт, если } f_B = 2 \times f_H$$

Среднегеометрические и граничные частоты стандартных октавных полос приведены в таблице 1 [5]. Речевой сигнал представляет собой сложный частотно- и амплитудно-модулированный шумовой процесс, характеризующийся следующими основными статистическими параметрами: частотный диапазон; уровень речевых сигналов; динамический диапазон.

Таблица 1- Основные акустические параметры речевых сигналов

Среднегеометрические значения октавных полос, Гц	Граничные частоты и диапазоны октавных полос, Гц
63	45...90
125	90...180
250	180...355
500	355...710
1000	710...1400
2000	1400...2800
4000	2800...5600
8000	5600...11200

Частотный диапазон речи лежит в пределах от 70 до 7000 Гц. Энергия акустических колебаний в пределах указанного диапазона распределена неравномерно. На рисунке 2 кривой 1 представлен вид среднестатистического спектра русской речи. Следует отметить, что порядка 95 % энергии речевого сигнала лежит в диапазоне от 175 до 5600 Гц [5].

Важно отметить, что информативная насыщенность отдельных участков спектра речи неравномерна. Кривой 2 на рисунке 2 представлен вклад отдельных участков спектра речи в суммарную словесную разборчивость $S_{сл}$.

Уровни речевых сигналов. В различных условиях человек обменивается устной информацией с различным уровнем громкости, при этом создаются следующие уровни звукового давления [5]:

- тихий шепот от 35 до 40 дБ;
- спокойная беседа от 55 до 60 дБ;
- выступление в аудитории без средств звукоусиления от 65 до 70 дБ.

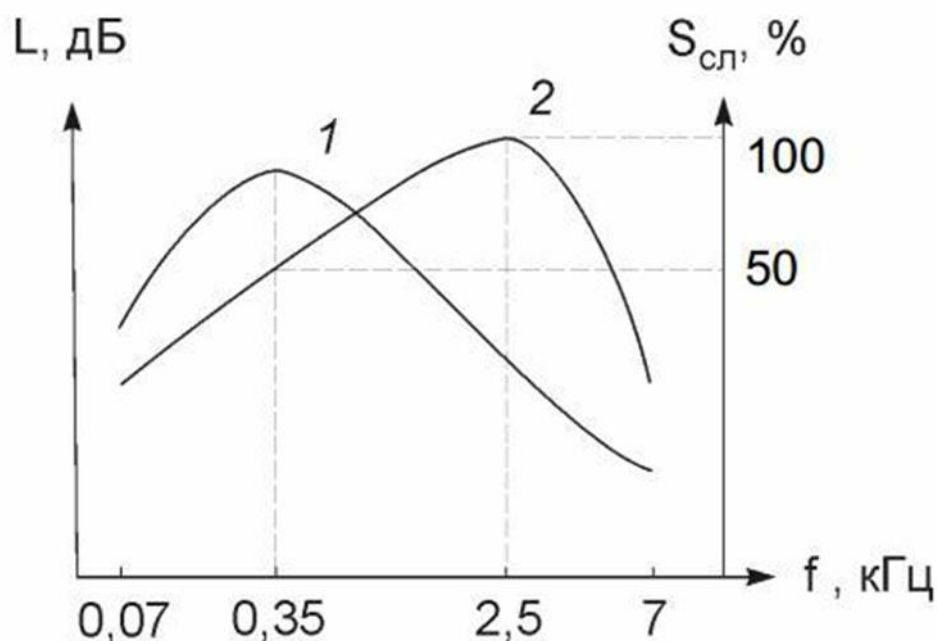


Рисунок 2 - Среднестатистический спектр русской речи

Динамический диапазон. Уровень речи в процессе озвучивания одного сообщения может меняться в значительных пределах. Разность между квазимаксимальными и квазимиимальными уровнями для различных видов речи составляет [5]:

- дикторская речь от 25 до 35 дБ;
- телефонные переговоры от 35 до 45 дБ;
- драматическая речь от 45 до 55 дБ.

1.2 Акустические каналы утечки информации

В акустических каналах утечки информации средой распространения речевых сигналов является воздух, и для их перехвата используются высокочувствительные микрофоны и специальные направленные микрофоны, которые соединяются с портативными звукозаписывающими устройствами или со специальными миниатюрными передатчиками [5].

Обнаружить аппаратуру съема информации по акустическому и виброакустическому каналам достаточно трудно, так как она может устанавливаться за пределами контролируемого помещения, а в ряде случаев – на достаточно большом расстоянии от него.

Речь, вызывающая акустические сигналы, представляет собой механические колебания воздушной среды, распространяющиеся во всех направлениях. Попадая на твердые поверхности (стены, перегородки), они преобразуются в структурные вибрационные сигналы, которые, оставаясь по своей природе механическими, распространяются по строительным конструкциям зданий[6]. На рисунке 3 схематически показаны возможные пути утечки акустических и вибрационных сигналов из помещения. Можно выделить следующие типовые конструкции, по которым передаются речевые сигналы:

- для прямого акустического канала: несущие стены зданий, перегородки, перекрытия зданий, окна, двери, вентиляционные воздуховоды;
- для виброакустического канала: стены и перегородки, перекрытия, оконные рамы, дверные коробки, трубопроводы, короба вентиляции.

Если акустические и вибрационные датчики установлены на этих конструкциях за пределами помещения, это дает возможность принять речевые сигналы и проконтролировать разговоры внутри него. При этом необязательно скрытно проникать в помещение – достаточно приблизиться к нему снаружи. Установить датчик можно и дистанционным способом – с помощью специальных выстреливающих устройств (например, на оконную

раму). Иногда используют лазерные устройства и направленные микрофоны. Действие лазерных устройств основано на принципе снятия вибраций (речевых сигналов) с оконного стекла, а направленные микрофоны снимают речевую информацию по акустическому каналу (например, через открытые окна или фрамуги)[5].

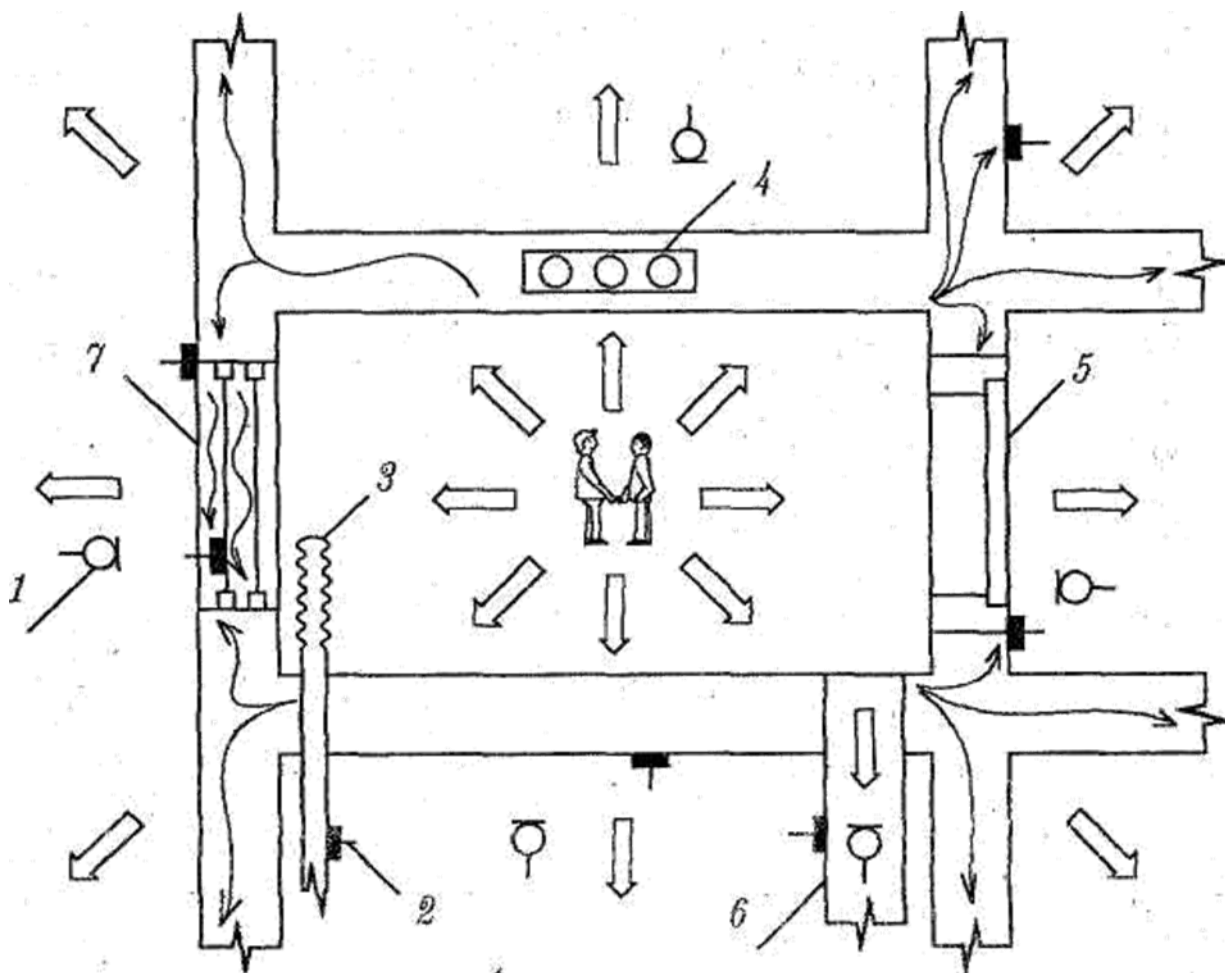


Рисунок 3 - Схема акустических и виброакустических каналов утечки информации в помещении

На рисунке 3 обозначены:

- 1 – микрофон подслушивания;
- 2 – вибродатчики подслушивания;
- 3 – батарея отопления;
- 4 – полость для кабелей;
- 5 – дверь;
- 6 – воздушные вентиляции;

– 7 – окно.

Злоумышленник выбирает канал прослушивания и тактику действий, исходя из вида объекта и обстановки. Можно выделить три вида объектов:

– объект прослушивания представляет собой помещение в здании, занятом несколькими организациями. Эта ситуация встречается наиболее часто и обычными каналами прослушивания при этом являются воздуховоды вентиляционной системы, общей для всего здания, перегородки и перекрытия, трубопроводы отопления и водоснабжения;

– объект находится в отдельном здании, к которому имеется свободный доступ. Эта ситуация характерна для помещений, расположенных на нижних этажах при отсутствии своей охраняемой территории, хотя бы с небольшой (от 5 до 10 м) зоной контроля. В таких случаях уязвимыми местами считаются оконные рамы, выходы вентиляционных отверстий, оконные кондиционеры;

– объект – здание с охраняемой территорией. В этом случае эффективно будет применение дистанционных методов контроля. Тактика их использования будет выбрана в зависимости от расположения помещения (здания) и окружающих его строений, растительности и т.п., наличия вокруг объекта мест, из которых могут скрытно использовать лазерные средства, направленные микрофоны или выстреливающие устройства доставки виброзакладок [5].

1.3 Разборчивость речи

Речевой сигнал представляет собой реакцию резонансной системы голосового тракта на возбуждение его одним или несколькими генераторами звуковых колебаний. Иными словами, звуковые колебания, создаваемые в окружающем пространстве, могут быть представлены как сложные функции, зависящие от параметров соответствующих генераторов звуковых колебаний и от параметров сложных систем резонаторов. Резонаторы образуются полостями рта и глотки, а в ряде случаев и носовой полостью.

Звуковые колебания количественно измеряются величиной звукового

давления, которое зависит от частоты. Частотные области со спектральными максимумами, характерные для каждого звука, называются формантами. Форманты нумеруются в порядке возрастания частоты и нумеруются F_1 , F_2 , F_3 и т.д., а формантные частоты - соответственно f_1 , f_2 , f_3 , и т.д. [5].

В итоге рассмотрения временных и спектральных характеристик звуков речи можно выделить три основных фактора, играющих большую роль в анализе и синтезе речи [5]:

- основная информация гласных и некоторых согласных заключается почти исключительно в формантах;
- для восприятия согласных наиболее важную роль играют переходные характеристики (временные изменения амплитуд, изменения частот формант);
- непрерывность временных изменений частот формант и амплитуд составляющих является характерным признаком всех гласных и большей части согласных.

К этому следует добавить, что для опознавания имеют значение как временные огибающие всего речевого сигнала, так и временные огибающие отдельных формантных областей. Однако, для распознавания звуков речи и выделения речевой информации главными факторами являются соотношения между формантными частотами и форма спектральной огибающей, для идентификации речи (определение личности говорящего) имеет значение и ширина полосы, и индивидуальные характеристики источника голоса [5].

Речевой сигнал можно отнести к полигармоническим сигналам и к нему могут быть применены все известные методы анализа периодических сигналов произвольной формы, причем речевой сигнал является низкочастотным сигналом, что в известной степени упрощает его анализ. Различают анализ в частотной области и во временной области.

Классическим методом анализа речевого сигнала в частотной области является спектральный анализ – разложение на гармонические составляющие

(так называемый Фурье-анализ). В настоящее время разработан мощный математический аппарат для спектрального анализа сигналов с помощью ПЭВМ, и он успешно применяется на практике. Существует большое количество цифровых анализаторов спектра, работающих в реальном масштабе времени и позволяющего провести анализ речевого сигнала с высокой степенью точности, как в частотной, так и во временной области. Примером анализатора, позволяющего провести анализ речевого сигнала в частотной и временной области, может служить ПЭВМ с устройством ввода (АЦП) и программным обеспечением Spectralab [7].

Одним из нормированных показателей оценки качества трактов (аппаратуры) телефонной связи, в которых используется аналоговый речевой сигнал, является разборчивость речи W , под которой понимается относительное количество (в процентах) правильно принятых, переданных по тракту элементов (слов, слов, фраз) артикуляционных таблиц[5].

Оценка разборчивости речи должна проводиться методом артикуляционных измерений бригадой операторов (дикторов и аудиторов), не имеющих явных дефектов речи и слуха, в возрасте от 18 до 30 лет, в составе которой должно быть не менее трех дикторов (двух мужчин и одной женщины) и трех аудиторов. Учитывая, что время работы бригады должно быть не более 4 часов за один день, оценка качества трактов связи занимает несколько недель. Показатель словесной разборчивости речи можно использовать и для оценки эффективности защищенности технических каналов от утечки речевой информации, но при этом метод артикуляционных измерений из-за сложности и длительности проведения в практической деятельности не применим [6].

Наиболее целесообразно для оценки разборчивости речи использовать инструментально-расчетный метод, не требующий проведения артикуляционных измерений.

Контроль выполнения норм защищенности речевой информации от акустической речевой разведки осуществляется инструментально-расчетным

методом, который реализуется с использованием аттестованной измерительной аппаратуры общего применения и аналитических соотношений [6].

Контроль выполнения норм защищенности речевой информации включает следующие мероприятия:

- определение характера месторасположения источника речевой информации;
- определение вида речи и интегрального уровня речевого сигнала;
- выбор опасных средств речевой разведки, в отношении которых необходимо осуществить контроль выполнения норм;
- выбор аппаратуры контроля (метода контроля);
- выбор мест (контрольных точек) размещения аппаратуры контроля;
- проведение необходимых измерений и расчетов (применение инструментально-расчетного метода);
- оформление результатов контроля, сравнение полученных данных с нормированными значениями словесной разборчивости, оценка уровня защищенности речевой информации и выработка рекомендаций по принятию дополнительных мер защиты (пассивных или активных).

Определение характера месторасположения источника речевой информации предполагает установление типа места речевой деятельности (закрытые помещения или открытое пространство) и его обследование. Для закрытых помещений оцениваются:

- наличие и реальные границы контролируемой (охраняемой) зоны;
- архитектурные и планировочные решения;
- характер проводных и инженерных коммуникаций;
- оснащение помещений техническими средствами обработки информации и связи, техническими системами общего назначения;

- особенности оборудования интерьера и другие характерные особенности помещений.

Для открытых мест речевой деятельности оцениваются:

- наличие и реальные границы контролируемой зоны;
- удаленность места разговора от границы контролируемой зоны;
- наличие на прилегающей территории экранирующих препятствий и другие характерные особенности открытого пространства.

Выбор опасных средств речевой разведки производится по результатам обследования мест речевой деятельности. Для каждого типа аппаратуры речевой разведки устанавливается разведопасное направление и его особенности:

- расстояние до контролируемой зоны;
- возможные места установки аппаратуры разведки за границей контролируемой зоны;
- временные и другие факторы, влияющие на возможность использования аппаратуры речевой разведки (дневное время или ночное время, метеоусловия и др.).

Выбор аппаратуры контроля осуществляется по результатам определения опасных средств речевой разведки. Выбор мест (контрольных точек) размещения элементов аппаратуры контроля зависит от типа аппаратуры речевой разведки, в отношении которой осуществляется защита речевой информации [5].

При известном месте расположения источника речевого сигнала (рабочий стол, место беседы и пр.) точка установки источника тестовых акустических сигналов располагается в месте расположения источника речевого сигнала. При невозможности определения конкретного месторасположения источника речевого сигнала источник тестовых акустических сигналов располагается на расстоянии 1 м от ближайшей ограждающей конструкции на разведопасном направлении и на таком же

расстоянии от других ограждающих конструкций и предметов [5].

Контрольными точками установки акустического датчика (измерительного микрофона) являются места возможного размещения аппаратуры речевой разведки (стоянки автомобилей, автобусные остановки, скамейки для отдыха, окна близлежащих зданий и т. п.). При невозможности установки измерительного микрофона в реальных местах возможного расположения аппаратуры речевой разведки контрольные точки размещают на границе контролируемой (охраняемой) зоны. При этом в оформлении результатов контроля об этом делается оговорка [5].

При контроле защищенности речевой информации от виброакустической аппаратуры речевой разведки контрольными точками установки измерительного контактного микрофона (виброакустического датчика) являются внешние по отношению к источнику речевого сигнала поверхности различных ограждающих конструкций, инженерных коммуникаций и других предметов, которые находятся на разведопасных направлениях, а также возможные места на инженерных коммуникациях (строительных конструкциях и т.п.), доступных посторонним лицам [6].

Для контроля выполнения норм защищенности речевой информации от оптико-электронной аппаратуры речевой разведки используется также контактный виброакустический датчик, который крепится с помощью специальной пасты или клея на внешних поверхностях стекол окон или других отражающих пластин, колеблющихся под действием речевых акустических сигналов, и нормаль к их поверхности совпадает с разведопасным направлением [6].

При проведении измерений с использованием аппаратуры общего применения в каждом конкретном случае из контрольно-измерительной аппаратуры создается измерительная установка, состоящая из генератора тестовых сигналов (Г), усилителя мощности (УМ), акустического излучателя или акустической системы (АС), измерительного датчика (Д) (микрофон или виброакустический преобразователь) и спектроанализатора или шумомера

представленная на рисунке 4.



Рисунок 4 - Состав измерительной установки при контроле выполнения норм защищенности речевой информации с использованием спектроанализатора

При прочих равных условиях предпочтение необходимо отдавать измерительной установке со спектроанализатором.

В качестве генератора тестовых сигналов (Г) могут использоваться генераторы стандартных сигналов (ГСС) или генераторы «белого» шума (ГШ).

Если в качестве генератора тестовых сигналов использовать генераторы стандартных сигналов, то частоты тестовых сигналов должны соответствовать средним частотам октавных полос.

При прочих равных условиях предпочтение необходимо отдавать измерительной установке со спектроанализатором и генератором «белого» шума.

При проведении измерений выбранный уровень этого тестового сигнала поддерживается постоянным. Следует отметить, что каждое помещение и каждый элемент строительной конструкции имеют свои индивидуальные амплитудно-частотные характеристики распространения колебаний. Поэтому при распространении форма спектра первичного речевого сигнала изменяется в соответствии с передаточной характеристикой траектории распространения. Измерения при контроле защищенности речевой информации от акустической аппаратуры речевой разведки

аппаратурой контроля общего применения проводятся в следующей последовательности [6].

Измеряются уровни акустических сигналов в месте установки источника тестовых акустических сигналов $L_{тс.ак.i}$ (дБ) и в месте возможного размещения аппаратуры речевой разведки (в точке контроля) $L_{тс.p.i}$ (дБ) в каждой i -й октавной полосе или на средней частоте $f_{ср.i}$ каждой i -й октавной полосы.

Определяется коэффициент ослабления уровня речевого сигнала в i -й октавной полосе при его распространении в тракте «источник речи – приемник аппаратуры речевой разведки (датчик аппаратуры контроля) Z_i :

$$Z_i = L_{тс.ак.i} - L_{тс.p.i}, \text{ дБ}$$

Измеряются уровни акустических шумов $L_{ак.ш.i}$ (дБ) в точке возможного размещения аппаратуры разведки (в точке контроля) в каждой i -й октавной полосе.

Рассчитываются уровни скрываемого речевого сигнала $L_{скр.с.i}$ на входе приемника аппаратуры разведки в точке возможного ее размещения (в точке контроля) в каждой i -й октавной полосе:

$$L_{скр.с.i} = L_{ср.сп.i} - Z_i + M_{ак.p} + G_i$$

где $L_{ср.сп.i}$ – средний спектральный уровень речевого сигнала в месте установки источника тестовых акустических сигналов в i -й октавной полосе (табличное значение), дБ; G_i – коэффициент пространственной селекции микрофона аппаратуры акустической разведки в i -й октавной полосе, дБ; $M_{ак.p}$ – поправочный коэффициент акустической чувствительности микрофона, равный

$$M_{ак.p} = 10 \times \lg \left(\frac{N_p}{N_k} \right), \text{ дБ}$$

где N_p – чувствительность микрофона аппаратуры акустической разведки, мВ/Па; N_k – чувствительность микрофона аппаратуры контроля,

мВ/Па.

При проведении контроля защищенности речевой информации от вибро-акустической и оптико-электронной аппаратуры речевой разведки измерения проводятся в следующей последовательности [5].

Измеряются уровни тестовых акустических сигналов $L_{тс.ак.i}$ (дБ) на расстоянии 1 м от акустической системы в каждой i -й октавной полосе или на средней частоте $f_{ср.i}$ каждой i -й октавной полосы.

Измеряются уровни тестовых виброакустических сигналов $L_{тс.вак.i}$ (дБ) на внешней стороне ограждающей конструкции в точке возможного расположения вибродатчика аппаратуры разведки в каждой i -й октавной полосе или на средней частоте $f_{ср.i}$ каждой i -й октавной полосы.

Измеряются уровни виброакустических шумов $L_{вак.ш.i}$ (дБ) на внешней стороне ограждающей конструкции в точке возможного расположения вибродатчика аппаратуры разведки в каждой i -й октавной полосе или на средней частоте $f_{ср.i}$ каждой i -й октавной полосы. Уровни тестовых акустических сигналов $L_{тс.ак.i}$ (дБ) задаются таким образом, чтобы выполнялось условие

$$L_{тс.ак.i} - L_{ак.ш.i} \geq \text{от } 3 \text{ до } 7$$

Определяется коэффициент ослабления уровня речевого сигнала в i -й октавной полосе при его распространении в тракте «источник речи – приемник аппаратуры речевой разведки (датчик аппаратуры контроля) Z_i »:

$$Z_i = L_{тс.ак.i} - L_{тс.вак.i}, \text{ дБ}$$

Рассчитываются уровни скрываемого речевого сигнала $L_{скр.с.i}$ на входе приемника аппаратуры разведки в точке возможного ее размещения (в точке контроля) в каждой i -й октавной полосе или на средней частоте $f_{ср.i}$ каждой i -й октавной полосы:

$$L_{скр.с.i} = L_{ср.сп.i} - Z_i + M_{вар},$$

где $L_{ср.сп.i}$ – средний спектральный уровень речевого сигнала на

расстоянии 1 м от генератора в i-й октавной полосе (табличное значение), дБ;
разведки, м $M_{\text{вар}}$ – поправочный коэффициент виброакустической
чувствительности микрофона, равный

$$M_{\text{вар}} = 10 \lg \times (N_p : N_k), \text{дБ};$$

где N_p – чувствительность вибродатчика аппаратуры акустической
 $\text{В}/(\text{м}/\text{с}^2)$; N_k – чувствительность вибродатчика аппаратуры контроля
(определяется из паспортных данных аппаратуры контроля), $\text{мВ}/(\text{м}/\text{с}^2)$.

2 Обзор средств съема акустической информации

В данном разделе выпускной квалификационной работы производится обзор и сравнение средств съема акустической информации, а именно комплекса направленных микрофонов, которые можно приобрести в свободном доступе.

«Мощный микрофонный усилитель - микрофон направленного действия» именно под таким названием иметься в продаже комплекс состоящий из направленного микрофона, микрофонного усилителя со встроенным диктофоном, и наушниками [7]. Комплектация комплекса показана на рисунке 5.



Рисунок 5 – Комплектация микрофона направленного действия

Всего за сумму в 35000 рублей можно приобрести комплект с официального сайта со следующей оговоркой – «Обращаем Ваше внимание на то, что акустические направленные микрофоны (не являющиеся специальными техническими средствами) способны значительно усиливать звук на расстоянии при выполнении следующих условий:

- отсутствие каких-либо звукоотражающих или звукопоглощающих препятствий между направленным микрофоном и источником звука;

- отсутствие сильного источника звука в непосредственной близости от микрофона или на прямой до объекта наблюдения.

В описании указано максимальное расстояние усиления при условиях, близких к идеальным.» [7]

Комплекс имеет следующие характеристики:

- встроенный фильтр побочных шумов;
- усилитель звука оснащен высококачественным встроенным диктофоном;
- память диктофона: встроенная - 2 Гб, возможность подключения карты памяти microSD или MS;
- дальность действия до 100 м;
- увеличение звука до 120 децибел;
- питание диктофона со встроенным усилителем: от 2 батареек AAA;
- питание микрофона осуществляется от одной батарейки AA;
- выход 3,5 мм для подключения наушников;
- mini USB - разъем для подключения диктофона к компьютеру.

Второй более бюджетный набор «Микрофон направленного действия «Супер Ухо» - усилитель звука» стоит 5290 рублей, представлен на рисунке 6.

Состоит из микрофонного усилителя с встроенным направленным микрофоном и наушников.

Имеет следующие характеристики:

- увеличение на 50 децибел окружающего звука, источник которого находится на расстоянии до 50 метров от микрофона;
- диапазон частот от 100 до 14000 Гц;

— питание - две 1,5м AAA щелочных батареи, которые обеспечивают до 80 часов работы устройства.



Рисунок 6 – Комплекс «Супер Ухо»

Итак выявлено несколько основных характеристик, которыми должен обладать любой комплекс:

- возможность регулировки коэффициента усиления;
- диапазон воспроизводимых частот должен быть соизмерим с диапазоном частот речи человека;
- портативность.

3 Выбор компонентов лабораторного стенда

Лабораторный стенд для изучения утечек речевой информации по акустическому каналу должен включать в себя несколько типовых звеньев. Схема лабораторного стенда представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Схема лабораторного стенда

В качестве генератора тестовых сигналов используется программное средство spectrlab. Спектроанализатор используется specptrlab. Данное программное средство уже используется в ряде работ на кафедре и имеет весь спектр функций необходимый для проведения лабораторной работы.

В качестве усилителя мощности используется звуковая карта персонального компьютера. Подойдет карта работающая в дуплексном режиме. И имеющая вход jack 3.5.

В качестве излучателя используется звуковая колонка.

Необходимо разработать и создать предварительный усилитель (далее микрофонный усилитель), а так же направленный микрофон.

Для принятия мер по защите информации между акустической системой и микрофоном, необходимо поставить экранирующую конструкцию (тройной стеклопакет для примера).

4 Разработка схемы электрической принципиальной лабораторного стенда

4.1 Выбор схемы микрофонного усилителя

Среди множества схем реализации микрофонного усилителя, который необходим для стенда, было выбрано несколько наиболее приемлемых.

Первая схема представлена без использования операционных усилителей (ОУ) [8]. Схема представлена на рисунке 8.

Схема отличается своей простотой, в схеме два резистора ($R1$, $R2$), два конденсатора ($C2$, $C3$), штекер jack 3,5 ($J1$), один электретный микрофон и транзистор.

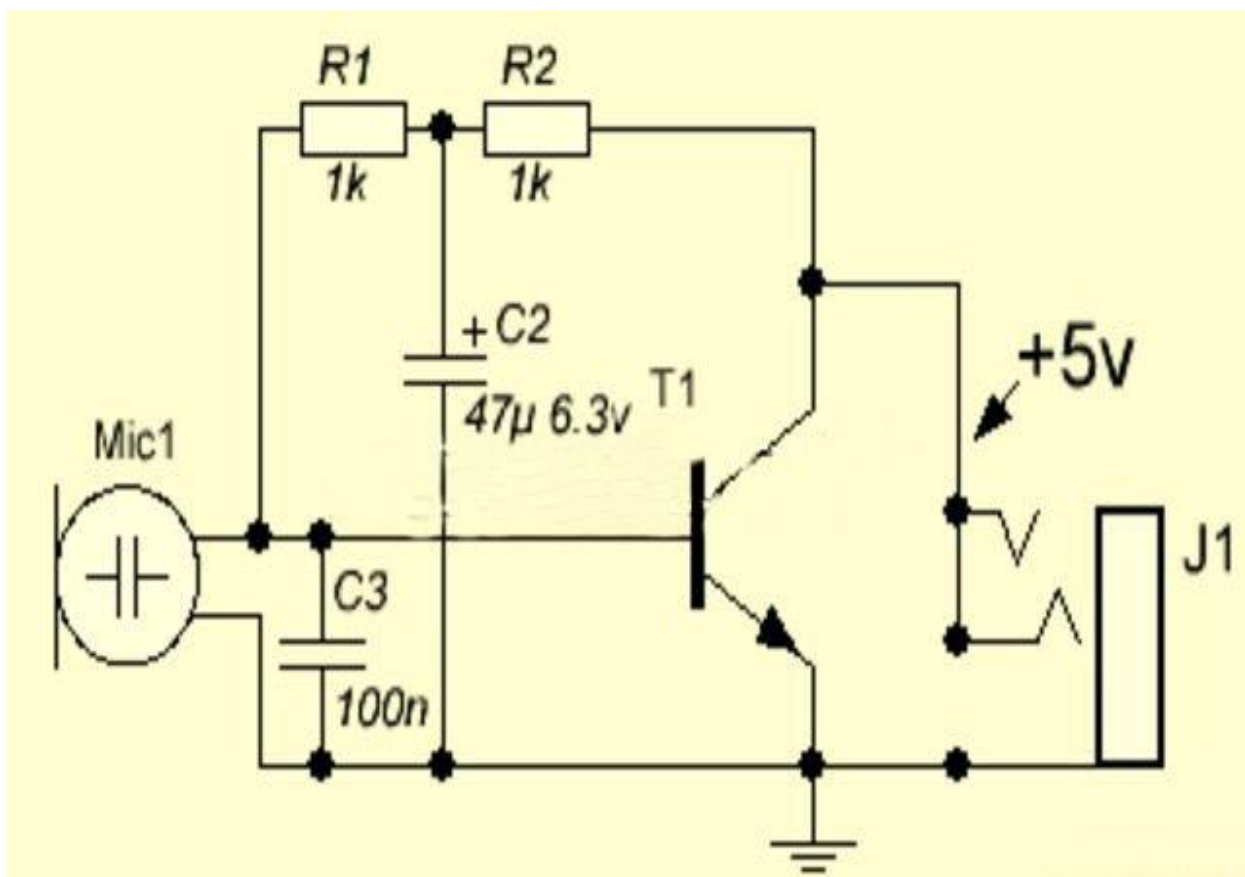


Рисунок 8 – Схема усилителя для электретного микрофона

Конденсатор $C3$ работает в качестве фильтра микрофона.

Транзистор $T1$ используется кт3102. Для уменьшения размеров устройства, использован SMD транзистор 1Ks. При замене $T1$ изменений в качестве не последовало.

Все детали использованы в SMD корпусах, в том числе и конденсатор С3.

Полученная плата усилителя микрофона, представленная на рисунке 9, которая крепится к штекеру jack 3,5. Все это помещено внутрь кожуха от штекера.

Полученное устройство обладает хорошей чувствительностью.

Подобная конструкция имеет существенный недостаток – отсутствие возможности плавной регулировки коэффициента усиления. Вследствие чего, использование данной схемы в лабораторном стенде не представляется возможным.



Рисунок 9 – Плата усилителя для электретного микрофона

Следующая конструкция с использованием ОУ[9].

Выбрана микросхема К538УН3А (КР538УН3А).

Преимущества следующие:

- минимальное количество навесных элементов;
- однополярное питание. Не нужно использовать фантомную землю;
- низкое напряжение питания – 6 вольт. Легко применить питание от батареи;

— микросхема продолжает работать при снижении напряжения питания до 3-х вольт. Не нужен стабилизатор напряжения питания и батарею можно использовать более длительное время;

— защита от короткого замыкания. Важно при использовании jack 3,5 мм. В момент вставки штекера в гнездо происходит короткое замыкание контактов;

— потребляемый ток не превышает 5 мА.

Технические параметры K538УН3А.

Ниже приведены технические данные взяты из бумажного справочника по аналоговым микросхемам.

Микросхема представляет собой сверхмалошумящий широкополосный усилитель сигналов частотой до 3 МГц. Шумовые характеристики усилителя оптимизированы для работы с низкоомными генераторами сигналов. Коэффициент усиления фиксирован внутренним делителем, но имеется возможность его внешней регулировки. Усилитель предназначен для применения в качестве предварительного усилителя воспроизведения в аппаратуре высшего класса, а также в качестве усилителя для низкоомных датчиков. Корпус 2101.8-1 (DIP8) или 301.8-2.

Электрические параметры.

Номинальное напряжение питания 6 В.

Ток потребления при $U_{п}$ равном 6 В, T равном от минус 45 до плюс 70 С, не более 5 мА.

Коэффициент усиления напряжения с внутренней обратной связью при $U_{п}$ равном 6 В, f равном 1 МГц, $U_{вх.}$ равном 1 мВ, $R_{н}$ равном 10 кОм, T равном плюс 25С:

— не менее 200;

— не более 300;

— типовое значение 250.

Коэффициент усиления напряжения без внутренней обратной связи при $U_{п}$ равном 6В, f равно 1МГц, $U_{вх}$ равном 1мВ, $R_{н}$ равном 10кОм, T равном плюс 25С, типовое значение 3000.

Нормированное напряжение собственного шума при $U_{п}$ равном 6 В, f равном 1 МГц, $U_{вх}$ равном 1 мВ, $R_{г}$ равном 500 Ом, $R_{н}$ равном 10 кОм, T равном плюс 25С, не более 5 нВ деленое на корень квадратный Гц, типовое значение 2,1 нВ деленое на корень квадратный Гц.

Максимальное выходное напряжение $U_{п}$ равном 6 В, $R_{н}$ равном 2 кОм, $K_{г}$ меньше или равном 10%, T равном минус 45 С, не менее 0,5 В, типовое значение 1 В.

Верхняя частота среза при $U_{п}$ равном 6 В, $R_{н}$ равном 2 кОм, $K_{у}$ равном 100, T равном плюс 25 С, типовое значение 3 МГц.

Входное сопротивление – 10 кОм.

Предельные эксплуатационные данные:

- максимальное напряжение питания – 7,5 В;
- максимальное входное напряжение – 200 мВ;
- минимальное сопротивление нагрузки (кратковременное) – 0 Ом.

Температура окружающей среды, длительное воздействие: от минус 45 до плюс 70 С, кратковременное воздействие: от минус 60 до плюс 125 С.

Назначение выводов микросхемы К538УН3А показано на рисунке 10.

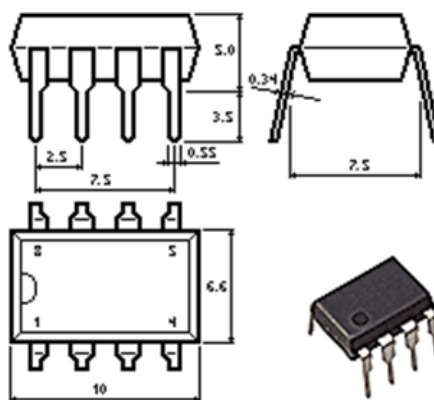


Рисунок 10 - Корпус 2101.8-1

Назначение выводов микросхемы K538УН3А:

- 1 — питание;
- 2 — не используется;
- 3 — коррекция;
- 4 — вход;
- 5 — вывод регулировки коэффициента усиления;
- 6 — подключение фильтра ос по постоянному току;
- 7 — общий;
- 8 — выход.

Типовая схема включения микросхемы представлена на рисунке 11.

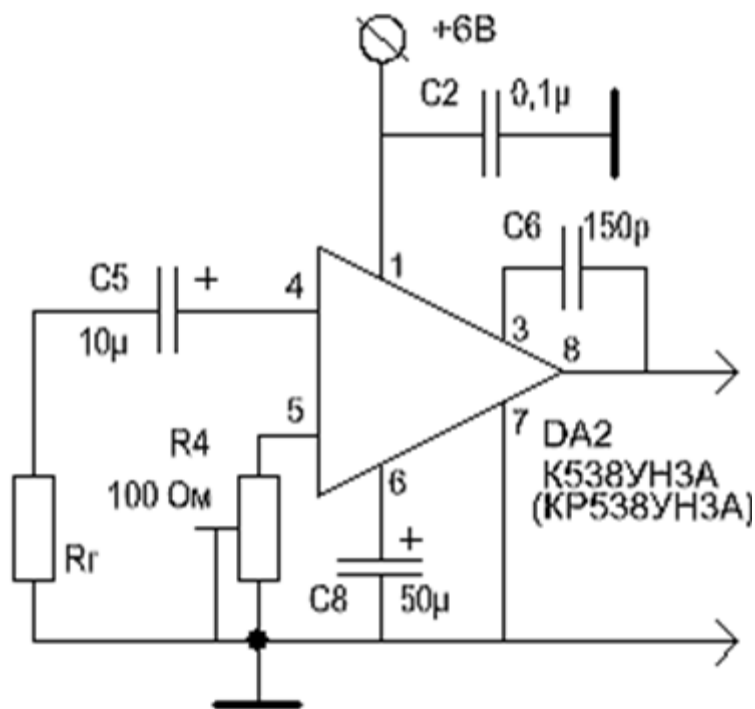


Рисунок 11 – Типовая схема включения микросхемы

В типовой схеме используются:

- C2 фильтр питания;
- C5 разделительный;
- C6 корректирующий;
- C8 фильтр ОС по постоянному току;
- R4 регулировка ОС по переменному току.

Схема универсального микрофонного усилителя представлена на рисунке 12.

Представленная схема микрофонного усилителя может усиливать сигнал, как электретного, так и динамического микрофона.

Максимальный коэффициент усиления достигается при R_4 равным 0.

Для оперативной регулировки и ограничения уровня входного сигнала при перегрузке используется потенциометр R_3 .

Величина резистора R_4 определяет коэффициент усиления микросхемы $DA1$.

Резистор R_2 , диод $VD2$ и светодиод $HL1$ представляют собой делитель напряжения, на котором формируется 2,2 В для питания электретного микрофона. Резистор R_1 является нагрузкой электретного микрофона. Светодиод $HL1$ также осуществляет функцию индикатора питания.

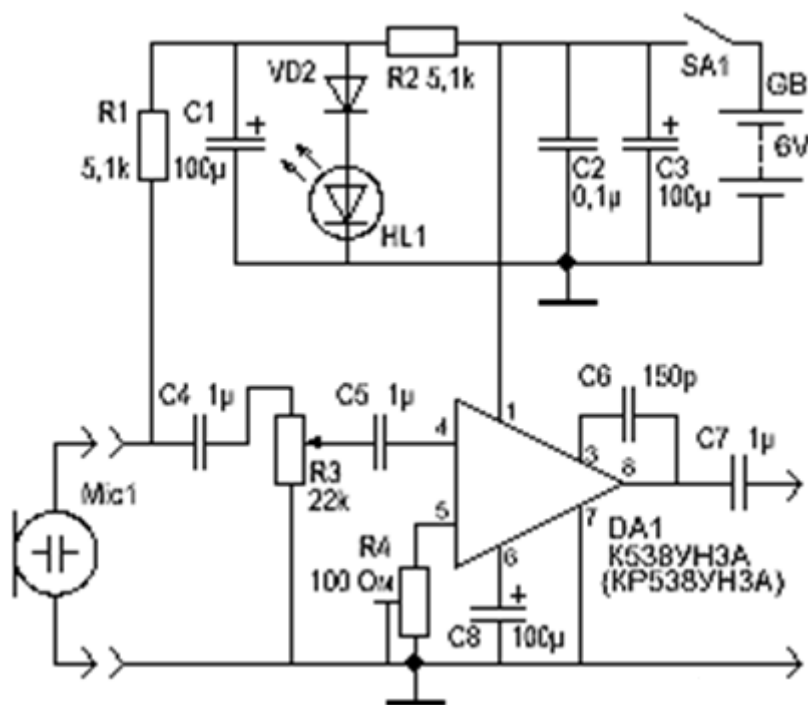


Рисунок 12 – Универсальная схема микрофонного усилителя

Не смотря на внушительные характеристики конструкция, по количеству элементов, достаточно громоздкая. Так же данная схема работает исключительно с подключением к компьютеру и отрегулировать точно уровень шума и коэффициент усиления возможно только с применением

программных средств, вследствие чего использовать данную схему в лабораторном стенде не представляется возможным.

Следующая схема с применением операционного усилителя [11]. Используемый в данной схеме ОУ LM358 применяется для создания усилителей микрофонов. С помощью такого устройства можно, например, изготовить направленный микрофон и разговаривать, находящимся на значительном расстоянии человеком, или можно разговаривать с тем же человеком через стену.

Представленная здесь схема является типовой схемой инвертирующего усилителя и рассчитывается по типовой методике.

Далее представлена работа инвертирующего усилителя, построенного на основе операционного усилителя, охваченного цепью параллельной отрицательной обратной связи по напряжению рисунок 13:

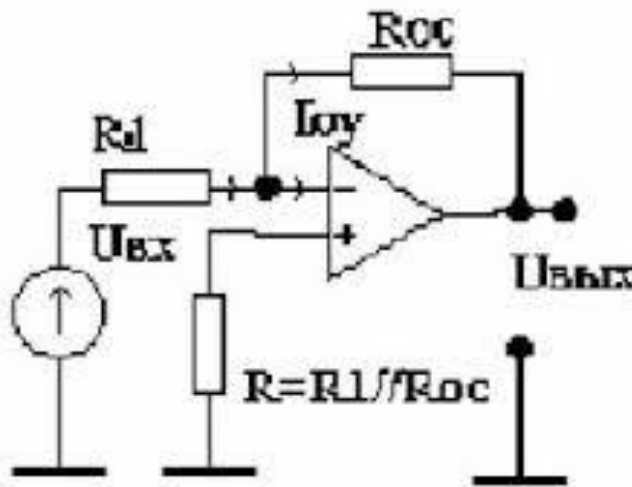


Рисунок 13 – Типовая схема инвертирующего усилителя с обратной СВЯЗЬЮ

Считать ОУ идеальным ($I_{вх}$ равно 0)

Входной сигнал подается на инвертирующий вход.

$$U_{in} = U_1 + I_1 \times R_1$$

$$U_{out} = U_1 + I_2 \times R_{oc}$$

С другой стороны, из условия равенства напряжений на входах ОУ:

$$U_1 = -I_{вх} \times R_2,$$

$$U_1 \approx 0$$

($I_{вх}$ бесконечно мал), тогда:

$$U_{in} = I_1 \times R_1$$

$$U_{out} = I_2 \times R_{oc}$$

Так как ток через усилитель бесконечно мал, то I_1 равен минус I_2 , отсюда коэффициент усиления схемы:

$$K = U_{out} : U_{in} = -R_{oc} : R_1$$

При этом, для снижения величины токового дрейфа, сопротивление R_2 подобрано так, чтобы оно было равным параллельно включенным R_{oc} и R_1 .

$$R_2 = R_{oc} || R_1 = R_{oc} \times R_1 : (R_{oc} + R_1)$$

Поскольку используется однополярное питание, то усилить отрицательные сигналы не представляется возможным. Чтобы решить эту проблему нулевой уровень был искусственно поднят на половину напряжения питания и входной сигнал рассматривается относительно этого нового нулевого уровня. Для этого подано на не инвертирующий вход сигнал с делителя, который делит напряжение питания пополам. После усиления полезного сигнала, постоянная составляющая убирается конденсатором $C5$.

Схема микрофонного усилителя представлена на рисунке 14.

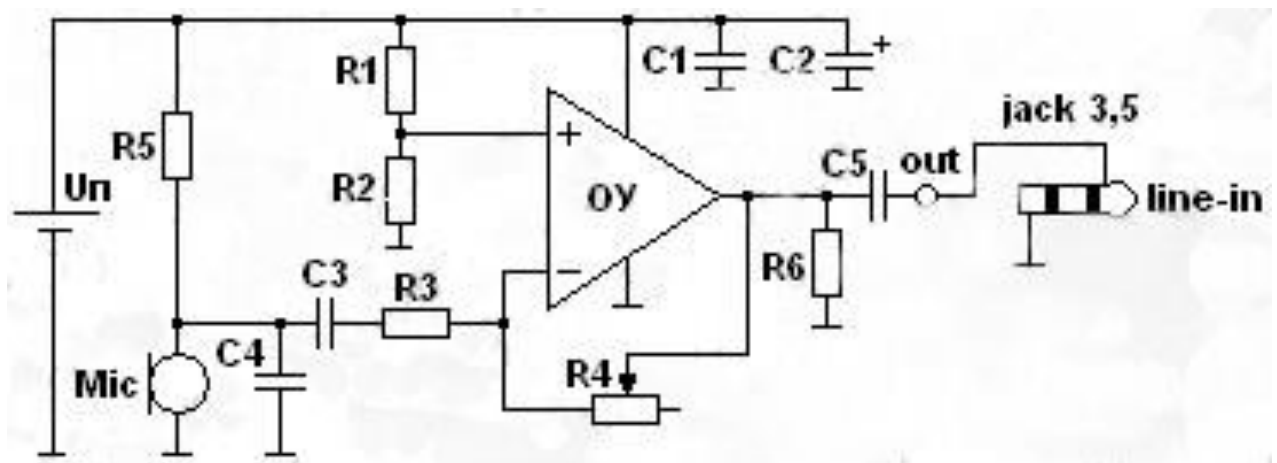


Рисунок 14 – Микрофонный усилитель на LM358

Коэффициент усиления схемы определяется формулой:

$$K = R_4 : R_3$$

Для возможности плавно регулировать коэффициент усиления схемы, - в качестве резистора R4 использован подстроечный резистор.

Для получения звука это устройство подключается к разъёму Line-in звуковой карты компьютера или напрямую к устройству звуковоспроизведения.

Элементы схемы:

- R1, R2 резисторы на 47 кОм;
- R3 резистор на 1 кОм;
- R4 подстроечный резистор на 100 кОм;
- R5, R6 резисторы, на 4,3 и 47 кОм, соответственно;
- C1, C2 фильтры по питанию ОУ, керамика 0,1 мкФ и электролит 100 мкФ / 6,3В, соответственно;
- C3, C5 разделительные конденсаторы, керамика 10 мкФ;
- C4 керамический конденсатор 4,7 нФ;
- Mic электретный микрофон представлен на рисунок 15.



Рисунок 15 – Электретный микрофон

Электретный микрофон, изобретенный японским ученым Егути в начале 20-х годов XX века, по принципу действия и конструкции схож с конденсаторным. Только роль неподвижной обкладки конденсатора и источника постоянного напряжения в нем играет пластина из электрета. Недостатком такого микрофона является высокое выходное сопротивление, которое приводит к большим потерям сигнала, поэтому в корпус элемента,

как правило, встраивают истоковый повторитель, что позволяет снизить выходное сопротивление до величины не более 4 кОм.[4]

ОУ – использован LM358.

Уп – пара батареек формата АА включенных последовательно дают напряжение в 3В.

С указанными элементами устройство потребляет ток, - менее 1 мА.

Усилитель будет усиливать сигнал от микрофона, с какой бы стороны этот сигнал к микрофону не пришёл. Для того чтобы микрофон усиливал сигналы с заданного направления необходимо использовать рупор. В качестве рупора можно использовать: пластиковый стакан, стеклянную банку с отверстием, деревянный ящик без одной стенки, свёрнутый из бумаги кулёк.

4.2 Реализация выбранной схемы на операционном усилителе

Выбрав третий вариант схемы, представленной на рисунке 14, была сделана разводка под SMD компоненты в программе DIPTrace.

SMD-технология (от англ. Surface mounted device — прибор, монтируемый на поверхность), а компоненты для поверхностного монтажа также называют «чип-компонентами». SMD является наиболее распространённым на сегодняшний день методом конструирования и сборки электронных узлов на печатных платах. Основным отличием SMD от «традиционной» технологии сквозного монтажа в отверстия является то, что компоненты монтируются на поверхность печатной платы. Преимущества SMD проявляются благодаря комплексу особенностей элементной базы, методов конструирования и технологических приёмов изготовления печатных узлов [12].

Полученная схема представлена на рисунке 16. В виду отсутствия в наличии SMD компонентов для изготовления схемы были проделаны отверстия в печатной плате для традиционного метода. Исключения составили конденсаторы С3 и С5, которые были монтированы на поверхность печатной платы.

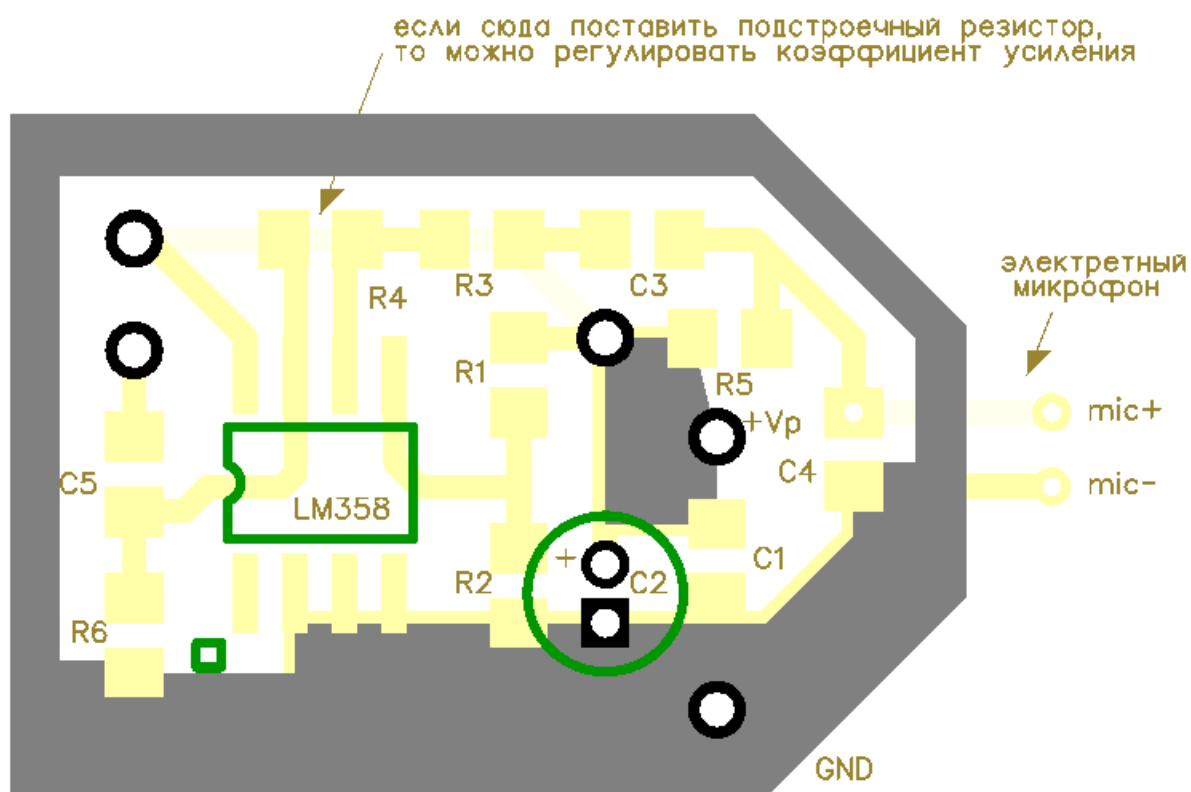


Рисунок 16 – Схема микрофонного усилителя

Для изготовления печатной платы использовался лазерно-утюжная технология (ЛУТ). Был приобретён небольшой кусок одностороннего текстолита, из которого был вырезан прямоугольник нужного размера 50 x 35 мм. Убраны с краев заусенцы, легкими движениями наждачной бумаги были нанесены мелкие царапины – именно благодаря им тонер при отпечатывании на текстолите должен был удержаться. Далее текстолит был обильно протерт ацетоном.

Схема, приведенная на рисунке 16, была переведена в черно-белый формат и отражена по вертикали, после чего была распечатана на журнальной (глянцевой бумаге). Вырезав из бумаги схему и убедившись в соответствии размеров заготовки, была произведена отпечатка с использованием разогретого утюга. После остывания заготовки прилипшую бумагу нужно было размочить под струей прохладной воды и удалить бумагу так, чтобы тонер, будущие дорожки на плате, остался на текстолите.

Далее в пластиковой емкости был приготовлен раствор хлорного железа. Сухое хлорное железо небольшими дозами было разведено в 1 литре холодной воды. В полученный раствор была опущена заготовка с отпечатанными на ней дорожками схемы. После ожидания от 15 до 40 минут, медь с поверхности текстолита вытравилась. Заготовка была удалена из раствора промыта и высушена. После чего тонер был убран ацетоном.

Убраны углы таким образом чтобы из прямоугольника получился шестиугольник, как на рисунке 16.

На следующем этапе на полученные дорожки заготовки был нанесен тонким слоем паяльный флюс ЛТИ-120. Разогретым паяльником, с каплей припоя, было произведено лужение дорожек схемы.

С использованием дрели были проделаны отверстия под компоненты.

А так же отверстие для крепления платы к корпусу диаметром в 3мм.

Процесс сборки схемы:

- был припаян операционный усилитель LM358;
- припаяна перемычка соединяющая отверстия питания плюс V_p и вход питания ОУ;
- монтированы в отверстия резисторы R1, R2, R3, R5, R6;
- припаяны конденсаторы с C1 по C5;
- припаяны провода питания;
- припаяны вывод усилителя;
- припаян электретный микрофон;
- в качестве резистора R4 был использован подстроечный резистор 100 кОм был выведен на проводах за пределы платы.

В качестве корпуса использовалась телефонная розетка рисунок 17. Для удобства размещения часть внутренностей была удалена с применением канцелярского ножа.

Собранная схема представлена на рисунке 18.

Снизу был прикреплён на суперклею держатель для батареек формата АА рисунок 19.

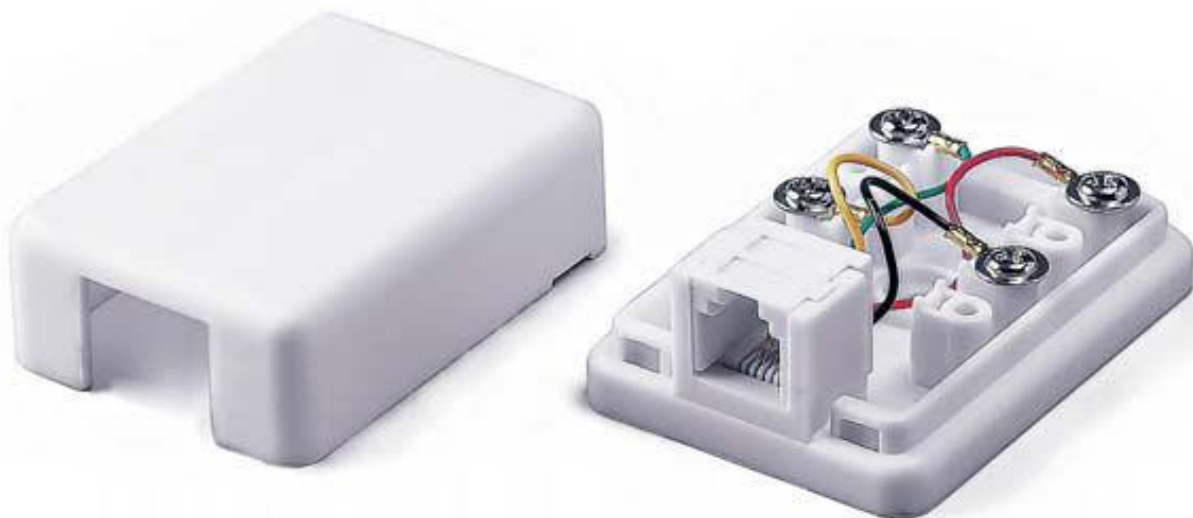


Рисунок 17 – Будущий корпус для микрофонного усилителя

Его контакты прошли в отверстие на корпусе собранной конструкции рисунок 20.

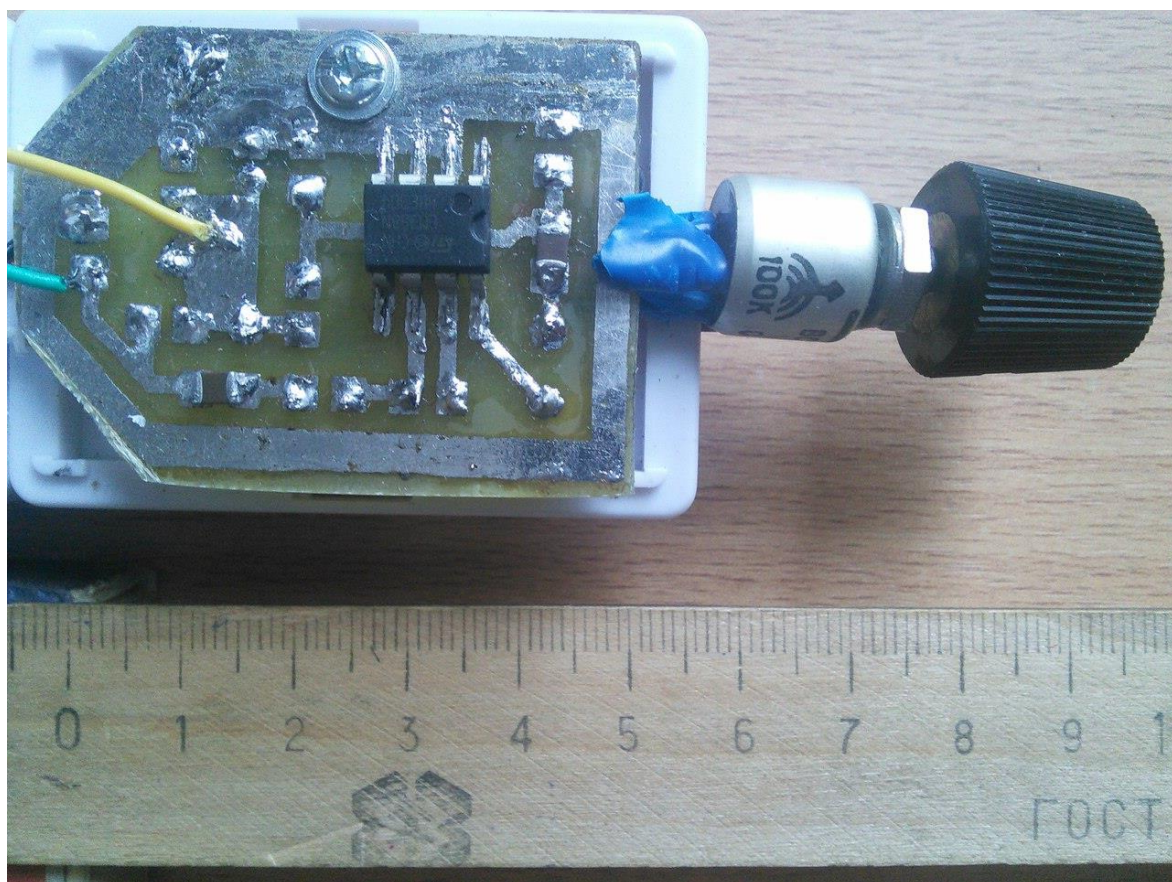


Рисунок 18 – Смонтированная плата на корпусе



Рисунок 19 – Держатель для батареек формата АА

Подстроечный, резистор R4, необходимый для плавного регулирования коэффициента усиления, был надежно закреплен на корпусе с помощью маленькой рейки рисунок 20.

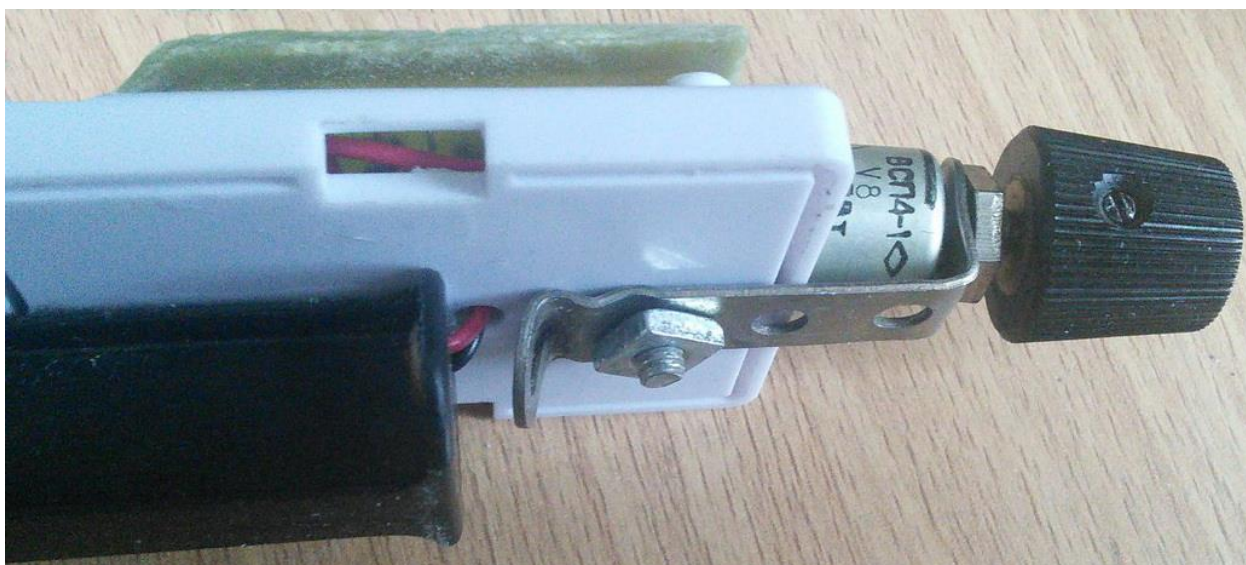


Рисунок 20 – Крепеж подстроечного резистора

4.3 Разработка вторичного источника питания

Для возможности использования лабораторного стенда на практических занятиях по дисциплине «Техническая защита информации» в его состав был включен источник питания от сети 220 В.

Был взят готовый блок питания от старого мобильного телефона преобразующий 220 Вольт с частотой 50 Гц в 7 В постоянного напряжения, представленный на рисунке 21.



Рисунок 21 – Сетевой блок питания для телефона

Реализованный в предыдущем пункте, микрофонный усилитель имеет питание 3 Вольт для понижения питания, была разработана и реализована схема понижающая напряжение представленная на рисунке 22. Для этого в цепь последовательно было включено 3 кремневых диода 1N4007 падение напряжения на каждом варьируется от 0,8 до 1,1 Вольт.

Добавлен светодиодный индикатор, отображающий состояние подключение внешнего блока питания, падение напряжения на котором варьируется от 0,8 до 1,1 Вольта, показанный на рисунке 23.

Для удобства в состав схемы понижающей питание были внесены два гнезда jack 3.5 микрофонный вход и выход на динамик рисунок 24.

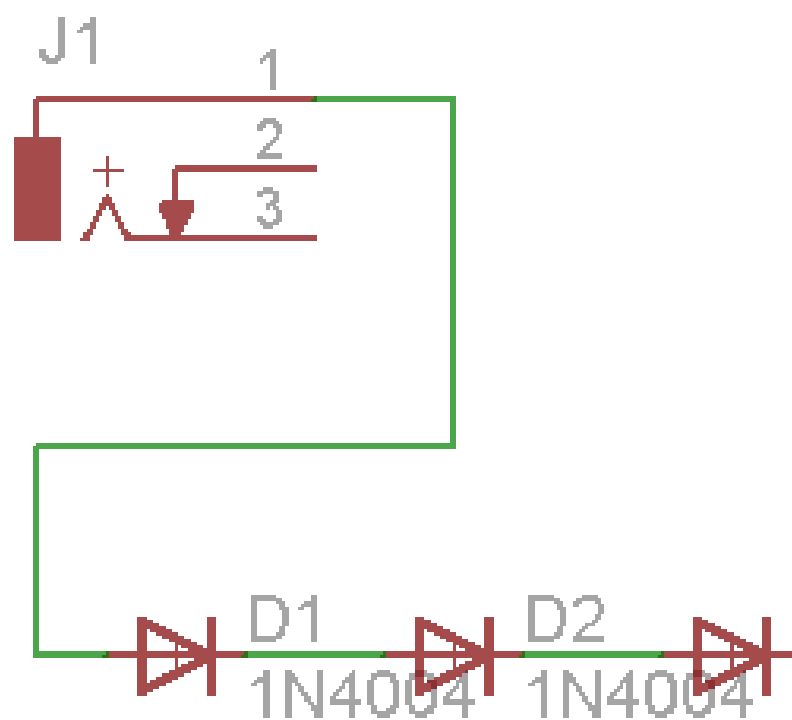


Рисунок 22 – Схема понижающая напряжение

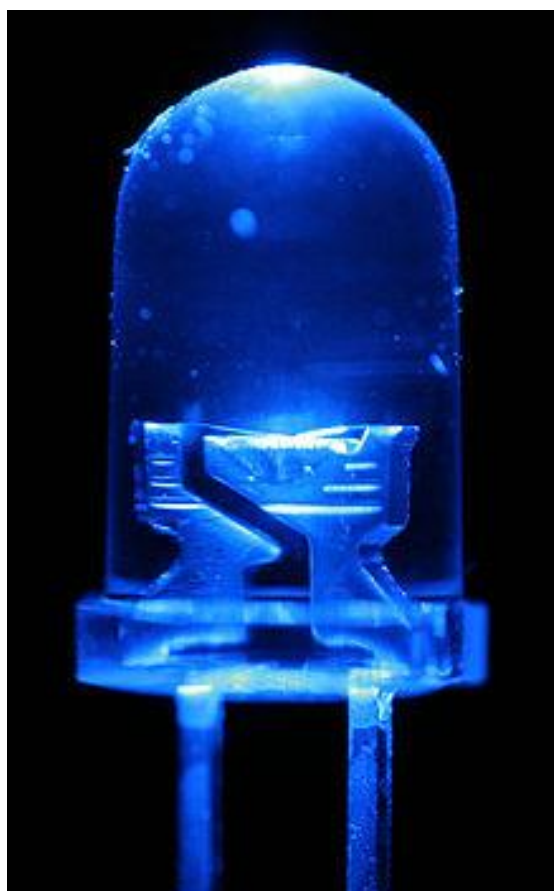


Рисунок 23 – Светодиодный индикатор

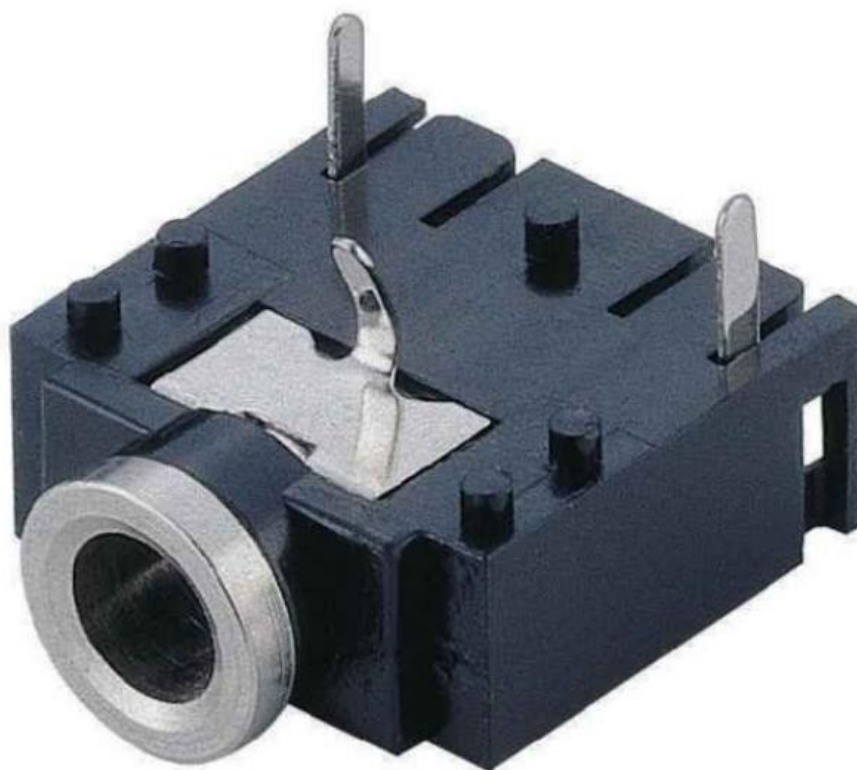


Рисунок 24 – Гнездо jack 3.5

Для подключения блока питания от сотового телефона был использовано гнездо показанное на рисунке 25.



Рисунок 25 – Гнездо для блока питания

В программе Eagle была произведена разводка печатной платы с перечисленными выше элементами, спроектированная плата была

переведена в черно-белый формат и отражена по вертикали. Спроектированная плата, с пояснениями, представлена на рисунке 26.

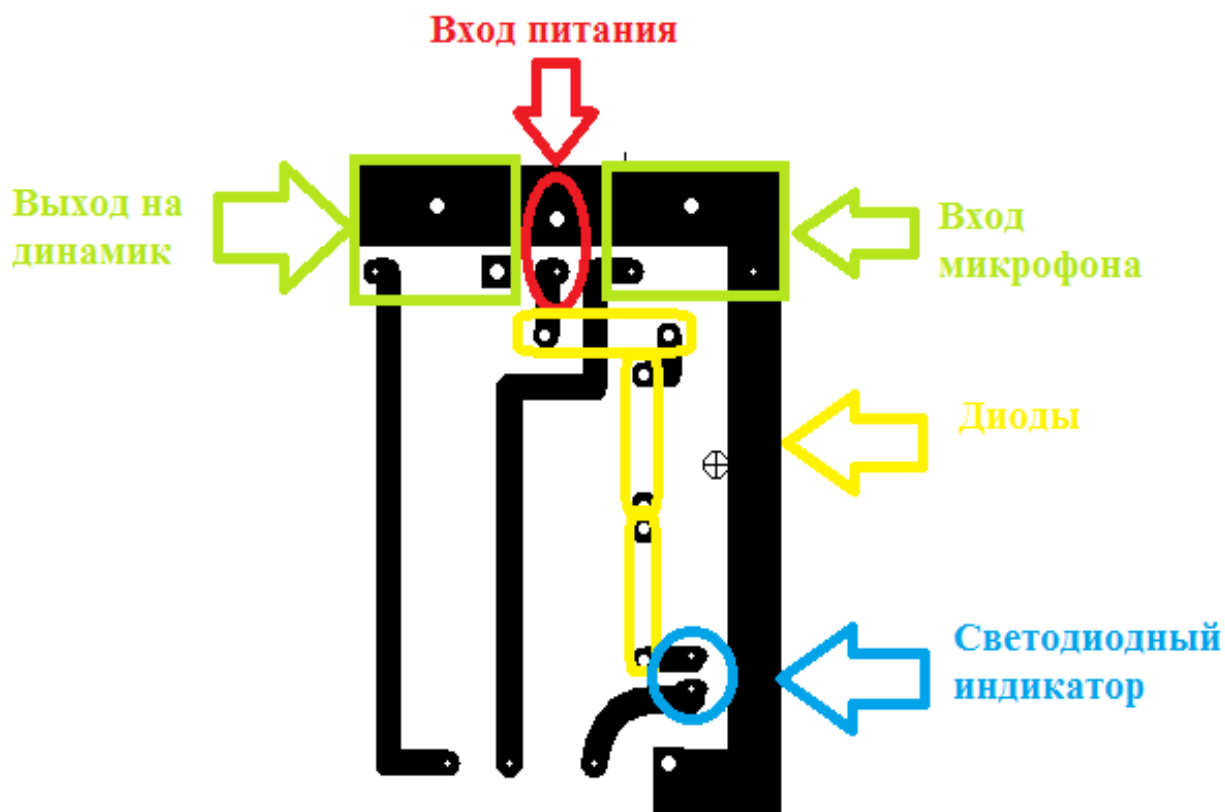


Рисунок 26 – Плата блока питания микрофонного усилителя

Для изготовления печатной платы использовался лазерно-утюжная технология. Был использован небольшой кусок одностороннего текстолита, из которого был вырезан прямоугольник нужного размера 50x35 мм. Убраны с краев заусенцы, легкими движениями наждачной бумаги были нанесены мелкие царапины – именно благодаря им тонер при отпечатывании на текстолите должен был удержаться. Далее текстолит был обильно протерт ацетоном.

Схема, приведенная на рисунке 26, была распечатана на журнальной (глянцевой бумаге). Вырезав из бумаги схему и убедившись в соответствии размеров заготовки, была произведена отпечатка с использованием разогретого утюга. После остывания заготовки прилипшую бумагу нужно было размочить под струей прохладной воды и удалить бумагу так, чтобы тонер, будущие дорожки на плате, остался на текстолите.

Далее в приготовленный раствор хлорного железа была опущена заготовка с отпечатанными на ней дорожками схемы. После ожидания от 15 до 40 минут, медь с поверхности текстолита вытравилась. Заготовка была удалена из раствора промыта и высушена. После чего тонер был убран ацетоном.

На следующем этапе на полученные дорожки заготовки был нанесен тонким слоем паяльный флюс ЛТИ-120. Разогретым паяльником, с каплей припоя, было произведено лужение дорожек схемы.

С использованием дрели были проделаны отверстия под компоненты. А так же отверстие для крепления платы к корпусу диаметром в 3мм.

Процесс сборки схемы:

- был припаян вход питания;
- припаяны гнезда jack 3.5;
- припаяны три диода;
- припаян светодиодный индикатор.

Полученная схема представлена на рисунке 27.



Рисунок 27 – Собранная схема блока питания

В качестве корпуса использовалась телефонная розетка рисунок 28. Для удобства размещения часть внутренностей была удалена с применением канцелярского ножа.

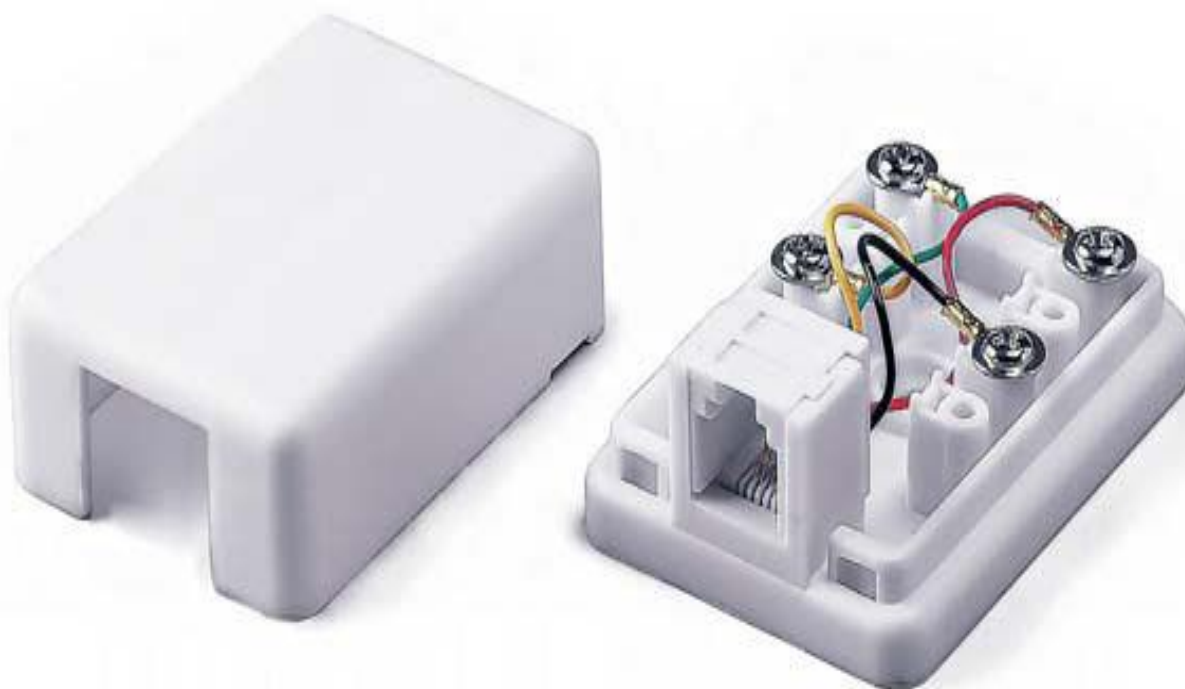


Рисунок 28 – Будущий корпус для блока питания

Просверлены отверстия в крышке под гнездо питания и светодиод рисунок 29.

Просверлены отверстия для гнезд jack 3.5.

Суперклеем корпус блока питания был приклеен к корпусу микрофонного усилителя.

Плата блока питания была соединена с платой микрофонного усилителя посредством 4 медных проводов в изоляции нужной длины.

Плата блока питания была прикручена к корпусу.

Соединенные вместе блок питания и микрофонный усилитель представлены на рисунке 30.

Далее было произведено монтирование крышек корпуса полученного устройства, подключено питание из сети 220 Вольт и проверена работоспособность устройства. Результат представлен на рисунке 31.



Рисунок 29 – Крышка корпуса блока питания

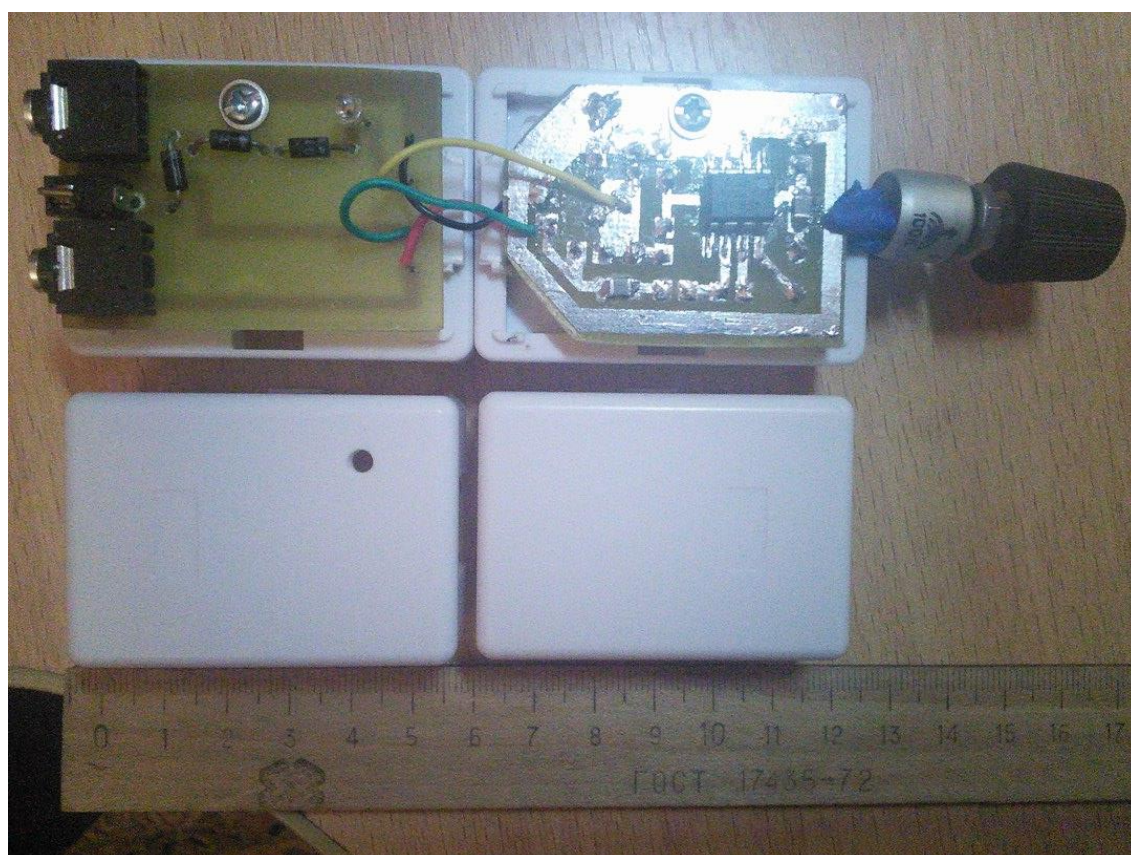


Рисунок 30 – Микрофонный усилитель с блоком питания



Рисунок 31 – Устройство в сборе

4.4 Применение экранирования

Для уменьшения воздействия радиопомех микрофонный усилитель был помещен в экранированную камеру.

Экранированная камера была изготовлена из жестяной банки. Для удобства подключения в корпусе были просверлены два отверстия, в которые позже были вмонтированы гнезда jack 3.5 представленные на рисунке 32. К гнездам были припаяны на двух кусочках провода, для удлинения, штекеры jack 3.5. Для помещения микрофонного усилителя в экран на корпусе экрана имеется крышка закрывающаяся в «на хлест». Полученная конструкция представлена на рисунке 33.



Рисунок 32 – Гнездо jack 3.5

Далее был сконструирован направленный микрофон представленный на рисунке 34. При изготовлении использовались экранированные провода.



Рисунок 33 – Устройство в сборе



Рисунок 34 – Трубчатый шалевой направленный микрофон

5 Результаты проверки лабораторного стенда

Для проверки на вход микрофонного усилителя был подан тестовый сигнал от генератора. На выход микрофонного усилителя был подключен осциллограф. Коэффициент усиления был отрегулирован на максимально возможный. На осциллографе стало видно, что верхняя часть синусоиды, как бы срезалась. Это обусловлено ограниченным питанием микрофонного усилителя, равное 3 Вольтам.

Путем постепенного уменьшения коэффициента усиления было достигнуто состояние, в котором вершина графика не срезалась. Был произведен расчет усиления тестового сигнала. Эффективный коэффициент усиления составил 15 раз, что удовлетворяет требованиям указанный в техническом задании. Коэффициент усиления может достигать 50 раз, при малой амплитуде входного сигнала.

Далее на эффективном коэффициенте усиления были произведены измерения фиксированной амплитуды сигнала. Измерения проводились на диапазоне частот от 300 до 12000 Гц. Далее представлен снимок экрана осциллографа, на нем получена АЧХ микрофонного усилителя, рисунок 35.

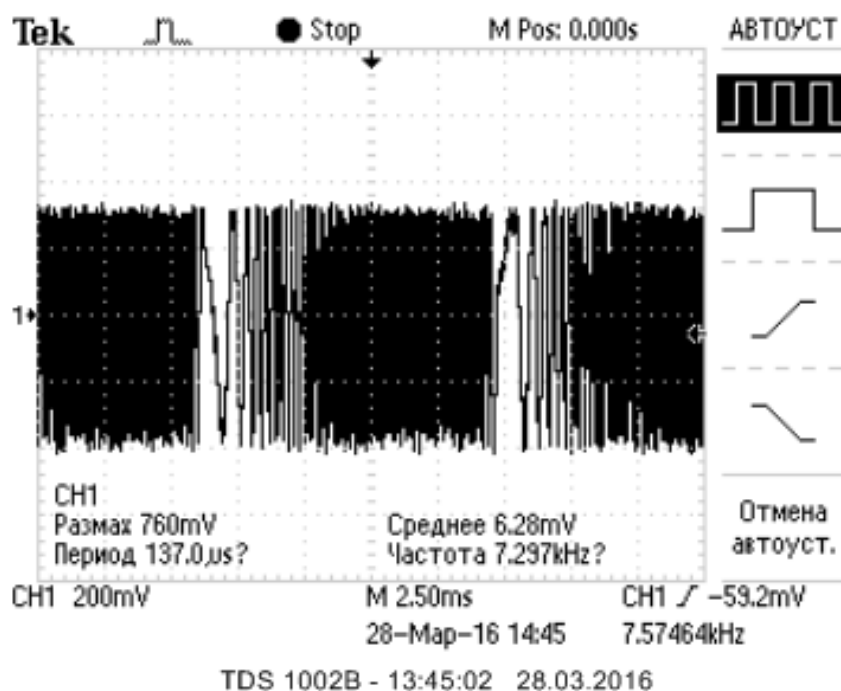


Рисунок 35 – АЧХ микрофонного усилителя

Для удобства восприятия АЧХ микрофонного усилителя было представлено на рисунке 36. Как видно на рисунке неравномерность АЧХ не превышает 2 децибел, что соответствует заявленным требованиям технического задания.



Рисунок 36 – АЧХ микрофонного усилителя

6 Инструкция по использованию лабораторного стенда

Лабораторный стенд позволяет, как демонстрировать процесс перехвата акустической информации, используя в качестве устройства вывода наушники, так и производить измерения, используя спектроанализатор. Использование лабораторного стенда требует наличия базовых знаний об акустических сигналах и их параметрах.

Микрофонный усилитель имеет 2 входа:

- вход микрофона;
- вход питания.

И один выход – для подключения внешних устройств (наушники), или подключения к звуковой карте компьютера.

А так же возможность работать от 2 аккумуляторов формата AA.

В своем составе имеет экранированную камеру. Следует отметить, что работа в экранированном режиме может осуществляться только от аккумуляторов.

Микрофонный усилитель имеет в своем составе ручку регулировки коэффициента усиления.

Далее процесс подготовки, настройки и проведения измерений, с последующем расчетом, приведен в приложении А.

В приложении Б приведен пример отчета, полученного студентами в ходе проведения лабораторной работы. Отчет включает в себя графические зависимости слоговой и словестной разборчивости, а так же оценку уровня защищенности речевой информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения ВКР:

- произведено описание акустических каналов утечки информации;
- произведен обзор средств съема акустической информации;
- произведен выбор компонентов лабораторного стенда;
- разработана структурная схема лабораторного стенда;
- разработана схема электрическая принципиальная лабораторного стенда;
- создан работоспособный лабораторный стенд;
- произведена проверка работоспособности созданного лабораторного стенда;
- составлена инструкция по использованию лабораторного стенда.

Таким образом задание на ВКР выполнено в полном объеме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Звук [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D1%83%D0%BA>, свободный
- 2 Паскаль, единица измерения [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/10503>, свободный
- 3 Порог звукового давления [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/stroitel/7013>, свободный
- 4 Октава [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0>, свободный
- 5 Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.: Связь-издат, 1962
- 6 Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2000/04/2000_04_06.pdf, свободный
- 7 Описание программы Spectralab [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://vunivere.ru/work10701/page2>, свободный
- 8 Направленные микрофоны [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.spyline.ru/items/catalog/63/>, свободный
- 9 Простые и интересные радиосхемы, сделанные своими руками [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://radioskot.ru/publ/unch/usilitel_ehlektretного_mikrofona/6-1-0-766, свободный
- 10 Простой микрофонный усилитель для компьютера своими руками [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://oldoctober.com/ru/microphone_amplifier/, свободный
- 11 Простой усилитель сигнала электретного микрофона для компьютера + простой направленный микрофон на его основе [Электронный

ресурс]: Режим доступа:
http://www.radiohlam.ru/raznoe/prostoi_us_mic_pc.htm, свободный.

12 Направленные микрофоны Общие понятия о направленных микрофонах. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://pitbot.ru/7.shtml>, свободный.

13 Поверхностный монтаж [Электронный ресурс]: Режим
доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/свободный>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Методические рекомендации по подготовке и проведению лабораторных работ

Подготовка к проведению лабораторной работы.

Ознакомиться с теоретическими сведениями изложенными в разделе 1 ВКР.

Включить первый персональный компьютер, являющийся генератором тестовых сигналов, с установленным программным обеспечением spectralab.

Убедиться в подключение к нему устройства звуковоспроизведения.

Включить второй персональный компьютер, с установленным программным обеспечением spectralab, являющийся спектроанализатором.

Выкрутить ручку микрофонного усилителя до упора по часовой стрелке, при этом коэффициент усиления будет минимальным.

Установить в держатель аккумуляторов два заряженных аккумулятора формата АА.

Подключить микрофонный усилитель к выводам, находящимся внутри экранированного корпуса как показано на рисунке А1.



Рисунок А1 – Подключение устройства

Вставить в гнездо MIC направленный микрофон. Расположить микрофон на максимальном возможном расстоянии в пределах аудитории, но не менее 3 метров, таким образом, чтобы он был направлен на устройство звуковоспроизведения (звуковую колонку).

Подключить устройство к звуковой карте персонального компьютера,

используя кабель jack 3,5, являющегося спектроанализатором, во вход микрофона (как правило, обозначен розовым на звуковых картах).

Порядок проведения лабораторной работы.

Запустить на втором персональном компьютере (спектроанализаторе) программу spectrlab. Нажать кнопку RUN, показано на рисунке А2, после этого в области спектра должен появиться сигнал, по умолчанию обозначается желтым цветом.

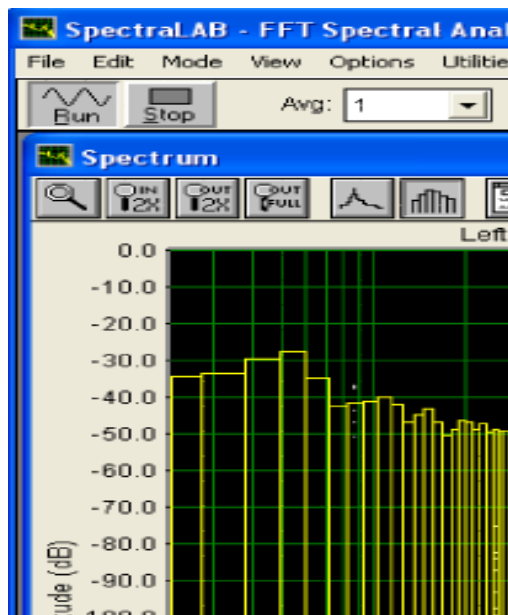


Рисунок А2 – Запуск программы spectrlab

Далее необходимо проверить соответствие шкалы измерения, единицы измерения должны быть децибелы, как показано на рисунке А3. В противном случае необходимо произвести настройку.

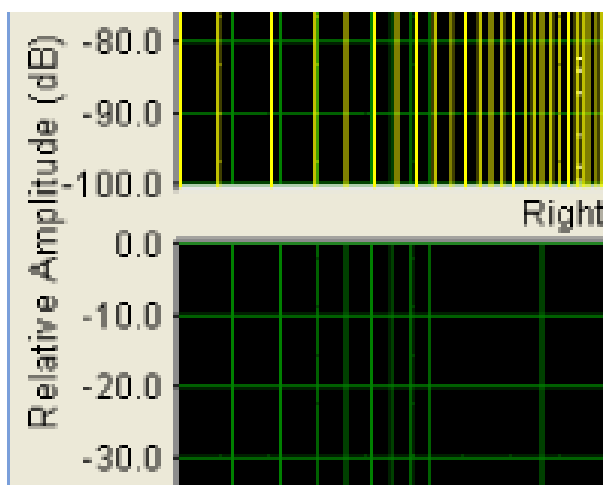


Рисунок А3 – Шкала амплитуды

Для настройки открыть вкладку option далее scaling. Или просто нажать клавишу F5. Как показано на рисунке А4.

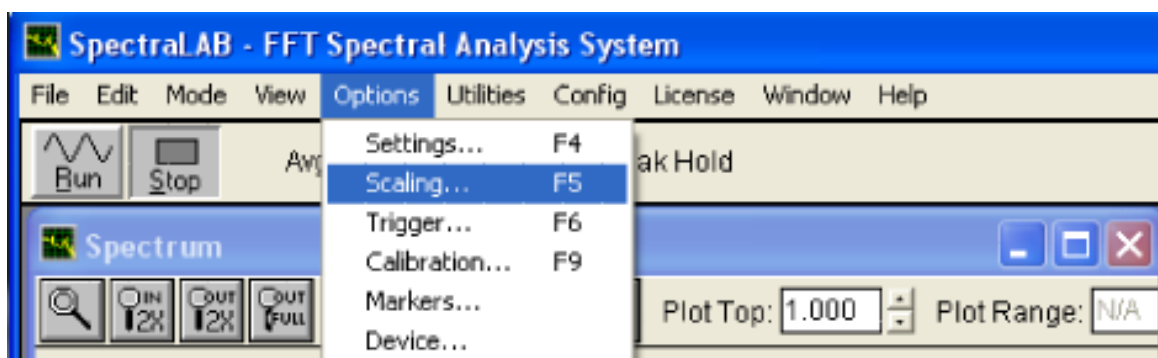


Рисунок А4 – Изменение параметров шкалы амплитуды

В открывшемся окне выставить параметры, как показано на рисунке А5.

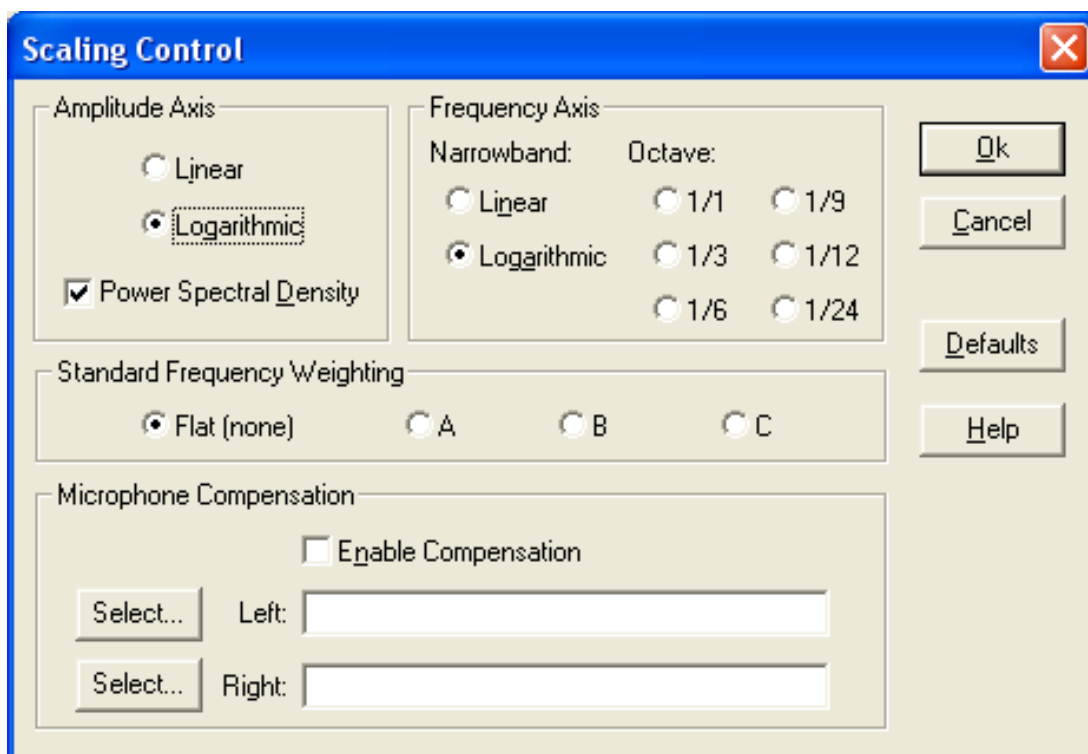


Рисунок А5 – Окно настроек шкал измерения

Далее необходимо выставить пределы измеряемых частот. Программа spectralab позволяет производить измерения до 11 кГц, это является достаточным для проведения лабораторных работ. Измерения производятся на среднегеометрических частотах 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Поэтому шкалу частот можно выставить от 200 до 9000 Гц. Для того чтобы изменить шкалу частот необходимо нажать правой кнопкой мыши на области

спектра и в диалоговом окне выбрать пункт properties, как показано на рисунке А6.

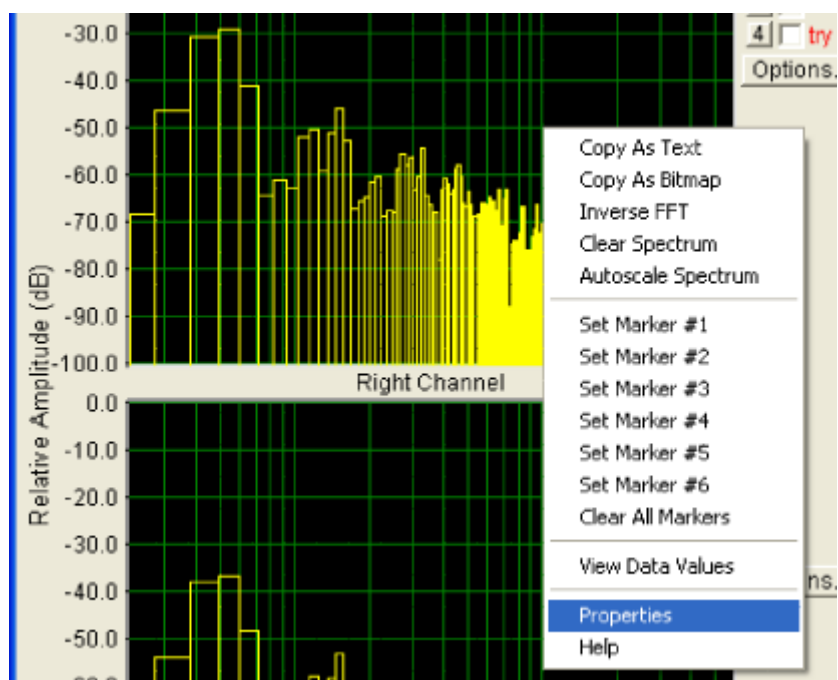


Рисунок А6 – Настройка частоты измерения

В открывшемся окне выставить нужный диапазон частот, рисунок А7.

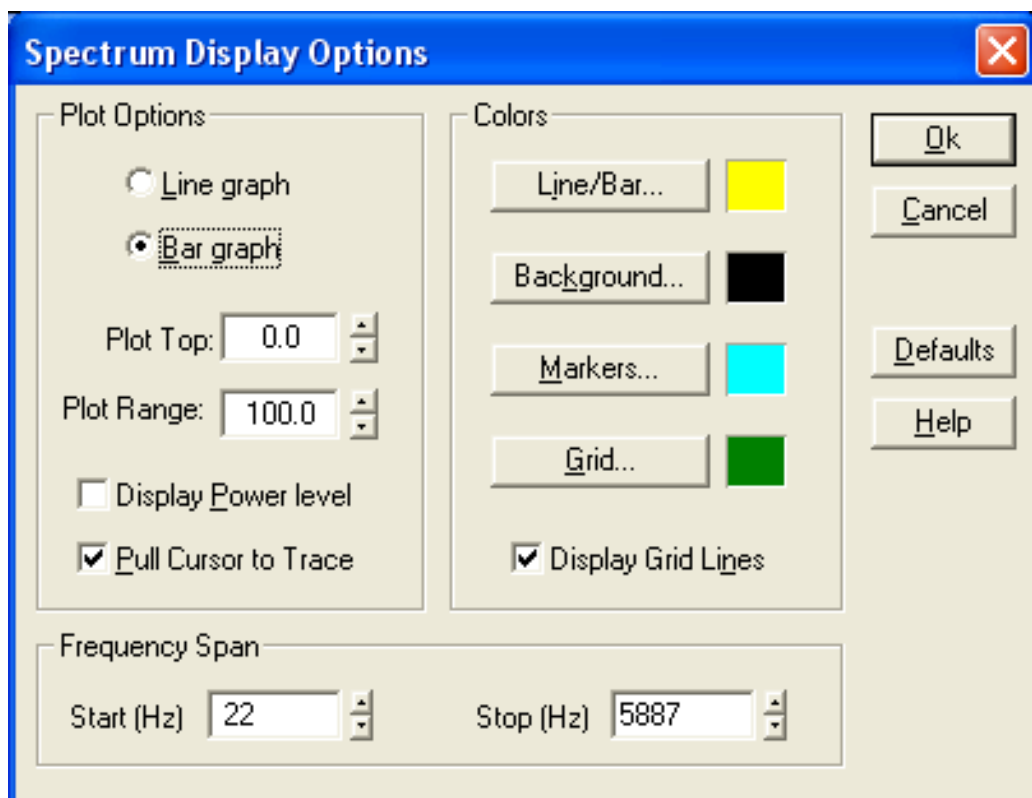


Рисунок А7 – Окно параметров спектральной области

Для проведения измерений необходимо произвести настройку генератора тестовых сигналов. Для этого открыть на первом компьютере программу spectralab, после чего в окне generation открыть вкладку, как показана на рисунке А8 и изменить значение на multiple tones.

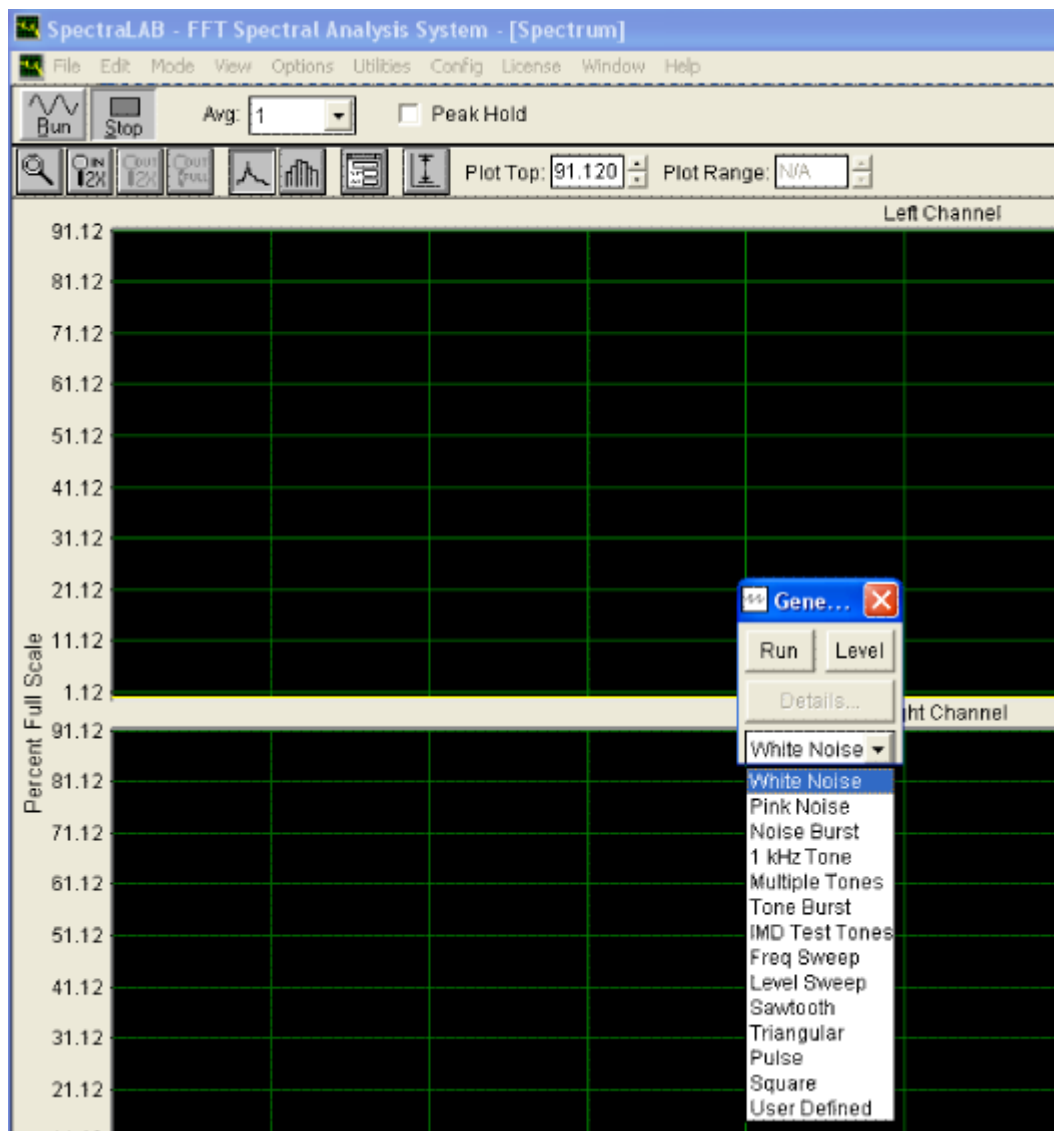


Рисунок А8 – Задание параметров тестовых сигналов

После чего левой кнопкой мыши нажать на details и в открывшемся окне, показанном на рисунке А9, задать необходимые частоты, так же громкость необходимо прибавить на максимум стандартными средствами операционной системы. Для генерации сигнала заданной частоты необходимо поставить галочку напротив нужной частоты и нажать ок, после чего нажать Run в окне generation.

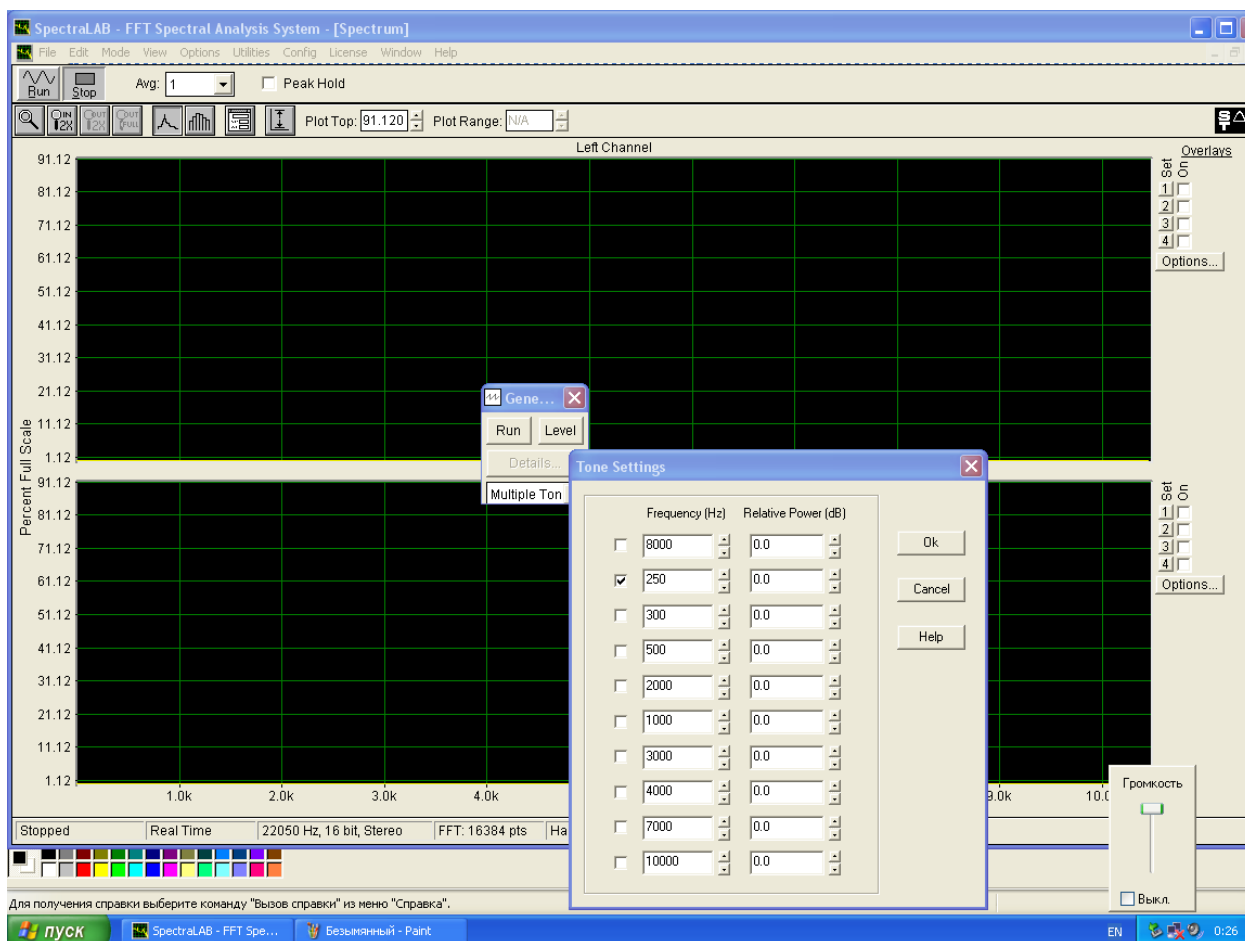


Рисунок А9 – Настройка параметров тестовых сигналов

Если все сделано правильно из устройства звуковоспроизведения (звуковой колонки) будет слышен сигнал.

Для того чтобы убедиться в правильности подключения микрофонного усилителя необходимо плавно начать выкручивать ручку таким образом будет увеличиваться коэффициент усиления. При этом необходимо, чтобы на микрофон поступали какие-либо звуки, пример хлопки руками или громкий разговор. На графике спектроанализатора будет сразу видно изменение сигнала. Если в области спектра не наблюдается реакция на звуки необходимо проверить правильность подключения микрофонного усилителя к звуковой карте компьютера, микрофона к микрофонному усилителю, а так же попробовать изменить коэффициент усиления путем вращения ручки регулировки.

Для того чтобы произвести расчет слоговой и словестной разборчивости необходимо иметь несколько начальных параметров, которые

должны быть получены путем измерения на лабораторном стенде.

После этого нужно оставить положение ручки регулировки неизменным на протяжении всех измерений.

Далее необходимо измерить уровень сторонних шумов исходящих от работающего оборудования в аудитории, для этого необходимо соблюдать полную тишину. В программе spectralab нужно поставить галочку на параметре peak hold (пиковые значения) после чего, нажав правой кнопкой мыши по области спектра выбрать пункт, в открывшемся меню, copy as text. Это необходимо для того чтобы быстро узнать значения шума в среднегеометрических частотах. Представлено на рисунке A10.

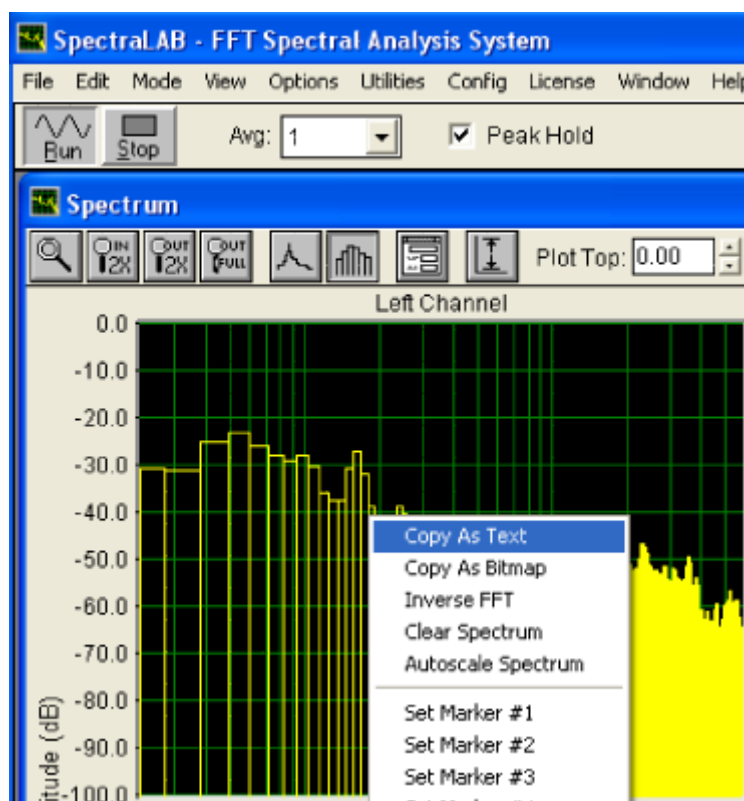
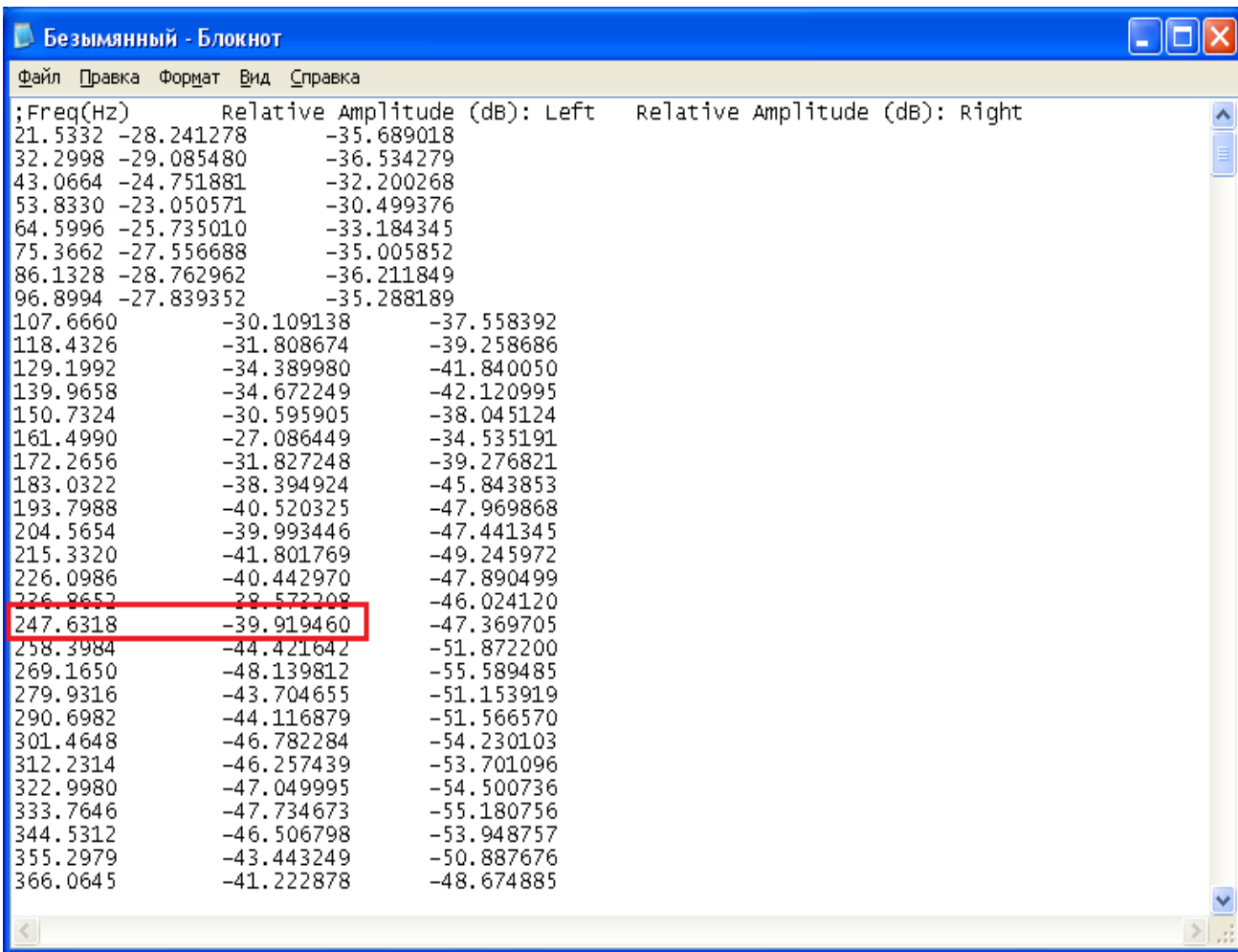


Рисунок A10 – Копирование значения амплитуды сигнала в текстовый файл

Для просмотра сохраненных значений необходимо открыть программу блокнот и применить сочетание клавиш ctrl плюс v. В файл будут вставлены значения амплитуды на всех частотах графика. Необходимо выбрать нужные и записать их. Это и есть значение уровня шума. Результат представлен на рисунке A11. Если нужно частоты нет необходимо взять ближайшую.

Далее необходимо измерить значения тестового сигнала. Для этого

необходимо включить генератор тестовых сигналов как описано выше на частоте 250 Гц. В программе спектроанализатора навести курсор на пиковое значение и зажать левую кнопку мыши. С зажатой кнопкой мыши можно перемещать курсор по всей частотной области. Сверху на графике будет записано значение частоты, слева значение амплитуды, как показано на рисунке А12. Это значение необходимо зафиксировать в тетрадь, оно необходимо для дальнейших расчетов. Для снятия амплитуды тестового сигнала можно пользоваться методом копированием в файл или методом приведенном выше. Подобные действия необходимо проделать на всех частотах 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.



Freq(Hz)	Relative Amplitude (dB): Left	Relative Amplitude (dB): Right
21.5332	-28.241278	-35.689018
32.2998	-29.085480	-36.534279
43.0664	-24.751881	-32.200268
53.8330	-23.050571	-30.499376
64.5996	-25.735010	-33.184345
75.3662	-27.556688	-35.005852
86.1328	-28.762962	-36.211849
96.8994	-27.839352	-35.288189
107.6660	-30.109138	-37.558392
118.4326	-31.808674	-39.258686
129.1992	-34.389980	-41.840050
139.9658	-34.672249	-42.120995
150.7324	-30.595905	-38.045124
161.4990	-27.086449	-34.535191
172.2656	-31.827248	-39.276821
183.0322	-38.394924	-45.843853
193.7988	-40.520325	-47.969868
204.5654	-39.993446	-47.441345
215.3320	-41.801769	-49.245972
226.0986	-40.442970	-47.890499
236.8652	-38.572208	-46.024120
247.6318	-39.919460	-47.369705
258.3984	-44.421642	-51.872200
269.1650	-48.139812	-55.589485
279.9316	-43.704655	-51.153919
290.6982	-44.116879	-51.566570
301.4648	-46.782284	-54.230103
312.2314	-46.257439	-53.701096
322.9980	-47.049995	-54.500736
333.7646	-47.734673	-55.180756
344.5312	-46.506798	-53.948757
355.2979	-43.443249	-50.887676
366.0645	-41.222878	-48.674885

Рисунок А11 – Значение уровня шума на частоте 247 Гц

Анализ полученных результатов предусматривает определение достоверности проведенных измерений, выявление внешних факторов, оказывающих существенное влияние на результаты измерений.

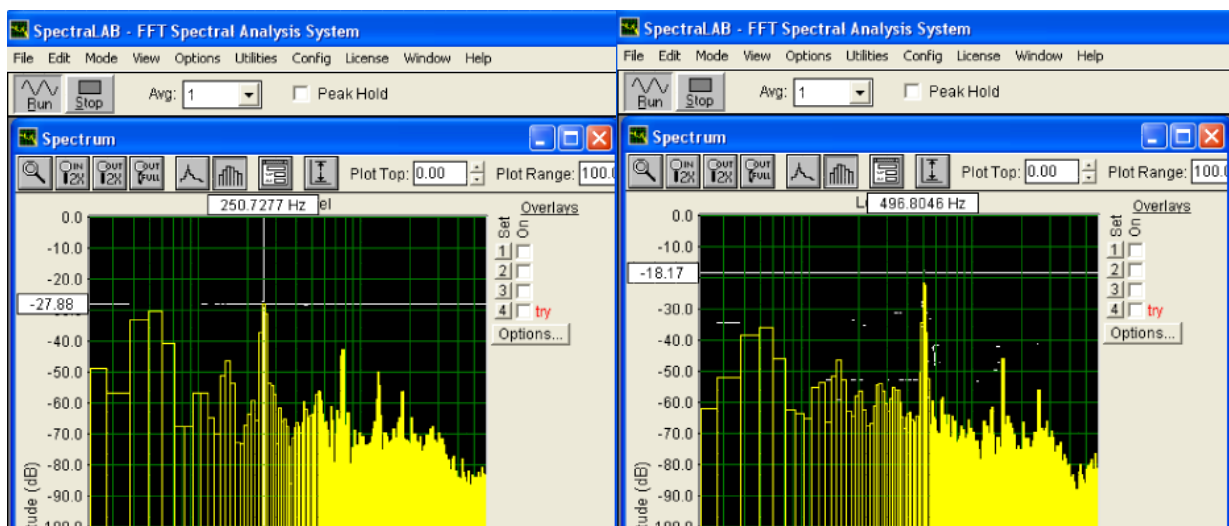


Рисунок А12 – Значение тестового сигнала на частоте 250 Гц и 496 Гц

Например если измеренные значения уровня контрольного (тестового) сигнала $L_{TC.ak.i}$ минус $L_{ak.sh.i}$ меньше от 3 до 7 дБ, то необходимо увеличить уровень контрольного сигнала $L_{TC.ak.i}$ и провести измерения.

После проведения измерений уровней сигнала и шума производится расчет уровня защищенности исследуемого помещения. Суть метода заключается в следующем.

Спектр измеренного речевого сигнала $L_{скр.с.}$, действующего на входе приемника аппаратуры разведки, разбивается на N частотных полос (например октавных, третьоктавных, равноартикуляционных и т.п.), в общем случае произвольных. Для каждой i -й (i равной от 1 до N) частотной полосы на среднегеометрической частоте определяется форматный параметр.

$$f_{cp.i} = \sqrt{f_{в.i} \times f_{н.i}}$$

ΔA_i , характеризующий энергетическую избыточность дискретной составляющей речевого сигнала:

$$\Delta A_i = L_{скр.с.i} - A_i = \Delta A \times f_{cp.i}, \text{ дБ}$$

где $L_{скр.с.i}$ – средний спектральный уровень речевого сигнала в месте измерения в i -ой спектральной полосе, дБ; A_i – средний спектральный модальный уровень формант в i -ой спектральной полосе, дБ.

Значения формантных параметров A_i определяются по графику, рисунок А13, при условиях f равно $f_{\text{ср. } i}$ или из соотношения (ошибка аппроксимации менее 1%):

$$A(f) = \begin{cases} \frac{200}{f^{0,43}} - 0,37, & \text{если } f \leq 1000 \text{ Гц;} \\ 1,37 + \frac{1000}{f^{0,69}}, & \text{если } f > 1000 \text{ Гц.} \end{cases}$$

Для каждой i -й частотной полосы определяется весовой коэффициент k , характеризующий вероятность наличия формант речи в данной полосе:

$$k_i = k(f_{\text{в.}i}) - k(f_{\text{н.}i}),$$

где $k(f_{\text{в.}i})$ и $k(f_{\text{н.}i})$ – значения весового коэффициента для верхней $f_{\text{в.}i}$ и нижней $f_{\text{н.}i}$ граничной частот i -й частотной полосы спектра речевого сигнала.

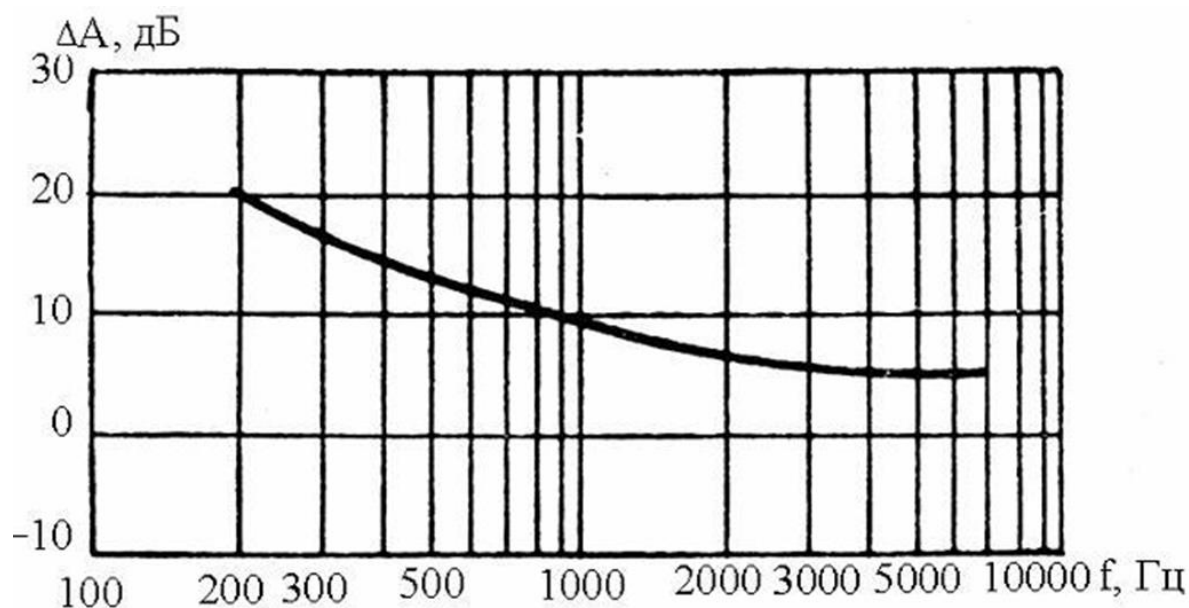


Рисунок А13 - Разность между спектральными уровнями речи и формант

Значения весовых коэффициентов $k(f_{\text{в.}i})$ и $k(f_{\text{н.}i})$ определяются по графику, рисунок А14. (функции распределения формант, характеризующей вероятность встречаемости формант в различных участках речевого спектра) при условиях f равно $f_{\text{в.}i}$ и f равно $f_{\text{н.}i}$ или из соотношения (ошибка аппроксимации менее 1 %):

$$k(f) = \begin{cases} 2.57 \times 10^{-8} \times f^{2.4}, & \text{если } 100 < f \leq 400 \text{ Гц;} \\ 1 - 1,074 \times e^{-10^{-4} \times f^{1.18}}, & \text{если } 400 < f \leq 10000 \text{ Гц.} \end{cases}$$

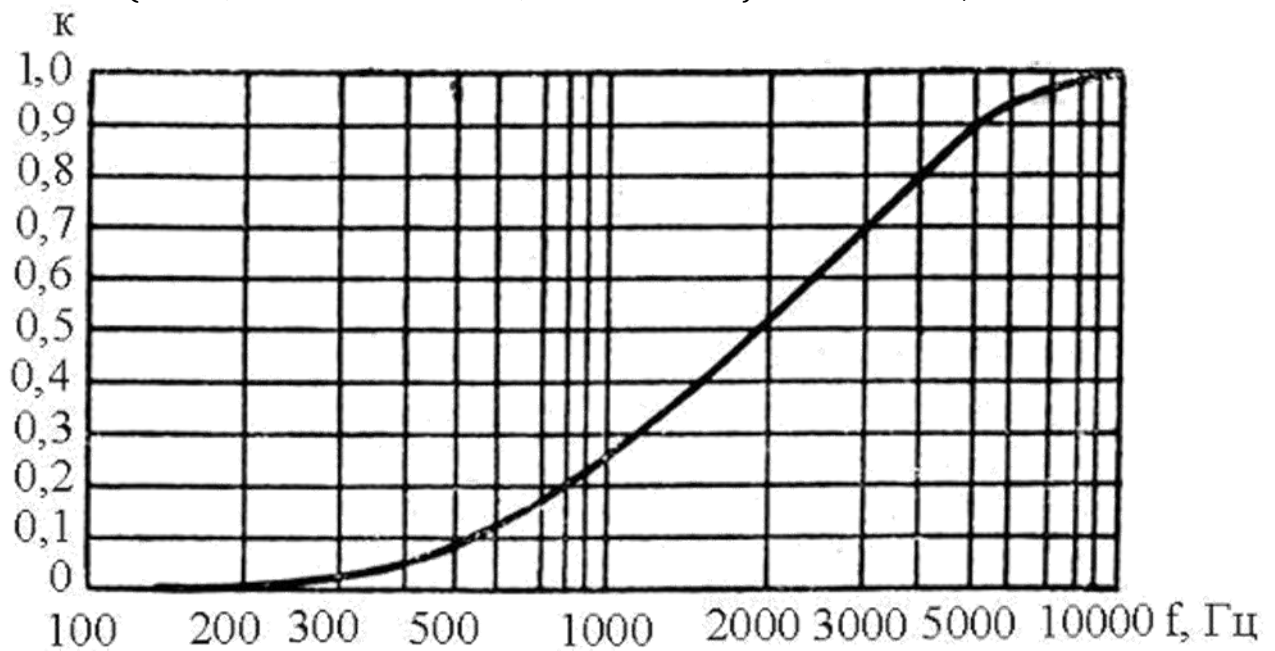


Рисунок А14 - Распределение формант в спектре человеческой речи

Для каждой частотной полосы на среднегеометрической частоте $f_{\text{ср}i}$ по графику, рисунок А15, или из аналитического соотношения (ошибка аппроксимации менее 1%) определяется коэффициент восприятия формант слуховым аппаратом человека, представляющий собой вероятное относительное количество формантных составляющих речи, которые будут иметь уровни интенсивности выше порогового значения:

$$p_i = \begin{cases} \frac{0,78 + 5,46 \cdot \exp[-4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (27,3 - |Q_i|)^2]}{1 + 10^{0,1|Q_i|}}, & \text{если } Q_i \leq 0; \\ 1 - \frac{0,78 + 5,46 \cdot \exp[-4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (27,3 - |Q_i|)^2]}{1 + 10^{0,1|Q_i|}}, & \text{если } Q_i > 0, \end{cases}$$

где $Q_i = \Delta A_i - L_{\text{ак.ш.}i} = (L_{\text{скр.с.}i} - A_i) - L_{\text{ак.ш.}i} = q_i - A_i$;

$L_{\text{ак.ш.}i}$ – уровень шума (помехи) в месте измерения в i -ой спектральной полосе, дБ; q_i – отношение «уровень речевого сигнала/уровень шума», дБ (q_i равно $L_{\text{скр.с.}i}$ минус $L_{\text{ак.ш.}i}$).

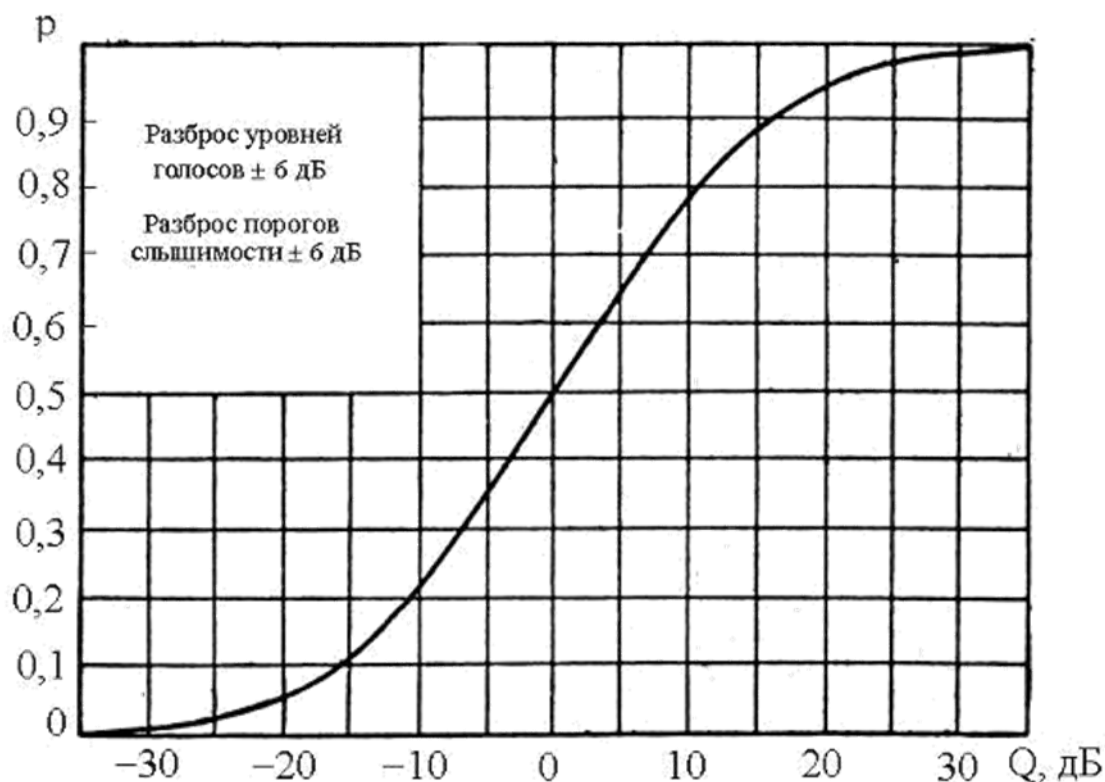


Рисунок А15 - Зависимость коэффициента восприятия формант от относительного уровня интенсивности формант Q

Разброс уровней голосов плюс минус 6 дБ, разброс порогов слышимости плюс минус 6 дБ. С учетом вышеизложенного определяется спектральный индекс артикуляции (четкости, членораздельности произношения) речи R_i (информационный вес i -ой спектральной полосы частотного диапазона речи):

$$R_i = p_i \times k_i,$$

рассчитывается интегральный индекс артикуляции речи:

$$R = \sum_{i=1}^N R_i$$

По графику, показанному на рисунке А16 или из аналитического соотношения (ошибка аппроксимации менее 1%) определяется слоговая разборчивость S:

$$s = \begin{cases} 4 \times R^{1.43}, & \text{если } R \leq 0.15; \\ 1.1 \times [1 - 1.17 \times e^{-2.9R}], & \text{если } 0.15 \leq R \leq 0.7; \\ 1.01 \times [1 - 9.1 \times e^{-6.9R}], & \text{если } R \geq 0.7. \end{cases}$$

Зависимость словесной разборчивости речи W от слоговой S представлена на рисунке А17. График аппроксимируется аналитическим соотношением (ошибка аппроксимации менее 1%):

$$W = 1.05 \times \left[1 - e^{-\frac{6.15 \times S}{1+S}} \right]$$

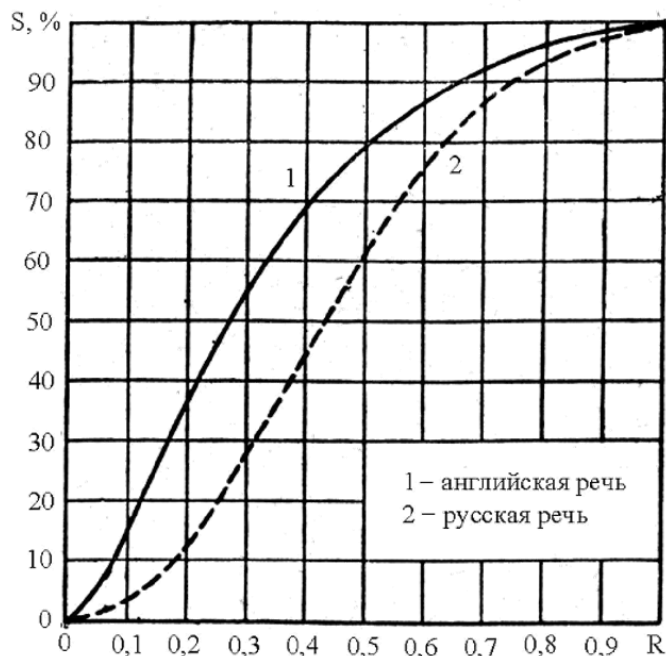


Рисунок А16 - Зависимость слоговой разборчивости S от интегрального индекса артикуляции речи R : 1 – английская речь, 2 – русская речь

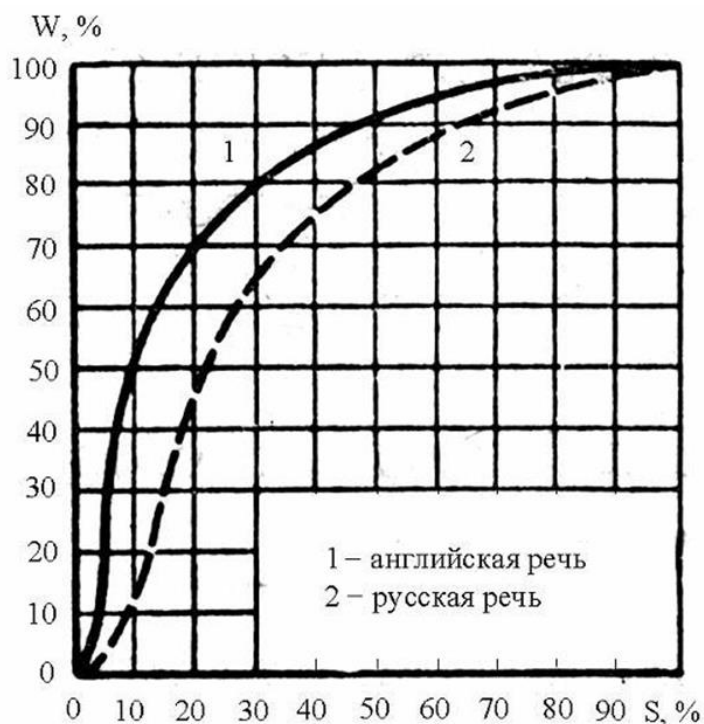


Рисунок А17 - Зависимость словесной разборчивости W от разборчивости слогов S : 1 – английская речь, 2 – русская речь

С учетом данных, представленных на рис. 8 и 9, можно получить график зависимости словесной разборчивости от интегрального индекса артикуляции речи, который можно аппроксимировать аналитическим соотношением:

$$w = \begin{cases} 1.54 \times R^{0.25} \times [1 - e^{-11 \times R}], & \text{если } R \leq 0.15 \\ 1 - e^{-\frac{11 \times R}{1 + 0.7 \times R}}, & \text{если } R \geq 0.15 \end{cases}$$

измерить уровни скрываемого речевого сигнала и шума (помехи) в месте возможного размещения приемных датчиков аппаратуры акустической разведки или в месте возможного прослушивания речи без применения технических средств. При этом считается, что перехват речевой информации возможен, если рассчитанное по результатам измерения значение словесной разборчивости речи W превышает установленные нормы.

Оформление результатов контроля включает:

- анализ полученных результатов;
- принятие по результатам контроля решения о выполнении норм защищенности речевой информации относительно каждого опасного средства речевой разведки;
- документальное оформление проведенного контроля (составление протокола контроля).

Если в результате расчетов в соответствии с вышеизложенным окажется, что W меньше или равно $W_{\text{п}}$, (где $W_{\text{п}}$ – нормативное (пороговое) значение), то принимается решение о невозможности перехвата речевой информации и распознавания ее источника. При W больше $W_{\text{п}}$ принимается решение о необходимости использования мер защиты от данного вида аппаратуры акустической речевой разведки. Документальное оформление результатов контроля осуществляется путем составления протокола контроля с необходимыми таблицами. Далее представлена таблица А1, отражающая зависимость понятности речи от разборчивости.

Таблица А1 – Зависимость понятности речи от разборчивости

Понятность	Разборчивость , %		
	A_{ϕ}	S	W
Предельно допустимая	от 15 до 22	от 25 до 40	от 78 до 87
Удовлетворительная	от 22 до 31	от 40 до 50	от 87 до 93
Хорошая	от 31 до 50	от 50 до 80	от 93 до 98
Отличная	более 50	более 80	более 98

Лабораторное задание:

— по спектру речевого сигнала и уровню шума, измеренному на границах контролируемой зоны, рассчитать словесную разборчивость речевой информации;

— построить графическую зависимость слоговой и словесной разборчивости речи от частоты (октавной частоты);

— оценить уровень защищенности речевой информации, сделать выводы;

— оформить отчет.

Содержание отчета:

— цель работы;

— исходные данные для расчета (спектр сигнала и уровень шума);

— расчет словесной разборчивости;

— выводы.

Контрольные вопросы:

— назовите основные характеристики речевых сигналов;

— перечислите акустические каналы утечки информации;

— назовите наиболее возможные места образования акустических каналов утечки информации в помещении;

— какие факторы учитываются при анализе речевых сигналов и необходимы для их распознавания?

— Какие основные действия включает контроль норм

защищенности речевых сигналов?

- для чего используется показатель словесной разборчивости речи?
- что характеризует формантный параметр?
- что выполняется на первом этапе инструментально-расчетного метода разборчивости речи?
- от чего зависит выбор контрольных точек размещения измерительной аппаратуры в помещении?
- при контроле норм защищенности какой генератор тестового сигнала можно использовать?

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Пример отчета получаемого в результате выполнения лабораторной работы

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВПО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Информационная безопасность систем и технологий»

ОТЧЁТ

по лабораторной работе №1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Дисциплина:

Группа:

Выполнил:

Вариант:

Принял:

Пенза 2016

Цель работы: освоить расчетно-инструментальный метод оценки защищенности речевой информации.

Задания:

Б1. Провести измерения уровня шума, уровня сигнал плюс шум. Построить зависимости уровня шума, уровня сигнал плюс шум в зависимости от октавных полос. Произвести расчет уровня речевого сигнала и построить график зависимости.

Б2. Рассчитать словесную разборчивость речевой информации, по измеренному спектру речевого сигнала.

Б3. Построить графическую зависимость слоговой и словесной разборчивости речи от частоты (октавной частоты).

Б4. Оценить уровень защищенности речевой информации, сделать выводы.

Ход работы:

Заданы 6 частотных полос:

- 250 Гц;
- 500 Гц;
- 1000 Гц;
- 2000 Гц;
- 4000 Гц;
- 8000 Гц.

Спектр речевого сигнала, представлен на рисунке Б1.

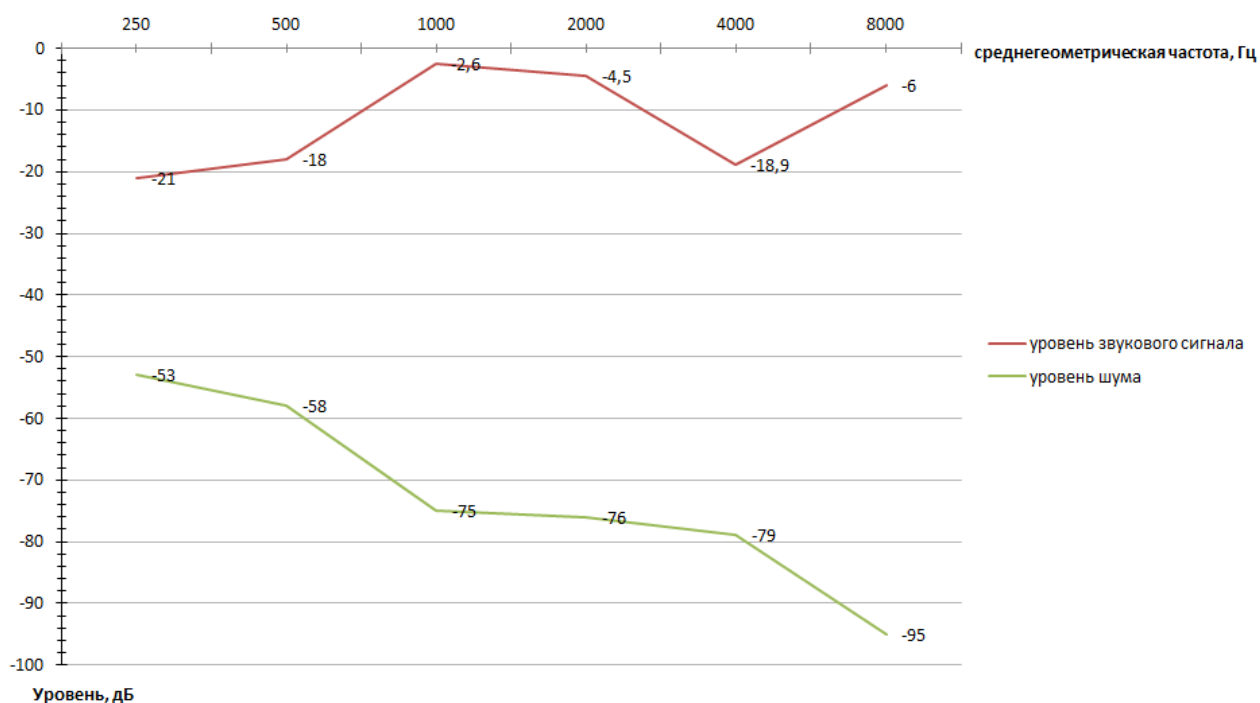


Рисунок Б1 – Спектр речевого сигнала

По рисунку 1 были получены средние спектральные уровни речевого сигнала в местах измерения i -ых спектральных полос.

$L_{\text{скр.с.1}} = -21$ (дБ);

$L_{\text{скр.с.2}} = -18$ (дБ);

$L_{\text{скр.с.3}} = -2,6$ (дБ);

$L_{\text{скр.с.4}} = -4,5$ (дБ);

$L_{\text{скр.с.5}} = -18,9$ (дБ);

$L_{\text{скр.с.6}} = -6$ (дБ).

По формулам Б2 выполнено вычисление значений формантных параметров A_i при условиях $f = f_{\text{ср.}i}$

$$A(f) = \begin{cases} \frac{200}{f^{0,43}} - 0,37, & \text{если } f \leq 1000 \text{Гц}; \\ 1,37 + \frac{1000}{f^{0,69}}, & \text{если } f > 1000 \text{Гц}. \end{cases} \quad (\text{Б2})$$

$$A(1) = \frac{200}{250^{0,43}} - 0,37 = 18.24$$

$$A(2) = \frac{200}{500^{0,43}} - 0,37 = 13.44$$

$$A(3) = \frac{200}{1000^{0,43}} - 0,37 = 9.88$$

$$A(4) = \frac{1000}{2000^{0,69}} + 1,37 = 6.64$$

$$A(5) = \frac{1000}{4000^{0,69}} + 1,37 = 4.64$$

$$A(6) = \frac{1000}{8000^{0,69}} + 1,37 = 3.39$$

После этого по формуле Б3 для каждой i -й (i равной от 1 до N) частотной полосы на среднегеометрической частоте определен форматный параметр (ΔA_i), характеризующий энергетическую избыточность дискретной составляющей речевого сигнала.

$$\Delta A_i = L_{\text{скр.с.}i} - A_i, (\text{дБ}) \quad (\text{Б3})$$

$$\Delta A(1) = -39,24 \text{ (дБ)};$$

$$\Delta A(2) = -31,44 \text{ (дБ)};$$

$$\Delta A(3) = -12,48 \text{ (дБ)};$$

$$\Delta A(4) = -11,14 \text{ (дБ)};$$

$$\Delta A(5) = -23,54 \text{ (дБ)};$$

$$\Delta A(6) = -9,39 \text{ (дБ)}.$$

По формуле Б4 определены значения весовых коэффициентов $k(f_{в.i})$ и $k(f_{н.i})$.

$$k(f) = \begin{cases} 2,57 \cdot 10^{-8} f^{2,4}, & \text{если } 100 < f \leq 400 \text{Гц}; \\ 1 - 1,074 \cdot e^{-10^{-4} \cdot f^{1,18}}, & \text{если } 400 < f \leq 10000 \text{Гц}. \end{cases} \quad (\text{Б4})$$

$$K(f1) = 2,57 - 10^{-8} * 250^{2,4} = 0,0146;$$

$$K(f2) = 1 - 1,074 \exp(-[10^{-4} * 500^{1,18}]) = 0,0784;$$

$$K(f3) = 0,24;$$

$$K(f4) = 0,51;$$

$$K(f5) = 0,819.$$

$$K(f6) = 0,980.$$

Для каждой i -ой частотной полосы определяется весовой коэффициент k , характеризующий вероятность наличия формант речи в данной полосе, по формуле Б5.

$$k_i = k(f_{в.i}) - k(f_{н.i}) \quad (\text{Б5})$$

$$k1 = 0,0637$$

$$k2 = 0,162$$

$$k3 = 0,27$$

$$k4 = 0,309$$

$$k5 = 0,162$$

$$k6 = 0,0133$$

Далее по формуле Б6 произведен расчет уровня шума в месте измерения в i -ой спектральной полосе.

$$Q_i = \Delta A_i - \text{Лак.ш} \quad (\text{Б6})$$

$$Q(1) = 39.24;$$

$$Q(2) = 31.44;$$

$$Q(3) = 12.48;$$

$$Q(4) = 11.14;$$

$$Q(5) = 23.54;$$

$$Q(6) = 9.39.$$

На следующем шаге по формуле Б7 произведен расчет уровней интенсивности выше порогового значения.

$$P_i = \begin{cases} \frac{0,78 + 5,46 \times \exp[-4,3 \times 10^{-3} \cdot (27,3) - |Q_i|]^2}{1 + 10^{0,1 \cdot |Q_i|}}, & \text{если } Q_i \leq 0; \\ 1 - \frac{0,78 + 5,46 \times \exp[-4,3 \times 10^{-3} \times (27,3) - |Q_i|]^2}{1 + 10^{0,1 \times |Q_i|}}, & \text{если } Q_i > 0. \end{cases} \quad (\text{Б7})$$

$$P(1) = 0,999;$$

$$P(2) = 0,995;$$

$$P(3) = 0,844$$

$$P(4) = 0,817$$

$$P(5) = 0,973$$

$$P(6) = 0,777.$$

После этого по формуле Б8 определен спектральный индекс артикуляции речи R.

$$R_i = p_i \times k_i \quad (\text{Б8})$$

$$R(1) = 0,063$$

$$R(2) = 0,161$$

$$R(3) = 0,2278$$

$$R(4) = 0,252$$

$$R(5) = 0,157$$

$$R(6) = 0,0104$$

Далее по формуле Б9 рассчитан интегральный индекс артикуляции речи.

$$R = \sum_{i=1}^N R_i \quad (\text{Б9})$$

$$R = 0,873$$

На финальном этапе по формулам Б10 и Б11 и Б12 рассчитаны слоговая и словесная разборчивости.

$$S = \begin{cases} 4 \times R^{1,43}, & \text{если } R \leq 0,15; \\ 1,1 \times [1 - 1,17 \times \exp(-2,9 \times R)], & \text{если } 0,15 \leq R \leq 0,7; \\ 1,01 \times [1 - 9,1 \times \exp(-6,9 \times R)], & \text{если } R > 0,7. \end{cases} \quad (\text{Б10})$$

$$S = 0,987$$

По формуле Б11 определена зависимость словесной разборчивости речи W от слоговой S .

$$W = 1,05 \times \left[1 - \exp \left(- \frac{6,15 \times S}{1 + S} \right) \right] \quad (\text{Б11})$$

$$W = 0.98$$

По формуле Б12 определена зависимость словесной разборчивости от интегрального индекса артикуляции речи.

$$W = \begin{cases} 1,54 \times R^{0,25} [1 - \exp(-11 \times R)] & \text{если } R < 0,15; \\ 1 - \exp \left(- \frac{11 \times R}{1 + 0,7 \times R} \right) & \text{если } R \geq 0,15; \end{cases} \quad (\text{Б12})$$

$$W = 0,997$$

В таблице Б1 представлены зависимости понятности речи от разборчивости.

Таблица Б1 – Зависимость понятности речи от разборчивости

Понятность	Разборчивость , %		
	A_{ϕ}	S	W
Предельно допустимая	от 15 до 22	от 25 до 40	от 78 до 87
Удовлетворительная	от 22 до 31	от 40 до 50	от 87 до 93
Хорошая	от 31 до 50	от 50 до 80	от 93 до 98
Отличная	более 50	более 80	более 98

Зависимость слоговой разборчивости от частот представлена на рисунке Б2. Ось ординат – значение слоговой разборчивости (S), ось абсцисс – значение среднегеометрической частоты.

Зависимость словесной разборчивости от частот представлена на рисунке Б3. Ось ординат – значение словесной разборчивости (W), ось абсцисс – значение среднегеометрической частоты.

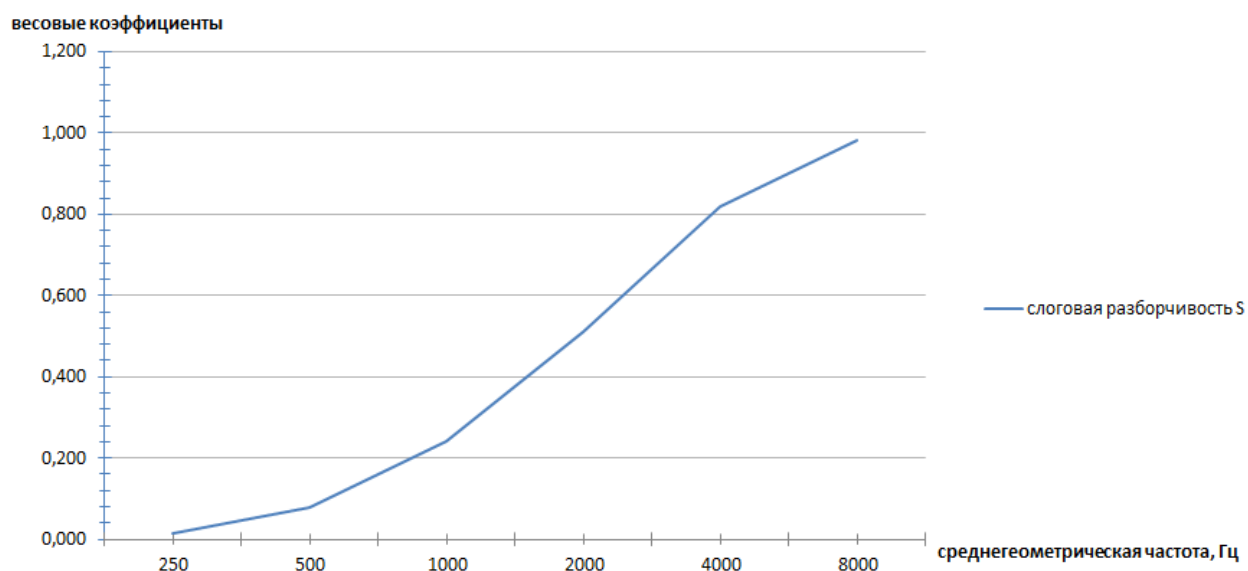


Рисунок Б2 – Зависимость слоговой разборчивости от частоты

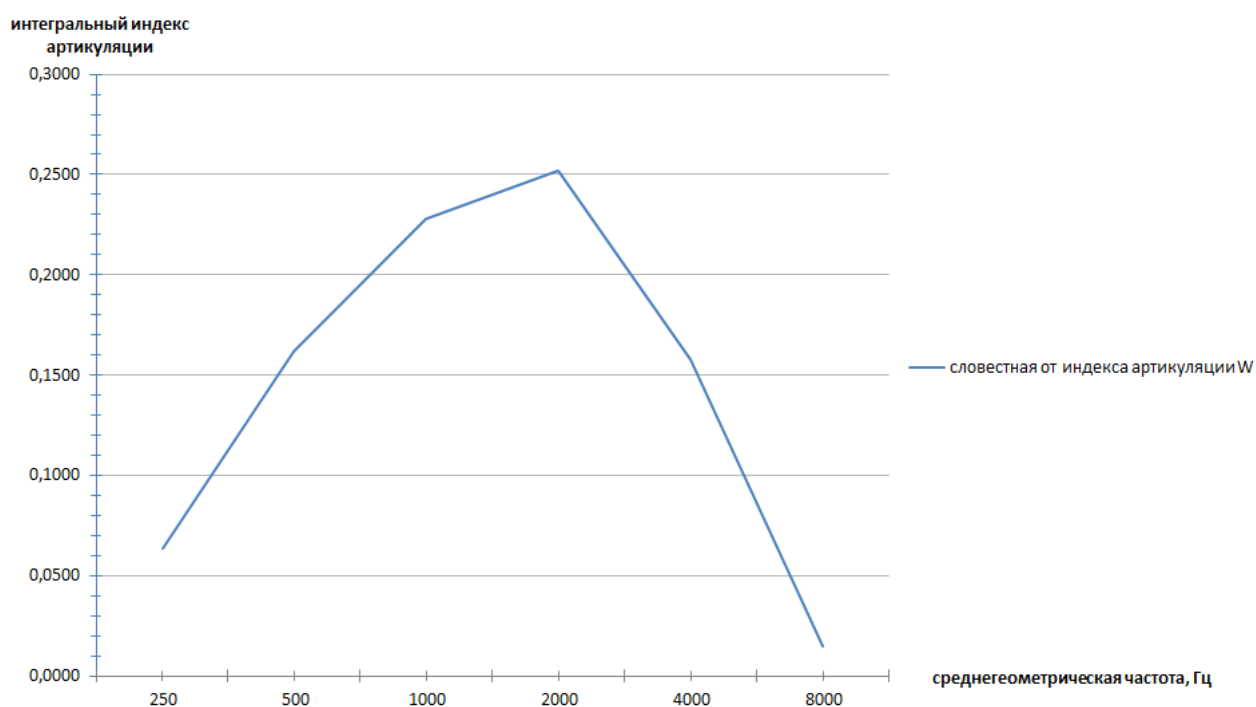


Рисунок Б3 – Зависимость словесной разборчивости от частоты

Вывод: Если значения словесной и слоговой разборчивости оказались выше предельно допустимых значений из чего следует, что разборчивость речевого сигнала отличная. Требуется провести специальные мероприятия по защите информации в соответствии с предъявляемыми требованиями.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Схема электрическая принципиальная лабораторного стенда

Перечень элементов

Перв. примен.		Поз., обозна- чение	Наименование					Кол-во	Примечание	
		C1	Конденсатор 10-17Б имп. 0.1мкф,Х7R, 10%, 0805					1		
		C2	Конденсатор электролит (K50-35) 100 мкф 6,3В 105гр,серия SSE					1		
		C3,C5	Конденсатор Керам ЧИП 10мкф, Y5V,-20+80%,0805,10В CC0805ZKY5V6BB106					2		
		C4	Конденсатор M750 240+-10					1		
		Mic	Микрофон электретный CZN-15E					1		
Справочный №		OY	Операционный усилитель Lm358					1		
		R1,R2,R6	Резистор С1-4 1 Вт, 5%, 47 кОм					3		
		R3	Резистор С1-4 1 Вт, 5%, 1 кОм					1		
		R4	Резистор подстроечный ВСП4-1 0,5Вт 100кОм					1		
		R5	Резистор С1-4 1 Вт, 5%, 4.3 кОм					1		
Подп. И дата										
Име. № дубл.										
Взам. инв. №										
Подп. И дата										
							ПГУ.1.100503.003 ПЭ			
		Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Име. № подл.		Разраб.	Постнов С.В.				Схема электрическая принципиальная лабораторного стенда Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов
		Проверил	Егорова Н.А.							
		Н. Контр.						Гр. 11ПИ1		
		Утвердил	Фатеев А.Г.							

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 621.96

Политехнический институт
Факультет приборостроения,
информационных технологий и
электроники
Выпускающая кафедра:
Информационная безопасность систем
и технологий
Учебная группа 11ПИ1

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ИБСТ
к.т.н., доцент С.Л. Зефирова
«27» 04 2016 г.

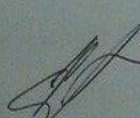
**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ
РАБОТУ**

студента группы 11ПИ1 Постнова Сергея Владимировича

Специальность 100503 – Информационная безопасность
автоматизированных систем

Тема дипломного проекта: Лабораторный стенд для изучения утечки
информации по акустическому каналу

Руководитель ВКР
к.т.н., доцент кафедры ИБСТ

 Егорова Наталья Алексеевна

Нормоконтролер

к.т.н., доцент



Фатеев А.Г.

1 Цели и задачи ВКР

Цели работы: разработка лабораторного стенда для изучения утечки информации по акустическому каналу.

Лабораторный стенд предназначен для использования на лабораторных работах по дисциплине «Техническая защита информации».

2 Тактико-технические требования к выполнению ВКР

Технические требования:

- лабораторный стенд должен включать в себя направленный микрофон, микрофонный усилитель и устройство вывода;
- микрофонный усилитель должен иметь следующие характеристики:
 - диапазон воспроизводимых частот – от 20 Гц до 12 кГц;
 - коэффициент усиления – от 10 до 50 раз;
 - неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) – не более 4 дБ;
 - напряжение питания – 3 В;
 - питание должно осуществляться от встроенного аккумулятора или от сети питания 220 В;
- направленный микрофон должен иметь следующие характеристики:
 - диапазон частотой характеристики – от 20 Гц до 12 кГц;
 - дальность применения – от 6 до 50 м;
 - неравномерность АЧХ – не более 2 дБ;
- устройство вывода – звуковая карта персонального компьютера, имеющая вход jack 3.5 мм.

В ВКР должны быть рассмотрены следующие вопросы:

- описание акустических каналов утечки информации;
- обзор средств съема акустической информации;
- выбор компонентов лабораторного стенда;

- разработка схемы электрической принципиальной лабораторного стенда;
- результаты проверки работоспособности созданного лабораторного стенда;
- составление инструкции по использованию лабораторного стенда.

3 Требования к разрабатываемой документации

Отчет по ВКР выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32.

Перечень и содержание графической части ВКР:

- схема электрическая структурная лабораторного стенда – 1 л., ф. А1;
- схема электрическая принципиальная лабораторного стенда – 1 л., ф. А1;
- алгоритм проведения лабораторной работы – 1 л., ф. А1 (плакат);
- АЧХ микрофонного усилителя – 1 л., ф. А1 (плакат);
- зависимости разборчивости речи, получаемые в результате проведения лабораторных работ – 2 л., ф. А1 (плакат).

Электронная копия отчета и графической части ВКР должна быть представлена на магнитном или оптическом носителе.

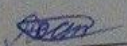
4 Сроки выполнения ВКР

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 49/аб от «25» апреля 2016 г.

Дата выдачи задания «09» февраля 2016 г.

Время дипломного проектирования с 18.04.2016 г. по 10.07.2016 г.

Задание к исполнению принял «09» февраля 2016 г.

Исполнитель ВКР  Постнов С.В.



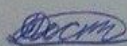
Ректору Пензенского
государственного университета
А. Д. Гулякову
студента 5 курса ФПИТЭ
очной формы обучения
Постнова Сергея Владимировича

заявление.

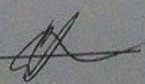
Я, Постнов Сергей Владимирович, студент 5 курса очной формы обучения специальности 10.05.03 – «Информационная безопасность автоматизированных систем», прошу провести проверку с использованием системы «Антиплагиат» дипломного проекта на тему «Лабораторный стенд для изучения утечки информации по акустическому каналу», выполненной мной самостоятельно, на содержание элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлен с действующим Стандартом университета «Выпускная квалификационная работа обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры», согласно которому обнаружение плагиата является основанием для недопуска ВКР к защите и отчисления из университета.

 /С.В. Постнов/

ВКР представлена на проверку 02.06.2016 г.

Руководитель ВКР  /Н.А. Егорова/

Протокол

проверки на оригинальность в системе «Антиплагиат.ВУЗ» выпускной квалификационной работы на тему «Лабораторный стенд для изучения утечки информации по акустическому каналу» студента 5 курса С.В. Постнов специальности 10.05.03 – «Информационная безопасность автоматизированных систем».

Руководитель ВКР к.т.н., доцент кафедры ИБСТ Егорова Наталья Алексеевна.

Отчет о проверке № 1

ФИО: Иванов Алексей Петрович
дата загрузки: 03.06.2016 00:09:02
пользователь: ap_ivanov@mail.ru / ID: 1267386
отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат»
на сайте <http://www.antiplagiat.ru>

Информация о документе

№ документа: 37
Имя исходного файла: ВКР_Постнов_СВ_11ПИ1.pdf
Размер текста: 3591 kb
Тип документа: не указан
Символов в тексте: 71271
Слов в тексте: 8536
Число предложений: 329

Информация об отчете

Дата: Отчет от 03.06.2016 07:10:47 - Последний готовый отчет
Комментарий: не указан
Оценка оригинальности: 66%
Занимствования: 34%
Цитирование: 0%



Оригинальность: 66%
Занимствования: 34%
Цитирование: 0%

15.06.2016 г.

Секретарь ГЭК

Н.А. Егорова

А.П. Иванов

Протокол

проверки на оригинальность выпускной квалификационной работы на тему «Лабораторный стенд для изучения утечки информации по акустическому каналу» студента 5 курса Постнова С.В. специальности 10.05.03 – «Информационная безопасность автоматизированных систем».

Руководитель ВКР к.т.н., доцент кафедры ИБСТ Егорова Наталья Алексеевна.

Комиссия, проанализировав выпускную квалификационную работу, установила соответствия заимствования текста с первоисточником, на который были даны однозначно определенные ссылки, что в свою очередь является не плагиатом, а цитированием. Цитирование используется в достаточном объеме, оправданном целью цитирования и не снижает уровень самостоятельности выполнения ВКР.

Решение комиссии: допустить выпускную квалификационную работу по теме «Лабораторный стенд для изучения утечки информации по акустическому каналу» студента 5 курса Постнова С.В. к защите в ГЭК.

Председатель экспертной комиссии,

зав. каф. ИБСТ

Зефилов С.Л.

Члены экспертной комиссии:

доцент каф. ИБСТ

Иванов А.П.

доцент каф. ИБСТ

Липилин О.В.

“УТВЕРЖДАЮ”

Проректор ПГУ по учебной работе

В.Б. Механов

20__ г.



АКТ О ВНЕДРЕНИИ

Настоящим актом подтверждаем, что материалы выпускной квалификационной работы Постнова Сергея Владимировича “Лабораторный стенд для изучения утечки информации по акустическому каналу” используются в учебном процессе кафедры “Информационная безопасность систем и технологий” Пензенского государственного университета при проведении лабораторных занятий по дисциплине: “Техническая защита информации” (в разделе “Защита речевой информации”).

В учебный процесс внедрены методические рекомендации для проведения лабораторных работ и лабораторный стенд.

Директор ПИ

Д.В. Артамонов

Декан ФПИТЭ

В.Д. Кревчик

Зав. кафедрой ИБСТ

С.Л. Зефирин

ОТЗЫВ

на дипломный проект студента
Пензенского государственного университета

Постнова Сергея Владимировича

Тема проекта: Лабораторный стенд для изучения утечки информации по
акустическому каналу

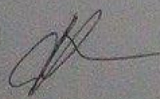
Дипломный проект посвящен разработке лабораторного стенда для изучения вопросов утечки акустической информации. Перед Постновым С.В. стояла задача реализовать направленный микрофон, ориентированный на использование в учебном процессе. Постнов С.В. самостоятельно провел анализ возможных схем построения направленных микрофонов, а затем реализовал его в виде готового изделия. Кроме того, им была разработана подробная эксплуатационная документация для направленного микрофона, которая легла в основу написания методических указаний к лабораторной работе. Требования технического задания на дипломное проектирование выполнены в полном объеме.

Разработанный в ходе дипломного проектирования стенд используется при проведении лабораторных работ на кафедре «Информационная безопасность систем и технологий», что подтверждается актом о внедрении.

Дипломный проект соответствует всем предъявленным требованиям и может быть допущен к защите в ГАК. Количество баллов – 20.

Руководитель ДП:
к.т.н., доцент каф. ИБСТ

Н.А. Егорова



РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект

студента Пензенского государственного университета Постнов С.В.

«Лабораторный стенд для изучения утечки информации по акустическому каналу»

На рецензию представлен дипломный проект, состоящий из пояснительной записки объемом 77 страниц и графической части из 6 листов.

Дипломный проект посвящен разработке и созданию лабораторного стенда для исследования утечки информации по акустическим каналам. Эту задачу следует считать актуальной, так как подобный макет необходим студентам, как будущим специалистам, для получения практических навыков работы.

Одним из достоинств дипломного проекта является подробное отражение всех этапов проектирования и сборки готового лабораторного стенда. Постным С.В. была разработана структурная схема лабораторного стенда, схема электрическая принципиальная микрофонного усилителя, разработан алгоритм проведения лабораторной работы, создан работоспособный лабораторный стенд для изучения акустических каналов утечки информации и составлены рекомендации по использованию лабораторного стенда на лабораторных работах по дисциплине «Техническая защита информации». Для решения возникших в ходе дипломного проектирования проблем Постновым С.В. была найдена оригинальная идея. Им было рассмотрено несколько наиболее приемлемых и перспективных схем микрофонных усилителей, одну из которых он использовал для создания лабораторного стенда.

Текст пояснительной записки написан технически грамотным языком. Плакаты выполнены аккуратно. Содержание пояснительной записки соответствует заданию на дипломный проект.

Анализ представленных материалов позволил сделать вывод о высоком уровне подготовки студента Постнова С.В., поскольку в тексте он отразил глубину своих знаний и практических навыков.

По дипломному проекту имеется следующий недостаток – большое количество ссылок на электронные ресурсы и малое – на книги.

Дипломный проект может быть допущен к защите в ГАК, а ее автор Постнов С.В. заслуживает оценки отлично. Количество баллов – 9.

Рецензент

ведущий инженер АО «ПНИЭИ»

Грунин С.Б.

