

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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 10.05.03 –

Специализация -

Информационная безопасность
автоматизированных систем
Защищенные автоматизированные
системы управления

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УТЕЧКИ
ИНФОРМАЦИИ ЗА СЧЕТ АКУСТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Студент



Пырялин Дмитрий Андреевич

Руководитель



Егорова Н.А.

Нормоконтролёр



Иванов А.П.

Рецензент инженер по технической защите 2 категории



Куприянов А.А.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 21.06.19 № 16)

Заведующий кафедрой



С.Л. Зефилов

Работа защищена с отметкой

удовл.

(протокол заседания ГЭК

от 26.06.19 № 31)

Секретарь ГЭК



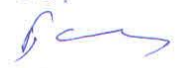
А.П. Иванов

Пенза 2019

Проверка (подпись)

Иванов

25.06.2019



Содержание

Введение.....	5
1. Технические каналы утечки акустической информации.....	7
1.1 Общие сведения.....	7
1.2 Источники конфиденциальной информации.....	8
1.3 Разновидности каналов утечек информации	8
2. Акустоэлектрические преобразователи и их виды.....	12
2.1 Виды преобразователей.....	12
2.1.1 Микрофоны.....	15
2.1.2 Электродинамические преобразователи	18
2.1.3 Электромагнитные преобразователи.....	19
2.1.4 Электростатические преобразователи	19
2.1.5 Механострикционные преобразователи.....	20
2.2 Микрофонный эффект.....	21
2.3 Телефонное ухо.....	25
3. Методы и средства защиты от утечки информации по телефонным линиям.....	28
3.1 Пассивные методы защиты.....	28
3.2 Активные методы защиты.....	31
3.3 Средства защиты.....	36
4. Разработка структурной схемы лабораторного стенда.....	38
4.1 Структурная схема учебного стенда.....	38
4.2 Разработка низкочастотного усилителя	39
5 Разработка программного обеспечения.....	46
5.1 Разработка алгоритма обработки записанных сигналов	46
5.2 Написание программы обработки записанных сигналов	47
6 Методические указания к лабораторной работе.....	55
7 Безопасность жизнедеятельности	59
7.1 Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы.....	59

7.2 Методы и средства снижающие воздействия негативных факторов	61
Заключение.....	66
Список используемой литературы.....	67
Приложение А Перечень используемых радиоэлементов в низкочастотном усилителе.....	68
Приложение Б Алгоритм работы программы.....	70
Приложение В Программа обработки сигналов.....	78

Обозначение и сокращения

ТКУИ – Технический канал утечки информации

ТСР – Техническое средство разведки

ПЭМИН – Побочные электромагнитные излучения и наводки

ВТСС – Вспомогательные технические средства и системы

ЗУ – Закладные устройства

ЭДС – Электродвижущая сила

ТСПИ – Технические средства передачи информации

АРМ – Автоматизированное рабочее место

ПО – Программное обеспечение

Введение

Наиболее распространённым способом обмена информацией между людьми является человеческая речь. С древнейших времён и по сегодняшний день ведутся попытки перехвата этой информации. Особым интересом пользуется речевая информация, так как она обладает рядом специфических особенностей, присущих только ей. К таким особенностям можно выделить:

- конфиденциальность - устно делаются такие сообщения и отдаются такие распоряжения, которые не могут быть доверены никакому носителю;
- оперативность - информация может быть перехвачена в момент ее озвучивания;
- документальность - перехваченная речевая информация (речь, не прошедшая никакой обработки) является по существу документом с личной подписью того человека, который озвучил сообщение, так как современные методы анализа речи позволяют однозначно идентифицировать его личность;
- виртуальность - по речи человека можно сделать заключение о его эмоциональном состоянии, личном отношении к сообщению и т. п.

Именно данные особенности вызывают у конкурентов и злоумышленников заинтересованность в получении подобной информации. А если учитывать, что большинство коммерческих фирм и организаций расположены в жилых домах и ограждены от неизвестных людей сбоку, сверху и снизу несущими конструкциями с недостаточной акустической защитой, то защита конфиденциальности является особо актуальной и достаточно сложной.

Защита акустической информации является довольно дорогим и сложным мероприятием, поэтому на практике в учреждениях и фирмах целесообразно иметь специально выделенные места с гарантированной (по заданной категории) защитой акустической информации - так называемые защищаемые (выделенные) помещения.

Полнота защиты подобных помещений зависит как от их акустической защищенности по воздушной и структурной (вибрационной) акустической

волне, так и от защищенности расположенных в помещении устройств и их элементов от утечки за счет акустопреобразовательного эффекта, побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН), а также от организованных каналов утечки информации.

При оценке возможностей таких помещений, лучшим решением будет рассмотреть акустическую защищённость (несущие конструкции, пол, потолок, вентиляционные короба, двери, окна, трубы отопления и т.п.), а также предусмотреть возможность использования злоумышленником элементов аппаратуры, обладающих акустопреобразовательным эффектом предусмотреть возможность использования злоумышленником элементов аппаратуры, обладающих акустопреобразовательным эффектом.

Актуальность ВКР обусловлена тем, что специалисты по защите информации должны не только знать о технических каналах утечки информации, но и уметь предотвращать эти утечки.

Для изучения утечки информации за счёт акустоэлектрических преобразований был разработан лабораторный стенд, включающий исследуемое устройство, усилитель, средство защиты и АРМ с специально разработанным ПО.

Для выполнения задания ВКР использовался лабораторный стенд и составлено руководство по его использованию.

1. Технические каналы утечки акустической информации

1.1 Общие сведения

Под техническим каналом утечки информации понимают совокупность источника конфиденциальной информации, среды распространения и средства технической разведки. На рисунке 1 показана структурная схема ТКУИ.

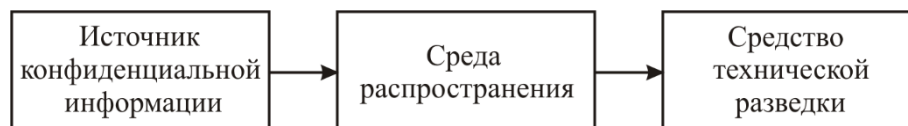


Рисунок 1 - Технический канал утечки информации

Каналы утечки информации можно классифицировать по физическим принципам на следующие группы:

- акустический;
- материально-вещественный;
- визуально-оптический;
- электромагнитный.

На рисунке 2 изображена все ТКУИ, включённые в эти группы.

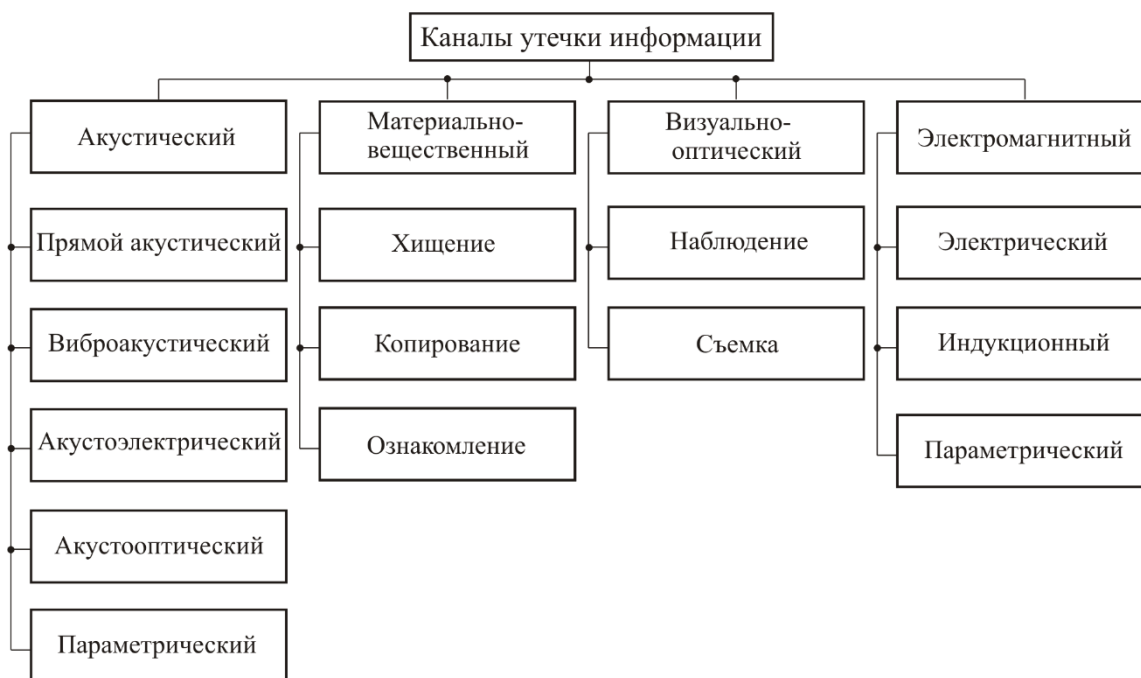


Рисунок 2 - Каналы утечки информации

1.2 Источники конфиденциальной информации

Голосовой аппарат человека является первичным источником акустических колебаний, которые представляют собой возмущения воздушной среды в виде волн сжатия и растяжения.

Под действием акустических колебаний в ограждающих строительных конструкциях и инженерных коммуникациях помещения, в котором находится речевой источник, возникают вибрационные колебания. Таким образом, в своем первоначальном состоянии речевой сигнал в помещении присутствует в виде акустических и вибрационных колебаний [1].

К вторичным источникам можно отнести преобразователи акустических и вибрационных колебаний, таких как громкоговорители, телефоны, микрофоны, акселерометры и подобные устройства.

1.3 Разновидности каналов утечек информации

На рисунке 2 показано, что к акустической группе относятся 6 разновидностей каналов утечек информации:

- акустический;
- прямой акустический;
- виброакустический;
- акустоэлектрический;
- акустооптический;
- параметрический.

Акустический канал и прямой акустический канал утечки информации. В данном канале акустические сигналы распространяются в воздухе и для их перехвата используются высокочувствительные микрофоны и специальные направленные микрофоны, преобразующие акустический сигнал в электрический, с использованием звукозаписывающих устройств или специальных передатчиков.

Автономные устройства, конструктивно объединяющие микрофоны и передатчики, называют закладными устройствами (ЗУ) перехвата речевой информации [1].

Перехваченная ЗУ речевая информация может передаваться по радиоканалу, сети электропитания, оптическому каналу, соединительным линиям, посторонним проводникам, инженерным коммуникациям в ультразвуковом диапазоне частот.

Прием информации, передаваемой закладными устройствами, осуществляется, как правило, на специальные приемные устройства, работающие в соответствующем диапазоне длин волн.

Использование портативных диктофонов и закладных устройств требует проникновения в контролируемое помещение. В том случае, когда это не удается, для перехвата речевой информации используются направленные микрофоны [1].

Виброакустический канал утечки информации.

В канале утечки информации средой распространения речевых сигналов являются ограждающие строительные конструкции помещений (стены, потолки, полы) и инженерные коммуникации (трубы водоснабжения, отопления, вентиляции и т.п.). Для перехвата речевых сигналов в этом случае используются вибродатчики (акселерометры).

По виброакустическому каналу также возможен перехват информации с использованием закладных устройств. В основном для передачи информации используется радиоканал, поэтому такие устройства часто называют радиостетоскопами. Возможно использование закладных устройств с передачей информации по оптическому каналу в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн, а также по ультразвуковому каналу (инженерные коммуникации) [1].

Акустоэлектрический канал утечки информации.

Канал возникает за счет преобразований акустических сигналов в электрические.

Некоторые элементы вспомогательных технических средств и систем (ВТСС), в том числе трансформаторы, катушки индуктивности, электромагниты вторичных электрочасов, звонков телефонных аппаратов и

т.п., обладают свойством изменять свои параметры (емкость, индуктивность, сопротивление) под действием акустического поля, создаваемого источником речевого сигнала. Изменение параметров приводит либо к появлению на данных элементах электродвижущей силы (ЭДС), либо к модуляции токов, протекающих по этим элементам в соответствии с изменениями воздействующего акустического поля [1].

ВТСС, кроме указанных элементов, могут содержать непосредственно акустоэлектрические преобразователи. К таким ВТСС относятся некоторые типы датчиков охранной и пожарной сигнализации, громкоговорители ретрансляционной сети и т.д. Эффект акустоэлектрического преобразования в специальной литературе называют “микрофонным эффектом”.

Акустооптический канал утечки информации.

Образование канала происходит при облучении лазерным лучом вибрирующих под действием акустического речевого сигнала отражающих поверхностей помещений (оконных стекол, зеркал и т.д.). Отраженное лазерное излучение модулируется по амплитуде и фазе и принимается приемником оптического излучения, при демодуляции которого выделяется речевая информация.

Для организации такого канала предпочтительным является использование зеркального отражения лазерного луча. Однако при небольших расстояниях до отражающих поверхностей (порядка нескольких десятков метров) может быть использовано диффузное отражение лазерного излучения.

Для перехвата речевой информации по данному каналу используются сложные лазерные системы, которые в литературе часто называют “лазерными микрофонами”. Работают они, как правило, в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн [1].

Параметрический канал утечки информации.

В результате воздействия акустического поля меняется давление на все элементы высокочастотных генераторов технических средств передачи информации (ТСПИ) и ВТСС. При этом изменяется взаимное расположение

элементов схем, проводов в катушках индуктивности, дросселей и т.п., что может привести к изменениям параметров высокочастотного сигнала, например, к модуляции его информационным сигналом.

Канал утечки может быть реализован и путем “высокочастотного облучения” помещения, где установлены закладные устройства, имеющие элементы, параметры которых (например, добротность и резонансная частота объемного резонатора) изменяются под действием акустического (речевого) сигнала.

При облучении помещения мощным высокочастотным сигналом в таком закладном устройстве при взаимодействии облучающего электромагнитного поля со специальными элементами закладки (например, четвертьволновым вибратором) происходит образование вторичных радиоволн, т.е. переизлучение электромагнитного поля [1].

В результате анализа было принято решение использовать акустоэлектрический канал утечки информации, так как он полностью соответствует заданным требованиям.

2. Акустоэлектрические преобразователи и их виды

2.1 Виды преобразователей

Акустоэлектрический преобразователь - это устройство, преобразующее акустическую энергию (т. е энергию упругих волн в воздушной среде) в электромагнитную энергию в схемах тех устройств, в которых находятся акустоэлектрические преобразователи (или наоборот, энергию электромагнитных волн в акустическую). Из окружающих нас устройств наиболее известны такие электроакустические преобразователи как системы звукового вещания, телефоны, из акустоэлектрических - микрофоны. Следует учитывать, что в большинстве электроакустических преобразователей имеет место двойное преобразование энергии - электромеханическое, в результате которого электрическая энергия, подводимая к преобразователю, переходит в энергию колебаний механической системы (например, диффузор динамика), колебание которой и создает в среде звуковое поле [2].

Самые распространенные акустоэлектрические преобразователи – это линейные, которые удовлетворяют требованиям неискаженной передачи сигнала и обратимы, т.е. могут работать и как излучатель и как приемник и подчиняются принципу взаимности. При электроакустических преобразованиях в большинстве случаев преобладает преобразование в механическую энергию либо электрического, либо магнитного полей (и обратно - преобразования акустической энергии в электрическую, либо магнитную). В соответствии с этим обратимые акустоэлектрические преобразователи могут быть представлены следующими группами:

1. Индуктивные генераторные:

- электромагнитные;
- магнитострикционные;
- электродинамические.

2. Емкостные генераторные пьезоэлектрические:

– электродинамических преобразователей. Действие основано на электродинамическом эффекте. электродинамическими называют индукционные системы, электрический контур которых перемещается в магнитном поле, порожденном внешним по отношению к контуру источником МДС (таким источником может служить электромагнит или постоянный магнит, входящий в состав магнитной цепи системы). Величина ЭДС перемещения, наводимая в электродинамических системах при перемещении контура (провода) [2].

– электромагнитные преобразователи. Отличия от электродинамических заключается в том, что электрическая часть является неподвижным контуром. Но внешним источником МДС, как и у электродинамических систем, является электромагнит или постоянный магнит, входящий в состав магнитной цепи системы.

Действие таких преобразователей устроено колебаниями ферромагнитного сердечника в переменном магнитном поле или изменении магнитного потока при движении сердечника [2];

– электростатические преобразователи. Изменение силы притяжения обкладок конденсатора при изменении напряжения на нем и на изменении положения обкладок конденсатора относительно друг друга под действием, к примеру, акустических волн – это то, на чём основано действие данного преобразователя [2];

– пьезоэлектрические преобразователи. Устроены на прямом и обратном пьезоэлектрическом эффекте. К ним можно отнести кристаллические вещества и специальные керамики, при сжатии и растяжении которых в определенных направлениях возникает электрическое напряжение. Это называется прямой пьезоэффект, а при обратном пьезоэффекте возникают механические деформации под действием электрического поля [2];

– магнитострикционные(механнотрикционные) преобразователи. Данные преобразователи используют прямой и обратный эффект магнитострикции.

Магнитострикция - изменение размеров и формы кристаллического тела при намагничивании - вызывается изменением энергетического состояния кристаллической решетки в магнитном поле, и, как следствие, расстояний между узлами решетки. Магнитострикция достигает наибольших значений в ферро - и ферритомагнетиках, где взаимодействие частиц особенно велико.

В данном преобразователе используется линейная магнитострикция ферромагнетиков в области технического намагничивания. Состоит преобразователь из сердечника, изготовленного из магнитострикционных материалов, с нанесенной на него обмоткой (похожие конструкции используются в фильтрах и резонаторах). В магнитострикционном преобразователе энергия переменного магнитного поля, создаваемого в сердечнике, протекающем по обмотке переменным электрическим током, преобразуется в энергию механических колебаний сердечника или наоборот, энергия механических колебаний, наведенная, к примеру, акустическим сигналом, воздействующим на сердечник, преобразуется в энергию магнитного поля наводящего переменную ЭДС в обмотке [2];

– необратимые приёмники звука. Это особый класс акустоэлектрических преобразователей, принцип действия которых основан на применении электрического сопротивления чувствительного элемента под действием звукового давления. Для примера можно рассмотреть угольный микрофон или полупроводниковые приемники, в которых используется так называемый тензорезистивный эффект - зависимость сопротивления полупроводниковых приборов от механических напряжений [2].

Таким образом, наряду со специально созданными для преобразования акустических сигналов в электрические так называемых приемников звука (например, в воздухе - микрофоны, в воде - гидрофоны, в грунте - геофоны) существуют "паразитные", не предусмотренные идеей прибора акустоэлектрические преобразователи. Проявление акустопреобразовательных каналов утечки информации в большинстве случаев не связано с качеством исполнения механизма прибора, а является

сопутствующим его деятельности по предназначению, т.е. их подавление в ряде случаев не может быть проведено путем более качественного исполнения или настройки механизмов. В ряде случаев они возникают за счет взаимности действия элемента, заложенного в его конструкцию (динамики), в других случаях за счет некачественности исполнения элементов (рыхлая намотка индуктивностей, изменение расстояния между обкладками конденсатора под действием механических волн) и т. п.;

2.1.1 Микрофоны

По своей природе электроакустические преобразователи часто сравнивают с микрофонным эффектом.

Микрофонный эффект - появление в цепях радиоэлектронной аппаратуры посторонних (паразитных) электрических сигналов, обусловленных механическими воздействиями (звуком, сотрясениями, вибрациями и т. п.). Свое название микрофонный эффект получил по аналогии с соответствующими процессами, происходящими в микрофоне. Наиболее сильно микрофонный эффект проявляется при работе электронных приборов (в усилителях электрических колебаний звуковых частот, супергетеродинных приемниках и т. п.

Для перехвата акустической воздушной волны наиболее широко используются микрофоны.

Микрофон - устройство преобразования акустических колебаний воздушной среды в электрические сигналы. [2]

Микрофоны могут быть классифицированы по различным признакам:

- по принципу преобразования акустических (звуковых волн) в электрические;
- по способу воздействия звуковых волн на диафрагму микрофона,
- по конструкторскому исполнению;
- по признакам характеристики направленности;
- по электрическим параметрам и т. п.

По признаку преобразования акустических колебаний микрофоны подразделяются на:

- Электродинамические.
- Электромагнитные
- Электростатические
- Угольные
- Пьезоэлектрические
- Полупроводниковые

По признаку приема звуковых колебаний микрофоны подразделяются на три группы:

- приемники звукового давления, действующего на диафрагму;
- приемники градиента давления, реагирующего на разность звуковых давлений, действующих на обе стороны диафрагмы;
- приемники комбинированного типа, сочетающие свойства приемников звукового давления и градиента давления;

Схемы приема акустических волн микрофоном-приемником:

- Звукового давления
- Микрофон-приемник градиента звукового давления

В микрофонах-приемниках давления давление звукового поля действует только на одну сторону диафрагмы, другая сторона конструктивно защищена от этого воздействия. В микрофонах-приемниках градиента давления разность давлений поля воздействует на обе стороны диафрагмы.

Микрофонами-приемниками градиента давления являются ленточные микрофоны.

Различие по воздействию звуковых колебаний на подвижную систему микрофона определяет и разные виды характеристик направленности микрофона. Зависимость чувствительности микрофона на данной частоте от угла между акустической осью и направлением на источник звука изображается обычно графически в полярных координатах.

По этому признаку микрофоны подразделяются на:

- ненаправленные (с круговой диаграммой)
- двусторонне направленная ("восьмерка")
- односторонне направленные (кардиоида)
- односторонне остронаправленные (суперкардиоида и гиперкардиоида)

Направленность микрофона характеризует отношение чувствительности микрофона к осевой чувствительности.

Микрофон ненаправленного действия обладает постоянной чувствительностью независимо от направления, по которому проходят звуковые волны. Рабочее пространство такого микрофона - сфера. Следует, однако, отметить, что на частотах, где длина волны становится соизмеримой с размерами микрофона начинает сказываться экранирующее действие корпуса микрофона. Поэтому, начиная с частот 1000 - 2000 Гц у микрофона появляется заметная направленность, а на частотах 10-15 кГц она становится весьма значительной.

Двусторонне направленные микрофоны имеют одинаковую чувствительность с фронтальной и тыльной сторон диафрагмы, чувствительность их в поперечном направлении равна нулю. Подобная характеристика сохраняется как для нижних, так и для высоких частот. [2]

Односторонне направленные микрофоны чувствительны к звуковым волнам, приходящим со стороны максимальной направленности микрофона.

Для получения остронаправленной характеристики микрофона используют различные конструкции микрофона - с интерференционным элементом или параболическим рефлектором, плоская фазированная решетка или градиентный микрофон.

Микрофоны также классифицируются по требованиям эксплуатации, стойкости их к климатическим и механическим воздействиям (эксплуатация на открытом воздухе, в закрытых помещениях, под навесом, в помещениях с повышенной влажностью и т. п.). [2]

2.1.2 Электродинамические преобразователи

При движении проводника длиной l в постоянном магнитном поле индукцией B со скоростью V в нем индуцируется ЭДС сигнала

$$E = B * l * V$$

в равномерном магнитном поле.

Учитывая, что колебательная скорость V равна действующей на проводник силе, деленной на механическое сопротивление Z_m т.е.

$$V = F / Z_m$$

и что сила определяется произведением давления на площадь проводника получим

$$F = B * l * S / Z_m$$

уравнение чувствительности электродинамической системы.

Таким образом величина ЭДС опасного сигнала на выходе такой системы равна

$$E_{ис} = P_{ис} * B * l * S / Z_m.$$

Механическое сопротивление одноконтурной механической системы может быть определено из соотношения:

$$Z_m = F / V = (r + j * \omega * m - 1 / \omega * C_m)$$

где:

- F - действующая на проводник сила;
- V - колебательная скорость;
- r - активное сопротивление (трение) мех Ом;
- m - масса провода (кг);
- C_m - гибкость (м/ньютон).

Принцип электродинамической системы преобразования проявляется при акустическом воздействии на электродинамические головки громкоговорителей, электровторичных часов, трансформаторов, дросселей.

Изменить параметры, входящие в рассмотренные выше соотношения с целью уменьшения опасности возникновения акустопреобразовательного канала часто не представляется возможным, т.к это может повлиять на рабочие

параметры устройства (например, для уменьшения коэффициента преобразования трансформатора его можно залить компаундом, а в головке громкоговорителя нельзя) [2].

2.1.3 Электромагнитные преобразователи.

Принцип преобразования состоит в индуцировании ЭДС сигнала в обмотке при изменении магнитного потока

$$E_{ис} = P_{ис} * z$$

где

$$z = V * S * \mu_0 * \mu * S / a^2 * Z_m$$

и:

- S - площадь полюсного наконечника со стороны зазора;
- S - площадь якоря;
- V - магнитодвижущая сила постоянного магнита;
- μ - число витков;
- a - величина зазора.

В итоге получаем

$$E_{ис} = (P_{ис} * V * S * \mu_0 * \mu * S) / a^2 * Z_m.$$

Электромагнитные капсюли, звонки переменного и постоянного тока – это наглядные примеры преобразователей.

Уменьшение коэффициента преобразования у систем, представленных выше, при сохранении рабочих параметров элементов является невозможным.

2.1.4 Электростатические преобразователи.

Электрический конденсатор с одной подвижной пластиной и одной закреплённой – это простой пример данного преобразователя.

Коэффициент преобразования определяется соотношением:

$$z = U_0 * S / \mu * a * Z_m,$$

где:

- U_0 - напряжение, приложенное к пластинам;
- S - площадь пластин;

- a - зазор между пластинами;
- Z_m - механическое сопротивление системы;
- ω - частота воздействующего поля.

Для получения эффекта преобразования на пластины необходимо подать напряжение. Примерами устройств, действующих по этой системе являются пластины различных реле (если провода от них выходят за пределы контролируемой зоны), монтажные провода или электрические детали плат, расположенные вблизи металлического корпуса технического средства.

Уменьшить коэффициент преобразования (и, соответственно величину опасного сигнала) возможно при уменьшении площади пластины конденсатора или увеличении механического сопротивления системы с помощью заливки (проводников, плат, схем и т.п.) [2].

2.1.5 Механострикционные преобразователи.

Механострикция - деформация, возникающая в ферро-, ферри- и антиферромагнитных материалах при наложении механических напряжений (например, звуковая волна), изменяющих магнитное состояние (намагниченность) образцов.

В отсутствие внешнего магнитного поля механические напряжения вызывают в таком материале процессы смещения границ магнитных доменов и вращения векторов их самопроизвольной намагниченности, что приводит к дополнительному, по сравнению с упругим, изменению намагниченности. Возможность подобных каналов утечки информации основана на свойствах магнитных материалов изменять намагниченность под действием внешней силы. Если на сердечнике из магнитного материала разместить обмотку, то действие звукового поля на сердечник приведет к появлению в обмотке ЭДС опасного сигнала.

Механострикционный эффект свойственен электрическим трансформаторам, дросселям, электромагнитным реле и другим элементам, в которых витки расположены на магнитном сердечнике.

Чувствительность в системе (коэффициент акустоэлектрического преобразования) зависит от магнитострикционной чувствительности материала. Как показывает опыт, при изменении процентного содержания кремния в сплавах стали с никелем можно существенно уменьшить магнитострикционную составляющую чувствительности сплава.

Можно в ряде случаев использовать комбинированную систему уменьшения коэффициента преобразования за счет заливки трансформатора, находящегося в экране, вязким компаундом [2].

2.2 Микрофонный эффект

Под «микрофонным эффектом» подразумевается нежелательное явление, при котором некоторая часть электрической цепи воспринимает звуковые колебания и вибрацию подобно микрофону. Является источником помех. Чаще всего возникает при изменении ёмкости, особенно в высокочастотных цепях, где даже незначительные колебания плохо закреплённых деталей могут существенно повлиять на параметры прохождения основного сигнала [3].

Электрохимический вызывной звонок телефонного аппарата — типичный представитель индуктивного акустоэлектрического преобразователя, микрофонный эффект которого проявляется при положенной микротелефонной трубке. На рисунке 3 приведена схема телефонного аппарата, а на рисунке 4 — схема вызывного звонка.

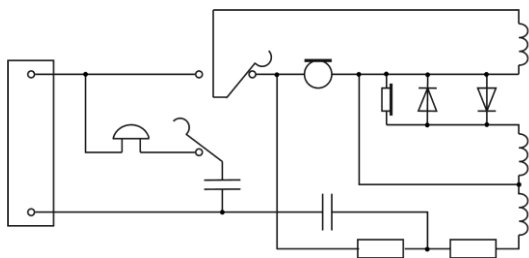


Рисунок 3 - Схема телефонного аппарата

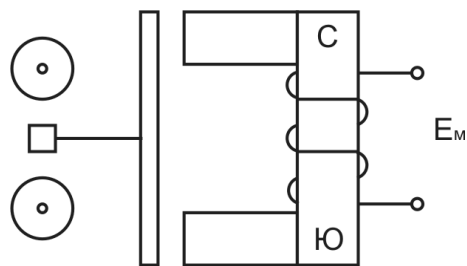


Рисунок 4 - Схема вызывного звонка

ЭДС микрофонного эффекта звонка может быть определена по формуле:

$$E_{\text{м.э}} = \eta p,$$

Где p — акустическое давление;

$$\eta = FS\mu_0\omega S_1 / d^2 z_m$$

— акустическая чувствительность звонка; здесь F — магнитодвижущая сила постоянного магнита; S — площадь якоря (пластины); μ_0 — магнитная проницаемость сердечника; ω — число витков катушки; S_m — площадь плоского наконечника; d — значение зазора; z_m — механическое сопротивление [4].

На таком же принципе (электрохимического вызывного звонка) образуется микрофонный эффект и в отдельных типах электрохимических реле различного назначения (рис. 5). Акустические колебания воздействуют на якорь реле. Колебания якоря изменяют магнитный поток реле, замыкающийся по воздуху, что приводит к появлению на выходе катушки реле ЭДС микрофонного эффекта.

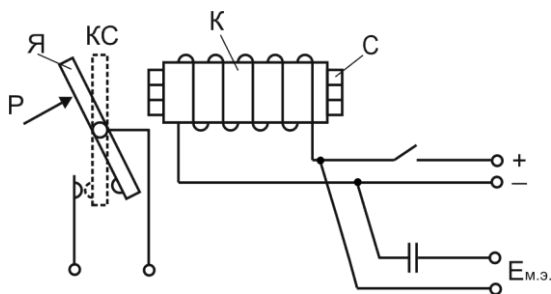


Рисунок 5 - Схема работы реле

Динамические головки прямого излучения, устанавливаемые в абонентских громкоговорителях, имеют достаточно высокую чувствительность к акустическому воздействию (2–3 мВ/Па) и довольно

равномерную в речевом диапазоне частот амплитудно-частотную характеристику, что обеспечивает высокую разборчивость речевых сигналов. Схема динамической головки представлена на рисунке 6.

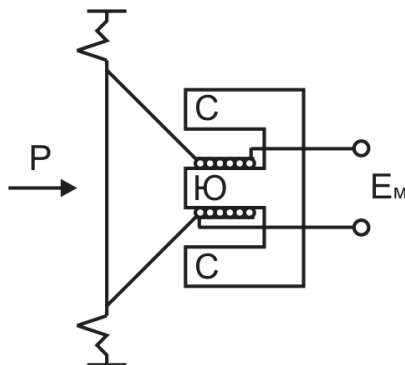


Рисунок 6 - Схема громкоговорителя

ЭДС микрофонного эффекта динамической головки:

$$E_M = \eta p,$$

где

$$\eta = BlS / z_M$$

— акустическая чувствительность. Формула состоит из:

- l — длина проводника, движущегося в магнитном поле с индукцией B ;
- S — площадь поверхности, подверженной влиянию давления акустического поля;
- z_m — механическое сопротивление.

Известно, что абонентские громкоговорители бывают однопрограммные и многопрограммные. В частности, у нас в стране находят достаточно широкое распространение трехпрограммные абонентские громкоговорители.

Наличие сложной электронной схемы построения трехпрограммных громкоговорителей (обратные связи, взаимные переходы, гетеродины) способствует прямому проникновению сигнала, наведенного динамической головкой, на выход устройства (в линию). Не исключается и излучение наведенного сигнала на частотах гетеродинов (78 и 120 кГц).

Исполнительное устройство вторичных электрочасов представляет собой шаговый электродвигатель, управляемый трехсекундными разнополярными импульсами напряжением ± 24 В, поступающими с интервалом 57 с от первичных электрочасов [4].

Микрофонный эффект вторичных часов, обусловленный акустическим эффектом шагового электродвигателя, проявляется в основном в интервалах ожидания импульсов управления. Схематически устройство шагового двигателя представлено на рисунке 7.

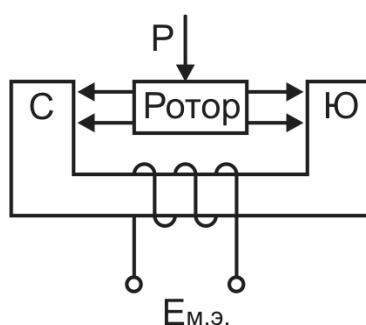


Рисунок 7 - Устройство шагового двигателя

Степень проявления микрофонного эффекта вторичных электрочасов существенно зависит от их конструкции: в пластмассовом, деревянном или металлическом корпусе; с открытым или закрытым механизмом; с жестким или "мягким" креплением.

В магнитоэлектрическом измерительном приборе имеются неподвижный постоянный магнит и подвижная рамка, которая поворачивается вокруг своей оси под воздействием собственного магнитного поля, создаваемого измеряемым напряжением, и магнитного поля постоянного магнита. Рамка соединена со стрелкой, конец которой перемещается по шкале измерения (рисунок 8).

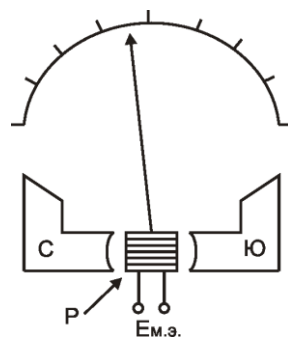


Рисунок 8 - Устройство магнитоэлектрического измерительного прибора

Если акустические колебания воздействуют на рамку, она вращается под их давлением и на ее концах возникает ЭДС индукции.

Практически аналогичная ситуация будет при воздействии акустических колебаний на электромагнитный измерительный прибор. Различие между магнитоэлектрическим и электромагнитным приборами сводится к тому, что в электромагнитном приборе вместо постоянного магнита используется электромагнит [4].

Следует отметить, что ЭДС микрофонного эффекта возникает и может использоваться в состоянии покоя прибора, когда он не используется для конкретных измерений.

Представителем индукционных акустоэлектрических преобразователей являются различные трансформаторы (повышающие, понижающие, входные, выходные, питания и др.).

Трансформатор состоит из замкнутого сердечника из мягкой стали или феррита, на котором имеются как минимум две изолированные друг от друга катушки (обмотки) с разными числами витков.

Акустическое влияние на сердечник и обмотку трансформатора (например, на входной трансформатор усилителя звуковых частот) приведет к появлению микрофонного эффекта. Если ЭДС индукции появляется в первичной обмотке, то во вторичной обмотке она увеличивается на значение коэффициента трансформации.

2.3 «Телефонное ухо»

Наибольшее распространение среди закладных устройств, передающих информацию по телефонной линии, нашли устройства типа «телефонного уха», приём информации с которых может осуществляться с обычного или сотового телефона (рисунок 9). Данное устройство включает в себя контроллер состояния телефонной линии, дешифратор, электронный коммутатор, микрофонный усилитель и непосредственно микрофон, устанавливаемый в контролируемом помещении. Устройство включается в разрыв телефонной линии, соединённой с «телефоном-наблюдателем».



Рисунок 9 - Схема канала перехвата речевой информации с использованием устройств типа «телефонного уха» с передачей информации по телефонной линии на низкой частоте

После набора номера «телефона-наблюдателя» абонент транслирует в линию специальный кодированный тональный (звуковой) сигнал, вырабатываемый небольшим по размерам кодовым устройством («бипером»). В момент передачи сигнала «бипер» подносится к телефонной трубке [5].

Контроллер телефонной линии закладки подавляет два - три сигнала вызова, что обеспечивает скрытность работы устройства, и подаёт кодированный сигнал на дешифратор, где осуществляется его сравнение с эталонным, заранее введённым в память закладки. При совпадении передаваемого и эталонного сигналов контроллер телефонной линии закладки

шунтирует линию сопротивлением 600 Ом (при этом АТС переключает «телефон-наблюдатель» на приём-передачу информации), а электронный коммутатор подключает к линии микрофон, что обеспечивает звонящему абоненту возможность прослушивания разговоров, ведущихся в помещении, где он установлен. К одному устройству контроля могут подключаться более пяти микрофонов.

Дальность передачи при использовании такой закладки практически не ограничена, так как вызов можно осуществлять по международным каналам телефонной связи. Выключение устройства происходит автоматически, когда подслушивающее лицо прерывает связь или при поднятии трубки на «телефоне-наблюдателе». Питание устройства осуществляется от телефонной линии, поэтому срок службы такой закладки практически не ограничен.

Роль закладного устройства типа «телефонного уха» может выполнять и обычный телефон с автоматическим определением номера (АОН), имеющий встроенный микрофон.

Аналогично в качестве «телефонного уха» можно использовать и телефоны сотовой связи [5].

После исследования акустоэлектрических преобразований было принято решение, что в дальнейшем будет рассмотрен микрофонный эффект, возникающий в телефонном аппарате.

3. Методы и средства защиты от утечки информации по телефонным линиям

При организации защиты телефонных линий необходимо учитывать несколько аспектов:

- телефонные аппараты (даже при положенной трубке) могут быть использованы для прослушивания разговоров, ведущихся в помещениях, где они установлены;
- телефонные линии, проходящие через помещения, могут использоваться в качестве источников питания электронных устройств перехвата речевой (акустической) информации, установленных в этих помещениях, а также для передачи перехваченной ими информации;
- возможно прослушивание телефонных разговоров путем гальванического или через индукционный датчик подключения к телефонной линии электронных устройств перехвата речевой информации;
- возможно несанкционированное использование телефонной линии для ведения телефонных разговоров.

Следовательно, методы и средства защиты телефонных линий должны быть направлены на исключение:

- использования телефонных линий для прослушивания разговоров, ведущихся в помещениях, через которые проходят эти линии;
- прослушивания телефонных разговоров, ведущихся по данным телефонным линиям;
- несанкционированного использования телефонных линий для ведения телефонных разговоров [6].

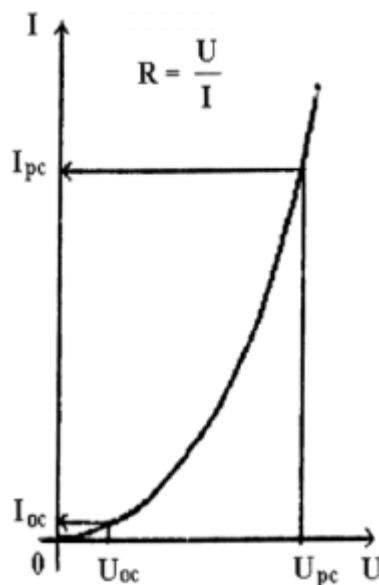
3.1 Пассивные методы защиты

Самыми распространёнными применяемыми методами пассивной защиты являются:

- ограничение опасных сигналов;
- фильтрация опасных сигналов;
- отключение источников (преобразователей) опасных сигналов.

Ограничение опасных сигналов.

Реализация происходит за счёт нелинейных свойств в полупроводниковых элементах, таких как диоды. В схеме ограничителя малых амплитуд используются два встречноключенных диода, имеющих вольт-амперную характеристику (зависимость значения протекающего по диоду электрического тока от приложенного к нему напряжения), показанную на рисунке 10. Для токов малой амплитуды диоды имеют сопротивление в сотни кОм, а для токов большой амплитуды – единицы Ом, что исключает прохождение опасных сигналов малой амплитуды в телефонную линию и практически не оказывает влияния на прохождение через диоды полезных сигналов. [6]



Рисунке 10 - Вольтамперная характеристика диода VD

На рисунке 11 с индексом «б» показано последовательно включённые в линию звонка диодные ограничители.

Непосредственное подключение диодных ограничителей в каждую из телефонных линий показано на рисунке 12.

Фильтрация опасных сигналов.

Суть метода заключается в защите телефонного аппарата от «высокочастотного навязывания».

Конденсатор, установленный в звонковую цепь телефонного аппарата с электромеханическим звонком и в микрофонную цепь всех аппаратов, является простейшим фильтром и показан на рисунке 11. Что бы не оказывать сильного влияния на полезные сигналы и зашунтировать зондирующие сигналы высокочастотного «навязывания» необходимо правильно подобрать ёмкость конденсатора. Чаще всего в звонковую цепь устанавливают конденсаторы на 1 мкФ, в микрофонную цепь – 0,01 мкФ. Для реализации более сложного фильтрующего устройства необходимо собрать многозвенный фильтр низкой частоты на LC-элементах.

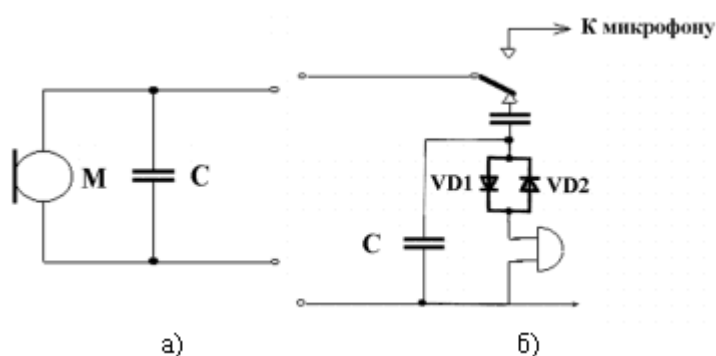


Рисунок 11 - Схемы защиты микрофона (а) и звонковой цепи (б) телефонного аппарата

Устройства типа "Экран", "Гранит-8", "Грань-300" отлично подходят для защиты телефонных аппаратов, так как они сочетают в себе фильтр и ограничитель. Они могут обеспечить подавление информационного низкочастотного сигнала более чем на 80 дБ и вносят затухание для высокочастотных сигналов в полосе частот от 30 кГц до 30 МГц более 70 дБ. Схема устройства защиты типа «Гранит-8» представлена на рисунке 12 [6].

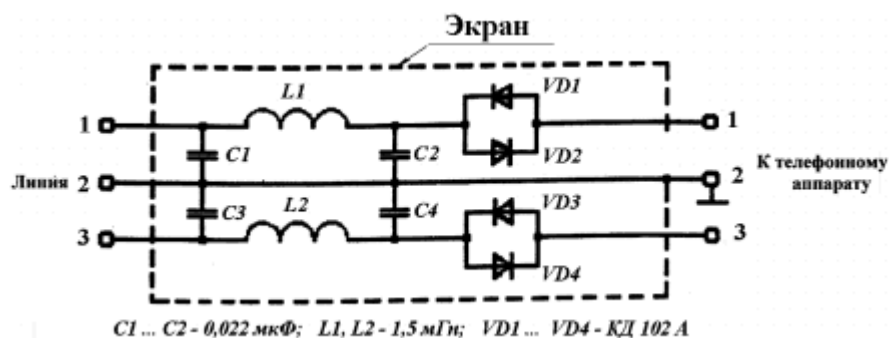


Рисунок 12. Схема устройства защиты телефонных аппаратов типа "Гранит-8"

Отключение телефонных аппаратов от линии.

Самый эффективный метод для ЗИ во время ведения конфиденциальных разговоров. Реализация подразумевает установку в корпус телефонного аппарата или телефонной линии выключателя, для ручного управления, либо устройства защиты, которое в автоматическом режиме отключает телефонный аппарат от линии при положенной телефонной трубке.

Данный метод реализован в устройстве «Барьер-М1».

3.2 Активные методы защиты

Защита информации, которая передаётся по телефонным линиям связи, осуществляется на:

- семантическом уровне;
- энергетическом уровне.

В первом случае защита достигается с использованием криптографических методов и средств защиты и направлена на исключение ее получения, даже если злоумышленник смог перехватить информационные сигналы.

Во втором случае используемые методы защиты служат для исключения приёма злоумышленником непосредственно информационных сигналов. Это достигается уменьшением отношения сигнал/шум до величины, которая позволит обеспечить невозможность выделения информационного сигнала путём внедрения устройства несанкционированного съёма информации.

Далее в дипломной работе будет рассматриваться только методы защиты на энергетическом уровне.

При помощи основные активных методов и средств, а также используя подавление устройств перехвата информации, происходит реализация защиты передачи информации по телефонной линии на энергетическом уровне. К основным методам относятся:

- метод синфазной низкочастотной маскирующей помехи;
- метод высокочастотной маскирующей помехи;
- метод “ультразвуковой” маскирующей помехи;
- метод повышения напряжения;
- метод "обнуления";
- метод низкочастотной маскирующей помехи;
- компенсационный метод;
- метод "выжигания".

Метод синфазной маскирующей низкочастотной помехи.

Суть метода заключается в подаче во время разговора в каждый провод телефонной линии с использованием единой системы заземления аппаратуры АТС и нулевого провода электросети 220 В (нулевой провод электросети заземлен) согласованных по амплитуде и фазе маскирующих помеховых сигналов речевого диапазона частот (как правило, основная мощность помехи сосредоточена в диапазоне частот стандартного телефонного канала от 300 до 3400 Гц). В телефонном аппарате эти помеховые сигналы компенсируют друг друга и не оказывают мешающего воздействия на полезный сигнал (телефонный разговор). Если же информация снимается с одного провода телефонной линии, то помеховый сигнал не компенсируется. А так как его уровень значительно превосходит полезный сигнал, то перехват информации (выделение полезного сигнала) становится невозможным [6].

Вышеописанный метод необходимо использовать для подавления следующих устройств:

- телефонные ретрансляторы (радиозакладки), которые перехватывают речевую информацию с телефонной линии и передают злоумышленнику по радиоканалу. Подключение данных устройств происходит последовательно, то есть в разрыв одного из проводов;

- диктофоны и другие устройств записи, которые подключаются к одному из проводов с помощью индукционного датчика и используют в основе шифровые методы.

Метод высокочастотной маскирующей помехи.

Во время разговора по телефонной линии в ней подаётся широкополосный маскирующий помеховый сигнал в диапазоне высоких частот. Ширина спектра помехового сигнала составляет несколько кГц.

Для того, чтобы сигналы не ухудшали качество телефонных разговоров и происходило подавление полезного сигнала (разговор абонентов в телефонной сети) после прохождения модулятора радиозакладки необходимо подобрать частоты маскирующих помеховых сигналов. Максимальная эффективность и мешающее воздействие на полезный сигнал оказывается при низкой частоте помехового сигнала, при чём чем ниже – тем лучше. Чаще всего пользуются частотами в диапазоне от 6 – 8 кГц и до 16 – 20 кГц.

В изделии установлен специальный низкочастотный фильтр с граничной частотой выше 3.4 кГц для исключения маскирующего помехового сигнала на телефонный разговор. Данный фильтр позволяет подавлять помеховые сигналы не оказывает влияния на полезные сигналы. Такую же роль может выполнить полосовой фильтр, которые установлены на городских АТС. Полосовой фильтр пропускает сигналы, частоты которых соответствуют стандартному телефонному каналу и подавляет помеховый сигнал.

Широкополосные аналоговые сигналы типа "белого шума" или дискретные сигналы типа псевдослучайной последовательности импульсов используются в качестве маскирующего сигнала.

Метод позволяет подавить практически все типы устройств перехвата речевой информации, независимо от того как они подключены – контактно, то

есть последовательно или параллельно, или бесконтактно, с использованием индукционных датчиков.

Метод “ультразвуковой” маскирующей помехи.

Аналогичен рассмотренному выше. Отличие состоит в том, что используемые частоты помехового сигнала находится в диапазоне от 20 – 25 кГц до 50 – 100 кГц [6].

Метод повышения напряжения.

Реализация метода заключается в поднятии напряжения в телефонной линии во время разговора до 18 – 24 В. Это ухудшает качество работы радиозакладок за счёт перевода их передатчиков в нелинейный режим работы.

У радиозакладок с последовательным подключением, но с разной стабилизацией частот наблюдается различные последствия. С параметрической стабилизацией частоты происходит «уход» несущей частоты и ухудшение разборчивости речи вследствие «размытия» спектра сигнала, а с кварцевой стабилизацией частоты наблюдается уменьшение отношения сигнал/шум на 3 – 10 дБ. Радиозакладки с параллельным подключением в большинстве случаев отключаются.

Метод "обнуления".

Суть метода заключается в подачу во время разговора в линию постоянного напряжения, соответствующего напряжению в линии при поднятой телефонной трубке, но обратной полярности.

Наиболее часто этот метод используют для нарушения функционирования электронных устройств перехвата информации с контактным подключением к линии и использующих ее в качестве источника питания, таких как параллельные телефонные аппараты и телефонные радиозакладки [6].

Метод низкочастотной маскирующей помехи.

В телефонную линию при положенной телефонной трубке подаётся маскирующий низкочастотный помеховый сигнал. Так же можно использоваться для включения звукозаписывающих устройств,

подключенных к линии при помощи адаптеров или индукционных датчиков что, приводит к сматыванию пленки в режиме записи шума (то есть при отсутствии полезного сигнала).

Компенсационный метод.

Все речевые сообщения, передаваемые по телефонной линии, маскируются, а также это высокоэффективный метод подавления несанкционированного съёма информации.

При передаче скрываемого сообщения на приемной стороне в телефонную линию при помощи специального генератора подается маскирующая помеха (цифровой или аналоговый маскирующий сигнал речевого диапазона с известным спектром). Одновременно этот же маскирующий сигнал ("чистый" шум) подается на один из входов двухканального адаптивного фильтра, на другой вход которого поступает аддитивная смесь принимаемого полезного сигнала речевого сигнала (передаваемого сообщения) и этого же помехового сигнала. Компенсация (подавление) шумовой составляющей и выделение полезного сигнала, подаваемого на телефонный аппарат или устройство звукозаписи, происходит за счёт аддитивного фильтра [6].

Метод "выжигания".

«Выжигание» входных каскадов радиозакладок и их блоков питания, подключенных к телефонной линии гальванически, происходит благодаря подачи в линию высоковольтных импульсов с напряжением более 1500 В.

Во время использования метода телефонный аппарат от линии отключается. Высоковольтные импульсы подаются в линию дважды. В первом случае при разомкнутой линии для "выжигания" параллельно подключенных устройств. Во втором случае при закороченной линии для "выжигания" последовательно подключенных устройств. Пример закороченной линии - центральный распределительный щиток здания.

3.3 Средства защиты

Для защиты телефонных линий используются как простые устройства, реализующие один метод защиты, так и сложные, обеспечивающие комплексную защиту линий различными методами, включая защиту от утечки информации по электроакустическому каналу.

Помимо средств активной защиты часто используются различные устройства, которые контролируют большую часть параметров телефонной линии и сообщают о несанкционированным подключениям к ним.

Контроль телефонных линий в большинстве своём основан на том, что при несанкционированном подключении к ним произойдёт изменение таких параметров линии как, амплитуда напряжения и тока, значений емкости, индуктивности, активного и реактивного сопротивления.

При последовательном, параллельном или в разрыв одного из проводов телефонного кабеля способе подключения перехватывающего устройства к телефонной линии, степень влияние на параметры линии будет различной.

Все линии связи, за исключением особой важности, построенный по стандартному образцу.

Существует большое разнообразие средств защиты, среди которых можно выделить: SP 17/D, SI-2001, "КТЛ-3", "КТЛ-400", "Ком-3", "Кзот-06", "Цикада-М" (NG –305), "Прокруст" (ПТЗ-003), "Прокруст-2000", "Консул", "Гром-ЗИ-6", "Протон" и др.

В таких устройствах как SP 17/D, "КТЛ-3", "КТЛ-400", "СКИТ", "Ком-3", "Прокруст" (ПТЗ-003), "Протон" реализован метод высокочастотной маскирующей помехи, а в "Прокруст-2000", "Гром-ЗИ-6" помимо вышесказанного реализован метод ультразвуковой маскирующей помехи.

В устройстве "Цикада-М" реализован метод синфазной низкочастотной маскирующей помехи и метод "обнуления".

Метод низкочастотной маскирующей помехи используется в "Протон", "Кзот-06" и в "Прокруст", который также обладает методом повышения напряжения в линии.

В изделиях "Туман" и Щит" в основе лежит компенсационный метод маскировки речевых сообщений в телефонных линиях. Устройства обладают односторонней маскировкой. В свою очередь изделие "Ирис" обладает двухсторонней маскировкой.

Компенсационный метод маскировки речевых сообщений, передаваемых по телефонной линии, реализован в изделиях "Туман" и Щит" (односторонняя маскировка) и "Ирис" (двухсторонняя маскировка).

Используемые для защиты телефонных линий устройства обладают небольшими размерами и весом. В основном питание осуществляется от линии переменного тока в 220 В, но существуют устройства с автономным источником питания.

Устройства типа "ПТЛ-1500, "КС-1300", КС-1303", "Кобра" служат для «выжигания» средств несанкционированного съёма информации с гальваническим подключением. Они используют высоковольтные импульсы напряжением не менее 1500 – 1600 В. Мощность "выжигающих" импульсов составляет 15 – 50 ВА. Это эффективный метод, так как в схемах закладок используют низковольтные детали, которые пробиваются высоковольтными импульсами и устройство съёма выгорает.

Вышеперечисленный тип устройств может работать в ручном или автоматическом режиме, при котором время непрерывной работы может варьироваться от 20 секунд до 24 часов.

После рассмотрения методов и средств защиты акустической информации было выявлено, что для лабораторного стенда подходит устройство «Гранит-8», так как оно соответствует всем заданным параметрам обеспечения защиты информации и имеется на кафедре.

4. Разработка структурной схемы учебного стенда

4.1 Структурная схема учебного стенда

После описания физических явлений и обзора средств защиты было принято решение о создании лабораторного стенда для исследования утечки информации по телефонным линиям в результате акустоэлектрических преобразований. Схема состоит из:

- телефонный аппарат;
- низкочастотный усилитель;
- средство защиты информации «Гранит-8»;
- АРМ.

Структурная схема стенда представлена на рисунке 13.



Рисунок 13 – Структурная схема лабораторного стенда

Из структурной схемы видно, что за объект исследования берётся телефонный аппарат. В разрыв телефонного провода происходит врезка 2 контактов от низкочастотного усилителя. Для возникновения микрофонного эффекта на телефонный аппарат происходят акустические воздействия. Под действием переменного давления акустической волны в цепи возникают эквивалентные электрические сигналы. Без усилителя эти сигналы слишком малы.

Для усиления сигналов было принято решение о разработке низкочастотного усилителя.

После усиления сигнал был передан при помощи кабеля RCA – AUX Jack 3.5, подключенного к микрофонному разъёму на материнской плате АРМ и записан специально написанным ПО.

При воспроизведении записанного сигнала было установлено, что записанный сигнал сильно зашумлён. Для повышения разборчивости было принято решение о разработке программы для обработки сигнала (фильтрации).

В результате обработки сигнала было доказано возникновение микрофонного эффекта. Для устранения утечки информации было выбрано средство защиты «Гранит-8». Устройство подключается в цепь между телефонным аппаратом и низкочастотным усилителем и представляет собой четырехполюсник, состоящий из двух П-образных индуктивно-емкостных звеньев и диодного моста. Входом устройства является диодный мост и его предназначение состоит в уменьшении коэффициента передачи фильтра при малых уровнях сигнала. На выходе ТСПИ при акустоэлектрических преобразованиях возникают сигналы, которые подавляются. Фильтр схемы является выходным звеном четырехполюсника и представляет собой фильтр нижних частот с частотой среза не более 28 кГц.

При повторной записи сигнала с подключенном в цепи СЗИ «Гранит-8» было установлено, что микрофонный эффект отсутствует на записи.

4.2 Разработка низкочастотного усилителя

Для разработки низкочастотного усилителя было принято решение использовать микросхему K538УНЗА.

Микросхема представляет собой сверхмалошумящий широкополосный усилитель сигналов частотой до 3МГц. 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 301.8-2.

Электрические параметры микросхемы:

- номинальное напряжение питания – плюс 6В;
- ток потребления при $U_{п} = 6В$, $T = \text{минус } 45 \dots \text{плюс } 70С$, не более – 5мА;
- коэффициент усиления напряжения с внутренней обратной связью при $U_{п} = 6В$, $f = 1МГц$, $U_{вх.} = 1мВ$, $R_{н} = 10кОм$, $T = \text{плюс } 25С$:
 - не менее – 200;
 - не более 300;
 - типовое значение – 250.
- коэффициент усиления напряжения без внутренней обратной связи при $U_{п} = 6В$, $f = 1МГц$, $U_{вх.} = 1мВ$, $R_{н} = 10кОм$, $T = \text{плюс } 25С$, типовое значение – 3000;
- нормированное напряжение собственного шума при $U_{п} = 6В$, $f = 1МГц$, $U_{вх.} = 1мВ$, $R_{г} = 500Ом$, $R_{н.} = 10кОм$, $T = \text{плюс } 25С$, не более – $5нВ/\sqrt{Гц}$, типовое значение – $2,1нВ/\sqrt{Гц}$;
- максимальное выходное напряжение $U_{п} = 6В$, $R_{н} = 2кОм$, $K_{г} = \leq 10\%$, $T = \text{минус } 45С$, не менее 0,5В, типовое значение – 1В;
- верхняя частота среза при $U_{п} = 6В$, $R_{н} = 2кОм$, $K_{у} = 100$, $T = \text{плюс } 25С$, типовое значение – 3МГц;
- входное сопротивление – 10кОм;
- предельные эксплуатационные данные;
- максимальное напряжение питания – 7,5В;
- максимальное входное напряжение – 200мВ;
- минимальное сопротивление нагрузки (кратковременное) – 0 Ом;
- температура окружающей среды, длительное воздействие: минус 45... плюс 70С, кратковременное воздействие: минус 60... плюс 125С.

Назначение выводов микросхемы показано на рисунке 14

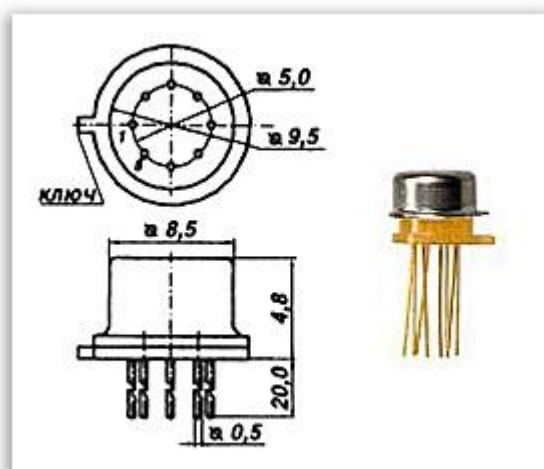


Рисунок 14 – схема выводов микросхемы

1. C2 – фильтр питания.
2. C5 – разделительный.
3. C6 – корректирующий.
4. C8 – фильтр ОС по постоянному току.
5. R4 – регулировка ОС по переменному току.

Типовая схема включения микросхемы представлена на рисунке 15.

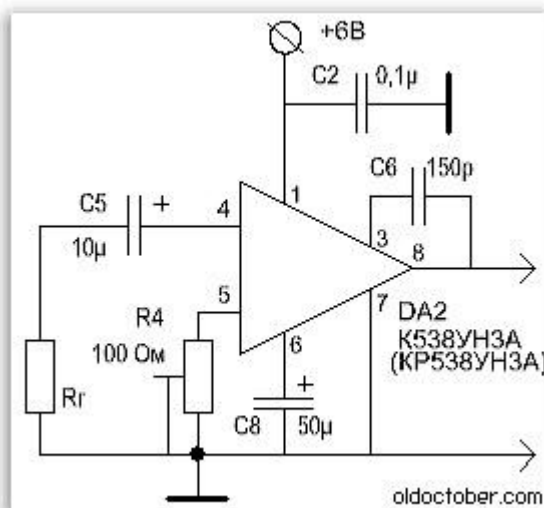


Рисунок 15 – Типовая схема включения микросхемы

На рисунке 16 приведена схема микрофонного усилителя. Представленная схема микрофонного усилителя может усиливать сигнал, как электретного, так и динамического микрофона. Величина резистора R4

определяет коэффициент усиления микросхемы DA1. Максимальный коэффициент усиления достигается при $R4 = 0$. Для оперативной регулировки и ограничения уровня входного сигнала при перегрузке используется потенциометр R3. Резистор R2, диод VD2 и светодиод HL1 представляют собой делитель напряжения, на котором формируется 2,2В для питания электретного микрофона. Резистор R1 является нагрузкой электретного микрофона. Светодиод HL1 также осуществляет функцию индикатора питания.

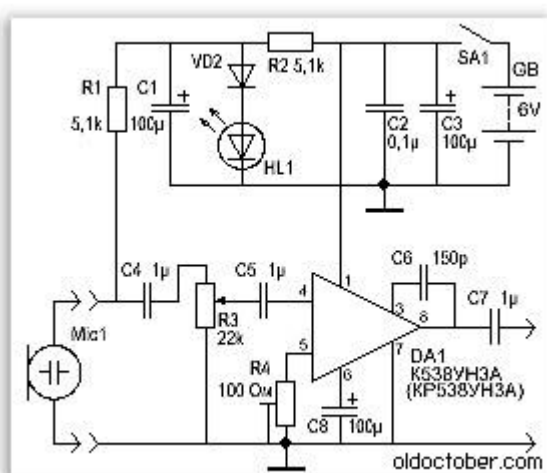


Рисунок 16 – Схема универсального микрофонного усилителя

Усилитель должен состоять из следующих частей, которые представлены в виде структурной схемы на рисунке 17.

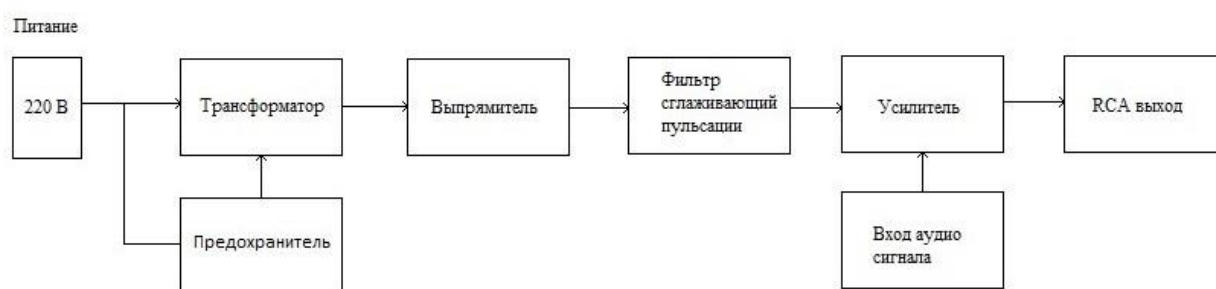


Рисунок 17 – Структурная схема низкочастотного усилителя

Напряжение в 220 В от розетки подаётся на трансформатор, который понижает напряжение с 220 В до 6 В. Для защиты от короткого замыкания с схему устанавливается предохранитель. Далее трансформатор подаёт

напряжение на выпрямитель, после этого напряжение питания подаётся на сглаживающий фильтр для уменьшения пульсаций до значения, требуемого для работы операционного усилителя. На усилитель подаётся сигнал из телефонной линии, он усиливается и выдаётся на выходной разъём RCA

Электрическая принципиальная схема показана на рисунке 18.

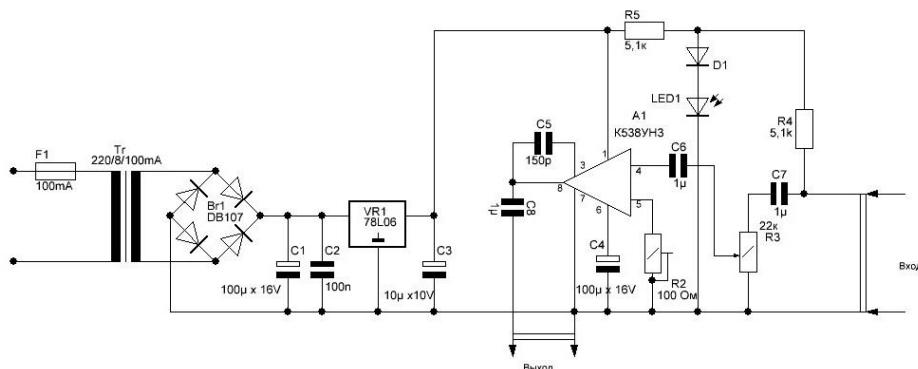


Рисунок 18 – Электрическая принципиальная схема усилителя

Перечень элементов приведён в приложении А.

В схеме используется трансформатор марки RDX. Выпрямитель реализован на микросхеме диодного моста. Стабилизация напряжения реализована на микросхеме 78L06.

Печатная плата низкочастотного усилителя с видом со стороны элементов представлена на рисунке 19.

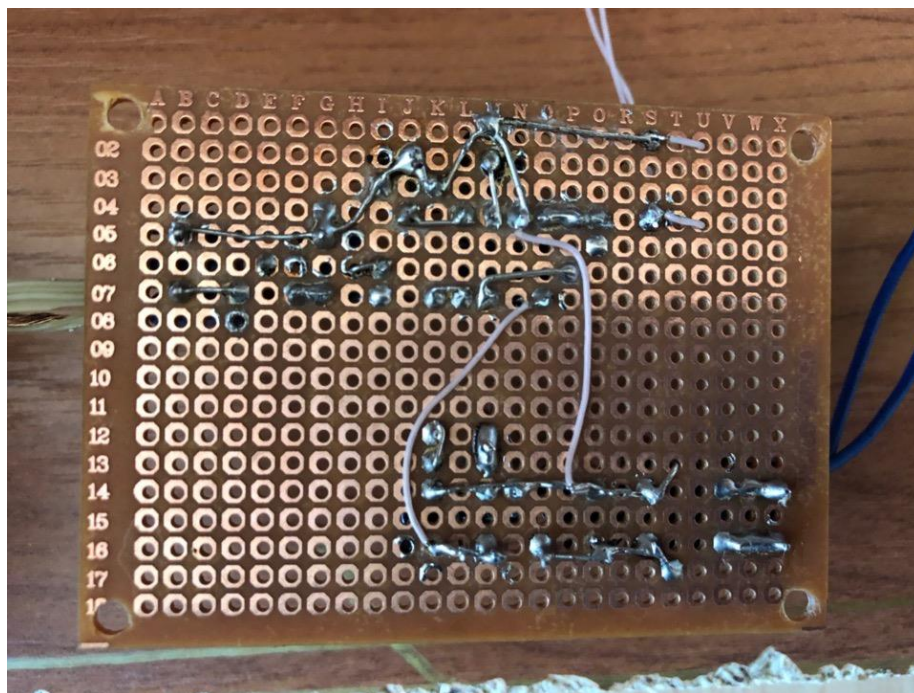


Рисунок 19 – Печатная плата

Усилитель был собран на универсальной плате размером 5x7 см, соединения между элементами выполнены при помощи проводов и проволоки.

Внешний вид низкочастотного усилителя представлен на рисунке 20

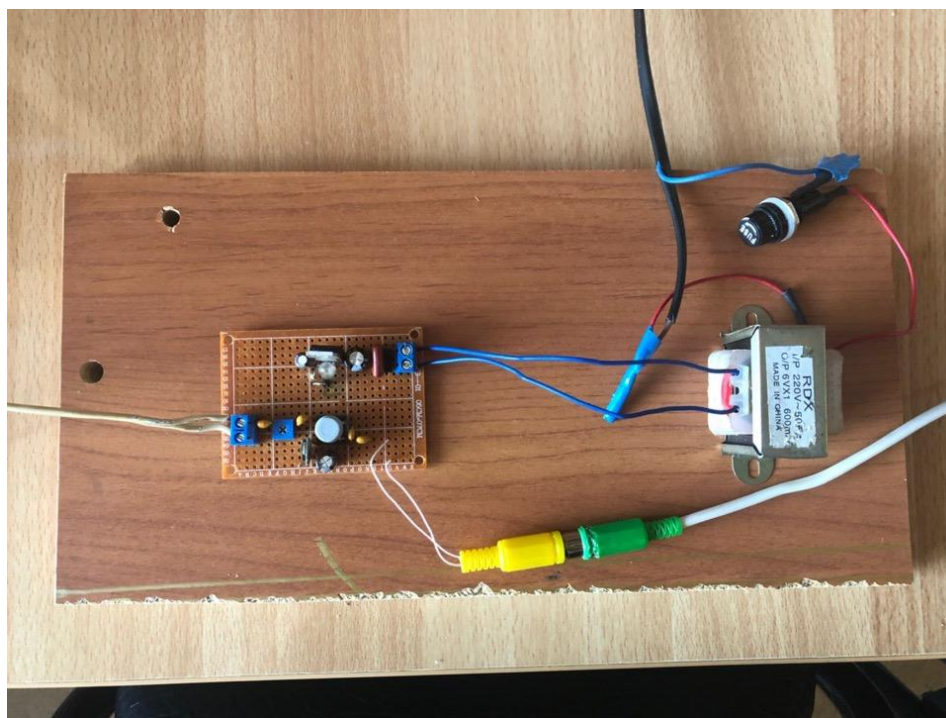


Рисунок 20 – Внешний вид низкочастотного усилителя

В таблицу 1 показано значение коэффициента усиления для разных частот в стандартной полосе телефонного канала.

Частота, Гц	300	500	1000	2000	3000	3400
Уровень сигнала на входе, дБ	-42	-47	-49	-47	-57	-58
Уровень сигнала на выходе, дБ	4.21	4.61	4.61	4.61	3.81	3.41
Коэффициент усиления, дБ	46.21	51.61	53.61	51.61	60.81	61.41

Из таблицы 1 видно, что в стандартной полосе телефонного канала коэффициент усиления сигнала равен плюс/минус 54.21 дБ.

5. Разработка программного обеспечения

5.1 Разработка алгоритма обработки записанных сигналов

Вначале программы должна осуществляться прорисовка главного окна программы.

Если была нажата кнопка «Открыть», то появляется диалоговое окно для выбора имени открываемого файла. Если была нажата кнопка «Отмена» на этом диалоговом окне, то оно закрывается. Если была нажата кнопка «ОК», то сохраняется имя файла.

Если была нажата кнопка «Преобразовать», то выполняется фильтрация сигнала, прочитанного из выбранного пользователем файла. Результат сохраняется во временный файл «__01.wav». Если была нажата кнопка «Сохранить», то появляется диалоговое окно для сохранения файла. Файл «__01.wav» переименовывается в соответствии с выбором пользователя. Если была нажата надпись: «Прослушать исходный файл», то запускается медиаплеер для воспроизведения выбранного пользователем непреобразованного файла. Если была нажата надпись: «Прослушать преобразованный файл», то запускается медиаплеер для воспроизведения преобразованного файла. Если была нажата кнопка «Новая запись», то создается временный файл «__02.wav», запускается медиаплеер для записи в него. Если была нажата кнопка «Сохранить новую запись», то происходит сохранение записанного медиаплеером сигнала в файл «__02.wav», отображается диалоговое окно для выбора файла, а затем файл «__02.wav» переименовывается.

Для фильтрации записанных сигналов используется дискретное ортогональное преобразование Фурье. Аргументом функции ДПФ является массив временных отсчетов из 2^n элементов, результатом два массива длиной 2^n элементов соответствующие действительной и мнимой части преобразования Фурье. Дискретной особенностью алгоритма ДПФ является то, что входной сигнал считается периодичным с интервалом 2^n .

Для выполнения обратного дискретного ортогонального преобразования Фурье используется алгоритм, описанный в работе. В этом алгоритме не используется комплексно сопряженная матрица. Вместо этого отфильтрованный сигнал получается в результате умножения базисных функций на изменённый коэффициент разложения Фурье, а затем суммирование всех базисных функций.

Сначала осуществляется ввод исходных данных для преобразования: верхняя частота среза, нижняя частота среза, размер блока преобразования Фурье, имя файла с сигналом. После этого происходит формирование базисных функций, затем происходит чтение отчётов сигнала из звукового файла. Размер звукового файла определяется из его заголовка. Прочитанный массив с отчётами делится на части равные размеру блока преобразования. Над каждым блоком выполняется прямое дискретное ортогональное преобразование Фурье, коэффициенты разложения модифицируются согласно заданным частотам среза фильтра, после этого выполняется обратное дискретное ортогональное преобразование Фурье. Отфильтрованный сигнал записывается в файл.

5.2 Разработка программы обработки записанных сигналов

На основании разработанного алгоритма была написана программа обработки записанных сигналов.

Программа была написана на языке программирования Object Pascal.

Графический интерфейс был создан при помощи класса *forms*.

В программном средстве созданы два класса-наследника от базового класса *TForm*:

- *TForm1* – класс главного окна программы;
- *TForm7* – класс окна для изображения сигналов.

Класс *TForm* был выбран как родительский для вновь создаваемых, так как в нем уже описаны процедуры обработки событий создания формы *OnCreate*, закрытия формы *OnClose*, перехода окна в неактивное состояние

OnDeactivate и т.п. К стандартным обработчикам данных событий были добавлены свои.

В классе *TForm1* определены следующие члены:

- *Edit1: TEdit* – текстовое поле для ввода нижней частоты среза фильтра;
- *Edit2: TEdit* – текстовое поле для ввода верхней частоты среза фильтра;
- *Button1: TButton* – кнопка «Открыть»;
- *Button2: TButton* – кнопка «Сохранить»;
- *Button3: TButton* – кнопка «Новая запись»;
- *Button4: TButton* – кнопка «Преобразовать»;
- *Button5: TButton* – кнопка «Сохранить новую запись»;
- *MediaPlayer1: TMediaPlayer* – компонент медиаплеер для воспроизведения исходного сигнала;
- *MediaPlayer2: TMediaPlayer* – компонент медиаплеер для воспроизведения преобразованного сигнала;
- *MediaPlayer3: TMediaPlayer* – компонент медиаплеер для записи и воспроизведения нового сигнала;
- *OpenDialog1: TOpenDialog* – окно для открытия файла;
- *SaveDialog1: TSaveDialog* – окно для сохранения файлов;
- *Label1: TLabel* – поясняющая надпись: «Нижняя частота среза, Гц»;
- *Label2: TLabel* – поясняющая надпись: «Верхняя частота среза, Гц»;
- *Label3: TLabel* – надпись: «Прослушать преобразованный файл»;
- *Label4: TLabel* – надпись: «Прослушать исходный файл»;
- *ima:string* – имя открытого файла;
- *fniz:double* – нижняя частота среза фильтра;
- *fverh:double* – верхняя частота среза фильтра;
- *procedure Button1Click(Sender: TObject)* – обработчик нажатия кнопки «Открыть». Происходит отображение диалогового окна для открытия файла *OpenDialog1.Execute*.

Этот метод класса *TOpenDialog* возвращает значение *true*, если пользователем на диалоговом окне была нажата кнопка «ОК» и *false* – если была нажата кнопка «Отмена». Затем проверяется, какое значение вернул метод *Execute*, и существует ли выбранный файл. Если значение было равно *false* или файл не существует, то процедура завершается.

if OpenFileDialog1.Execute and FileExists(OpenDialog1.FileName)

В противном случае происходит сохранения выбранного пользователем имени файла;

– *procedure Button2Click(Sender: TObject)* – обработчик нажатия кнопки «Сохранить». Происходит отображение диалогового окна для сохранения файла. Временный файл переименовывается на указанное пользователем имя;

– *procedure Button3Click(Sender: TObject)* – обработчик нажатия кнопки «Новая запись». Создается временный файл и именем «__02.wav». В него записывается стандартный заголовок формата wav. После этого временный файл открывается медиаплеером.

MediaPlayer3.FileName:='__02.wav';

MediaPlayer3.AutoOpen:=true;

MediaPlayer3.DeviceType:=dtAutoSelect;

MediaPlayer3.Open;

MediaPlayer3.Play;

Файл становится доступным для ведения в него записи;

– *procedure Button4Click(Sender: TObject)* – обработчик нажатия кнопки «Преобразовать». Выполняется процедура фильтрации сигнала.

Сначала происходит получение частот среза фильтра из соответствующих текстовых полей

val(edit1.Text,fniz,i);

val(edit2.Text,fverh,i);

После этого создается форма для графического отображения сигналов.

Form2:= TForm700.Create(Application);

Задаются ее параметры: количество графиков, коэффициент растяжения по оси x, коэффициент растяжения по оси y, количество точек на графике, цвета графиков и их взаимное расположение

```
for i:=1 to 2 do begin
    form2.kx[i]:=1;
    form2.ky[i]:=50;
    form2.kolvo[i]:=720;
end;
form2.r:=2;form2.s:=2;form2.p:=1;
new(zveta);
zveta^[0]:=20;zveta^[1]:=170;zveta^[2]:=0;
zveta^[3]:=200;zveta^[4]:=0;zveta^[5]:=200;
zveta^[6]:=20;zveta^[7]:=170;zveta^[8]:=0;
zveta^[9]:=200;zveta^[10]:=0;zveta^[11]:=200;
form2.initzvet(zveta^,4);
dispose(zveta);
```

Затем строится базис для выполнения прямого и обратного преобразований Фурье. Он представлен в виде двух массивов значений функций $\sin(x)$ и $\cos(x)$ при изменении аргумента x от нуля до 2π с шагом $1/dlina1$, где переменная $dlina1$ содержит в себе размер блока в преобразовании Фурье. Поскольку в файле wav значения являются целыми числами, а функции $\sin$ и $\cos$ возвращают вещественные числа, то происходит их перевод в целые путем умножения на 32768

```
for i:=0 to dlina1-1 do bazis2^[0][i]:=round(sin(2*pi*i/dlina1)*32768);
for i:=0 to dlina1-1 do bazis2^[1][i]:=round(cos(2*pi*i/dlina1)*32768);
```

Открывается выбранный пользователем файл, из него считывается заголовок и сохраняется в массиве *zagolovok*. Поскольку длина заголовка может иметь разную длину, то происходит поиск в файле слова «data», после которого находится четыре байта, в которых записано количество отсчетов дискретизации сигнала в файле (переменная *dlina*)

```

met2:
blockread(a10,x,sizeof(x));
if x=100 then begin
  blockread(a10,x,sizeof(x));
  if x=97 then begin
    blockread(a10,x,sizeof(x));
    if x=116 then begin
      blockread(a10,x,sizeof(x));
      if x=97 then begin blockread(a10,dlina,sizeof(dlina));goto met3;end
      else goto met2;
    end
    else goto met2;
  end
  else goto met2;
end
else goto met2;
end
else goto met2;
met3:

```

После этого считываются отсчеты сигнала в массив so

```
blockread(a10,so^,dlina*sizeof(smallint));
```

Для наглядного отображения сигнала на графике находится его максимальный отсчет, и для вывода на экран все отсчеты делятся на него. График является членом класса TForm7, который называется tochki. Так как число точек на графике ограничено, то из всего сигнала выбираются отсчеты с шагом, равным длине сигнала, деленной на количество точек на графике.

```

uk:=abs(so^[0]);
for i:=1 to 719-1 do if abs(so^[i*dlina div 720]) > uk then uk:=abs(so^[i*dlina
div 720]);
for i:=0 to 719 do form2.tochki[1][i+1]:=so^[i*dlina div 720]/uk;

```

Фильтрация выполняется за счет прямого и обратного дискретных преобразований Фурье в скачущем режиме с размером блока равным 588 отсчетов. Поскольку для хранения отсчетов используется тип `smallint` (целое знаковое размером 16 бит), то после выполнения операций умножения необходимо производить нормализацию полученного значения путем целочисленного деления на 32768. Коэффициенты разложения вычисляются как скалярные произведения сигнала и базисной функции.

```
for i:=0 to dlina1-1 do kos[l]:=kos[l]+((basis2^[0][(l*i) mod dlina1]*so[i+i1])
div 32768);
```

Поскольку хранится только первая пара базисных функций, то для получения последующих при обращении к элементам массива `basis2` увеличивается шаг кратно номеру необходимой базисной функции l .

Обратное дискретное ортогональное преобразование выполняется путем сложения базисных функций, умноженных на коэффициенты разложения. При выполнении фильтрации коэффициенты, находящиеся вне полосы пропускания фильтра обнуляются. В прямом виде эта операция не выполняется, вместо этого из суммирования исключаются базисные функции, соответствующие частотам вне полосы пропускания фильтра.

```
if fniz=0 then f:=df else f:=fniz;
while f<=fverh do //.....
```

Преобразованные отсчеты сигнала записываются во временный файл с именем «__01.wav», заголовок этого файла берется из массива `zagolovok`.

После этого графики отображаются в отдельном окне, для чего вызывается метод класса `TForm7`:

```
form2.Show;
```

– *procedure Button5Click(Sender: TObject)* – обработчик нажатия кнопки «Сохранить новую запись». Вызывается стандартное диалоговое окно сохранения файла. Затем записанный сигнал сохраняется во временный файл «__02.wav» при помощи вызова метода медиаплеера

```
MediaPlayer3.Save;
```

и медиаплеер закрывается, освобождая файл

MediaPlayer3.Close;

Затем файл «__02.wav» переименовывается согласно указанию пользователя *rename(f,savedialog1.FileName);*

– *procedure Label4Click(Sender^ TObject)* – обработчик нажатия на надпись «Прослушать преобразованный файл». Устанавливаются параметры медиаплеера для воспроизведения звукового файла: имя файла

MediaPlayer2.FileName:=savedialog1.FileName;

тип устройства

MediaPlayer2.DeviceType:=dtAutoSelect;

разрешение на автоматическое воспроизведение

MediaPlayer2.AutoOpen:=true;

Затем открывается мультимедийное устройство

MediaPlayer2.Open;

и начинается воспроизведение файла

MediaPlayer2.Play;

– *procedure Label4Click(Sender^ TObject)* – обработчик нажатия на надпись «Прослушать исходный файл». Устанавливаются параметры медиаплеера для воспроизведения звукового файла: имя файла

MediaPlayer1.FileName:=ima;

тип устройства

MediaPlayer1.DeviceType:=dtAutoSelect;

разрешение на автоматическое воспроизведение

MediaPlayer1.AutoOpen:=true;

Затем открывается мультимедийное устройство

MediaPlayer1.Open;

и начинается воспроизведение файла

MediaPlayer1.Play;

В классе *TForm7* определены следующие члены:

– *q2:integer* – число графиков;

- `tochki:array[1..q2,1..1500]of extended` – точки графиков;
- `kolvo:array[1..q2]of integer` – число точек графика;
- `ky:array[1..q2] of integer` – коэффициенты растяжения по оси y;
- `kx:array[1..q2] of integer` – коэффициенты растяжения по оси x;
- `povt:array[1..q2]of integer;`
- `r:integer` – количество графиков по строкам;
- `s:integer` – количество графиков по столбцам;
- `p: integer` – количество наложенных друг на друга графиков;
- `shir1,shir2:integer` – ширина вспомогательных координатных сеток;
- `zvet:array [1..q2,1..3] of byte` – цвет линий;
- `procedure FormClick(Sender: TObject)` – обработчик события показа

окна на экране. В нем происходит рисование графиков. Рисование производится с использованием свойства формы «канва». Создается карандаш заданного цвета.

```
canvas.Pen.Style:=psSolid;
```

```
Canvas.Pen.Color:=RGB(255,255,255);
```

Рисование линий происходит за счет вызова методов `MoveTo` и `LineTo`

```
canvas.MoveTo(1,(i*2-1)*center);
```

```
canvas.LineTo(kolvo[i]*kx[i],(i*2-1)*center);
```

– `procedure initzvet(var a:array of byte;i:integer)` – запись введенных пользователем цветов графиков.

Текст программы представлен тремя файлами: `var21.dpr`, `var2.pas`, `z2.pas`. Файл `var2.pas` содержит описание класса `TForm1`. Файл `z2.pas` содержит описание класса `TForm7`. Два эти файла представляют собой отдельные библиотечные модули (Unit). Файл `var21.dpr` содержит код главной программы, с помощью которого создается объект главной формы программы, а также обеспечивает связь программы с ядром *Windows* [1]. Этот файл создается средой *Delphi* автоматически. Текст программы приведен в приложении В.

6. Руководство пользования лабораторным стендом

Состав лабораторного стенда:

- исследуемый аппаратура;
- низкочастотный усилитель;
- средство защиты информации «Гранит-8»;
- АРМ с установленным ПО.

Для исследований утечки информации за счёт акустоэлектрических преобразований необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Собрать лабораторный стенд, показанный на рисунке 22.



Рисунок 22 –Лабораторный стенд

Порядок сбора стенда:

1.1 Для этого необходимо подключить витую пару проводов исследуемого устройства к низкочастотному усилителю.

1.2 Включить низкочастотный усилитель в розетку.

1.3 Удостовериться, что загорелся светодиод.

1.4 Подключить низкочастотный усилитель к АРМ при помощи кабеля RCA – AUX Jack 3.5.

1.5 Запустить на АРМ ПО «Фильтрация записанного сигнала».

Лабораторный стенд собран.

2. На АРМ в программе нажать на кнопку «Запись» и начать говорить рядом с исследуемой аппаратурой на расстоянии 30-40 см.

3. Записывать речь в течении 30 секунд.

4. Прослушать запись на предмет разборчивости речи.

4.1 Если записанная речь разборчива, то перейти к пункту 7.

5. Прогнать запись через фильтр частот в ПО.

6. Прослушать результат обработки.

7. После прослушивания речи необходимо видоизменить лабораторный стенд как показано на рисунке 23.

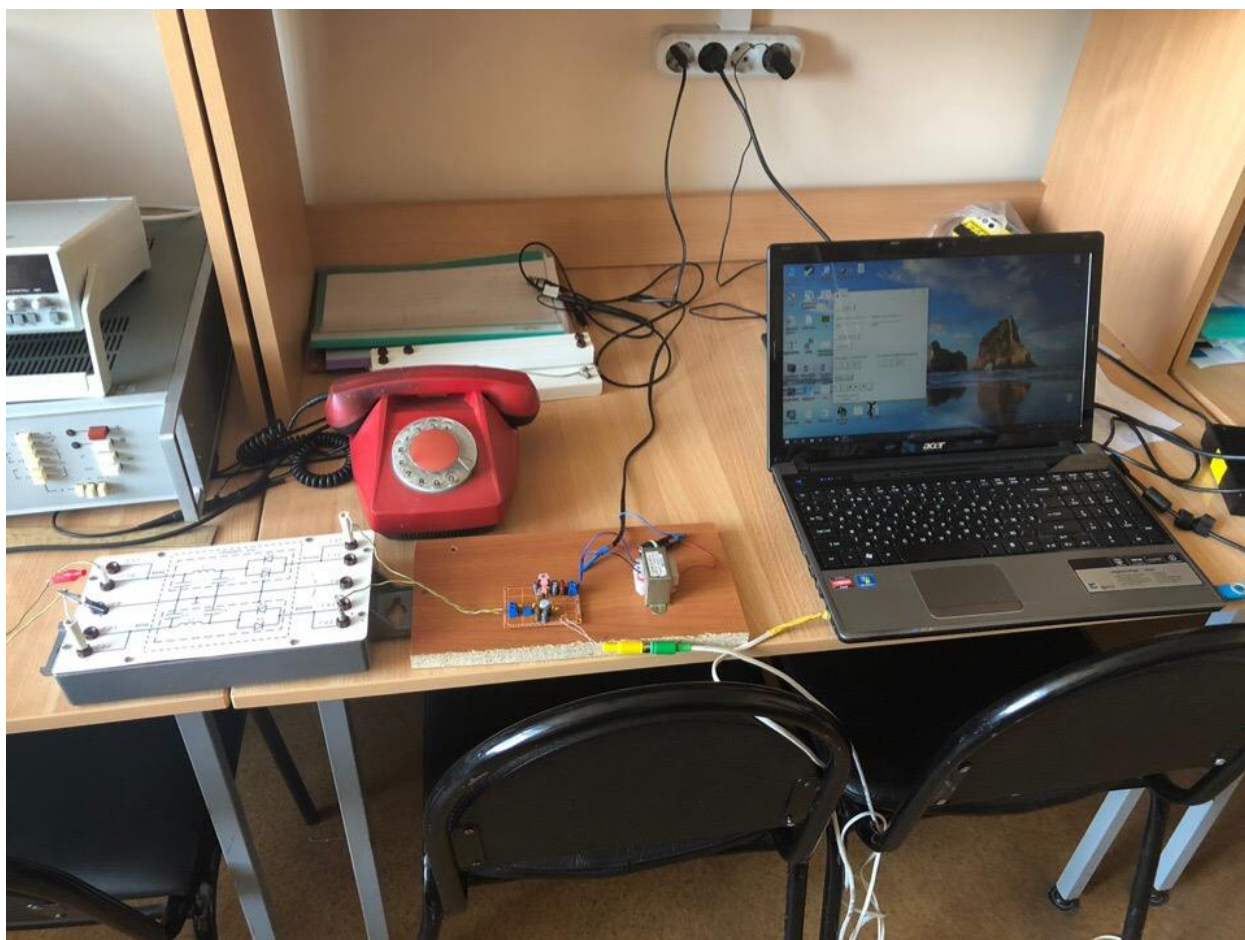


Рисунок 23 – Лабораторный стенд с СЗИ

7.1 Подключить к низкочастотному усилителю СЗИ «Гранит-8» .

8. Повторить пункты 2 и 3.

9. Прослушать запись и удостовериться, что утечка информации через акустоэлектрические преобразования прекратилась.

Порядок работы с программой фильтрации:

1. Нажать кнопку «Новая запись».
2. Нажать под ней кнопку с красным кружочком «Запись». Для окончания записи нажать кнопку «Пауза» или «Стоп».
3. Нажать кнопку «Сохранить новую запись».
4. Ввести граничные частоты фильтра.
5. Нажать кнопку «Преобразовать».
6. После отображения на экране окна с графиками нажать кнопку «Сохранить».
7. Нажать на надпись «Прослушать исходный файл».
8. Нажать на надпись «Прослушать преобразованный файл».
9. Заккрыть программу.

Если надо по-другому обработать уже записанный файл, необходимо выполнить следующие действия.

1. Нажать кнопку «Открыть».
2. Выбрать файл.
3. Ввести граничные частоты фильтра.
4. Нажать кнопку «Преобразовать».
5. После отображения на экране окна с графиками нажать кнопку «Сохранить».
6. Нажать на надпись «Прослушать исходный файл».
7. Нажать на надпись «Прослушать преобразованный файл».
8. Заккрыть программу.

Сначала появляется окно программы, показанное на рисунке 24

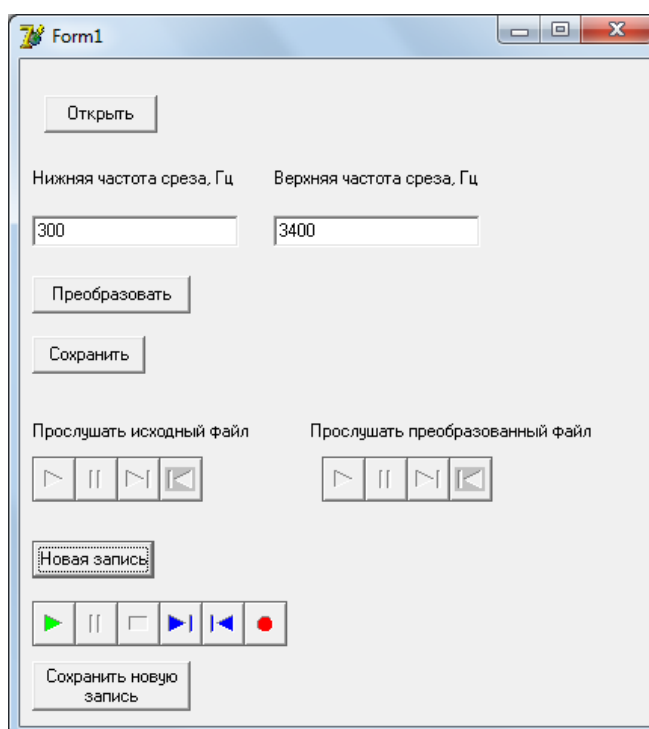


Рисунок 25 – Начальное окно программы

На рисунке 26 представлено графическое представление записанного и обработанного сигнала.

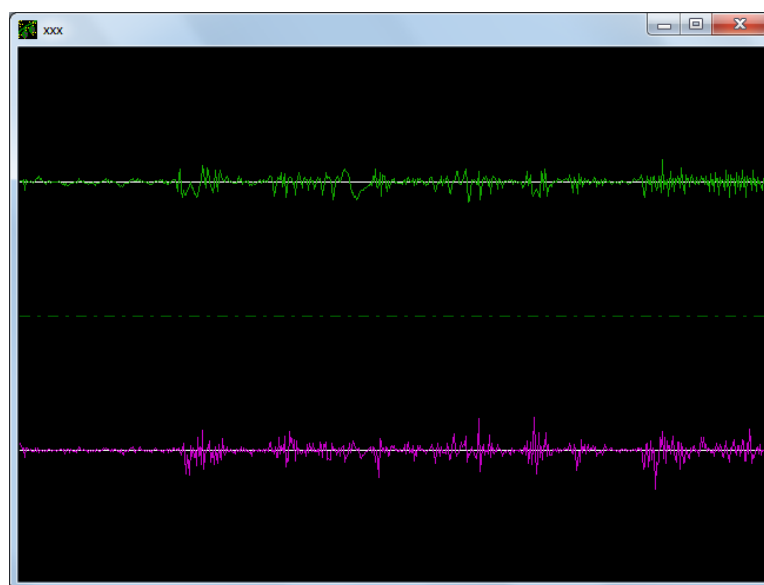


Рисунок 26 – Графическое представление сигнала

7. Безопасность жизнедеятельности

7.1 Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на физические перегрузки и нервно-психические перегрузки.

Статическая нагрузка обусловлена необходимостью работающему прилагать усилия без перемещения всего тела или отдельных частей тела. Она определяется весом удерживаемого груза (величиной прилагаемого усилия) и временем удержания.

При проектировании рабочего места следует учитывать, что фиксированная рабочая поза физиологически не оправдана, так как она вызывает нарушение кровообращения в нижних конечностях и органах тазовой области, приводящие к профессиональным заболеваниям (варикозному расширению вен, геморрою и др.) [7].

Отрицательно на состояние здоровья работающих отражается гиподинамия - нарушение функций организма (опорно-двигательного аппарата, кровообращения, дыхания, пищеварения и др.) при ограниченной двигательной активности, снижении сил сопротивления мышц.

Напряженность внимания характеризуется длительностью сосредоточения наблюдения, числом объектов одновременного наблюдения, плотностью сигналов (световых, звуковых) и сообщений.

Степень напряженности анализаторских функций для зрительного анализатора зависит от размера объекта различения и расстояния объекта от глаз, различия в контрастности объекта различения и фона, для слухового анализатора – от соотношения между уровнями речи и шума.

Эмоциональные напряжения вызывают изменения функционального состояния центральной нервной системы. Данный фактор имеет место при работе по напряженному графику; на поточной линии или конвейере; в потенциально опасных условиях в связи с возможностью аварийных ситуаций

и риском для собственных жизни и здоровья (усугубляет ситуацию необходимостью выполнения работ при дефиците времени); с ответственностью за безопасность других лиц (операторы, профессии управленческого труда и другие, деятельность которых предусматривает персональную ответственность); с материалами, сырьем, оборудованием, загрязненными химическими веществами, радионуклидами и др [7].

Чередование работ по сменам требует определенной перестройки организма. Суточные дежурства, работа только в ночную смену, без естественного света и т.п. оказывает на работающего отрицательное психологическое влияние.

Производительность труда, работоспособность, самочувствие, условия травмирования в первую и вторую половину рабочего дня почти одинаковы. В ночное же время труд протекает на фоне снижения функционального состояния центральной нервной системы, на фоне сонливости. Сонливость снижает производительность труда, его качество, а также защитные функции организма человека, т.е. человек становится менее «защищен» от несчастных случаев и аварий.

Монотонная работа отрицательно сказывается на эффективности производства: ухудшаются экономические показатели, повышается аварийность, травматизм, растет текучесть кадров.

Ритм и темп работы также в определенных условиях могут оказывать неблагоприятное влияние на состояние здоровья работающего, производительность и качество труда. В процессе труда у работающих, имеющих профессиональный опыт, вырабатывается определенный ритм, экономный автоматизм движений, при которых достигается наивысшая работоспособность с наименьшими энергетическими затратами. [9]

Важное значение для человека имеет также и темп работы. Если величина энергозатрат является показателями тяжести работы, то темп работы определяет ее напряженность. Весьма неблагоприятными с точки зрения физиологии является принудительный темп работы, даже если он слишком

медленный. Наименее утомителен свободный темп. Поэтому пульсирующий ход конвейера предпочтительнее непрерывного. Нарушение ритмичности труда из-за технических и организационных неурядиц, простои и т.п. раздражают работающего, так как приводят помимо прочего, к разрушению установившегося в центральной нервной системе стереотипа рабочих действий, вызывая раздражение и, как следствие, преждевременное утомление работающего.

Для предупреждения утомления следует учитывать специфику труда работающих. Умеренный (не очень напряженный) умственный труд может выполняться довольно долго без перерыва на отдых. Однако людям, занятым преимущественно умственным трудом, периодически необходим более длительный отдых [7].

Работа специалиста информационной безопасности требует соответствующего напряжения физических и нервных возможностей человека, мобилизации внимания, памяти, требует высокой ответственности за принимаемые в процессе выполнения работы решения. При правильном выборе профессии человек может быстро и эффективно адаптироваться к работе. При отсутствии такого соответствия человек не достигает необходимого мастерства и работает на пределе физиологических возможностей, что и приводит к неврозам, повышенной заболеваемости, аварийности, травматизму и низкой производительности труда. Однако этот человек может легко и быстро овладеть другой профессией, которая больше соответствует психологическим особенностям его организма.

7.2 Методы и средства снижающие воздействия негативных факторов

При создании рабочих мест в организации занимающейся информационной безопасностью нужно стремиться к тому, чтобы рабочая поза была максимально приближена к естественной позе человека. Поэтому целесообразно предусматривать возможность работы с изменением положения тела. Так же пристального внимания заслуживает проектирование кресел, так как специалист по защите информации большую часть времени

проводит сидя за компьютером. Конструкция кресла должна в наибольшей степени соответствовать анатомическому строению человека и способствовать равномерному давлению тела на площадь опоры.

Профилактика гиподинамии предусматривает исключение статической работы, изменение рабочей позы в процессе работы, проведение производственной гимнастики с рациональным комплексом физических упражнений и т.п. Организация комнат психологической разгрузки способствует снижению усталости и повышению производительности труда работающих, улучшает их настроение, что в конечном счете способствует сохранению их работоспособности и обеспечению охраны труда.

- садимся на стул и вытягиваем ноги вперед. Тянем носочки. Поднимаем руки и тоже тянемся. Далее возвращаемся в исходное положение;

- берём стул, встаём рядом с ним и ложем руки на его спинку. Правую ногу отводим назад, руки разводим в стороны. повторяем точно также с левой ногой;

- берём стул, встаём рядом с ним и ложем руки на его спинку. Правую ногу отводим в сторону, при этом левую руку поднимаем, и возвращаемся в исходное положение;

- берём стул и садимся на него. Вытягиваем ноги вперед, руки держим перед грудью. В таком положении выполняем наклоны в стороны, руки при этом разводим;

- берём стул и садимся на него. Вытягиваем ноги вперёд, руки кладём на пояс. Далее по очереди тянем носочки на себя. Можно усложнить упражнение – разворачиваем ступню в сторону так, чтоб носок касался пола.

Организация комнат психологической разгрузки также способствует снижению уровня усталости и повышению производительности труда специалистов, улучшает настроение, что способствует сохранению их работоспособности и обеспечению охраны труда.

При профилактике сонливости нужно учитывать, что трудовая деятельность связана не только с активностью мышечного аппарата и органов

чувств (анализаторов), но и с такими системами как сердечно-сосудистой, пищеварительной, выделительной, эндокринной и другими системами, не находящиеся под контролем человека.

К основным мероприятиям для профилактики сонливости в ночное время можно отнести:

- необходимо соблюдать суточную норму сна - восемь часов;
- при трёхсменном режиме начало смен устанавливать в 8, 16 и 24 часа, а при четырёхсменном в 8, 14, 20, 2 часа;
- через неделю или две недели производить переход из смены в смену, причем чередование смен должно быть таким: утренняя – вечерняя – ночная;
- специалисты, работающие в ночные смены должны в свободное время не заниматься тяжелым физическим трудом или трудом, требующим напряжения центральной нервной системы. Свободное время должно быть временем активного отдыха [7].

Основные меры по уменьшению влияния монотонности на человека:

- делать каждую операцию более содержательности, объединять малосодержательные операции в более сложные, содержательные и разнообразные; операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд; состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела;
- осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;
- применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня (рабочей смены): назначать короткие дополнительные перерывы для отдыха всей смены (бригады) или отдельного работающего в удобное для него время. Целесообразны частые, но короткие перерывы;
- устанавливать переменный ритм конвейера в течение рабочего дня; наиболее предпочтителен свободный темп конвейера;
- осуществлять эстетичность производства и функциональное

музыкальное оформление производственного процесса.

При организации производственного процесса следует учитывать т.н. «кривую работы». В процессе рабочего дня производительность работника, связанная с его физиологическими возможностями, изменяется, и в этих изменениях можно выделить несколько периодов:

- период вработывания – в этот отрезок времени происходит нарастание производительности труда;
- период высокого, стабильного уровня максимальных возможностей (в этот период утомление отсутствует);
- период полной или устойчивой компенсации. Появившееся утомление приводит к некоторому снижению максимальных возможностей организма, однако их еще достаточно, чтобы волевым усилием сохранить производительность на прежнем уровне благодаря «резервным возможностям», имеющимся в организме;
- период неустойчивой компенсации. При ослаблении волевого напряжения производительность снижается. Однако, несмотря на снижение «резервных возможностей» перед окончанием работы человек в ряде случаев может волевым напряжением сохранять высокий уровень производительности труда («конечный порыв»);
- период устойчивого снижения производительности труда. Усиливающееся утомление настолько снижает максимальные возможности, что волевым усилием человек уже не в состоянии сохранять заданный уровень производительности труда даже в короткие интервалы времени [7].
- Как правило, окончание этого периода наступает ко времени обеденного перерыва, после которого указанные фазы повторяются.

Следует иметь в виду, что в процессе выполнения работы выделяются три этапа:

- получение информации;
- обработка информации и принятие решения;

- выполнение решения.

В связи с этим возможны ошибки:

- ошибки ориентации;
- ошибки принятого решения;
- ошибки выполнения действий.

Данные обстоятельства должны также учитываться при организации производственной деятельности.

Для обеспечения охраны труда необходимо так организовать производственный процесс, чтобы он исключал стрессы [7].

Важное значение для производительного и безопасного труда имеют чистота и порядок на рабочем месте, в подразделении, в организации, надлежащая окраска оборудования и помещений, освещенность рабочих мест, ритмичность работы, регламентированные перерывы в работе, производственная гимнастика, профессиональная пригодность и др., которые повышают настроение и работоспособность, внимание, скорость реакции, улучшают общее состояние работающих.

Психофизиологические условия труда определяются также рабочей обстановкой, взаимоотношениями в трудовом коллективе (и особенно между работающими и руководителем), уровнем обслуживания, соответствием выполняемой работы способностям и склонностям работающего, общественной престижностью работы и т.п. Поэтому формы руководства трудовым коллективом играют исключительно важную роль. Организация труда и его безопасность должна строиться на основе учета закономерностей не только физиологических, но и психологических реакций работающего на те или иные условия окружающей его среды. В этих условиях создание благоприятного социального и морального климата в коллективе, психологическая совместимость всех его членов – залог успешного решения не только производственных задач, но и задач охраны труда.

Заключение

В результате выполнения ВКР был разработан лабораторный стенд для исследования утечек информации за счёт акустоэлектрических преобразований.

В процессе дипломного проектирования был произведен обзор технических каналов утечки информации, акустоэлектрических преобразователей, методов и средств защиты информации. Был разработан и создан усилитель, входящие в состав лабораторного стенда. Была написана программа для фильтрации записанного акустического сигнала. Разработаны методические указания для выполнения лабораторной работы в которых определен общий порядок выполнения заданий лабораторной работы, разработано описание выполнения каждого задания лабораторной работы.

В результате выполнения заданий лабораторной работы студенты получают навыки по защите информации от утечек за счёт акустоэлектрических преобразований.

Таким образом, все пункты технического задания на выпускную квалификационную работу выполнены полностью.

Список используемой литературы

1. Технические каналы утечки информации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5970814/page:15/#34>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Акустоэлектрические преобразователи. Принципы работы. Особенности конструкции и использования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studentbank.ru/view.php?id=38633>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Микрофонный эффект [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82, свободный. – Загл. с экрана.
4. Микрофонный эффект [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5970814/page:17/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Технические каналы утечки речевой информации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=957&lvl=04.02>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Методы и средства защиты телефонных линий [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vrsystems.ru/stati/metodi_i_sredstva_zashiti_telefonnix_linii.htm, свободный. – Загл. с экрана.
7. Психофизические опасные и вредные производственный факторы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.helper.by/psixofiziologicheskie-opasnie-i-vrednie-proizvodstvennie-faktori.html>, свободный. – Загл. с экрана.

Приложение А

Перечень используемых радиоэлементов в низкочастотном усилителе

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Микросхема К538УН3А	1	
	Резисторы		
R2	CF-100 100 Ом подстроечный 0,25 В	1	
R3	СП5-16ВА 22кОм подстроечный 0,25 В	1	
R4	CF-25 5.1 кОМ	1	
	Конденсаторы		
C1, C4	JAMICON TKR101M1CD11 100 мкФ 16 В	2	
C2	K10-17Б P50 0,1 мкФ	1	
C3	K50-35 10 мкФ 10 В	1	
C5	КД-2 150 пкФ	1	
C6, C7, C8	K10-17Б 1мкФ	3	
	Диоды		
LED1	TLUR2400 красный	1	
D1	1N4001 100мА	1	
	Трансформаторы		
Tr	RDX 220 В/6В /600 мА	1	
	Предохранители		
F1	ВПМ-2 100мА	1	
	Диодный мост		
Br1	DB107	1	
	Стабилизатор напряжения		
VR1	78L06	1	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Алгоритмы работы программы

Алгоритм графической обработки программы представлен на рисунке 27.

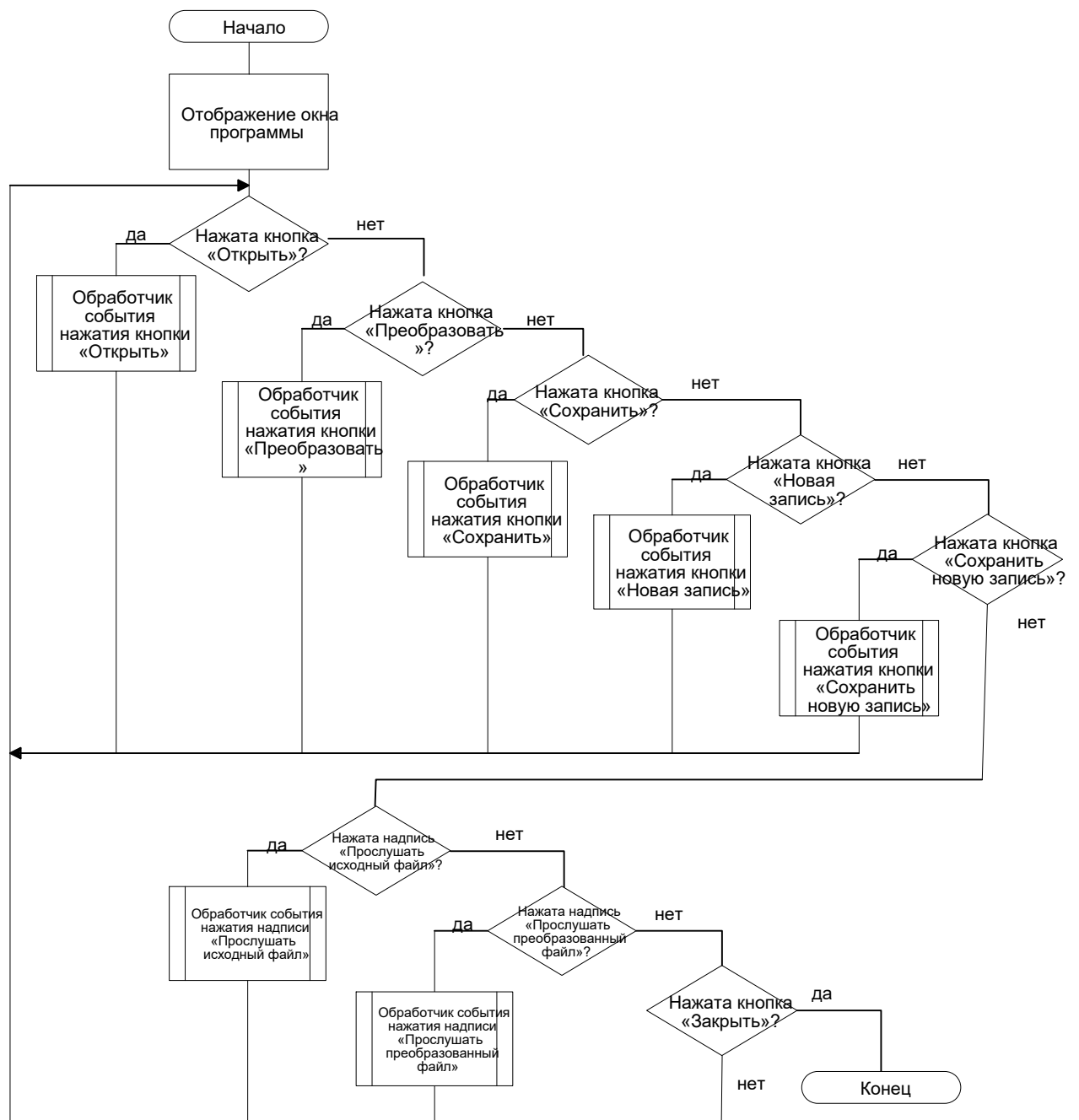


Рисунок 27 – Алгоритм графической обработки программы

Алгоритм обработки кнопок открыть и сохранить представлен на рисунке 28.

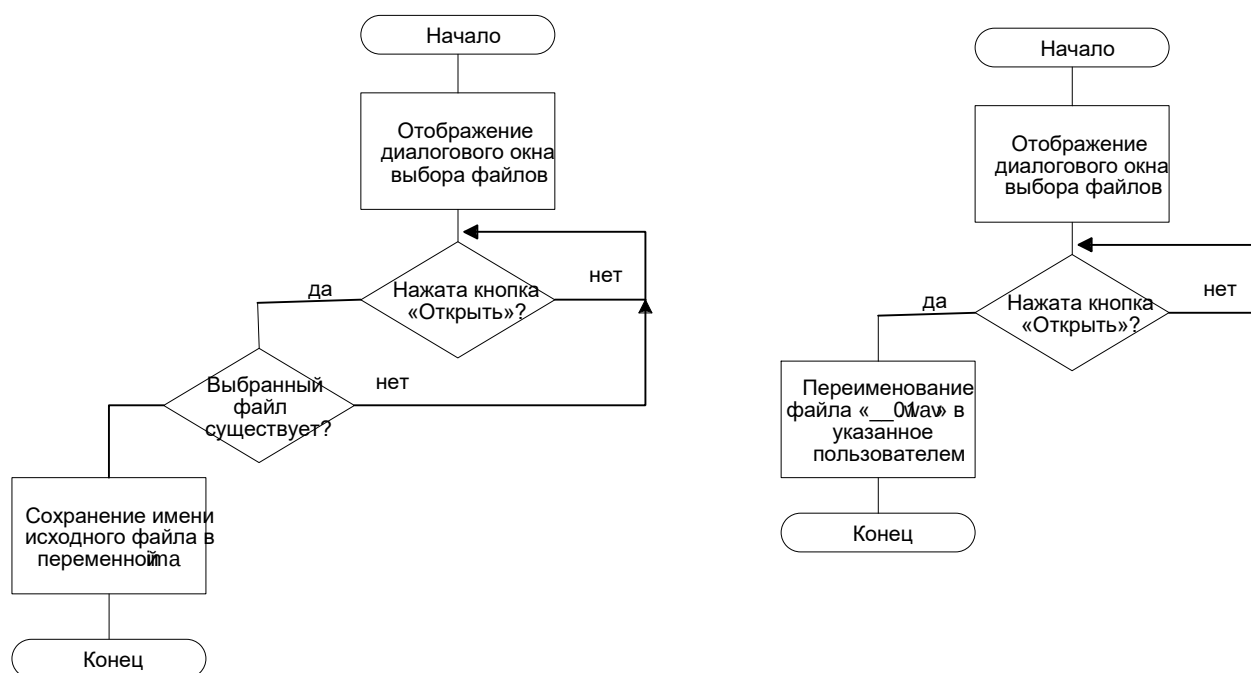


Рисунок 28 – Алгоритм обработки кнопок открыть и сохранить

Алгоритм работы функции «Новая запись» и «Сохранение новой записи» представлен на рисунке 29.

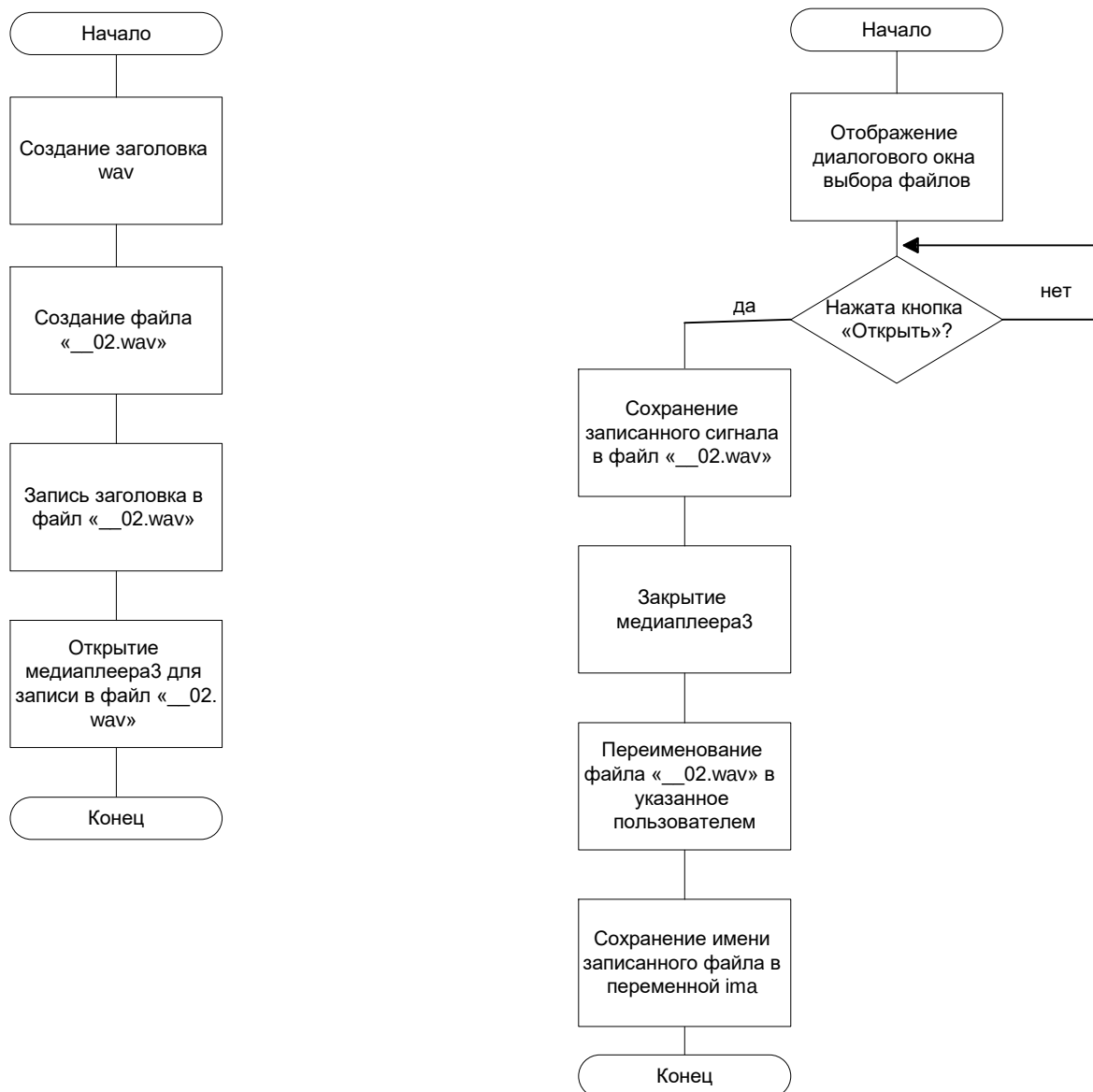


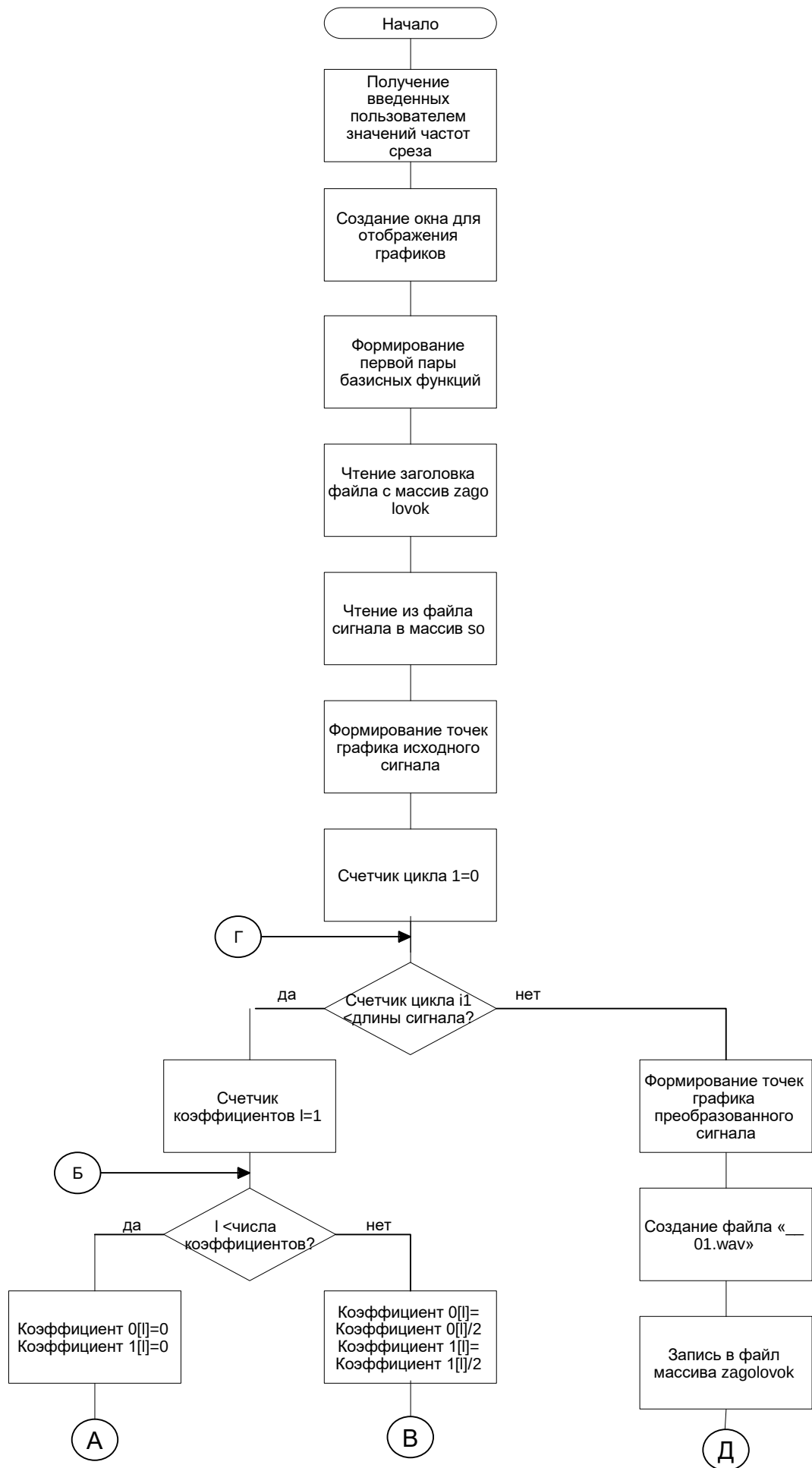
Рисунок 29 - Алгоритм работы функции «Новая запись» и «Сохранение новой записи»

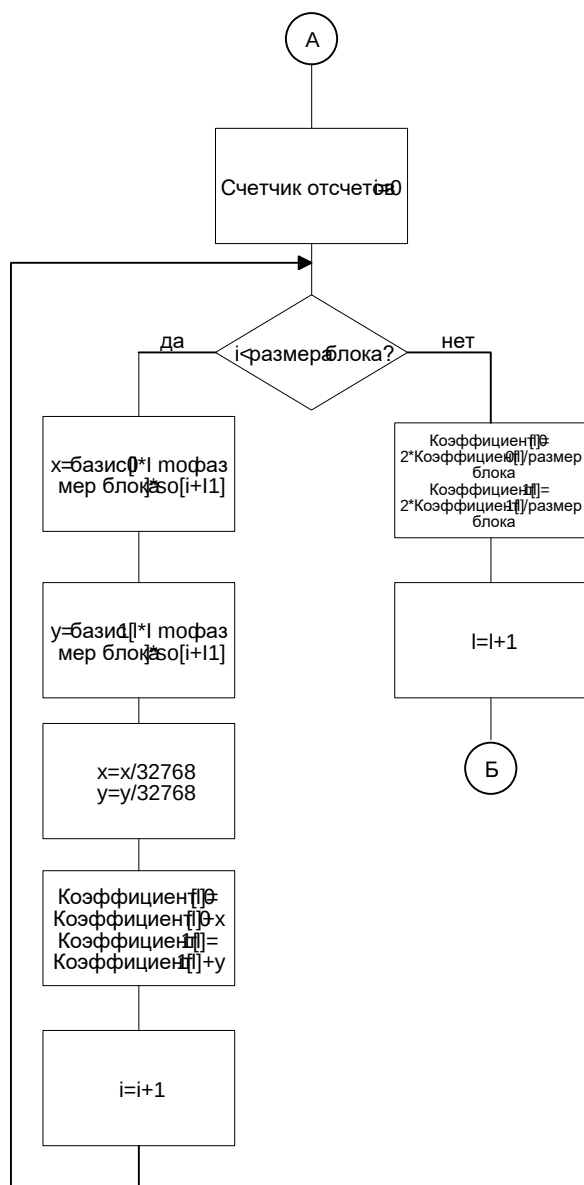
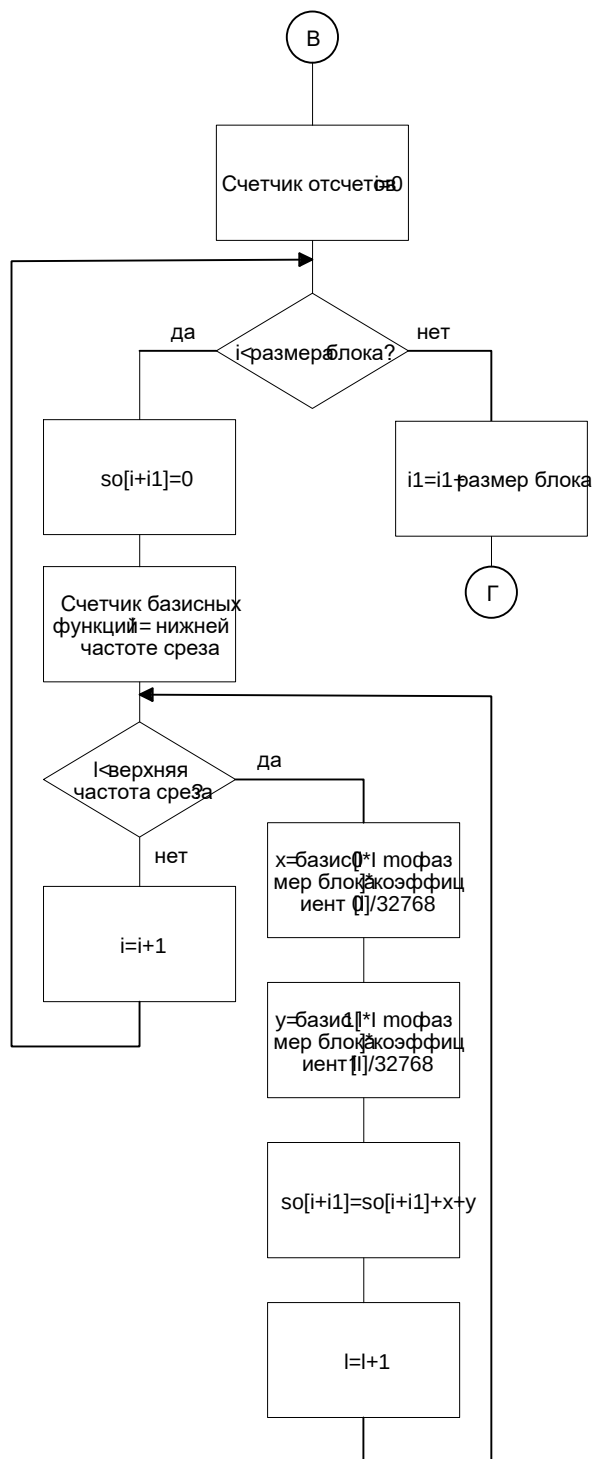
Алгоритм работы функции «Прослушать преобразованный файл» и «Прослушать исходный файл» представлены на рисунке 30.



Рисунок 30 - Алгоритм работы функции «Прослушать преобразованный файл» и «Прослушать исходный файл»

Алгоритм фильтрации записанного сигнала представлен на рисунке 31.





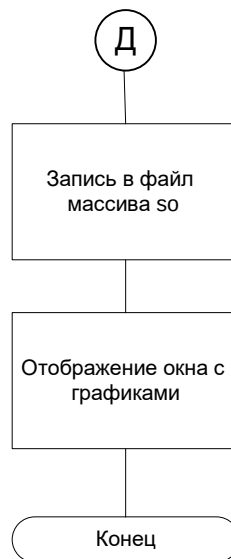


Рисунок 31 - Алгоритм фильтрации записанного сигнала

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Программа обработки сигналов

Код программы из файла var2:

```
unit var2;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs, MPlayer, StdCtrls,z2,xx1;
```

```
type
```

```
TForm1 = class(TForm)
```

```
MediaPlayer1: TMediaPlayer;
```

```
OpenDialog1: TOpenDialog;
```

```
SaveDialog1: TSaveDialog;
```

```
Edit1: TEdit;
```

```
Button1: TButton;
```

```
Button2: TButton;
```

```
Button3: TButton;
```

```
Label1: TLabel;
```

```
Label2: TLabel;
```

```
Edit2: TEdit;
```

```
Button4: TButton;
```

```
MediaPlayer2: TMediaPlayer;
```

```
Label3: TLabel;
```

```
Label4: TLabel;
```

```
MediaPlayer3: TMediaPlayer;
```

```
Button5: TButton;
```

```
procedure Button1Click(Sender: TObject);
```

```
procedure Button2Click(Sender: TObject);
```

```
procedure Button3Click(Sender: TObject);
```

```

    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Label3Click(Sender: TObject);
    procedure Label4Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
    ima:string;
    fniz:double;
    fverh:double;

end;

var
    Form1: TForm1;

implementation

{$R *.dfm}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    if opendialog1.Execute and fileexists(opendialog1.FileName) then
    begin
        ima:=opendialog1.FileName;
    end;

end;

```

```

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
var f:file;
begin
if savedialog1.Execute then
begin
assignfile(f,'__01.wav');
rename(f,savedialog1.FileName);
end;
end;

```

```

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
var f:file;
paramwave:array[1..16]of byte;
dlina,dlina1,dlina2:integer;
begin
paramwave[1]:=1;paramwave[2]:=0;
paramwave[3]:=1;paramwave[4]:=0;
paramwave[5]:=$44;paramwave[6]:=$ac;
paramwave[7]:=0;paramwave[8]:=0;
paramwave[9]:=$88;paramwave[10]:=$58;
paramwave[11]:=1;paramwave[12]:=0;
paramwave[13]:=2;paramwave[14]:=0;
paramwave[15]:=16;paramwave[16]:=0;
dlina:=0;
dlina1:=16;
dlina2:=dlina+36;

assignfile(f,'__02.wav');
rewrite(f,1);

```

```

blockwrite(f,'RIFF',4);
blockwrite(f,dlina2,sizeof(dlina2));//4 byte
blockwrite(f,'WAVEfmt ',8);
blockwrite(f,dlina1,sizeof(dlina1));//4 byte
blockwrite(f,paramwave,sizeof(paramwave));//16 byte
blockwrite(f,'data',4);
blockwrite(f,dlina,sizeof(dlina));//4 byte
closefile(f);

```

```

MediaPlayer3.FileName:='__02.wav';
MediaPlayer3.AutoOpen:=true;
MediaPlayer3.DeviceType:=dtAutoSelect;
MediaPlayer3.Open;
MediaPlayer3.Play;

```

```

end;

```

```

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
label met2,met3;
const dlina1=588;
    kolf=588;
type bazis=array[0..1,0..dlina1] of smallint;
type q=array[0..44100*60*5] of smallint;
var
so:^q;
zagolovok=array[0..255] of smallint;
kos,koc:array[0..587] of smallint;
i,i1,j,uk,l,mv,dlina:integer;
str1,str2:string;
fdis,f,df:double;

```

```

zveta:^psptype;
form2:Tform700;

basis2:^basis;
a10:file;
x:byte;

begin
  { TODO -oUser -cConsole Main : Insert code here }
  fdis:=44100;
  df:=fdis/dlina1;
  val(edit1.Text,fniz,i);
  val(edit2.Text,fverh,i);
  Form2:= TForm700.Create(Application);
  for i:=1 to 2 do begin
    form2.kx[i]:=1;
    form2.ky[i]:=50;
    form2.kolvo[i]:=720;
  end;
  form2.r:=2;form2.s:=2;form2.p:=1;
  new(zveta);
  zveta^[0]:=20;zveta^[1]:=170;zveta^[2]:=0;
  zveta^[3]:=200;zveta^[4]:=0;zveta^[5]:=200;
  zveta^[6]:=20;zveta^[7]:=170;zveta^[8]:=0;
  zveta^[9]:=200;zveta^[10]:=0;zveta^[11]:=200;
  form2.initzvet(zveta^,4);
  dispose(zveta);

  new(basis2);
  for i:=0 to dlina1-1 do basis2^[0][i]:=round(sin(2*pi*i/dlina1)*32768);

```

```

for i:=0 to dlina1-1 do bazis2^[1][i]:=round(cos(2*pi*i/dlina1)*32768);

mv:=0;
assignfile(a10,ima);
reset(a10,1);
met2:
blockread(a10,x,sizeof(x));
if x=100 then begin
    blockread(a10,x,sizeof(x));
    if x=97 then begin
        blockread(a10,x,sizeof(x));
        if x=116 then begin
            blockread(a10,x,sizeof(x));
            if x=97 then begin blockread(a10,dlina,sizeof(dlina));goto met3;end
            else goto met2;
        end
        else goto met2;
    end
    else goto met2;
end
else goto met2;
met3:
mv:=(filesize(a10)-dlina) div 2;
dlina:= dlina div 2;

new(so);
seek(a10,0);
blockread(a10,zagolovok,mv*sizeof(smallint));
blockread(a10,so^,dlina*sizeof(smallint));
closefile(a10);

```

```

uk:=abs(so^[0]);
for i:=1 to 719-1 do if abs(so^[i*dlina div 720]) > uk then uk:=abs(so^[i*dlina div
720]);
for i:=0 to 719 do form2.tochki[1][i+1]:=so^[i*dlina div 720]/uk;

i1:=0;
while i1<dlina do begin
l:=1;
while l<=dlina1/2 do begin
    kos[l]:=0;
    for i:=0 to dlina1-1 do kos[l]:=kos[l]+((basis2^[0][(l*i) mod dlina1]*so[i+i1])
div 32768);
    kos[l]:=(kos[l]*2) div dlina1;
    koc[l]:=0;
    for i:=0 to dlina1-1 do koc[l]:=koc[l]+((basis2^[1][(l*i) mod dlina1]*so[i+i1])
div 32768);
    koc[l]:=(koc[l]*2) div dlina1;
    l:=l+1;
end; //êîå while i1<l
koc[l-1]:=koc[l-1] div 2;kos[l-1]:=kos[l-1] div 2;

// for i:=0 to l-1 do form2.tochki[3][i+1]:=koc^[i]/32768;

for i:=0 to dlina1-1 do begin
    so[i+i1]:=0;
    if fniz=0 then f:=df else f:=fniz;
    l:=round(f/df);
    while f<=fverh do begin
        so[i+i1]:=so[i+i1]+((kos[l]*basis2^[0][(l*i) mod dlina1]) div
32768)+((koc[l]*basis2^[1][(l*i) mod dlina1]) div 32768);

```

```

    f:=f+df;
    l:=l+1;
end;
end;

//*****
**

i1:=i1+dlina1;
end;

uk:=abs(so^[0]);
for i:=1 to 719-1 do if abs(so^[i*dlina div 720]) > uk then uk:=abs(so^[i*dlina div
720]);

for i:=0 to 719 do form2.tochki[2][i+1]:=so^[i*dlina div 720]/uk;

assignfile(a10,'__01.wav');
rewrite(a10,1);
blockwrite(a10,zagolovok,mv*sizeof(smallint));
blockwrite(a10,so^,dlina*sizeof(smallint));
closefile(a10);

dispose(so);
form2.AutoScroll:=true;
form2.Show;
//form2.Free;
end;

procedure TForm1.Label3Click(Sender: TObject);
begin
MediaPlayer2.FileName:=savedialog1.FileName;

```

```
MediaPlayer2.DeviceType:=dtAutoSelect;  
MediaPlayer2.AutoOpen:=true;  
MediaPlayer2.Open;  
MediaPlayer2.Play;  
end;
```

```
procedure TForm1.Label4Click(Sender: TObject);  
begin  
MediaPlayer1.FileName:=ima;  
MediaPlayer1.DeviceType:=dtAutoSelect;  
MediaPlayer1.AutoOpen:=true;  
MediaPlayer1.Open;  
MediaPlayer1.Play;  
end;
```

```
procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);  
var  
f:file;  
begin  
if savedialog1.Execute then  
begin  
MediaPlayer3.Save;  
MediaPlayer3.Close;  
assignfile(f,'__02.wav');  
rename(f,savedialog1.FileName);  
ima:=savedialog1.FileName;  
end;  
end;  
end.
```

Код программы из файла z2:

```
unit z2;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs;
```

```
const q2=30;
```

```
type
```

```
Tform700 = class(TForm)
```

```
procedure FormClick(Sender: TObject);
```

```
procedure initzvet(var a:array of byte;i:integer);
```

```
private
```

```
{ Private declarations }
```

```
public
```

```
{ Public declarations }
```

```
tochki:array[1..q2,1..1500]of extended;
```

```
kolvo:array[1..q2]of integer;
```

```
ky:array[1..q2] of integer;
```

```
kx:array[1..q2] of integer;
```

```
povt:array[1..q2]of integer;
```

```
r,s,p,shir1,shir2:integer;
```

```
zvet:array [1..q2,1..3] of byte;
```

```
end;
```

```
implementation
```

```
{ $R *.dfm }
```

```

procedure TForm700.initzvet(var a:array of byte;i:integer);
var t,i1:integer;
begin
  t:=0;i1:=1;
  while i1<=i do begin
    zvet[i1][1]:=a[t];
    zvet[i1][2]:=a[t+1];
    zvet[i1][3]:=a[t+2];
    i1:=i1+1;
    t:=t+3;
  end;
end;

```

```

procedure TForm700.FormClick(Sender: TObject);
label mkl;
var center,center2:integer;
    i,e,e1,e3:integer;
begin
  { zvet[1]:=RGB(20,170,0);//çåěâíûé
    zvet[2]:=RGB(200,0,200);//ìàěèíâûé
    zvet[3]:=RGB(0,100,200);//ñèíèé
    zvet[4]:=RGB(255,255,255);//áâěûé
    zvet[5]:=RGB(200,200,0);//æåěòûé
    zvet[6]:=RGB(200,0,128);
    zvet[7]:=RGB(0,0,200);//
    zvet[8]:=RGB(0,200,128);
    zvet[9]:=RGB(200,0,0);//êðàñííûé
    zvet[10]:=RGB(125,200,128);
    zvet[11]:=RGB(20,170,0);
    zvet[12]:=RGB(200,0,200);

```

```

zvet[13]:=RGB(0,100,200);
zvet[14]:=RGB(200,200,255);
zvet[15]:=RGB(200,200,0);
zvet[16]:=RGB(200,0,128);
zvet[17]:=RGB(0,0,200);
zvet[18]:=RGB(0,200,128);
zvet[19]:=RGB(200,0,0);
zvet[20]:=RGB(125,200,128); }

```

```

center:=round(clientheight/(r*2));
center2:=round(clientwidth/s);
canvas.Pen.Style:=psDashDot;
Canvas.Pen.Color:=RGB(0,100,0);
if r>1 then begin
  for i:=1 to r-1 do begin
    canvas.MoveTo(1,2*i*center);
    canvas.LineTo(clientwidth,2*i*center);
  end;
end;
if s>1 then begin
  for i:=1 to s-1 do begin
    canvas.MoveTo(2*i*center2,1);
    canvas.LineTo(2*i*center2,clientheight);
  end;
end;
canvas.Pen.Style:=psSolid;
Canvas.Pen.Color:=RGB(255,255,255);
//îñü ð
for i:=1 to r do begin
  canvas.MoveTo(1,(i*2-1)*center);

```

```

    canvas.LineTo(kolvo[i]*kx[i],(i*2-1)*center);
end;
//îñü ó
// for i:=1 to s do begin
// end;
for e3:=1 to p do begin
for e1:=1 to s do begin
for e:=1 to r do begin
// Canvas.Pen.Color:=zvet[e+r*(e1-1)+r*s*(e3-1)];
Canvas.Pen.Color:=RGB(zvet[e+r*(e1-1)+r*s*(e3-1)][1],zvet[e+r*(e1-1)+r*s*(e3-1)][2],zvet[e+r*(e1-1)+r*s*(e3-1)][3]);
canvas.MoveTo(center2*(e1-1)+1,(e+e-1)*center-round(tochki[e+r*(e1-1)+r*s*(e3-1)][1]*ky[e+r*(e1-1)]));
for i:=2 to kolvo[e+r*(e1-1)]-1 do
begin
canvas.LineTo(center2*(e1-1)+1+i*kx[e+r*(e1-1)],(e+e-1)*center-round(tochki[e+r*(e1-1)+r*s*(e3-1)][i+1]*ky[e+r*(e1-1)]));
end;
end;
end;//for ü e1
end;//for ü e3

if shir1<>0 then begin
canvas.Pen.Style:=psDashDot;
Canvas.Pen.Color:=RGB(0,100,0);
i:=0;
mkl:
if (i*shir1)<clientwidth then begin
canvas.MoveTo(i*shir1,0);
canvas.LineTo(i*shir1,clientheight);

```

```
if (i*shir1+shir2)<clientwidth then begin
  canvas.MoveTo(i*shir1+shir2,0);
  canvas.LineTo(i*shir1+shir2,clientheight);
end;
i:=i+1;goto mkl;
end;
end;
end;
end.
```