

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Факультет инфокоммуникаций

Кафедра защиты информации

**О. В. Бойправ, Т. В. Борботько, В. В. Лобунов**

**СРЕДСТВА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ.  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано УМО по образованию в области  
информатики и радиоэлектроники в качестве пособия  
для специальности 1-98 01 02 «Защита информации в телекоммуникациях»*

Минск БГУИР 2018

УДК 004.056(076.5)  
ББК 32.973.26-018.2я73  
Б77

Рецензенты:

кафедра управления информационными ресурсами  
Академии управления  
при Президенте Республики Беларусь  
(протокол №14 от 21.06.2017);

заместитель начальника кафедры информационно-вычислительных систем  
учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь»  
кандидат технических наук, доцент А. В. Шарамет

**Бойправ, О. В.**

Б77 Средства инженерно-технической защиты объектов информатизации.  
Лабораторный практикум : пособие / О. В. Бойправ, Т. В. Борботько,  
В. В. Лобунов. – Минск : БГУИР, 2018. – 104 с. : ил.  
ISBN 978-985-543-402-4.

Практикум состоит из двенадцати лабораторных работ, каждая из которых содержит краткие теоретические сведения, описание хода выполнения лабораторного задания, требования к оформлению отчета и вопросы для самоконтроля, ответы на которые оцениваются программной экспертной системой. При выполнении работ реализована возможность автоматизации контроля знаний студентов.

Предназначено для студентов, изучающих учебную дисциплину «Защита объектов связи от несанкционированного доступа».

УДК 004.056(076.5)  
ББК 32.973.26-018.2я73

ISBN 978-985-543-402-4

© Бойправ О. В., Борботько Т. В.,  
Лобунов В. В., 2018  
© УО «Белорусский государственный  
университет информатики  
и радиоэлектроники», 2018

Библиотека БГУИР

## СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ .....	5
1.1. Теоретическая часть.....	5
1.2. Лабораторное задание .....	15
1.3. Содержание отчета.....	16
1.4. Контрольные вопросы .....	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПАССИВНЫХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ .....	17
2.1. Теоретическая часть.....	17
2.2. Лабораторное задание .....	25
2.3. Содержание отчета.....	26
2.4. Контрольные вопросы .....	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ .....	27
3.1. Теоретическая часть.....	27
3.2. Лабораторное задание .....	38
3.3. Содержание отчета.....	39
3.4. Контрольные вопросы .....	39
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ПАССИВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО АКУСТИЧЕСКИМ КАНАЛАМ .....	40
4.1. Теоретическая часть.....	40
4.2. Лабораторное задание .....	46
4.3. Содержание отчета.....	47
4.4. Контрольные вопросы .....	47
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСЕПТРОНА (ОДНОСЛОЙНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ) В СИСТЕМАХ АУТЕНТИФИКАЦИИ.....	48
5.1. Теоретическая часть.....	48
5.2. Лабораторное задание .....	50
5.3. Содержание отчета.....	51
5.4. Контрольные вопросы .....	51
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ .....	52
6.1. Теоретическая часть.....	52
6.2. Лабораторное задание .....	57
6.3. Содержание отчета.....	59
6.4. Контрольные вопросы .....	59
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7. ОБНАРУЖЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ СКАНИРУЮЩЕГО ПРИЕМНИКА .....	60
7.1. Теоретическая часть.....	60

7.2. Лабораторное задание .....	62
7.3. Содержание отчета.....	62
7.4. Контрольные вопросы .....	62
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ОТ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ ЗА СЧЕТ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ.....</b>	<b>63</b>
8.1. Теоретическая часть.....	63
8.2. Лабораторное задание .....	68
8.3. Содержание отчета.....	69
8.4. Контрольные вопросы .....	69
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9. АЛГОРИТМЫ И УСЛОВИЯ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ .....</b>	<b>70</b>
9.1. Теоретическая часть.....	70
9.2. Лабораторное задание .....	72
9.3. Содержание отчета.....	73
9.4. Контрольные вопросы .....	73
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ХАРАКТЕРИСТИК И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ВИДЕОКАМЕР.....</b>	<b>74</b>
10.1. Теоретическая часть .....	74
10.2. Лабораторное задание.....	80
10.3. Содержание отчета .....	81
10.4. Контрольные вопросы .....	81
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ И МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ФОТОН».....</b>	<b>82</b>
11.1. Теоретическая часть .....	82
11.2. Лабораторное задание.....	91
11.3. Содержание отчета .....	92
11.4. Контрольные вопросы .....	92
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ВИДЕОМОНИТОРА .....</b>	<b>93</b>
12.1. Теоретическая часть .....	93
12.2. Лабораторное задание.....	102
12.3. Содержание отчета .....	102
12.4. Контрольные вопросы .....	102
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>103</b>

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

## ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ

**Цель:** изучить особенности функционирования оптических активных средств обнаружения.

### 1.1. Теоретическая часть

Техническое средство охраны – вид техники, предназначенный для использования силами охраны с целью повышения эффективности обнаружения нарушителя и обеспечения контроля доступа на объект охраны.

Средство обнаружения (СО) – конструктивно завершённое устройство, реализующее рецепторную функцию (получение информации о состоянии внешней среды в зоне обнаружения), а также функции обработки и распознавания первичной информации.

Функция обработки первичной информации заключается в выделении характерных для нарушителя признаков сигналов, изменяющих состояние внешней среды. Распознавание первичной информации представляет собой проверку соответствия выделенных сигналов заданным критериям и принятие решения о характере сигналов. СО не имеет самостоятельного применения, т. к. не реализует функцию отображения информации, но при этом СО является важной и неотъемлемой составной частью комплекса технических средств охранной сигнализации. В отдельных случаях СО может применяться для выдачи управляющих сигналов и команд на различные устройства (видеокамеры, средства тревожного оповещения).

Оптические СО получили широкое распространение и являются одними из основных средств сигнализации для защиты объемов помещений, проходов, коридоров, периметров. Одним из основных элементов СО является извещатель.

Извещатель активный оптико-электронный инфракрасный (ИК) – охранный извещатель, формирующий извещение о проникновении (попытке проникновения) при нормированном изменении отраженного потока (однопозиционный извещатель) или прекращении (изменении) принимаемого потока (двухпозиционный извещатель) энергии инфракрасного излучения извещателя.

Датчик – составная конструктивно законченная часть извещателя, включающая в себя активный и (или) чувствительный элемент, реагирующий на определенное физическое воздействие.

Зона обнаружения извещателя – часть пространства охраняемого объекта, при обнаружении признаков нарушения в которой (превышение контролируемым параметром порогового значения) извещатель выдает извещение о проникновении (попытке проникновения).

Дальность действия охранного извещателя – расстояние от извещателя до границы зоны обнаружения.

Граница зоны обнаружения извещателя – условная линия, соединяющая точки, расположенные на наибольших радиальных расстояниях во всех направлениях, на которых охранный извещатель выдает извещение о тревоге при обнаружении нарушителя, перемещающегося к извещателю.

Дальность действия охранного извещателя максимальная – предельная способность извещателя реагировать на регламентированное воздействие (сохранять функции на максимальном расстоянии).

Активные ИКСО чаще применяются для охраны протяженных рубежей и периметров объекта (рис. 1.1–1.3).



Рис. 1.1. Внешний вид активного оптоэлектронного инфракрасного извещателя СПЭК-8



Рис. 1.2. Внешний вид активного оптоэлектронного инфракрасного извещателя ИКС-1



Рис. 1.3. Внешний вид активного оптоэлектронного инфракрасного извещателя Garden

**Принцип функционирования активных ИКСО.** Разработка отечественных активных ИКСО ведется с начала 60-х гг. В первых разработках в качестве источников излучения использовались лампы накаливания. Модуляция излучения в этих изделиях осуществлялась с помощью механических модуляторов. Такие ИКСО имели низкую эффективность, большие габаритные размеры и значительные токи потребления. Принцип действия активных ИКСО можно пояснить, воспользовавшись обобщенной структурной схемой (рис. 1.4).

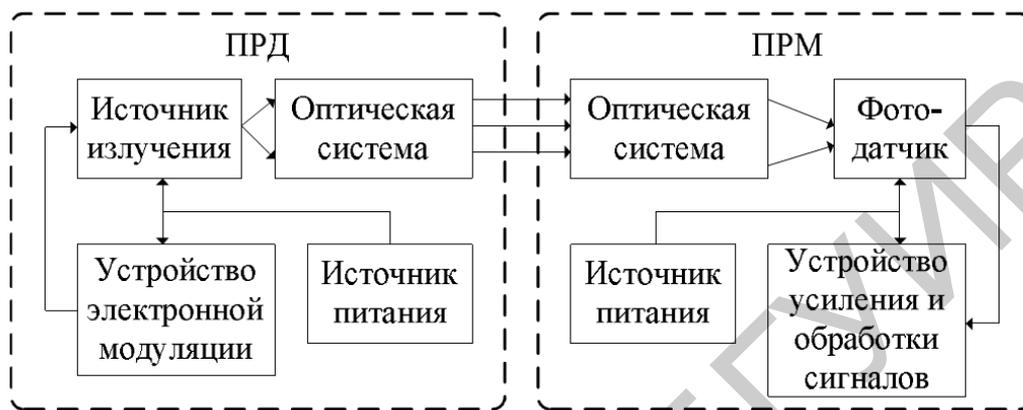


Рис. 1.4. Обобщенная структурная схема активных ИКСО

Оптическая система источника излучения (сокращенно передатчика – ПРД) создает узконаправленный луч ИК-излучения. В качестве источника ИК-излучения используются полупроводниковые излучающие диоды с рабочей длиной волны 0,94 мкм, которые располагаются в фокусе оптической системы.

Для обеспечения необходимого значения тока через диод и снижения тока потребления ПРД питание диода осуществляется импульсным промодулированным напряжением, которое вырабатывается в устройстве электронной модуляции. Угол расхождения луча  $2\beta$  (рис. 1.5), как правило, составляет  $1,5...2^\circ$ , что позволяет получить необходимую мощность излучения ПРД для блокирования рубежа протяженностью 200...250 м с учетом воздействия метеорологических факторов (туман, дождь, снегопад).

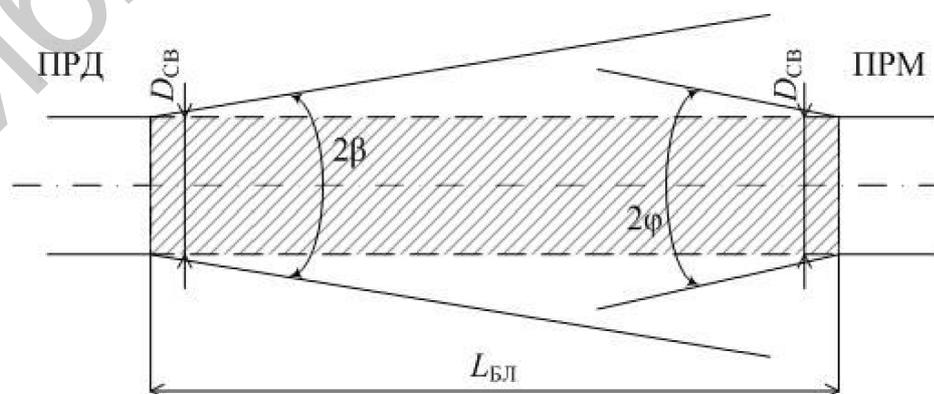


Рис. 1.5. Ход лучей при блокировании рубежа активным двухпозиционным ИКСО

Луч (поток ИК-излучения) ПРД направлен на оптическую систему приемника (ПРМ), угол поля зрения  $2\varphi$  которого составляет обычно  $2...30^\circ$ . Небольшой угол поля зрения ПРМ позволяет уменьшить влияние побочных фоновых засветок фотоприемника. Однако в ПРМ попадает поток ИК-излучения, охватываемый только световым диаметром ДСВ оптической системы. Поэтому чувствительная зона активного двухпозиционного ИКСО представляет собой луч диаметром постоянного сечения по всей длине блокируемого участка  $L_{БЛ}$ .

ИК-излучение фокусируется оптической системой ПРМ на чувствительную площадку фотоприемников (фотодиодов). Получаемые с них импульсы фототока усиливаются и поступают на устройства обработки для формирования сигналов тревоги.

В зависимости от количества лучей и их расположения (горизонтальное или вертикальное) ИКСО могут выполнять различные тактические задачи. Горизонтальное расположение двух лучей позволяет за счет временной обработки сигналов определять направление движения нарушителя. Вертикальное расположение лучей в активных ИКСО повышает надежность блокирования рубежей и периметров по сравнению с однолучевыми СО.

Более подробно принцип действия активных ИКСО рассмотрим по структурным схемам ПРД и ПРМ (рис. 1.6, 1.7) двухканального ИКСО, позволяющего определять направление движения нарушителя. Эти схемы являются наиболее характерными для построения активных ИКСО.



Рис. 1.6. Структурная схема ПРД активного ИКСО



Рис. 1.7. Структурная схема ПРМ активного ИКСО

ПРД имеет два идентичных канала (два луча). Каждый луч формируется импульсным излучением диодов VD1 и VD2 (2-й канал построен по той же схеме). Схема излучения каждого канала запускается цепью синхронизации от переменного напряжения с частотой питающей сети, которое подается на входной трансформатор.

Выпрямленные полуволны напряжения, снимаемые со включенных противофазно вторичных обмоток входного трансформатора, формируются в прямоугольные импульсы и поступают в усилители мощности, нагрузкой которых являются выходные трансформаторы. Такое включение вторичных обмоток входного трансформатора обеспечивает подачу на входы формирователей прямоугольных импульсов напряжения от разных полупериодов, чем достигается поочередная работа каналов.

Со вторичных обмоток выходных трансформаторов снимаются импульсы тока, осуществляющие модуляцию излучения диодов VD1 и VD2. Падающий на оптическую систему ПРМ поток излучения фокусируется на чувствительную площадку фотодиода и преобразуется им в фототок. Импульсы фототока образуют на входном сопротивлении усилителя импульсное напряжение, которое усиливается по мощности.

Так как ИКСО рассчитано на работу в различных метеоусловиях, то амплитуда импульсов может колебаться в широких пределах. Для поддержания амплитуды в определенных пределах (не менее 35 дБ) предусмотрена автоматическая регулировка усиления (АРУ).

Схема совпадения пропускает только импульсы «своего» канала от соответствующей полуволны напряжения синхронизации с учетом того, что угол расхождения луча позволяет облучать одновременно обе оптические системы ПРМ.

Порог усилителя АРУ выбран из расчета преобладания сигнала над уровнем шума в 5...6 раз при наихудших метеоусловиях и в 15...25 раз – при хороших метеоусловиях.

В зависимости от последовательности пересечения лучей на выходах схем согласования (двойной инвертор с разнополярными уровнями напряжений) поочередно для каждого канала изменяются уровни напряжений, которые поступают на схему логической обработки. Соответствующие сигналы («От нас», «К нам», «Тревога») выдаются за счет срабатывания одного из реле ключевой схемы.

Генератор синхронизации синхронизирует работу датчика, выдавая на ПРД, а также на схемы совпадения и логической обработки ПРМ, синусоидальные напряжения соответствующих амплитуд и фаз при отсутствии сети 220 В. В ИКСО с вертикальным расположением лучей цепь синхронизации работы каналов отсутствует. Различение «своего» канала обеспечивается взаимным расположением передающего и приемного устройств (рис. 1.8). В таких ИКСО схема обработки сигналов более простая, чем в активных ИКСО с горизонтальным расположением лучей (за счет отсутствия схем совпадения, согласования и логической обработки сигналов).

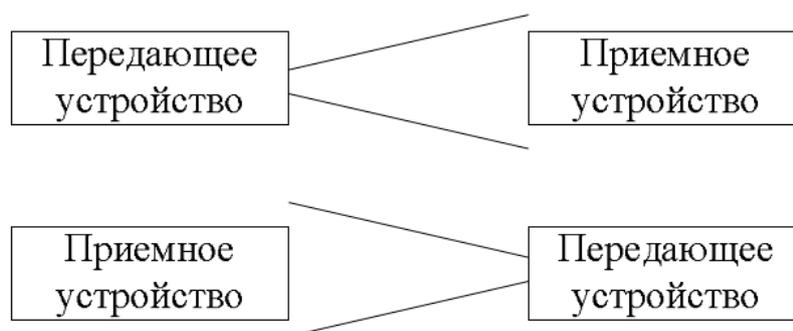


Рис. 1.8. Ход лучей в ИКСО с вертикальным расположением лучей

**Особенности применения.** Отличительная особенность инфракрасных активных систем – возможность создания очень узкой зоны обнаружения. На практике сечение чувствительной зоны определяется размером используемых в оптических блоках линз. Это особенно важно для объектов, вокруг которых невозможно создать зону отчуждения. Однако данные системы могут применяться только на прямолинейных участках периметров или оград.

Одним из факторов, ограничивающих возможность применения ИКСО, является туман с метеорологической дальностью видимости менее 200...250 м, при котором происходит выдача ложных сигналов тревоги или потеря работоспособности. Надежность в таких случаях обеспечивают за счет многократного превышения энергии луча над минимальным пороговым значением, необходимым для срабатывания датчика.

Источником помех может быть также прямая засветка приемника солнечными лучами. Чаще всего это случается на закате или рассвете, когда солнце стоит низко над горизонтом. Большинство современных отечественных и зарубежных лучевых датчиков имеют специальные средства фильтрации фонового излучения. Однако для обеспечения высокой помехозащищенности от засветки очень важно правильно юстировать датчик при его настройке и выполнять все рекомендации изготовителя по монтажу.

Кроме того, ИК-системы могут срабатывать при попадании в луч птиц, листьев и веток деревьев и т. п. Для повышения устойчивости и надежности инфракрасных активных систем обнаружения их делают многолучевыми (обычно используют два или четыре независимых луча), а также применяют схемы автоматической обработки сигналов, минимизирующие влияние внешней среды.

Специальные меры принимают для сохранения работоспособности датчиков в зимних условиях при возможности обмерзания или налипания снега на оптические поверхности извещателей. Достаточно надежными методами борьбы с указанными явлениями служат специальные козырьки на оптических фильтрах и внутренние обогреватели оптико-электронных извещателей.

**Конструкция макета активного оптического средства обнаружения.**

В макет входят следующие блоки:

- передатчик;

- приемник;
- акустической и световой сигнализации;
- питания.

Приемник расположен на общем корпусе неподвижно, передатчик закреплен на подвижной основе, что позволяет изменять угол между приемником и передатчиком. Угол измеряется с помощью транспортира, установленного на основе. Также имеется набор сменных бленд и светофильтров. Есть возможность регистрировать эпюры напряжения с помощью осциллографа с выходов передатчика и приемника. Внешний вид стенда приведен на рис. 1.9. Технические характеристики передатчика и приемника инфракрасного излучения приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Технические характеристики передатчика и приемника

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания передатчика, В	12 (7...13)
Напряжение питания приемника, В	12 (9...13)
Ток потребления передатчика не более, мА	30
Ток потребления приемника не более, мА	60
Коммутируемый ток реле фотоприемника, А	10
Максимальная удаленность между передатчиком и приемником, м	18
Размеры печатной платы передатчика, мм	32 × 25
Размеры печатной платы приемника, мм	32 × 25

Для нормальной работы передатчик должен формировать импульсы излучения в соответствии с диаграммой, изображенной на рис. 1.10. При изменении напряжения питания, температуры и других влияющих факторов частота импульсов не должна изменяться более чем на 5 %. В качестве генератора импульсов, удовлетворяющего таким требованиям, в передатчике использован двоярный интегральный таймер DA1 типа NE556 (рис. 1.11).

На одной его половине собран генератор с частотой 36 кГц, эта частота задается элементами С6, R6, R7. На второй половине собран генератор огибающей, который управляет первым таймером. Его частота и скважность задаются элементами С1, R1, R3, VD1. Микросхема имеет выход, обеспечивающий в нагрузке ток в 200 мА, поэтому излучающий диод подключен непосредственно.

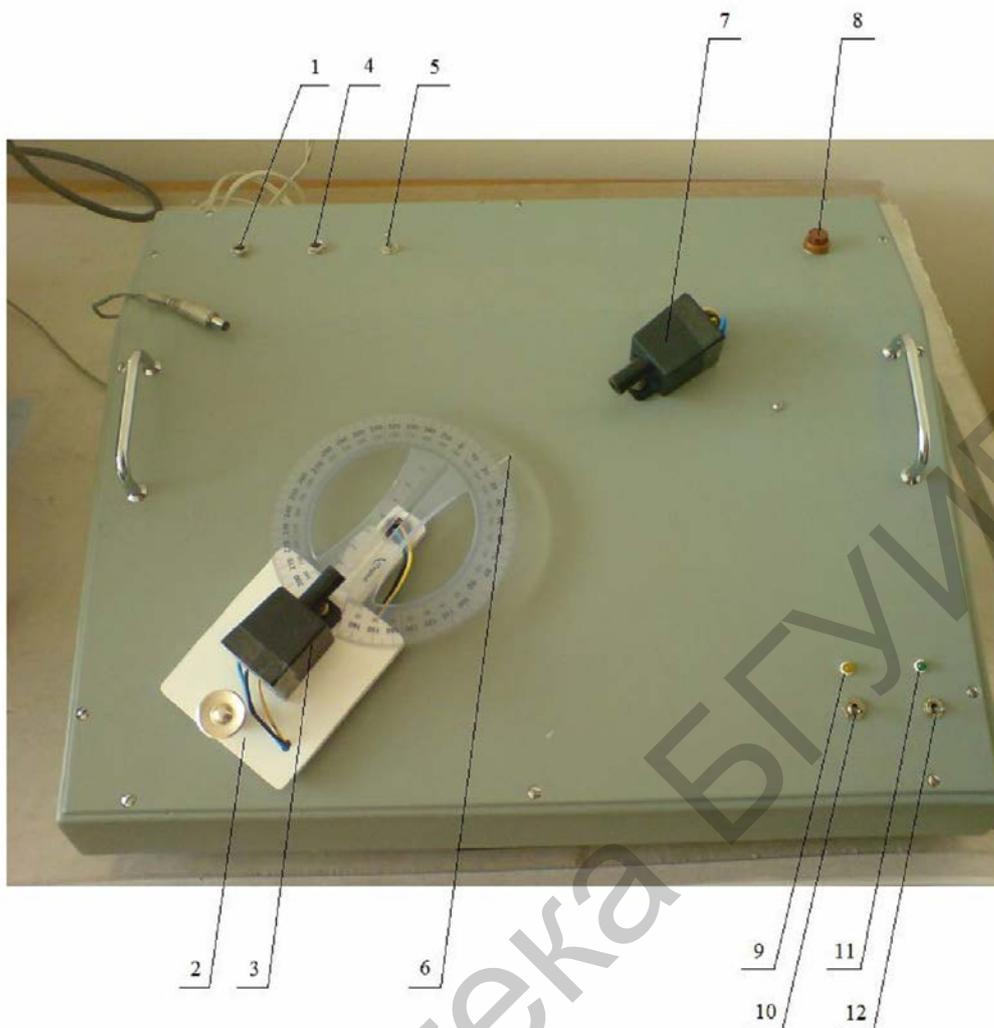


Рис. 1.9. Внешний вид макета:

- 1 – разъем для подключения осциллографа к выходу передатчика;  
 2 – поворотная платформа с транспортиром для измерения угла отклонения передатчика от нормали; 3 – передатчик; 4 – разъем для подключения осциллографа к выходу приемника; 5 – переключатель ТОЧКА (положение «1» – подключение осциллографа ко входу пикового детектора приемника, положение «2» – к выходу пикового детектора приемника); 6 – «нормаль»;  
 7 – приемник; 8 – плавкий предохранитель; 9 – световой индикатор включения звуковой сигнализации (желтый); 10 – включатель ЗВУК; 11 – световой индикатор включения питания (зеленый)

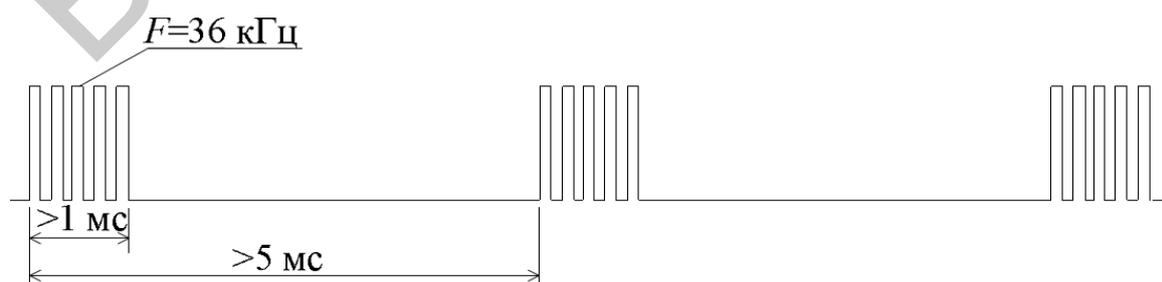


Рис. 1.10. Временная диаграмма последовательности импульсов на выходе микросхемы DA1

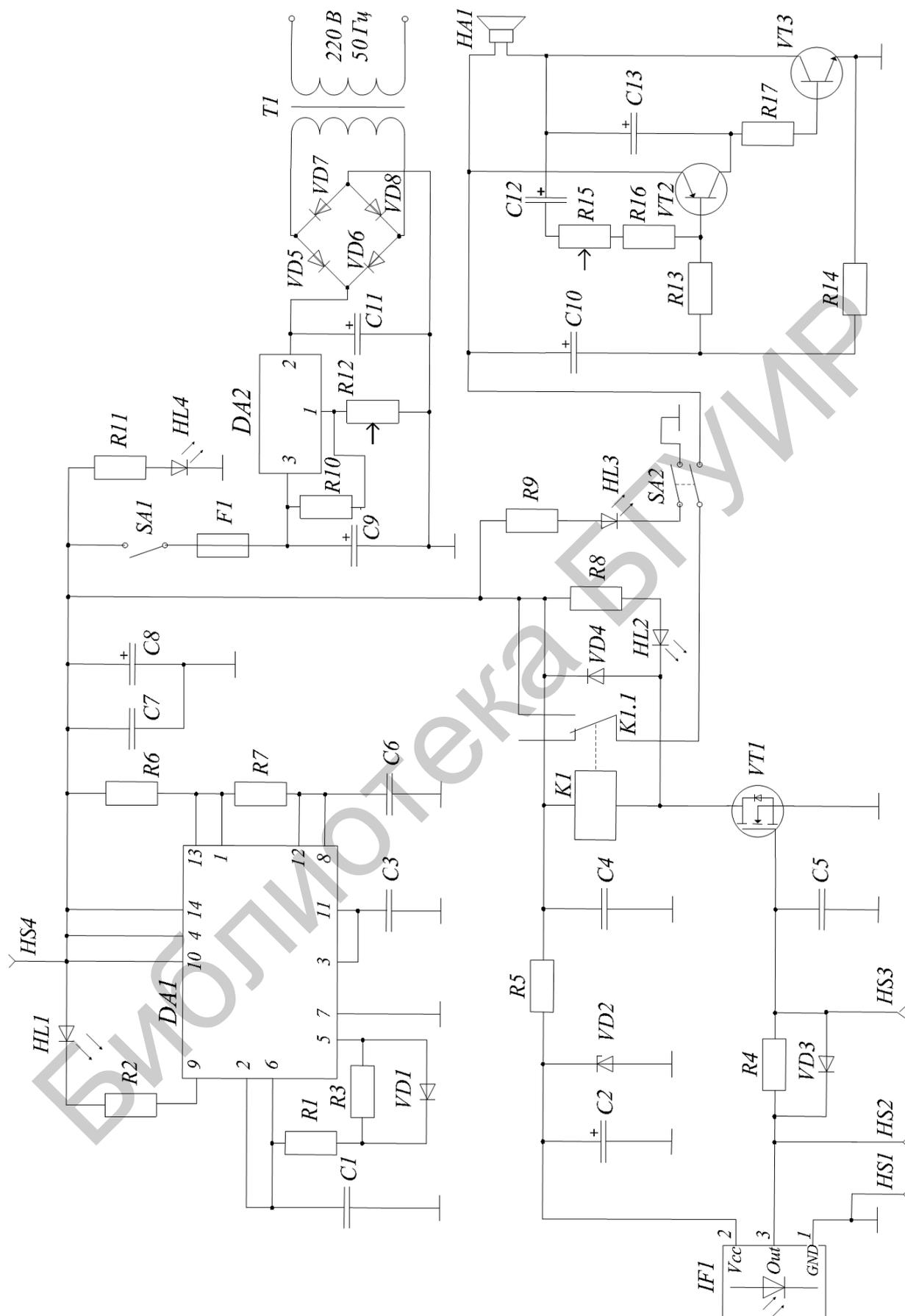


Рис. 1.11. Электрическая принципиальная схема макета

В приемнике элементы R5, C2, VD2 служат для формирования питающего напряжения в 5 В для датчика фотоприемника IF1. При наличии входного оптического сигнала на выводе 3 фотоприемника присутствует последовательность коротких отрицательных импульсов. Эта последовательность непосредственно непригодна для управления реле. Поэтому она поступает через пиковый детектор, состоящий из элементов R4, VD3, C5 на вход усилителя на полевом транзисторе VT1. Этот транзистор может коммутировать ток до 0,5 А, что вполне достаточно для управления реле. В приемнике установлен светодиод HL2 (красного свечения), который загорается одновременно со срабатыванием реле. Диапазон рабочих напряжений и максимальный ток потребления приемника в целом определяются параметрами реле. Для управления нагрузкой предназначена перекидная группа контактов реле.

Основной режим работы устройства – работа «на просвет». Он свойственен двухпозиционным ИКСО с разнесенными передатчиком и приемником. В этом случае реле в приемнике срабатывает при пересечении непрозрачным предметом инфракрасного луча. При использовании такого режима СО имеет некоторые особенности применения.

Вследствие того что приемник имеет высокую чувствительность, при использовании СО в ситуациях, когда рядом присутствуют значительные отражающие поверхности (стены), могут иметь место сбои в работе. Для исключения данных проблем на приемник и передатчик устанавливаются бленды – непрозрачные трубки из пластмассы, которые сужают поле зрения приборов. На рис. 1.12 схематически показан режим работы «на просвет».

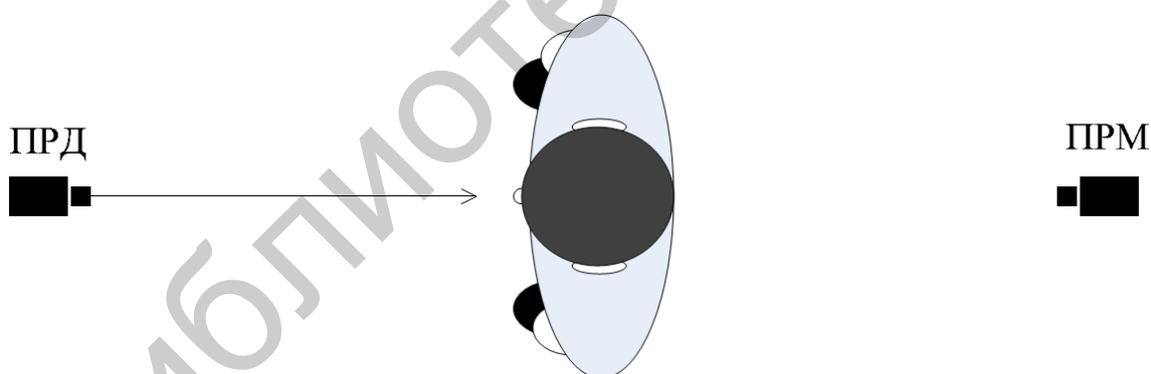


Рис. 1.12. Схема функционирования СО при работе «на просвет»

Высокая чувствительность приемника также позволяет использовать СО в режиме работы «на отражение», в котором работают однопозиционные активные ИКСО. Для реализации данного режима требуется обеспечить соответствующие размеры зоны отчуждения. В этом случае приемник и передатчик ставятся рядом и направляются в сторону охраняемой зоны.

Во избежание засветки между передатчиком и приемником устанавливается оптически непроницаемая перегородка. При появлении в охраняемой зоне отражающего объекта приемник включит реле исполнительного механизма. Дальность действия в таком режиме сильно зависит от величины отражаю-

щего объекта, но в любом случае будет меньше, чем при использовании предыдущего режима. На рис. 1.13 показан режим работы устройства «на отражение». При использовании приемника и передатчика с малым расстоянием между ними рекомендуется кроме бленд устанавливать на приемнике нейтральный поглощающий светофильтр, что позволит снизить вероятность сбоев.

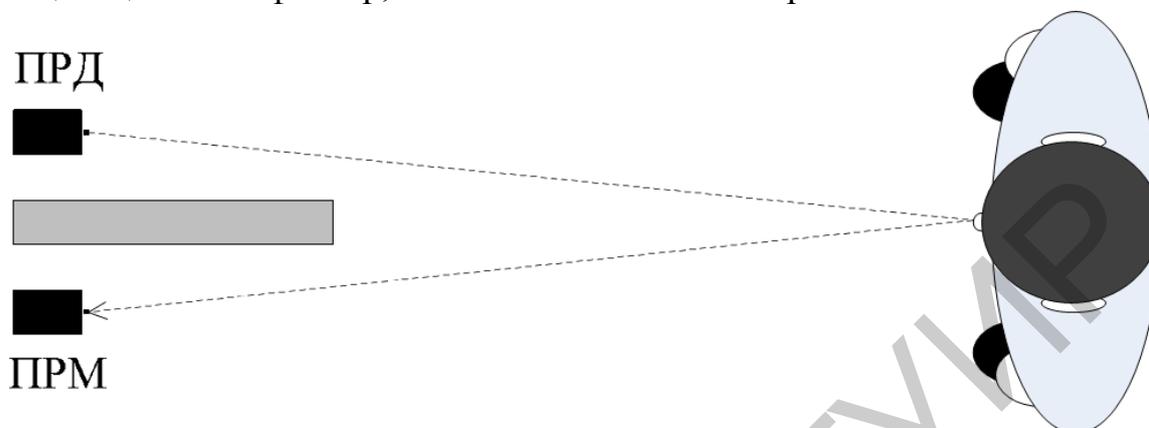


Рис. 1.13. Схема функционирования СО при работе «на отражение»

Блок питания собран на микросхеме DA2, которая обеспечивает электропитанием макет. Кроме того, в состав блока питания входит понижающий трансформатор T1 и выпрямитель на диодах VD5...VD8. Резисторы R10, R12 определяют значение напряжения на выходе DA2. Элементы C9 и C11 служат для фильтрации питающего напряжения. При наличии напряжения на выходе блока питания загорается светодиод HL4 (зеленого свечения). Ограничение тока, протекающего через этот светодиод, обеспечивает резистор R11. Отключение аппаратуры от электросети при коротком замыкании, выполняет предохранитель F1.

Блок акустической и световой сигнализации выполнен на транзисторах VT2 и VT3 и светодиоде HL3 (желтого свечения). Нагрузкой транзисторов служит динамическая головка HA1.

## 1.2. Лабораторное задание

1. Включить макет в сеть электропитания (выполняется преподавателем). Перевести переключатель СЕТЬ в верхнее положение, при этом загорится зеленый световой индикатор.

2. Включить блок акустической и световой сигнализации переключателем ЗВУК (переключатель перевести в верхнее положение), при этом загорится желтый световой индикатор.

3. При помощи осциллографа снять осциллограмму на выходе передатчика (измерить амплитуду и длительность сигнала). Для этого необходимо подключить осциллограф к гнезду ПРД макета. Результаты (временную диаграмму с указанием ее параметров) отобразить в отчете.

4. Подключить осциллограф к гнезду ПРМ макета. Перевести переключатель ТОЧКА в положение «1». Снять осциллограмму (измерить амплитуду и

длительность сигнала) при угле отклонения передатчика от нормали  $0^\circ$ . Перевести переключатель ТОЧКА в положение «2». Снять осциллограмму (измерить амплитуду и длительность сигнала) при угле отклонения передатчика от нормали  $0^\circ$ .

5. Медленно перемещая платформу, на которой размещен передатчик, против часовой стрелки, определить угол отклонения передатчика от нормали, при котором раздается звуковой сигнал и загорается красный световой индикатор на приемнике (режим тревоги). Определить угол отклонения передатчика от нормали с помощью транспортира. Снять осциллограмму при нахождении переключателя ТОЧКА в положении «1» и «2» (измерить амплитуду и длительность сигнала).

6. Выполнить пп. 5 и 6 лабораторного задания для имеющихся бленд и светофильтров, которые необходимо устанавливать на передатчик.

7. Перевести переключатель СЕТЬ в нижнее положение.

### **1.3. Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Осциллограммы сигналов, выполненные в масштабе.
3. Вывод по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы.

### **1.4. Контрольные вопросы**

1. Чем обусловлен выбор длины волны источника излучения активных ИКСО?
2. Как влияют метеорологические факторы на функционирование активных ИКСО?
3. Почему источники излучения активных ИКСО работают в импульсном режиме?
4. Как достигается высокая помехозащищенность активных ИКСО?
5. Каким образом в активных ИКСО достигается низкая частота ложных тревог?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПАССИВНЫХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ

**Цель:** изучить особенности функционирования оптических пассивных средств обнаружения, получить практические навыки их настройки и определения минимальной и максимальной дальности обнаружения.

#### 2.1. Теоретическая часть

Извещатель пассивный оптико-электронный инфракрасный – охранный оптико-электронный извещатель, формирующий извещение о проникновении (попытке проникновения) при нормированном изменении теплового излучения, вызванного появлением нарушителя или пожара в его зоне обнаружения.

Современные пассивные ИКСО (рис. 2.1) характеризуются большим разнообразием возможных форм диаграмм направленности. Зона чувствительности ИКСО представляет собой набор лучей различной конфигурации, расходящихся от СО по радиальным направлениям в одной или нескольких плоскостях. В связи с тем что в ИКСО используются двойные пироприемники, каждый луч в горизонтальной плоскости расщепляется на два.



Рис. 2.1. Внешний вид пассивного ИК-извещателя Patrol 201 PЕТ

Пироприемник ИК-излучения (рис. 2.2) – прибор, измеряющий тепловое излучение (тепловой поток) в ваттах на квадратный метр ( $Вт/м^2$ ). Однако для повышения вероятности правильного определения факта нарушения охраняемой зоны с помощью ИКСО измеряются дифференциальные величины – разности показателей пироприемников, применяемых в ИКСО.



Рис. 2.2. Внешний вид пироприемника

На рис. 2.3 представлены графические модели различных вариантов зон чувствительности ИКСО:

- одного или нескольких узких лучей, сосредоточенных в малом углу;
- нескольких узких лучей в вертикальной плоскости (лучевой барьер);
- одного широкого в вертикальной плоскости луча (сплошной занавес) или в виде многовеерного занавеса;
- нескольких узких лучей в горизонтальной или наклонной плоскости (поверхностная одноярусная зона);
- нескольких узких лучей в нескольких наклонных плоскостях (объемная многоярусная зона).

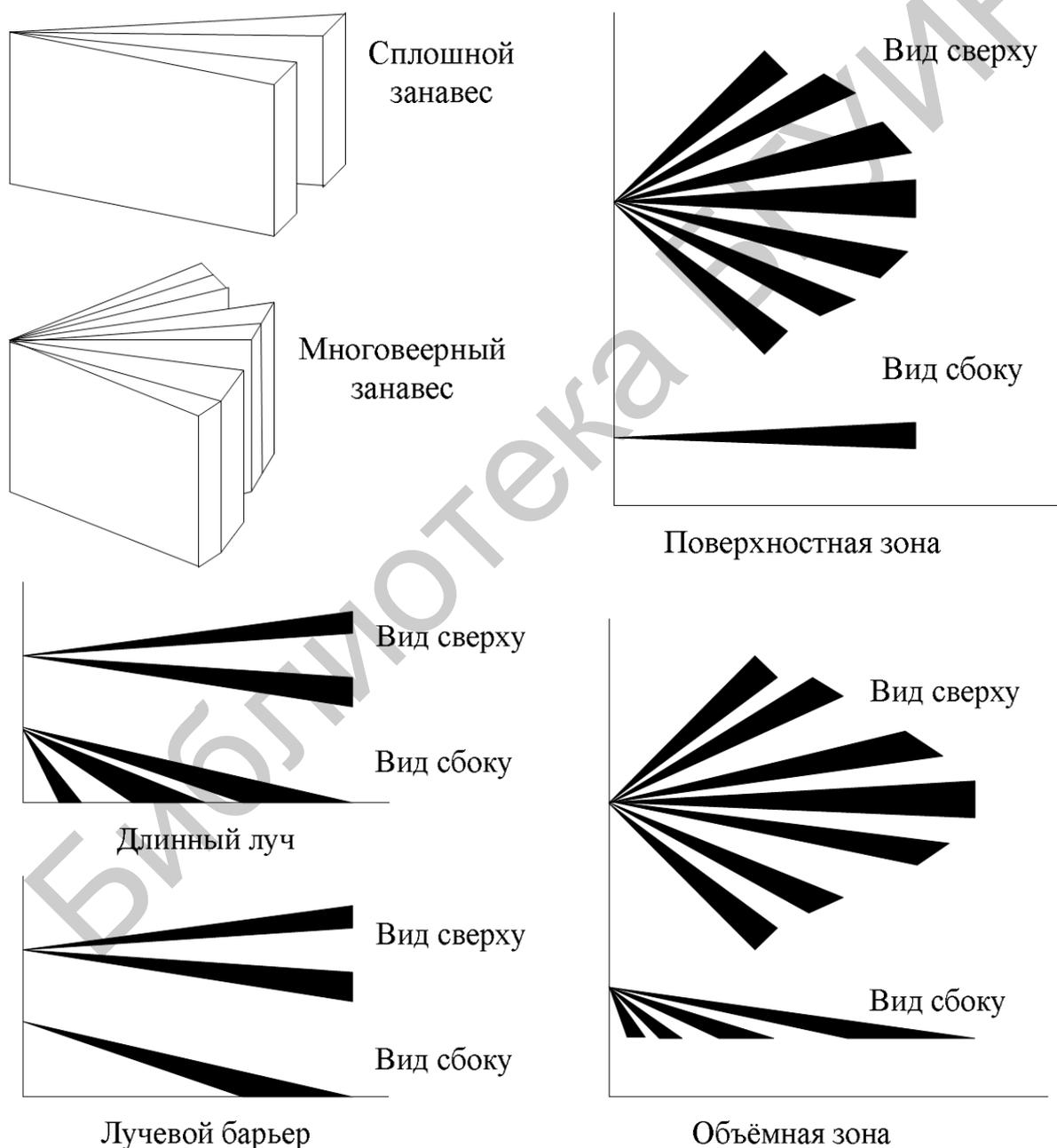


Рис. 2.3. Варианты зон чувствительности СО

При этом можно изменять протяженность зоны чувствительности от 1 до 50 м, угол обзора – от 3 до 180° (для потолочных ИКСО – до 360°), угол наклона каждого луча – от 0 до 90°, число лучей может составлять от одного до нескольких десятков. Многообразие и сложная конфигурация форм зоны чувствительности обусловлены в первую очередь следующими факторами:

- стремлением разработчиков обеспечить универсальность при оборудовании различных по конфигурации помещений – небольшие комнаты, длинные коридоры; формирование зоны чувствительности специальной формы, например, с зоной нечувствительности (аллеей) для домашних животных вблизи пола и т. п.;

- необходимостью обеспечения равномерной по охраняемому объему чувствительности.

В оптических СО сигнал на выходе пироприемника при прочих равных условиях тем больше, чем больше степень перекрытия нарушителем зоны чувствительности детектора и чем меньше ширина луча и расстояние до СО. Для обнаружения нарушителя на большом (10...20 м) расстоянии желательно, чтобы в вертикальной плоскости ширина луча не превышала 5...10° – в этом случае человек практически полностью перекрывает луч, что обеспечивает максимальную чувствительность. На меньших расстояниях чувствительность детектора в этом луче существенно возрастает, что может привести к ложным срабатываниям, например, при движении мелких животных.

Для уменьшения неравномерности чувствительности используются оптические системы, формирующие несколько наклонных лучей. ИКСО при этом устанавливаются на высоте выше человеческого роста. Общая длина зоны чувствительности тем самым разделяется на несколько зон, причем «ближние» к детектору лучи для снижения чувствительности делаются обычно более широкими. За счет этого обеспечивается практически постоянная чувствительность по расстоянию, что, с одной стороны, способствует уменьшению ложных срабатываний, а с другой стороны, повышает вероятность обнаружения за счет устранения «мертвых зон» вблизи СО.

При построении оптических систем ИКСО могут использоваться:

- линзы Френеля – фасеточные (сегментированные) линзы, представляющие собой пластиковую пластину с отштампованными на ней несколькими призматическими линзами-сегментами;

- зеркальная оптика – в СО устанавливаются несколько зеркал специальной формы, фокусирующих тепловое излучение на пироприемник;

- комбинированная оптика, использующая и зеркала, и линзы Френеля.

В большинстве ИКСО используются линзы Френеля. К их достоинствам относятся:

- простота конструкции СО на их основе;
- низкая стоимость;
- возможность использования одного СО в различных приложениях при использовании сменных линз.

Обычно каждый сегмент линзы Френеля формирует свой луч диаграммы направленности (рис. 2.4). Использование современных технологий изготовления линз позволяет обеспечить практически постоянную чувствительность СО по всем лучам за счет подбора и оптимизации параметров каждой линзы-сегмента: площади сегмента, угла наклона и расстояния до пироприемника, прозрачности, отражающей способности, степени дефокусировки.

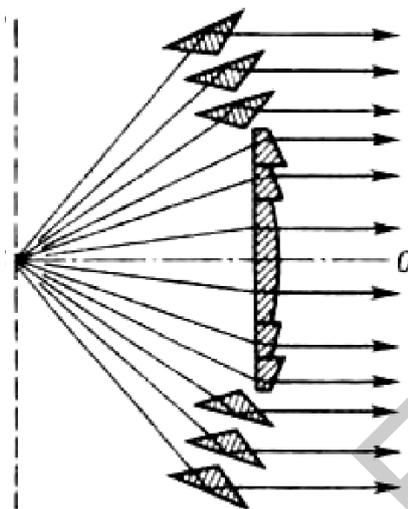


Рис. 2.4. Принцип действия линзы Френеля

В последнее время освоена технология изготовления линз Френеля со сложной точной геометрией, что дает 30%-е увеличение собираемой энергии по сравнению со стандартными линзами и, соответственно, увеличение уровня полезного сигнала от человека на больших расстояниях. Материал, из которого изготавливаются современные линзы, обеспечивает защиту пироприемника от белого света. К неудовлетворительной работе ИКСО могут привести такие эффекты, как тепловые потоки, являющиеся результатом нагревания электрических компонентов СО, попадания насекомых на чувствительные пироприемники, возможные переотражения инфракрасного излучения от внутренних частей СО. Для устранения этих эффектов в ИКСО последнего поколения применяется специальная герметичная камера между линзой и пироприемником (герметичная оптика). Современные высокотехнологичные линзы Френеля по своим оптическим характеристикам практически не уступают зеркальной оптике.

Зеркальная оптика как единственный элемент оптической системы применяется достаточно редко. Преимуществами зеркальной оптики являются возможность более точной фокусировки и, как следствие, увеличение чувствительности, что позволяет обнаруживать нарушителя на больших расстояниях. Использование нескольких зеркал специальной формы, в том числе многосегментных, позволяет обеспечить практически постоянную чувствительность по всей длине зоны обнаружения, причем эта чувствительность на удаленных участках зоны обнаружения приблизительно на 60 % выше, чем при использовании простых линз Френеля. С помощью зеркальной оптики проще обеспечи-

вается защита ближней зоны, расположенной непосредственно под местом установки ИКСО (так называемая антисаботажная зона). По аналогии со сменными линзами Френеля ИКСО с зеркальной оптикой комплектуются сменными отстегивающимися зеркальными масками, применение которых позволяет выбирать требуемую форму зоны чувствительности и дает возможность адаптировать СО к различным конфигурациям защищаемого помещения.

В современных высококачественных ИКСО используется комбинация линз Френеля и зеркальной оптики. При этом линзы Френеля используются для формирования зоны обнаружения на средних расстояниях, а зеркальная оптика – для формирования антисаботажной зоны под датчиком и для обеспечения большой дальности обнаружения.

**Температурный контраст.** Амплитуда сигнала на выходе пассивного оптического СО определяется температурным контрастом между телом (или одеждой) человека и фоном, на который направлен луч. Так как температура фона меняется вслед за изменением температуры в помещении, то и сигнал, пропорциональный их разности, также меняется.

В точке, где температура человека и фона совпадают, значение выходного сигнала равно нулю. В области более высоких температур сигнал меняет знак. Температура фона в помещении (стены, пол, мебель) отражает состояние воздуха вне помещения с некоторым запаздыванием, обусловленным тепловой инерцией конструктивных материалов здания (в случае отсутствия внутренних источников тепла).

Температурный контраст зависит также от температуры внешней поверхности человека, т. е. в основном от его одежды. Причем здесь оказывается существенным следующее обстоятельство. Если человек входит в помещение, где установлено ИКСО, извне, например с улицы, где температура может существенно отличаться от температуры в помещении, то в первый момент тепловой контраст может быть значительным. Затем по мере «адаптации» температуры одежды к температуре помещения, сигнал уменьшается. Но даже после продолжительного пребывания в помещении величина сигнала зависит от вида одежды. На рис. 2.5 приведены экспериментальные зависимости температурного контраста человека от температуры окружающей среды. Штриховой линией показана экстраполяция экспериментальных данных для температуры выше 40 °С.

Заштрихованная область 1 – это диапазон контрастов в зависимости от формы одежды, типа фона, размеров человека и скорости его движения. Переход величины температурного контраста через нуль происходил только в том случае, если в области температур 30...39,5 °С измерения проводились после адаптации человека в нагретом помещении в течение 15 мин. В случае же вторжения в зону чувствительности СО человека, находившегося до этого в помещении с температурой ниже 30 °С или на открытом воздухе с температурой 44 °С, уровни сигналов в диапазоне температур 30...39,5 °С лежат в области 2 и не достигают нулевого значения.

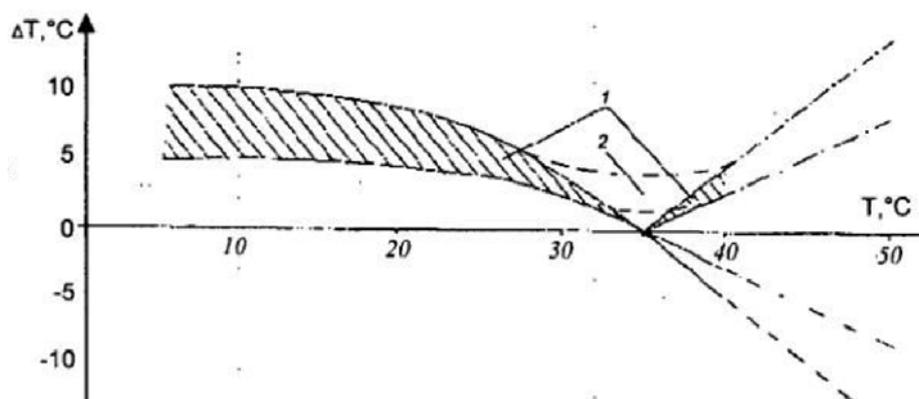


Рис. 2.5. Зависимости температурного контраста человека от температуры окружающей среды

**Помехи в пассивных ИКСО.** Под помехой будем понимать любое воздействие внешней среды или внутренние шумы приемного устройства, не связанные с движением человека в зоне чувствительности СО.

Существует следующая классификация помех:

- тепловые, обусловленные нагреванием фона при воздействии на него солнечного излучения, конвекционных потоков воздуха от работы радиаторов, кондиционеров, а также от сквозняков;

- электрические, вызываемые наводками от источников радиоизлучений на отдельные элементы электронной части СО;

- собственные, обусловленные шумами пироприемника и тракта усиления сигнала;

- посторонние, связанные с перемещением в зоне чувствительности СО мелких животных (собаки, кошки, птицы) или насекомых по поверхности входного оптического окна СО.

Наиболее значительной и «опасной» помехой является тепловая, вызываемая изменением температуры участков фона, на который направлены лучевые зоны чувствительности. Воздействие солнечного излучения приводит к локальному повышению температуры отдельных участков стены или пола помещения. При этом постепенное изменение температуры не проходит через схемы фильтрации прибора, однако сравнительно резкие и «неожиданные» ее колебания, связанные, например, с затенением солнца проходящими облаками или проездом транспорта, вызывают помеху, аналогичную сигналу от прохождения человека. Амплитуда помехи зависит от инерционности фона, на который направлен луч. Например, время изменения температуры голой бетонной стены намного больше, чем деревянной или оклеенной обоями. При этом изменение температуры при солнечных помехах достигает 1,0...1,5 °С, особенно в тех случаях, когда луч направлен на малоинерционный фон, например на деревянную стену или штору из ткани. Длительность таких помех зависит от скорости затенения и может попасть в диапазон скоростей, характерных для движения человека. Необходимо отметить одно существенное обстоятельство, которое

позволяет бороться с такими помехами. Если два луча направлены на соседние участки фона (при расстоянии между ними 0,5...1,0 м), то вид и амплитуда помехового сигнала от воздействия Солнца (рис. 2.6) практически одинаковы в каждом луче, т. е. налицо сильная корреляция помех. Это позволяет соответствующим построением схемы подавить их за счет вычитания сигналов.

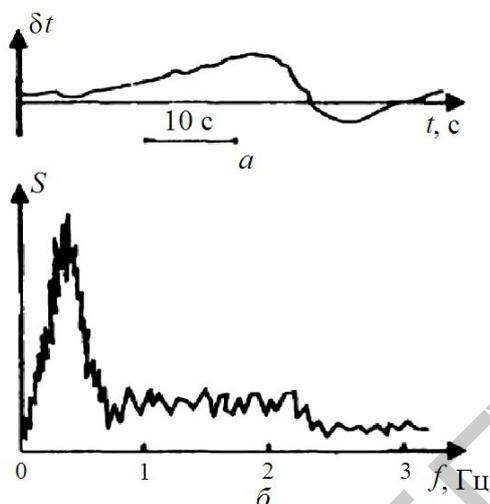


Рис. 2.6. Форма (а) и спектр (б) помехи от Солнца на выходе пироприемника при прохождении по небу облака

Конвективные помехи обусловлены воздействием перемещающихся потоков воздуха, например сквозняков при открытой форточке, щелей в окне, а также бытовых отопительных приборов – радиаторов и кондиционеров. Потоки воздуха вызывают хаотическое флуктуационное изменение температуры фона, амплитуда и частотный диапазон которого зависят от скорости потока воздуха и характеристик фоновой поверхности.

В отличие от солнечной засветки конвективные помехи от различных участков фона, воздействующие даже на расстоянии 0,2...0,3 м, слабо коррелированы между собой и их вычитание не дает эффекта.

Электрические помехи возникают при включении любых источников радиоизлучения, измерительной и бытовой аппаратуры, освещения, электродвигателей, радиопередающих устройств, а также при колебаниях тока в кабельной сети и линиях электропередач. Значительный уровень помех создают также разряды молний.

Чувствительность пироприемника очень высока – при изменении температуры на 1 °С выходной сигнал непосредственно с кристалла составляет доли микровольта, поэтому наводки от источников помех в несколько вольт на метр могут вызвать помеховый импульс, в тысячи раз превышающий полезный сигнал. Однако большая часть электрических помех имеет малую длительность или крутой фронт, что позволяет отличить их от полезного сигнала.

Собственные шумы пироприемника определяют высшую границу чувствительности ИКСО и имеют вид белого шума. В связи с этим методы фильтрации здесь не могут быть использованы. Интенсивность помехи увеличивается при повышении температуры кристалла приблизительно в два раза на каж-

дые  $10^\circ$ . Современные пироприемники имеют уровень собственных шумов, соответствующих изменению температуры на  $0,05 \dots 0,15^\circ\text{C}$ .

**Конструкция пассивного оптического средства обнаружения.** Пассивное оптическое средство обнаружения (далее – СО) на передней панели имеет элементы, указанные на рис. 2.7.



Рис. 2.7. Внешний вид пассивного оптического средства обнаружения:  
1 – пироприемник; 2 – светодиод; 3 – ручка регулировки чувствительности;  
4 – динамик; 5 – гнездо для подключения блока питания

Для работы с СО необходимо подключить блок питания к соответствующему гнезду 5, расположенному на боковой панели СО. После включения блока питания (включается только преподавателем) в электрическую сеть СО готово к работе. Обнаружение движущегося объекта обеспечивает пироприемник 1. Дальность обнаружения СО зависит от типа линзы, закрепляемой на пироприемнике. Чувствительность СО регулируется ручкой 3. При обнаружении СО движущегося объекта в динамике 4 раздается мелодичный двухчастотный звук и загорается светодиод 2. Повторное обнаружение объекта возможно при условии, что светодиод 2 погас.

Схема электрическая принципиальная СО представлена на рис. 2.8. Микросхема DA1 представляет собой четыре операционных усилителя.

На первом операционном усилителе (1/1) собран предварительный усилитель, обеспечивающий согласование выходного сопротивления пироприемника PIR со входом второго каскада усиления (1/2). Чувствительность входного каскада может изменяться за счет изменения сопротивления подстроечного резистора VR1. На втором операционном усилителе (1/2) микросхемы DA1 собран второй каскад усиления, обеспечивающий передачу сигнала с предварительного усилителя на вход компаратора, выполненного на операционных уси-

лителях (1/3) и (1/4), которые обеспечивают гарантированное срабатывание СО в различной помеховой обстановке. Наличие сигнала на выходе компаратора свидетельствует об обнаруженном объекте. Что позволяет включить акустическую сигнализацию за счет работы элементов TR1 и TR2. Микросхема DA2 выполняет функцию мультивибратора, сигнал с которого поступает на усилитель мощности, выполненный на TR3 и TR4 и далее на динамик SP.

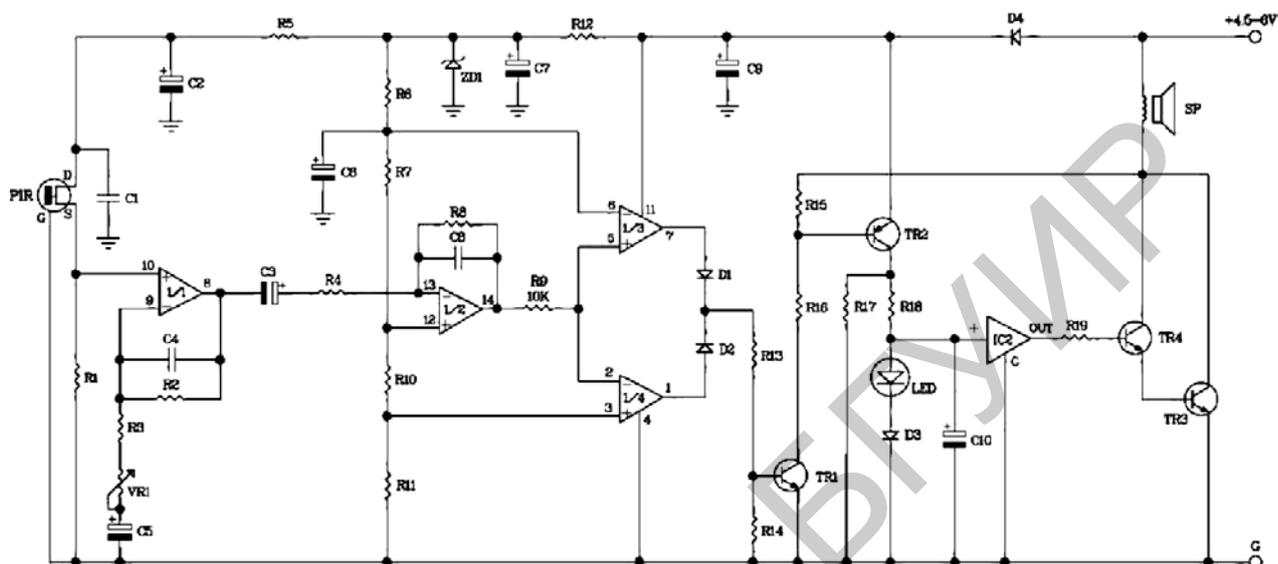


Рис. 2.8. Схема электрическая принципиальная пассивного оптического средства обнаружения

## 2.2. Лабораторное задание

Определить максимальную и минимальную дальность обнаружения пассивного оптического средства обнаружения. Для этого:

1. Установить СО на стол таким образом, чтобы пироприемник был направлен в ту сторону, где предполагается обнаружить объект.
2. Включить СО (выполняется преподавателем).
3. Изменяя положение ручки 4 и перемещаясь в зоне обнаружения СО, определить минимальную и максимальную дальность обнаружения СО. Измерить определенные расстояния рулеткой.
4. Установить на пироприемник СО сферическую линзу и повторить итерации, указанные в п. 3.
5. Установить на пироприемник СО плоскую линзу и повторить итерации, указанные в п. 3.
6. Полученные значения дальностей обнаружения записать в отчет в виде таблицы:

Тип линзы	Минимальная дальность обнаружения	Максимальная дальность обнаружения

7. Оформить отчет.

### **2.3. Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Таблица результатов выполнения работы.
3. Вывод по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы.

### **2.4. Контрольные вопросы**

1. Где могут быть установлены пассивные оптико-электронные инфракрасные извещатели?
2. Какие элементы пассивных ИКСО значительно влияют на их зону обнаружения?
3. Как влияет температура поверхности одежды человека на его обнаружение?
4. Какие можно предложить мероприятия для борьбы с конвективными помехами?
5. Каким образом в пассивных ИКСО достигается низкая частота ложных тревог?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

**Цель:** изучить средства пожарной сигнализации, конструкцию и особенности функционирования пожарных автономных извещателей.

### 3.1. Теоретическая часть

**Система пожарной сигнализации.** Пожарная сигнализация – комплекс технических средств для обнаружения признаков пожара (тепло, дым, пламя, газ) и информирования людей о факте и месте их появления. В общем случае пожарная сигнализация состоит из приемных устройств (приборов), пожарных извещателей, светозвуковых устройств, линий связи, источников и цепей питания.

Пожарные извещатели – устройства как ручной подачи сигнала «Пожар», так и автоматически реагирующие на появление факторов пожара.

Извещатели бывают:

- пороговые безадресные: настроены изготовителем на определенное значение контролируемого параметра, при достижении которого извещатель передает в приемно-контрольный прибор (ПКП) сигнал «Пожар» путем замыкания контактов своего реле;

- пороговые адресные: имеют один или несколько встроенных порогов срабатывания и индивидуальный адрес в системе;

- адресно-аналоговые: регистрируют и передают в ПКП текущее значение контролируемого параметра и свой индивидуальный адрес.

Для обнаружения возгорания используются следующие принципы активации пожарных извещателей:

- концентрация в воздухе частиц дыма;
- температура окружающей среды;
- излучение открытого пламени.

Для обнаружения возгорания могут использоваться следующие основные пожарные извещатели: ручные, тепловые (пороговые, дифференциальные, линейные), дымовые, оптические, ионизационные, газовые.

*Ручные извещатели* необходимы для принудительного перевода человеком системы в режим сигнализации о пожаре (рис. 3.1). Они могут быть реализованы в виде рычагов или кнопок, покрытых прозрачными материалами (легко разбиваемыми при пожаре). Чаще всего они устанавливаются в легкодоступных местах общего пользования.

*Тепловые извещатели* реагируют на изменение температуры окружающей среды (рис. 3.2). Тепловые пороговые пожарные извещатели выдают сигнал «Пожар» при достижении пороговой температуры, дифференциальные – фиксируют пожароопасную ситуацию по скорости нарастания температуры.



Рис. 3.1. Внешний вид ручного извещателя ИПР-Р



Рис. 3.2. Внешний вид теплового извещателя ИП103-4/1 (а) и дифференциального теплового извещателя МАК-ДМ (б)

Тепловые извещатели устанавливаются в следующих случаях:

- если в контролируемом объеме применяемые материалы таковы, что при горении они дают больше жара, чем дыма (например, облицовка стен деревянными панелями);
- когда распространение дыма затруднено вследствие либо малого объема помещения (например, за подвесными потолками), либо внешних условий (низкая температура, большая влажность воздуха);
- когда в воздухе присутствует высокая концентрация каких-либо аэрозольных частиц, не имеющих отношение к процессам горения (пыль, копоть, мука и т. д.).

Контактный пороговый тепловой извещатель выдает тревожный сигнал при превышении заранее заданной предельно допустимой температуры. При нагревании расплавляется контактная пластина, электрическая цепь разрывается и вырабатывается тревожный сигнал. Обычно пороговая температура составляет 75 °С (рис. 3.2, а).

В качестве чувствительного элемента может применяться и полупроводниковый прибор. При росте температуры сопротивление цепи падает, и сила тока в ней увеличивается. При превышении пороговой величины электрического тока вырабатывается тревожный сигнал. Полупроводниковые чувствительные элементы имеют более высокую скорость реагирования, величина пороговой температуры может быть задана произвольно, а при срабатывании датчика не происходит разрушение прибора.

Дифференциальные тепловые извещатели обычно состоят из двух термоэлементов, один из которых располагается внутри корпуса извещателя, а второй помещен снаружи (рис. 3.2, б). Токи, протекающие через эти две цепи, подаются на входы дифференциального усилителя. При увеличении температуры ток, протекающий по наружной цепи, резко изменяется. Во внутренней цепи он почти не меняется, что приводит к дисбалансу токов и формированию тревожного сигнала. Использование термопары позволяет исключить влияние плавных температурных изменений, вызванных естественными причинами. Эти датчики являются наиболее быстрыми по скорости реагирования и устойчивыми в работе.

Конструкция линейных тепловых извещателей представляет собой четыре медных проводника с оболочками из специального материала с отрицательным температурным коэффициентом. Проводники упакованы в общий кожух так, что плотно соприкасаются своими оболочками. Провода соединяются в конце линии попарно между собой, образуя две петли, соприкасающиеся оболочками. Принцип действия: при увеличении температуры оболочки изменяют свое сопротивление, изменяя также общее сопротивление между петлями, которое и измеряется специальным блоком обработки результатов. По величине этого сопротивления и принимается решение о наличии возгорания. Чем больше длина кабеля (до 1,5 км), тем выше чувствительность прибора.

*Дымовые извещатели* предназначены для обнаружения наличия заданной концентрации частиц дыма в воздухе (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Внешний вид дымового извещателя ИП-212-88Х (автономный)

Дым – совокупность аэрозольных частиц, выделяющихся в процессе горения различных материалов. Состав частиц дыма может быть различным и зависит от химической природы горящего вещества, а концентрация и скорость движения – от распределения воздушных потоков в контролируемой зоне. Дымовые пожарные извещатели определяют лишь один параметр: концентрацию частиц дыма до определенной скорости их движения (обычно до 10 м/с). Однако, поскольку состав частиц может быть разным, используются оптические и ионизационные пожарные извещатели.

Чувствительная часть ионизационного дымового извещателя состоит из двух камер – измерительной внешней камеры и полугерметичной контрольной камеры внутри (рис. 3.4). В контрольной камере находится радиоактивная фольга из америция-241, характеризующегося интенсивностью излучения ниже уровня фона (0,9 мкКи), благодаря которой между измерительной и контрольной камерами протекает ток при включении напряжения питания извещателя.

Поток радиоактивных частиц направляется в две отдельные камеры: изолированную от окружающей воздушной среды контрольную и открытую для внешнего воздуха измерительную. При попадании частиц дыма в измерительную камеру происходит уменьшение силы тока, протекающего через нее, поскольку при этом уменьшается длина пробега альфа-частиц и увеличивается рекомбинация ионов. Для принятия решения о наличии дыма, формируется разностный сигнал из сигналов, поступающих с измерительной и контрольной камер.

Такие пожарные извещатели имеют срок службы не менее 5 лет и требуют специальной утилизации.

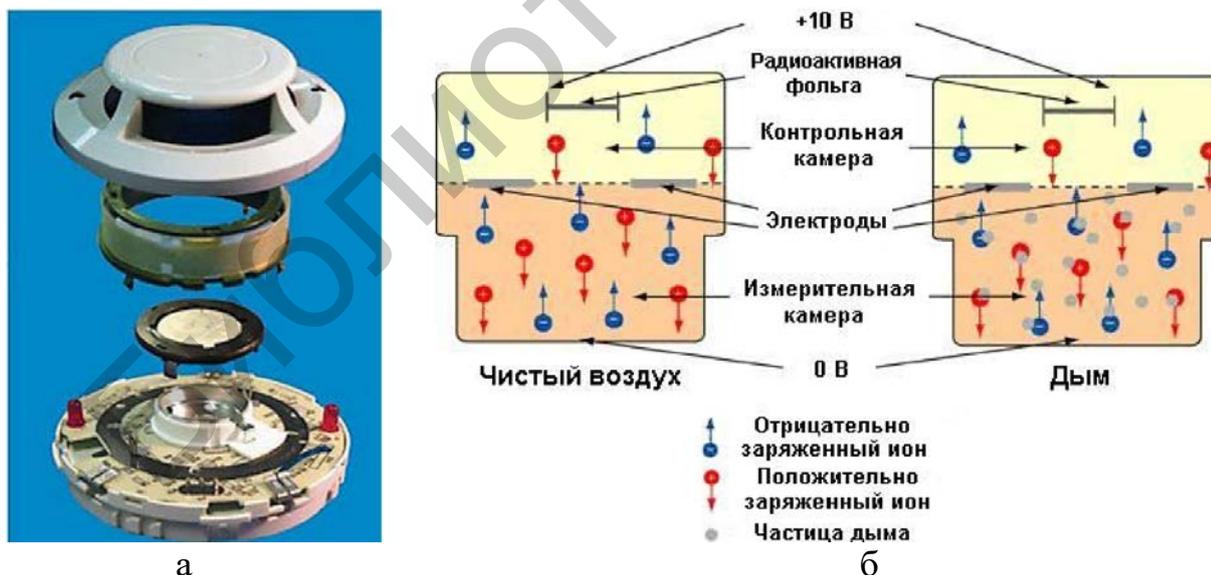


Рис. 3.4. Конструкция ионизационного дымового извещателя 1151EIS (а) и принцип его работы (б)

Ионизационные дымовые извещатели хорошо функционируют в качестве извещателей общего назначения, они с минимальной задержкой регистрируют быстро распространяющиеся (с открытым пламенем) пожары и очень часто используются для защиты имущества.

Принцип функционирования оптического дымового извещателя основан на эффекте оптического рассеивания излучения ближнего ИК-диапазона на частицах дыма. Измерительная камера такого устройства содержит ИК-светодиод и фотоприемник (оптоэлектронную пару), ориентированные друг относительно друга так, чтобы излучение светодиода в нормальных условиях не попадало на фотоприемник (рис. 3.5). Оптоэлектронная пара размещается в оптической камере.

При попадании частиц дыма в оптическую камеру на них происходит рассеивание излучения ИК-светодиода, вследствие чего часть ИК-излучения попадает на фотоприемник, что обеспечивает формирование на его выходе электрического сигнала. Чем больше концентрация рассеивающих частиц дыма в воздухе, тем выше уровень сигнала. При превышении определенного порога задымления извещатель сигнализирует о наличии возгорания.



Рис. 3.5. Внешний вид оптического дымового извещателя ИП-212-63 (а) и принцип его работы (б)

Извещение «Пожар» формируется по ослаблению ИК-излучения светодиода дымом. Такого типа извещатели используются, когда необходимо минимальным количеством извещателей перекрыть большие по площади пространства помещений или при высоких потолках контролируемого помещения (выше 3,5 м), когда время достижения дымом других извещателей велико. Сравнительная характеристика ионизационных и оптических типов извещателей приведена в табл. 3.1.

*Газовые извещатели.* Моноксид углерода (СО) – ядовитый газ, возникающий при горении. Детектор СО используется для обнаружения возгорания путем анализа наличия СО в воздухе (рис. 3.6). Кроме того, источником угарного газа может служить газовое оборудование, применяемое в различных сфе-

рах деятельности человека. Такие извещатели не позволяют обнаружить дым или другие продукты горения. Детекторы СО особенно хорошо сигнализируют о глубинных и тлеющих пожарах.

Таблица 3.1

Сравнительная характеристика дымовых извещателей по обнаруживаемому типу возгорания

Тип возгорания	Тип дымового извещателя	
	Ионизационный	Оптический
Открытое горение древесины	+	–
Тление древесины	–	+
Тление хлопка	+	+
Открытое горение пластмассы	+	+
Горение жидкости с выделением сажи	–	+
Горение керосина	+	–



Рис. 3.6. Внешний вид газового извещателя ИП-401-12Т (автономный)

Пожарные извещатели применяются в составе систем пожарной сигнализации и используются совместно с приемно-контрольными приборами.

Приемные устройства пожарной сигнализации (приемно-контрольные приборы) (рис. 3.7) служат для выполнения следующих функций:

- получения от извещателей сигналов о пожаре или значений контролируемых ими параметров;
- индикации номера объекта, от которого принят сигнал;
- управления звуковой и световой сигнализацией о пожаре;
- подачи управляющего сигнала на устройства пожарной автоматики.



Рис. 3.7. Внешний вид приемно-контрольного прибора Сигнал-20П SMD

**Типы систем пожарной сигнализации.** *Пороговая безадресная пожарная сигнализация.* Это наиболее распространенный тип пожарной сигнализации ввиду невысокой стоимости оборудования. Тем не менее затраты на ее монтаж и техническое обслуживание высоки за счет большого расхода кабельной продукции, а также невысокой надежности извещателей. Защита от их ложных срабатываний обеспечивается за счет увеличения количества извещателей (два вместо одного на точку), что приводит к некоторому вынужденному удорожанию системы в целом. Принятие решения о наличии пожара в большей степени зависит от извещателя, а не от ПКП. Целесообразно применение на небольших и средних объектах.

*Пороговая адресная пожарная сигнализация.* Появление данного типа пожарной сигнализации было вызвано необходимостью точного определения места возникновения пожара. Каждый извещатель имеет свой адрес или адресную метку и настройку на один или несколько порогов, позволяет точно определять место возникновения пожара. Но избыточность по количеству извещателей и высокие затраты на обслуживание остаются такими же, как в обычных системах, за счет того, что используются пороговые извещатели.

*Адресно-аналоговая пожарная сигнализация* – самый современный тип пожарной сигнализации (рис. 3.8), обеспечивающий помимо точного определения места возникновения пожара возможность регистрации его на самой ранней стадии за счет отслеживания не фиксированных порогов, а текущих значений контролируемых параметров. Решение о наличии пожара принимает ПКП на основании анализа динамики изменения величины периодически регистрируемых и передаваемых извещателями значений. В данных извещателях в зависимости от условий эксплуатации (типов помещений, запыленности извещателей, времени суток и т. д.) есть возможность программно изменять чувствительность, устанавливать произвольно пороги срабатывания отдельно для каждого прибора. Система является гибко настраиваемой под условия эксплуатации и особенности каждого помещения.



Рис. 3.8. Схематическое изображение системы пожарной сигнализации

*Автономный оптический дымовой извещатель.* Предназначен для обнаружения возгораний, сопровождающихся появлением дыма, и подачи тревожных извещений в виде звуковых и световых сигналов.

Автономный оптический дымовой извещатель состоит из камеры дымового датчика 1 с фотодиодом 2 и светодиоидом 3, электронного блока 4, тестовой кнопки 5, звукового оповещателя 6 и источника электропитания 7 (рис. 3.9).

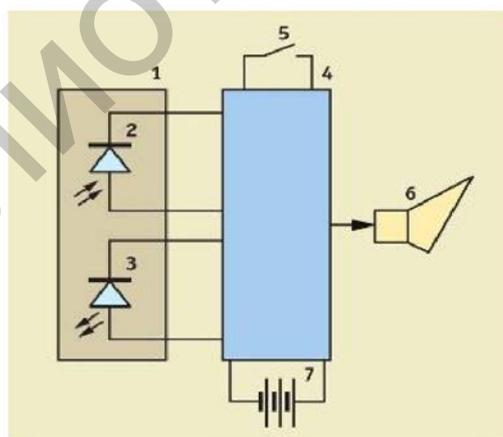


Рис. 3.9. Структурная схема автономного оптического дымового извещателя

Наиболее часто автономные оптические дымовые извещатели выполняются с применением специализированных микросхем, например MC145010 фирмы Motorola. Функциональная схема устройства, реализованного в этой микросхеме, представлена на рис. 3.10. Устройство содержит усилитель АМР, два компаратора Сопр, два источника опорного напряжения REF, тактовый генера-

тор OSC, блок временных интервалов Timing logic, блок логики тревог Alarm logic, генератор звукового сигнала с усилителем Horn modulator and driver, усилители светодиодного ИК-излучателя IRED и светодиодного излучателя LED.

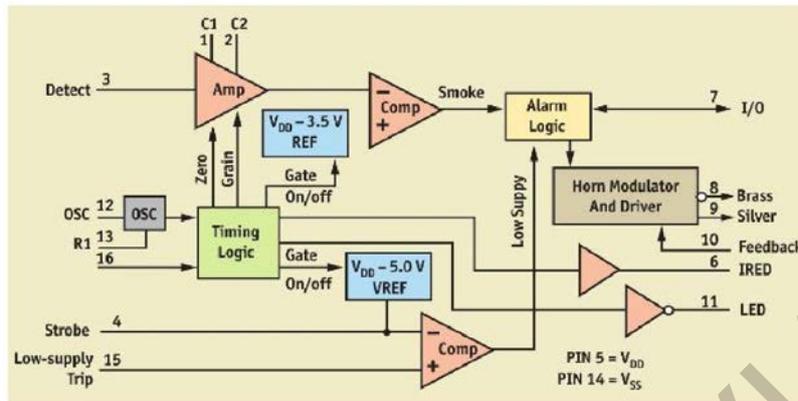


Рис. 3.10. Функциональная схема микросхемы MC145010

Рекомендуемая производителем схема включения MC145010 приведена на рис. 3.11. Электропитание изделия осуществляется от батареи типа «КРОНА» с напряжением 9 В.

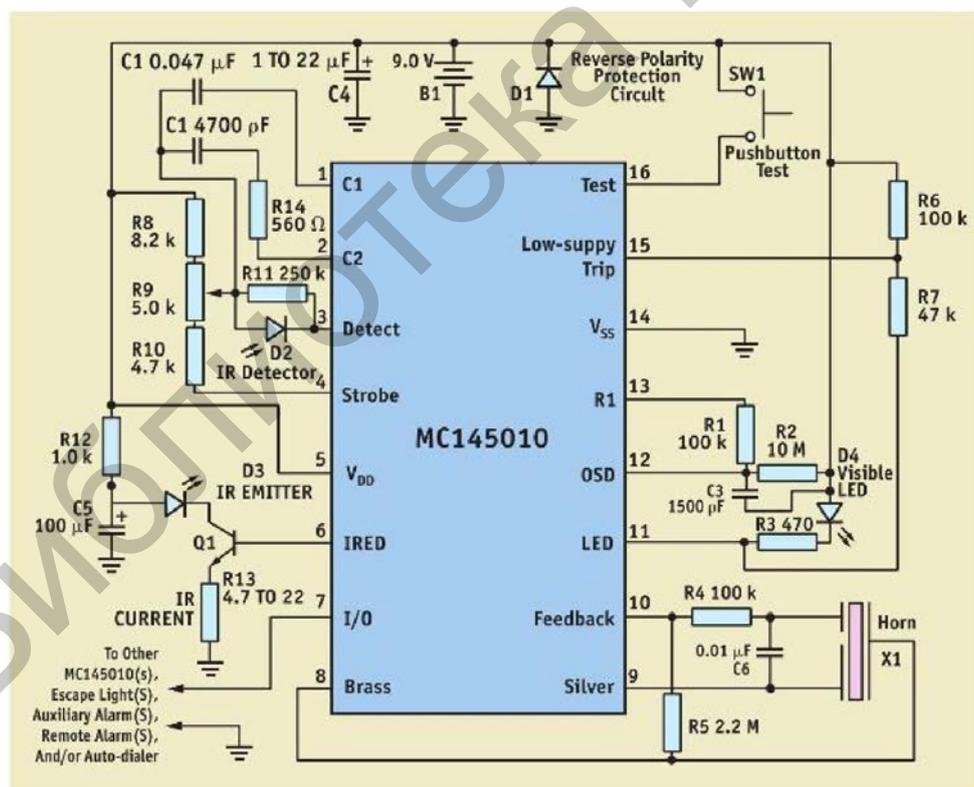


Рис. 3.11. Типовая схема включения микросхемы MC145010

*Применение автономных оптических дымовых извещателей.* Такие устройства могут быть использованы в жилых помещениях. Место установки оптического дымового извещателя должно обеспечивать:

- исключение возможности попадания на корпус извещателя и затекания со стороны розетки воды;
- минимальные вибрации строительных конструкций;
- минимальную освещенность;
- максимальное удаление от источников электромагнитных помех и инфракрасного излучения (тепловых приборов);
- максимальное удобство для установки, проверки и снятия извещателя.

Основная цель использования автономных оптических дымовых извещателей в том, чтобы подать сигнал тревожного извещения человеку, когда он отдыхает и не может контролировать состояние пожарной обстановки в своем жилище. С учетом этого он должен устанавливаться в первую очередь в спальнях помещениях или в непосредственной близости от них (коридор) со стороны наиболее вероятного возникновения очага пожара (кухни) (рис. 3.12).

Как правило, дым от очага пожара поднимается к потолку и далее распространяется вдоль него, поэтому наиболее предпочтительное расположение извещателя – на потолке в середине комнаты. В случае невозможности выполнения этого условия извещатели могут устанавливаться на потолке у стены, но не ближе 10 см от нее, или на стене на расстоянии от 10 до 30 см от потолка.

Углы между стенами являются самыми маловентилируемыми местами в помещениях, поэтому при потолочном и стеновом размещении извещателей не рекомендуется их установка ближе 50 см от угла.

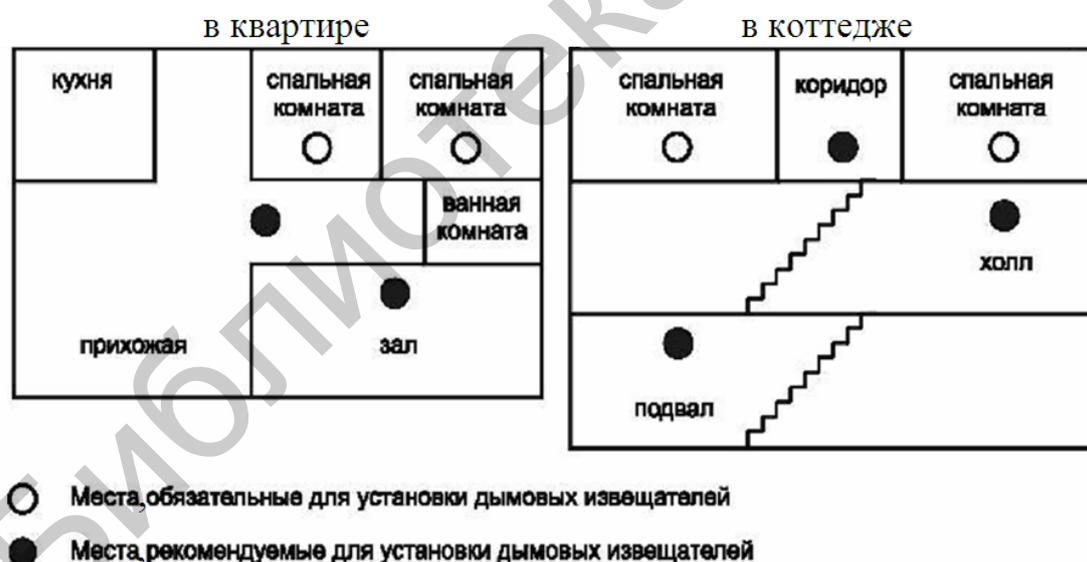


Рис. 3.12. Места размещения автономных пожарных оптических дымовых извещателей

*Автономный газовый извещатель.* Отравление угарным газом (в просторечии «угореть») – крайне опасное состояние человека, которое может повлечь за собой летальный исход. Согласно статистике среди основных причин бытовых несчастных случаев отравление СО – одна из самых распространенных.

Отравление угарным газом может произойти:

- во время пожара;
- в условиях производства, на котором СО используют для синтеза органических веществ: ацетона, метилового спирта, фенола и др.;
- в гаражах, туннелях, других помещениях с плохой вентиляцией – от работающего двигателя внутреннего сгорания;
- при продолжительном нахождении вблизи оживленной автомагистрали;
- в случае преждевременного закрытия печной заслонки, засорения дымохода или если в печи есть трещины.

Степень вреда, наносимого организму напрямую, зависит от концентрации угарного газа во вдыхаемом воздухе:

- 0,08 % вызывает удушье и головную боль;
- 0,32 % приводит к параличу и потере сознания;
- 1,2 % – потеря сознания наступает всего после 2...3 вдохов, смерть – через 2...3 мин.

Автономный газовый извещатель предназначен для анализа воздуха на содержание в нем угарного газа. Принцип действия извещателя основан на контроле содержания угарного газа в воздухе с помощью датчика угарного газа, который регистрирует именно угарный газ. При превышении порогового значения концентрации газа извещатель выдает звуковой сигнал «Пожар» до тех пор, пока концентрация угарного газа не снизится. В режиме «Пожар» извещатель также выдает прерывистый световой сигнал.

При разряде элемента питания до напряжения менее 7,5 В извещатель будет выдавать кратковременный звуковой сигнал «Разряд батареи».

Автономный газовый извещатель состоит из датчика угарного газа 1, электронного блока 2, тестовой кнопки 3, источника электропитания 4 и звукового оповещателя 5 (рис. 3.13).

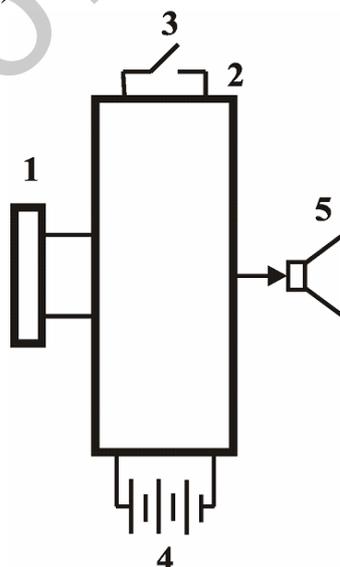


Рис. 3.13. Структурная схема автономного газового извещателя

**Монтаж автономных извещателей.** Монтаж извещателей к строительным конструкциям производится в следующем порядке:

- определяются места установки извещателей;
- снимается с извещателя розетка и закрепляется в месте установки с помощью имеющихся в комплекте поставки шурупов;
- в извещатель устанавливаются элементы питания;
- извещатель сочленяется с розеткой, закрепленной в месте установки путем поворота извещателя вокруг оси по часовой стрелке до упора с последующей фиксацией.

**Техническое обслуживание автономных извещателей.** Техническое обслуживание извещателей в процессе эксплуатации состоит из очистки узлов извещателя и проверки работоспособности.

Проверку работоспособности извещателей рекомендуется проводить примерно один раз в месяц, вызывая его срабатывание от кнопки проверки на работоспособность или воздействуя на него дымом или тестовой аэрозолью. При этом необходимо учитывать, что частые проверки дымом или аэрозолью могут привести к загрязнению оптической системы и снижению чувствительности.

Примерно один раз в год необходимо производить очистку извещателя от пыли путем отбора воздуха через щели в корпусе с помощью пылесоса в течение 1 мин. В случае применения извещателя в сильно запыленных помещениях операцию очистки необходимо проводить чаще.

При ложных срабатываниях необходимо провести внеплановую очистку извещателя от пыли, если и после этого он продолжает выдавать сигнал «Пожар», то извещатель подлежит ремонту.

При выдаче извещателем звукового сигнала «Разряд батареи» его следует отсоединить от розетки (путем поворота извещателя вокруг оси против часовой стрелки), изъять элемент питания, вставить новый и установить извещатель на место. После этого необходимо проверить его работоспособность.

### **3.2. Лабораторное задание**

1. Изучить конструкцию автономных пожарных извещателей (газового и оптического дымового).

2. На основе анализа конструктивных особенностей исполнения определить, какой из имеющихся извещателей газовый, а какой оптический дымовой.

3. Проверить исправность пожарных извещателей. Для чего установить элемент питания в извещатель, нажать и удерживать кнопку, расположенную на корпусе извещателя, до появления звукового сигнала.

4. Снять крышку с оптической камеры в дымовом извещателе (выполняется преподавателем) и подключить к нему элемент питания. Объяснить функционирование извещателя при снятой крышке оптической камеры.

5. Извлечь элемент питания из извещателя.

6. Оформить отчет.

### 3.3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Рисунок конструкции оптической камеры дымового извещателя.
3. Вывод по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы.

### 3.4. Контрольные вопросы

1. Анализ каких параметров окружающей среды позволяет принять решение о возгорании (пожаре)?
2. Если помещение отделано материалами, которые при горении практически не выделяют дыма, какие пожарные извещатели можно использовать для обнаружения возгорания (пожара)?
3. Какой тип системы пожарной сигнализации нужно использовать, если требуется обнаружить не только возгорание (пожар), но и помещение, где это произошло?
4. Какие средства оповещения о пожаре используют на предприятиях?
5. Как часто необходимо проводить техническое обслуживание автономных пожарных извещателей?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ПАССИВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО АКУСТИЧЕСКИМ КАНАЛАМ

**Цель:** изучить принципы использования оборудования, методики для измерения звукоизоляции воздушного шума однослойными и многослойными конструкциями из звукоизолирующих материалов, получить практические навыки оценки индекса звукоизоляции материалов.

### 4.1. Теоретическая часть

Под понятием канала утечки речевой информации (РИ) обычно понимается совокупность источника информационного (речевого) сигнала, среды распространения информационного сигнала, специальных технических средств для негласного получения информации (СТСНПИ).

Параметрами речевого сигнала являются следующие:

- частотный диапазон (70...7000 Гц);
- уровень громкости речи (60...70 дБ для нормального разговора);
- динамический диапазон (20...45 дБ).

Основная энергия акустических колебаний (около 95 %) лежит в диапазоне частот 125...5600 Гц.

Перехват речевых сигналов может быть реализован с применением одного из следующих методов:

- заходовой (требуется проникновение внутрь выделенного помещения);
- беззаходовой (не требуется проникновение внутрь выделенного помещения).

В качестве СТСНПИ при использовании заходовых методов применяют радиозакладки, закладки с передачей речевого сигнала в инфракрасном диапазоне и по цепям электропитания, закладки с передачей речевого сигнала по телефонной линии, а также диктофоны, проводные микрофоны, «телефонное ухо». При использовании беззаходовых методов используют аппаратуру высокочастотного навязывания, стетоскопы, лазерные микрофоны.

В зависимости от среды распространения и используемых для перехвата СТСНПИ технические каналы утечки речевой информации подразделяются на следующие виды (табл. 4.1): прямой акустический; виброакустический; акусто-электрический; оптоэлектронный; параметрический.

Виды акустических каналов утечки информации

Наименование канала утечки РИ	Среда распространения	СТСНПИ
Прямой акустический	Воздух или ограждающие конструкции зданий и помещений (стены, потолки, полы, окна)	Акустические закладки (микрофоны, соединенные с миниатюрными звукозаписывающими устройствами и передатчиками), миниатюрные диктофоны и т. п.
Виброакустический	Воздух и ограждающие конструкции зданий и помещений (стены, потолки, полы, окна), инженерные коммуникации (трубы водоснабжения, отопления, вентиляции)	Электронные стетоскопы (контактный вибродатчик, соединенный с усилителем), виброметры, акселерометры
Акустоэлектрический	Электрические цепи (явление «микрофонного эффекта»)	Высокочувствительные низкочастотные усилители, генераторы высокочастотного (более 100 кГц) сигнала, приемники-демодуляторы
Оптоэлектронный	Оконные стекла	Лазерные микрофоны
Параметрический	Элементы высокочастотных генераторов	Приемники-демодуляторы

На рис. 4.1 представлены наиболее вероятные способы утечки РИ из выделенного помещения.

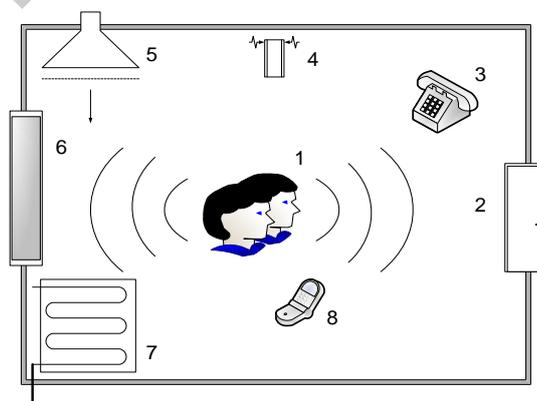


Рис. 4.1. Наиболее вероятные способы утечки РИ из выделенного помещения:

- 1 – источник РИ (прямой акустический канал); 2 – дверь;  
 3 – телефон; 4 – батарея; 5 – окно; 6 – лампа; 7 – вентиляция;  
 8 – сотовый телефон

Для защиты информации от утечки по акустическим каналам могут использоваться активные и пассивные средства. Использование таких средств обеспечивает снижение отношения сигнал/шум на входе СТСНПИ. К активным техническим средствам защиты информации относят генераторы акустического шума (белого, окрашенного, речеподобных помех и т. п.). Применение таких средств обеспечивает снижение отношения сигнал/шум на входе СТСНПИ за счет увеличения уровня шума. К пассивным техническим средствам защиты информации относят звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы и конструкции. Применение таких материалов и конструкций обеспечивает снижение отношения сигнал/шум на входе СТСНПИ за счет снижения уровня речевого сигнала. Это снижение обусловлено особенностями взаимодействия акустических волн с различными материалами.

При своем распространении акустическая волна, взаимодействуя с материалом, частично отражается от его поверхности, частично проходит внутрь него. Энергия акустической волны, прошедшей внутрь материала, зависит от соотношения акустических сопротивлений первичной среды ее распространения и материала, внутрь которого эта волна прошла (рис. 4.2). Акустическое (волновое) сопротивление среды  $Z$  – это отношение звукового давления  $p$  плоской волны к колебательной скорости частиц среды  $v$ :  $Z = \frac{p}{v}$  (Па·с/м). Этот параметр может также быть выражен следующим образом:  $Z = \rho \cdot c$ , где  $c$  – скорость звука в среде.

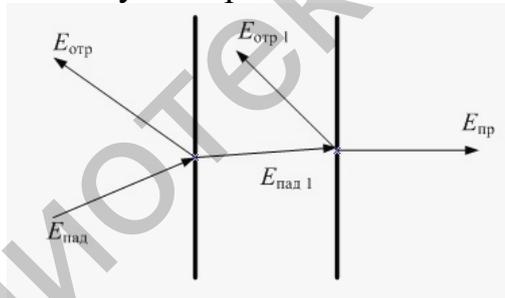


Рис. 4.2. Взаимодействие акустической волны со средой:

$E_{пад}$  – энергия падающей звуковой волны;

$E_{отр}$  – энергия отраженной звуковой волны;

$E_{пр}$  – энергия прошедшей звуковой волны

Звукоизолирующие материалы обеспечивают ослабление энергии акустической волны за счет явления ее отражения от границы раздела между ними и первичной средой распространения этой волны. Звукопоглощающие материалы обеспечивают ослабление энергии прошедшей внутрь них акустической волны за счет преобразования большей части ее энергии в тепловую.

В зависимости от формы звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы подразделяются на следующие виды:

- штучные (блоки, плиты);

- рулонные (маты, полосовые прокладки, холсты);
- рыхлые;
- сыпучие (вата минеральная, стеклянная, керамзит, шлак).

По величине относительного сжатия (жесткости) звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы подразделяются на следующие виды:

- мягкие;
- полужесткие;
- жесткие;
- твердые.

Мягкие звукопоглощающие материалы изготавливаются на основе минеральной ваты или стекловолокна с минимальным объемом (связующего до 3 % по массе) или без него. К ним относятся маты или рулонные полотна с объемной массой до  $70 \text{ кг/м}^3$ , которые обычно применяются в сочетании с защитными перфорированными листовыми экранами (из алюминия, гипсокартона, жесткого ПВХ) или с покрытием пористой пленкой. Коэффициент звукопоглощения этих материалов на средних частотах (250...1000 Гц) достигает значений 0,7...0,95.

К полужестким материалам относятся минераловатные или стекловолокнистые плиты, поверхность которых покрыта пористой краской или пленкой. Коэффициент звукопоглощения полужестких материалов на средних частотах составляет 0,5...0,75.

У твердых материалов объемная масса составляет 300...400  $\text{кг/м}^3$  и коэффициент звукопоглощения – порядка 0,5. Их производят на основе гранулированной или суспензированной минеральной ваты и коллоидного связующего. К ним относятся материалы, в состав которых входят пористые заполнители (перлит, вермикулит, пемза).

В зависимости от структурных признаков звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы подразделяются на следующие виды:

- пористо-волокнистые;
- пористо-ячеистые;
- пористо-губчатые.

Для создания звукоизолирующих конструкций, как правило, используются жесткие и твердые строительные материалы. Величина звукоизоляции таких конструкций зависит от следующих параметров:

- масса;
- изгибная жесткость;
- количество слоев.

Установлено, что при увеличении (наращивании) массы однослойной конструкции в два раза ее звукоизоляция возрастает примерно на 6 дБ. Однако, как правило, увеличение звукоизоляции однослойной конструкции путем наращивания ее массы представляется малоэффективным решением. Более эффективным является способ, при котором обеспечивается следующее:

– снижение изгибной жесткости этой конструкции путем добавления к ней взаимно перпендикулярных ребер жесткости (звукоизоляция такой конструкции может быть при этом увеличена на десятки децибел в диапазоне частот 500...3150 Гц);

– формирование многослойной конструкции, включающей в себя несколько (минимум два) жестких слоев, разделенных мягкими материалами либо воздушной прослойкой; жесткие материалы отражают акустические волны, мягкие материалы – поглощают. Многослойные конструкции являются наиболее эффективными с точки зрения ослабления энергии акустических волн.

Основными характеристиками, определяющими звукоизолирующую способность многослойных конструкций, являются следующие:

- тип материалов;
- толщина слоев;
- вид каркаса;
- способ крепления к каркасу материалов;
- расстояние между слоями.

Использование несущего каркаса в многослойных конструкциях приводит к тому, что звуковые колебания первого жесткого слоя передаются через ребра этого каркаса на последний жесткий слой и затем переизлучаются. Это приводит к появлению так называемых звуковых мостиков, что обуславливает снижение эффективности ослабления энергии акустических волн конструкцией.

Исследования показали, что звуковые мостики могут снижать звукоизолирующую способность двуслойных конструкций на 10...15 дБ в области средних и высоких частот. Для снижения влияния звукового мостика на звукоизоляцию многослойных конструкций в ребра их каркаса включают упругие материалы (мягкая резина) либо при монтаже таких конструкций на стены звукоизолируемых помещений используются виброизолирующие прокладки. Звукопоглощающие материалы, как правило, характеризуются сквозной пористостью, вязкоупругими свойствами и величиной динамического модуля упругости не более 150 кгс/см. Звукопоглощающая способность таких материалов обусловлена их пористой структурой и наличием большого числа открытых сообщающихся между собой пор, максимальный диаметр которых обычно не превышает 2 мм (общая пористость должна составлять не менее 75 % по объему). Большая удельная поверхность материалов, создаваемая стенками открытых пор, способствует активному преобразованию энергии акустических волн в тепловую энергию вследствие потерь на трение. На рис. 4.3 представлена частотная зависимость коэффициента звукопоглощения волокнистых материалов от величины их пористости.

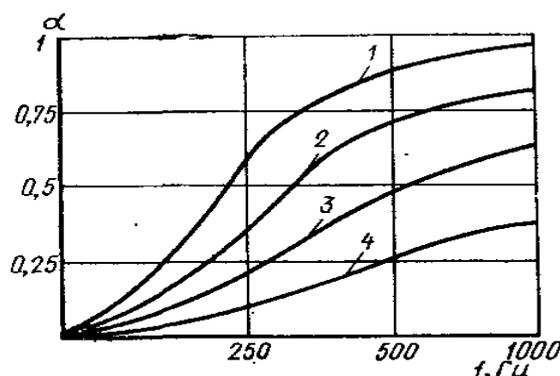


Рис. 4.3. Зависимость коэффициента звукопоглощения волокнистых материалов от пористости:  
1 – 95 %; 2 – 50 %; 3 – 25 %; 4 – 15 %

К основным параметрам пористых звукопоглощающих материалов относятся следующие: пористость, распределение по объему; вид пористости (открытая, закрытая, полуоткрытая или тупиковая); форма и извилистость пор; удельная поверхность пор; состояние поверхности пор; вязкостный и инерционный коэффициенты; физико-механические свойства. В волокнистых звукопоглощающих материалах превращение энергии акустических волн в тепловую происходит вследствие вязкости воздуха в межволоконном пространстве и колебаний частиц микрообъемов воздуха внутри материала, что приводит к трению. Также происходит рассеяние энергии из-за трения волокон.

Пористо-губчатые звукоизоляционные материалы изготавливают механическим или химическим вспениванием полимеров. Звукопоглощающие материалы могут характеризоваться плоской или рельефной формой поверхности (рис. 4.4).

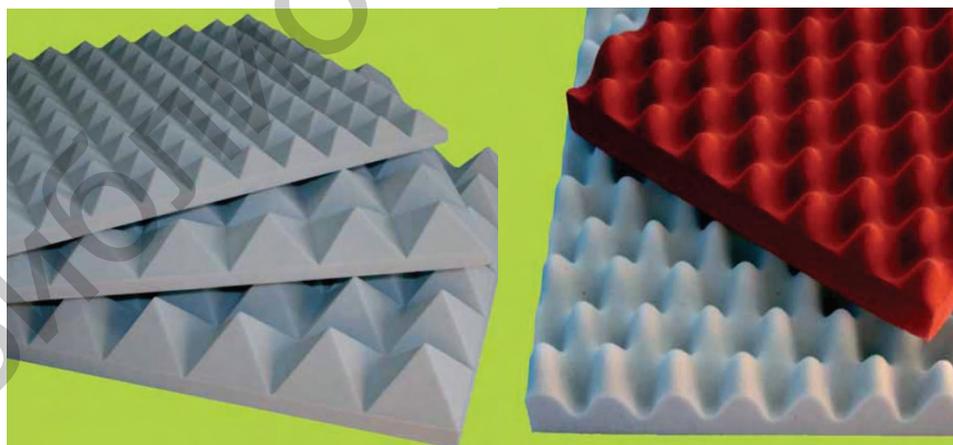


Рис. 4.4. Внешний вид звукопоглощающих материалов с пирамидальной формой поверхности, изготовленных из вспененного полиамида

Звукопоглощающие материалы, характеризующиеся плоской формой поверхности, закрепляют вплотную к стене звукоизолируемого помещения, звукопоглощающие материалы, характеризующиеся рельефной формой поверхности, – на небольшом расстоянии от стены, вплотную друг к другу. При

закреплении материала вплотную к стене следует обеспечить значительную толщину слоя, т. к. поглощение звука будет происходить только в нем. Материал будет эффективно поглощать звуковые волны при толщине слоя минимум в половину длины волны. Для волн с большей длиной эффективность поглощения будет незначительна. Материалы, характеризующиеся рельефной формой поверхности, обеспечивают большее звукопоглощение, чем плоские материалы.

## 4.2. Лабораторное задание

Выполнить измерения параметров, необходимых для расчета индекса звукоизоляции образцов материалов. Схема экспериментальной установки для таких измерений представлена на рис. 4.5.

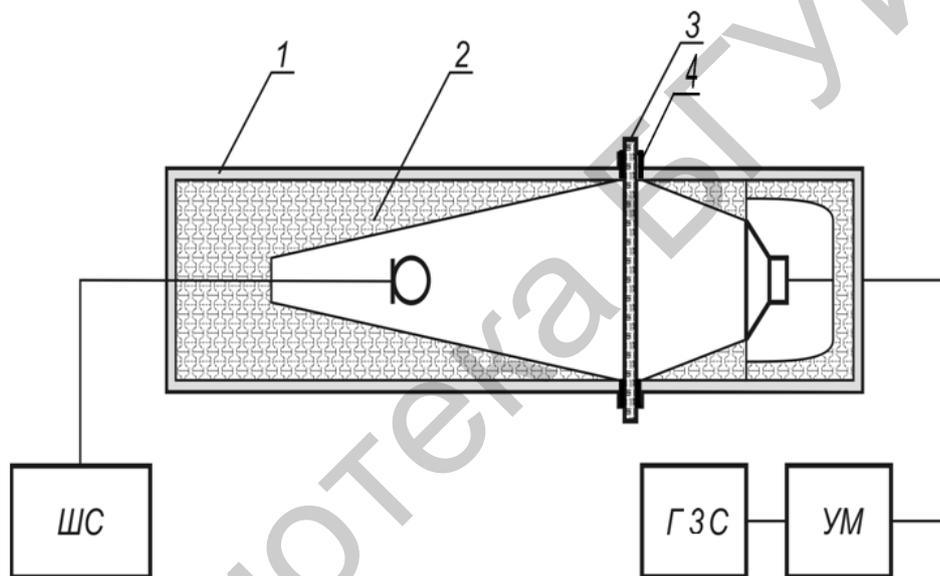


Рис. 4.5. Схема экспериментальной установки:

- 1 – металлическая труба; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – исследуемый образец; 4 – прокладки из пористой резины; ШС – шумовой сигнал; ГЗС – генератор звуковых сигналов; УМ – усилитель мощности

Установка состоит из двух частей металлической трубы. Внутренние поверхности обеих частей трубы облицованы звукопоглощающим материалом на основе стеклянной ваты, имеющим форму конуса, расширяющегося в направлении открытой части (для уменьшения диффузности звукового поля и для исключения возникновения в трубе стоячих волн). Одна часть трубы является стационарной, другая может передвигаться. В стационарной части трубы установлен микрофон с микрофонным предусилителем, который соединен с анализатором акустического шума, используемого для регистрации параметров звуковых сигналов. В подвижной части трубы установлен динамик, который через усилитель мощности соединен с генератором звуковых сигналов.

При оценке индекса звукоизоляции образцов материалов весь диапазон частот измерений условно делится на третьоктавные полосы со среднегеометрическими частотами 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000 Гц.

Индекс звукоизоляции  $R$  (в децибеллах) конструкции определяется как разность уровней звукового сигнала, зарегистрированного в определенной точке пространства с помощью анализатора акустического шума, при отсутствии между ГЗС и анализатором акустического шума этой конструкции ( $L_{m1}$ ) и при ее наличии ( $L_{m2}$ ):  $R = L_{m1} - L_{m2}$ .

Используемые приборы и оборудование:

1. Анализатор акустического шума МАНОМ 4.
2. Микрофон марки М 101.
3. Источник звукового сигнала.

### 4.3. Содержание отчета

1. Величины измеренных и рассчитанных параметров на каждой из среднегеометрических частот, занесенные в таблицу, имеющую следующий вид:

Наименование образца материала	$L_{m1}$ , дБ	$L_{m2}$ , дБ	$R$ , дБ

2. Частотные зависимости индекса звукоизоляции.
3. Ответы на контрольные вопросы.

### 4.4. Контрольные вопросы

1. В чем отличие между прямым акустическим и виброакустическим каналами утечки информации?
2. В чем отличие между звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами?
3. Какие существуют подходы к несанкционированному перехвату речевой информации?
4. Какие способы утечки речевой информации из выделенного помещения являются наиболее вероятными?
5. Каким образом может быть оценена величина звукоизоляции конструкций?
6. Какие характеристики конструкций определяют величину их звукоизоляции?
7. Какими основными параметрами характеризуются звукопоглощающие материалы и конструкции?
8. Каким основным недостатком характеризуются многослойные конструкции для ослабления энергии акустических волн? Каким образом может быть исключен этот недостаток?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСЕПТРОНА (ОДНОСЛОЙНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ) В СИСТЕМАХ АУТЕНТИФИКАЦИИ

**Цель:** ознакомиться с особенностями использования перцептрона в системах аутентификации.

### 5.1. Теоретическая часть

Принцип коллективного вычисления, на котором основана работа головного мозга, ученым первой половины XX в. был уже достаточно понятен. Однако оставалось не выясненным, как мозг обучается, как накапливает опыт и как работает память. основополагающим трудом, пролившим свет на данные проблемы, стала работа психолога Дональда Хебба [1]. Данный труд послужил также толчком для начала экспериментов по моделированию биологических нейронных сетей, возникновения нейросетевых технологий как таковых. Хебб в своей работе постулировал, что основой обучения нейронной сети мозга является синаптическая пластичность – способность клеток мозга увеличивать или уменьшать связи между собой под воздействием тех или иных факторов посредством увеличения или уменьшения связи в синапсе. Было обнаружено несколько основных механизмов, влияющих на величину синаптической связи между клетками, включая изменения в количестве нейромедиаторов, выпущенных в синапс. Было сделано предположение, что любые два нейрона (или система нейронов) увеличивают связь между собой, если они одновременно возбуждены, и уменьшают связь, если один нейрон возбужден, а другой – нет. Когда одна клетка неоднократно вызывает возбуждение второй, то аксон первой клетки увеличивает выброс нейромедиатора в синапс либо увеличивает его площадь.

В 50–60-е гг. прошлого столетия группа американских исследователей, объединив биологические и физиологические подходы, создала первые искусственные нейронные сети. В 1943 г. Уоррен Мак-Каллок и Уолтер Питтс предложили понятие искусственной нейронной сети [2]. Ими была предложена также модель искусственного нейрона (рис. 5.1).

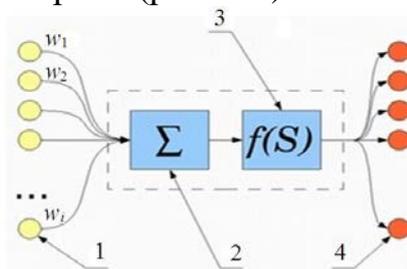


Рис. 5.1. Схема искусственного нейрона:

- 1 – нейроны, выходные сигналы которых поступают на вход данному нейрону;
- 2 – сумматор входных сигналов; 3 – вычислитель передаточной функции;
- 4 – нейроны, на входы которых подается выходной сигнал данного нейрона;
- 5 –  $\omega_i$  – веса входных сигналов или силы синаптических связей с пресинаптическими нейронами

Искусственная нейронная сеть, состоящая из нейронов Мак-Каллока – Питтса показана на рис. 5.2. Она производит «групповое» преобразование (вычисление) информации, поданной на ее входы.

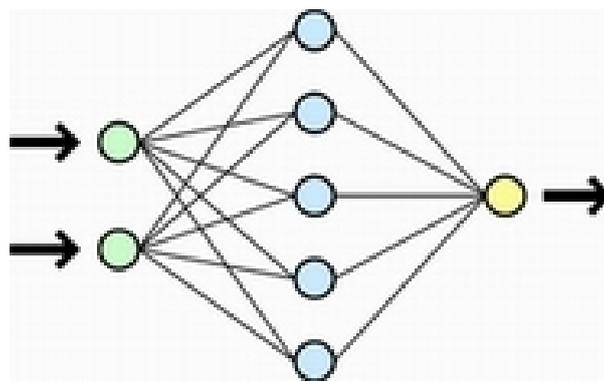


Рис. 5.2. Схема искусственной нейронной сети

В 1957 г. Фрэнк Розенблатт предложил и реализовал принцип перцептрона – однослойной искусственной нейронной сети. Перцептрон Розенблатта моделировал процессы распознавания геометрических образов и состоял из рецепторного слоя  $S$ , слоя преобразующих нейронов  $A$  и слоя реагирующих нейронов  $R$ . В модели Розенблатта нейрон имеет несколько входов (дендритов) и один выход (аксон). Нейрон возбуждается и посылает импульс на свой выход, если число сигналов на возбуждающих входах превосходит число сигналов на тормозных входах на некоторую величину, называемую порогом срабатывания нейрона. В зависимости от характера внешнего раздражения, в  $S$ -слое образуется некая совокупность импульсов, поступающих на  $A$ -слой, где в соответствии с совокупностью пришедших импульсов образуются новые импульсы, поступающие на входы нейронов  $R$ -слоя.

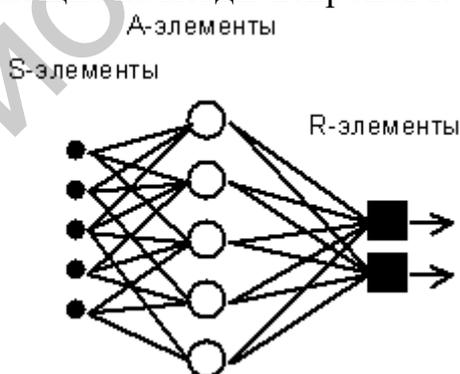


Рис. 5.3. Схема перцептрона Розенблатта

$S$ -элементы (сенсоры) – это чувствительные элементы, которые от воздействия какого-либо из видов энергии (например: света, звука, давления, тепла и т. п.) вырабатывают сигнал. Если входной сигнал превышает некоторый порог  $\theta$ , на выходе элемента получаем  $+1$ , в противном случае  $-0$ .

$A$ -элементы (ассоциативные) называются логическими решающими элементами, которые дают выходной сигнал  $+1$ , когда алгебраическая сумма их

входных сигналов равна или превышает некоторую пороговую величину  $\theta$  (говорят, что элемент активный), в противном случае выход равен  $-1$ .

$R$ -элементами (реагирующими, т. е. действующими) называются элементы, которые выдают сигнал  $+1$ , если сумма их входных сигналов является строго положительной, и сигнал  $-1$ , если сумма их входных сигналов является строго отрицательной. Если сумма входных сигналов равна нулю, выход считается либо равным нулю, либо неопределенным.

23 июня 1960 г. электронная машина «Марк-1», построенная в Корнелльском университете Фрэнком Розенблаттом, проявила способности к самообучению: она безошибочно узнавала, квадрат или круг ей показывают. Таким образом, она имела представление об основных геометрических фигурах и определяла, например, квадрат, какого бы цвета или размера он ни был. Чтобы «научить» перцептрон классифицировать образы, был разработан специальный итерационный метод обучения проб и ошибок, напоминающий процесс обучения человека – метод коррекции ошибки. Кроме того, при распознавании той или иной буквы перцептрон мог выделять характерные особенности буквы, статистически чаще встречающиеся, а не малозначимые редко встречающиеся отличия. Тем самым перцептрон был способен обобщать буквы, написанные различным образом (почерком), в один обобщенный образ. Однако возможности перцептрона были ограниченными: машина не могла надежно распознавать частично закрытые буквы, а также буквы иного размера, расположенные со сдвигом или поворотом, только те, которые использовались на этапе ее обучения.

Теория перцептронов является основой для многих других типов искусственных нейронных сетей, а сами перцептроны являются логической исходной точкой для изучения искусственных нейронных сетей.

## 5.2. Лабораторное задание

1. Создать по пять изображений символов «А» и «Л».

Характеристики изображений:

- цветность – монохромные;
- размер –  $100 \times 100$  пикселей;
- разрешение – 96 dpi;
- формат – BMP;
- имена файлов 1...10.

2. Создать файл **rules.txt** или внести изменения в существующий файл с таким именем в соответствии с буквенными символами, изображенными в файлах формата BMP.

В файле **rules.txt** должно быть 10 строк, каждая из которых должна соответствовать символам, изображенным в файлах формата BMP. То есть в строках файла **rules.txt** необходимо прописать значения «1» или «-1», при этом все значения «1» должны быть на строках, порядковые номера которых соответствуют именам файлов с первым буквенным символом, а все значения «-1»

должны быть на строках, порядковые номера которых соответствуют именам файлов со вторым символом.

3. Запустить программу **PersTeacher.exe**.
4. Указать путь к файлу **rules.txt**.
5. Ввести название классов «-1» и «1».
6. Нажать кнопку «Обучить!», при этом программа **PersTeacher.exe** создаст файл **perseptron.dat**.
7. Создать по два дополнительных изображения обоих буквенных символов с характеристиками, указанными в п. 1.
8. Создать два изображения буквенных символов с характеристиками, указанными в п. 1, отличных от ранее созданных символов.
9. Запустить программу **Perseptron.exe**.
10. Загружая изображения, созданные в соответствии с пп. 8, 9, и указывая путь к файлу с настройками **perseptron.dat**, произвести распознавание изображений.
11. Сделать выводы.

### 5.3. Содержание отчета

1. Письменная формулировка выводов по результатам выполненной работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.

### 5.4. Контрольные вопросы

1. Что такое персептрон?
2. На какой особенности базируется обучение нейронной сети?
3. Что такое действующие элементы?
4. Что такое синаптическая часть?
5. Из каких компонентов состоит модель искусственного нейрона?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

**Цель:** изучить методы защиты речевой информации от утечки за счет взаимных влияний в линиях связи, микрофонного эффекта, получить практические навыки синтеза средств подавления нежелательных речевых сигналов в проводных линиях связи.

### 6.1. Теоретическая часть

Причинами утечки речевых сигналов в проводных линиях связи являются:

- 1) взаимное влияние линий связи;
- 2) микрофонный эффект;
- 3) высокочастотное навязывание;
- 4) несанкционированное подключение к телефонной линии.

**Взаимные влияния в линиях связи.** С целью рассмотрения результатов влияния друг на друга параллельно проложенных линий связи приняты следующие основные определения (рис. 6.1):

- влияющая цепь – цепь, создающая первичное влияющее электромагнитное поле (цепь I);
- цепь, подверженная влиянию, – цепь, на которую воздействует влияющее электромагнитное поле (цепь II);
- непосредственное влияние – сигналы, индуцированные непосредственно электромагнитным полем влияющей цепи, в цепи, подверженной влиянию.

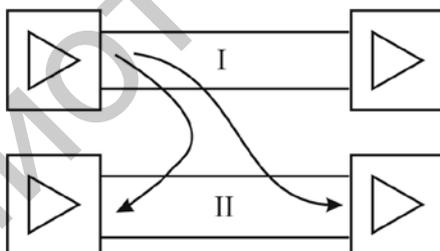


Рис. 6.1. Сигналы в цепях от взаимных влияний

В зависимости от структуры влияющего электромагнитного поля и конструкции цепи, подверженной влиянию, различают систематические и случайные влияния. К систематическим влияниям относятся взаимные наводки, возникающие по всей длине линии. К случайным относятся влияния, возникающие вследствие ряда случайных причин и не поддающиеся точной оценке. Существуют реальные условия наводок с одного неэкранированного провода на другой параллельный ему провод той же длины, когда оба они расположены над «землей». В табл. 6.1 приведены примерные данные взаимного влияния различных типов линий и меры их защиты.

Взаимное влияние различных типов линий и меры их защиты

Тип линии	Преобладающее влияние	Меры защиты
Воздушные линии связи	Систематическое влияние, возрастающее с увеличением частоты сигнала	Скрещивание цепей, оптимальное расположение цепей
Коаксиальный кабель	Систематическое влияние через третьи цепи (с повышением частоты влияние убывает вследствие поверхностного эффекта)	Экранирование и ограничение диапазона рабочих частот снизу
Симметричный кабель	Систематическое и случайное влияние, возрастающее по мере увеличения частоты излучения	Оптимизация шагов скрутки и конструкций кабеля, пространственное разделение цепей, экранирование
Оптический кабель	Систематическое и случайное влияние (от частоты сигнала практически не зависит)	Экранирование оптических волокон, пространственное разделение оптических волокон

Степень ослабления излучения кабеля, в зависимости от расстояния и частоты излучения, определяется по формуле

$$D = 20 \lg(4\pi d/\lambda), \quad (6.1)$$

где  $d$  – расстояние от кабеля;  $\lambda$  – длина волны излучения.

В дальней зоне (расстояния от источника возмущения, превышающие  $6\lambda$ ) электрическое поле принимает плоскую конфигурацию и распространяется в виде плоской волны, энергия которой делится поровну между электрической и магнитной компонентами.

Сильные магнитные поля, как правило, создаются цепями с низким волновым сопротивлением, большим током и малым перепадом напряжений, а интенсивные электрические поля – цепями с большим сопротивлением, высоким напряжением и малым током. Для плоской волны в свободном пространстве волновое сопротивление

$$Z_D^{HE} = Z_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 376,8 \text{ (Ом)}. \quad (6.2)$$

Для поля с преобладающей электрической компонентой волновое сопротивление существенно больше ( $Z_D^E > Z_0$ ), а для преобладающего магнитного поля – существенно меньше ( $Z_D^H < Z_0$ ) значения волнового сопротивления для плоской волны.

Дальняя зона – это область пространства, в которой распространение от источника существенно превышает длину волны ( $r > \lambda$ ). Границей раздела этих зон условно можно принять равенство расстояний от источника возмущения  $1/6$  длины волны, что составляет 0,5 м для частоты 100 МГц и 50 м для частоты 1 МГц.

Анализ физической природы многочисленных преобразователей и излучателей показывает, что:

- источниками опасного сигнала являются элементы, узлы и проводники технических средств обеспечения производственной и трудовой деятельности, а также продукция радио- и электронного характера;
- каждый источник опасного сигнала при определенных условиях может образовывать технический канал утечки информации;
- каждая электронная система, содержащая в себе совокупность элементов, узлов и проводников, обладает некоторым множеством технических каналов утечки информации.

**Микрофонный эффект.** Электромеханический вызывной звонок телефонного аппарата – типичный представитель индуктивного акустоэлектрического преобразователя, микрофонный эффект которого проявляется при положенной микротелефонной трубке (рис. 6.2).

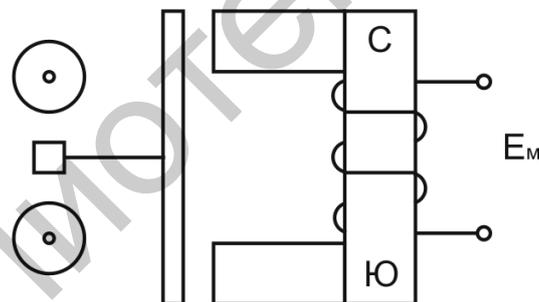


Рис. 6.2. Схема электроакустического вызывного звонка телефонного аппарата

Электродвижущая сила (ЭДС) микрофонного эффекта звонка может быть определена по формуле

$$E_{м.э} = \eta p, \quad (6.3)$$

где  $p$  – акустическое давление;  $\eta = FS\mu_0\omega S_M / d^2 z_M$  – акустическая чувствительность звонка; здесь  $F$  – магнитодвижущая сила постоянного магнита;  $S$  – площадь якоря (пластины);  $\mu_0$  – магнитная проницаемость сердечника;  $\omega$  – число витков катушки;  $S_M$  – площадь плоского наконечника;  $d$  – значение зазора;  $z_M$  – механическое сопротивление.

**Высокочастотное навязывание.** На рис. 6.3 представлена схема, иллюстрирующая принцип реализации высокочастотного навязывания в телефонном

аппарате при положенной микротелефонной трубке (т. е. в ситуации, когда телефонный разговор не ведется и цепь питания микрофона разомкнута).

В рассматриваемом случае в телефонную линию подаются от специального высокочастотного генератора колебания с частотой более 100 кГц. Низкочастотные сигналы формируются в технических средствах обработки информации на элементах, обладающих свойствами электроакустических преобразователей (звонок, микрофон и т. д.), которые преобразуют акустические сигналы (разговорную речь в помещении, где расположен телефонный аппарат) в электрические.

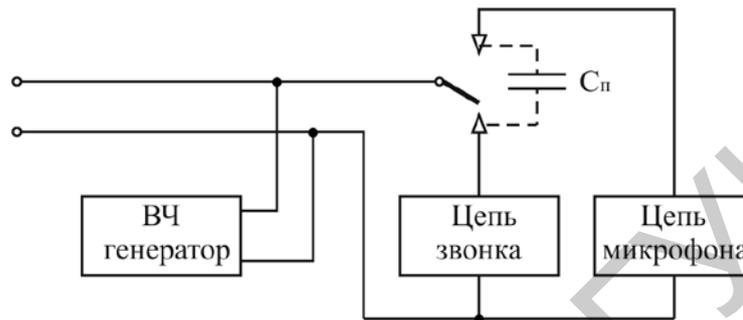


Рис. 6.3. Принцип реализации высокочастотного навязывания в телефонном аппарате

Несмотря на то что цепь микрофона телефонного аппарата разомкнута рычажным переключателем, между цепью микрофона и выходом линии существует паразитная емкость  $C_{\text{п}}$ . С увеличением частоты емкостное сопротивление этого переключателя будет относительно невысоким, поэтому навязываемые высокочастотные колебания через емкость  $C_{\text{п}}$  будут приложены к микрофону. Если в это время на микрофон действует достаточное звуковое давление речевого сигнала, обусловленное ведением разговоров в помещении, где расположен телефонный аппарат, то на выходе микрофона появится напряжение речевого сигнала. Происходит модуляция высокочастотных колебаний речевым сигналом. Аналогичные явления наблюдаются и в звонковой цепи телефонного аппарата.

Излучение высокочастотных колебаний, промодулированных опасным сигналом, в свободное пространство осуществляется с помощью случайной антенны – телефонного провода. Промодулированный высокочастотный сигнал распространяется также в телефонной абонентской линии за пределы контролируемой территории. Следовательно, прием высокочастотных колебаний можно осуществлять либо путем подключения приемного устройства к телефонной линии, либо путем регистрации побочных электромагнитных излучений линии связи.

**Несанкционированное подключение к телефонной линии.** Перехват речевых сигналов также обеспечивается за счет подключения к линии связи (рис. 6.4). Наиболее опасными зонами, с точки зрения вероятности применения устройств перехвата информации, считаются зоны «А», «Б», и «В».

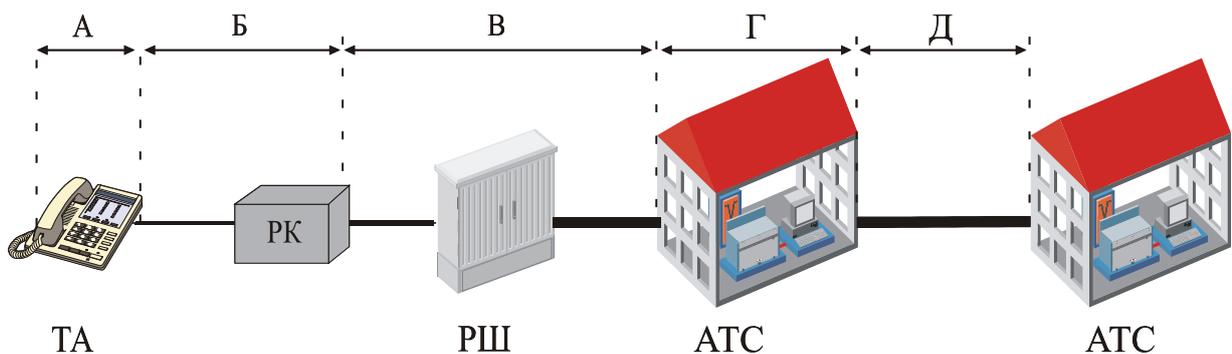


Рис. 6.4. Основные зоны возможного несанкционированного подключения к телефонной линии:

ТА – телефонный аппарат; РК – распределительная коробка; РШ – распределительный шкаф; АТС – автоматическая телефонная станция

Непосредственное подключение к линии – самый простой способ перехвата телефонных разговоров. Подключение бывает:

- контактным;
- бесконтактным (с помощью индуктивного датчика).

Устройство перехвата информации в зонах «А» и «Б» может быть установлено в любом месте, где есть доступ к телефонным проводам или телефонному аппарату: в телефонной розетке или любом другом месте телефонной линии на всем ее протяжении вплоть до распределительной коробки.

Один из способов – подключение к телефонной линии звукозаписывающей аппаратуры (диктофонов) при помощи специальных адаптеров, голосовых активаторов, устройств, реагирующих на уменьшение напряжения в линии. Другой вариант – подключение к телефонной линии радиопередающих устройств. Такие устройства могут включаться как в разрыв линии, так и параллельно. Как правило, их питание осуществляется непосредственно от телефонной линии.

Существует способ перехвата информации при помощи специального индуктивного датчика, охватывающего кабель. В связи со слабым влиянием индуктивного датчика на параметры телефонной линии обнаружить его техническими средствами практически невозможно. Остановимся на принципе работы классического индуктивного датчика (рис. 6.5).

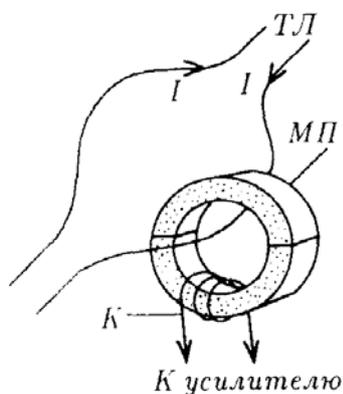


Рис. 6.5. Принцип работы индуктивного датчика

Два провода телефонного кабеля отделяются один от другого, и на один из них надевается замкнутый магнитопровод датчика. Обычно для удобства установки магнитопровод делается из двух разделяющихся частей, которые соединяются при установке. Во время разговора по телефонным проводам течет переменный электрический ток, пропорциональный звуковому давлению (звуку), которое создают говорящие абоненты.

Этот ток одинаков для каждой жилы телефонного провода, но направлен в противоположные стороны. Вокруг каждой из жил телефонной линии (ТЛ) возникает переменное магнитное поле, пропорциональное переменному току. Магнитное поле от жилы, охваченной магнитопроводом (МП), создает в нем переменный магнитный поток, который наводит ЭДС в катушке К, намотанной на одну из частей магнитопровода. Таким образом, на концах катушки возникает напряжение, изменяющееся вместе со звуковыми колебаниями. Далее оно усиливается и подается на вход радиопередатчика, диктофона или другого устройства.

**Средства защиты речевых сигналов.** К таким средствам относятся фильтры и другие приспособления, предназначенные для срыва некоторых видов прослушивания помещений с помощью телефонной линии, находящейся в режиме отбоя. Эти средства могут устанавливаться в разрыв телефонной линии или встраиваться в цепи непосредственно телефонного аппарата.

Достоинства:

- предотвращение перехвата речевой информации в помещениях методом ВЧ-навязывания;
- предотвращение перехвата речевой информации в помещениях из-за микрофонного эффекта телефонного аппарата;
- предотвращение перехвата речевой информации в помещениях с помощью микрофонов, передающих речевую информацию по телефонной линии на ВЧ-поднесущей при условии правильного размещения фильтра на телефонной линии.

Недостатком средств пассивной защиты является то, что они не защищают от всего остального разнообразия систем перехвата.

## 6.2. Лабораторное задание

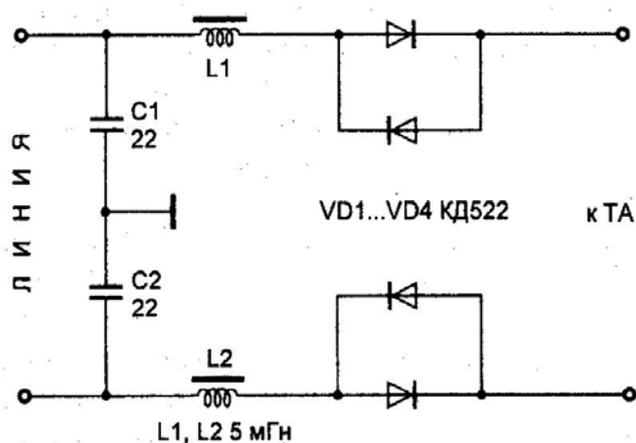
Приборы и оборудование:

1. Персональный компьютер.
2. Программа Electronics Workbench или аналогичная.

Исследовать функционирование фильтра, устанавливаемого в разрыв телефонной линии.

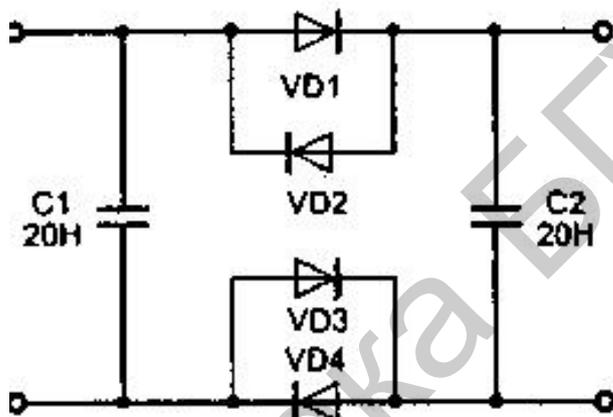
Исследовать амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) фильтра.  
Для этого:

1. В соответствии с одним из приведенных вариантов задания составить схему в программе Electronics Workbench.



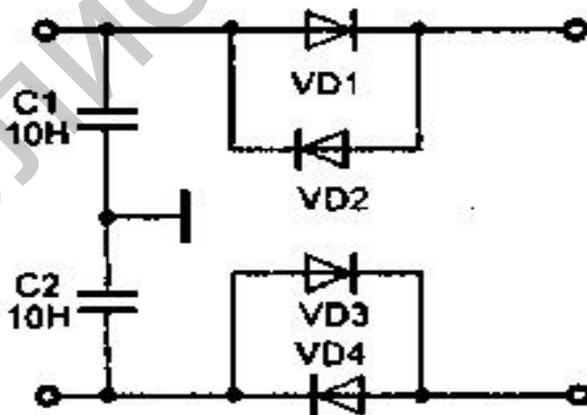
Вариант 1

VD1...VD4 КД105



Вариант 2

VD1...VD4 КД102А



Вариант 3

2. Для имитации подключения фильтра к телефонной линии заместить ее эквивалентным сопротивлением 600 Ом, подключаемым параллельно фильтру.

3. Со стороны телефонного аппарата включить генератор сигналов: частота 100 кГц...1 МГц, напряжение 1 В.

4. Отобразить в отчете АЧХ, полученную с помощью анализатора АЧХ. По внешнему виду АЧХ определить тип фильтра и его граничную частоту (частоты).

Исследовать вольт-амперную характеристику (ВАХ) фильтра. Для этого:

1. Настроить генератор. Для этого полоса частот, в которой он будет формировать сигнал (имитируя работу телефонного аппарата) должна составлять 0,3...3,4 кГц.

2. Последовательно с эквивалентным сопротивлением линии включить амперметр. Изменять на генераторе напряжение в промежутке от 0,1 до 1 В с шагом 0,1 В. Результаты измерения тока при известном значении напряжения занести в отчет. По результатам измерений построить ВАХ фильтра.

### **6.3. Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Схема исследуемого фильтра с подключенными к нему эквивалентным сопротивлением линии и телефонным аппаратом.
3. АЧХ фильтра.
4. ВАХ фильтра.
5. Вывод по работе.
6. Ответы на контрольные вопросы.

### **6.4. Контрольные вопросы**

1. В чем причина взаимных влияний в линиях связи?
2. Чем обусловлен микрофонный эффект? Приведите несколько примеров его проявления.
3. Что такое высокочастотное навязывание?
4. Приведите примеры контактных способов подключения к линиям связи для перехвата информации.
5. Приведите примеры бесконтактных способов подключения к линиям связи для перехвата информации.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

### ОБНАРУЖЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ СКАНИРУЮЩЕГО ПРИЕМНИКА

**Цель:** изучить основы проведения радиомониторинга; получить практические навыки классификации радиочастотных излучений с помощью модели сканирующего приемника, реализованного программным методом.

#### 7.1. Теоретическая часть

Сканирующие приемники обеспечивают прием радиосигналов в широком диапазоне частот (100 кГц...3 ГГц) с различными видами модуляции. Основными отличительными функциями таких приемников являются возможность сканирования (просмотра) заданного диапазона частот, контроль приоритетной частоты, возможность создания банков контролируемых частот. Более широкие возможности по обнаружению представляются при получении спектрограммы диапазона, что может быть реализовано при подключении к приемнику специальной панорамной приставки или компьютера со специальным программным обеспечением, которое значительно расширяет возможности обнаружения подслушивающих устройств. Сканирующие приемники подразделяются на две группы: переносимые и перевозимые портативные. К переносимым сканирующим приемникам относятся малогабаритные сканирующие приемники весом 150...350 г, имеющие автономные аккумуляторные источники питания.

Сканирующие приемники (как переносимые, так и перевозимые) могут работать в одном из следующих режимов:

- режим автоматического сканирования в заданном диапазоне частот;
- режим автоматического сканирования по фиксированным частотам;
- ручной режим работы.

Первый режим работы приемников является основным при выявлении частот работающих радиоэлектронных средств (при решении задач радиоразведки и радиоконтроля), а также при поиске излучений радиозакладок. При этом режиме устанавливаются начальная и конечная частоты сканирования, шаг перестройки по частоте и вид модуляции.

Второй режим работы приемников используется при ведении радиоразведки и радиоконтроля, если известны и записаны в каналы памяти возможные частоты работы радиосредств. Для каждого канала памяти вводится значение частоты, вид модуляции и для некоторых видов приемников – ослабление входного аттенюатора. Информация, хранящаяся в каждой ячейке (канале) памяти, может легко вызываться на жидкокристаллический дисплей с помощью функциональных клавиш. Сканирование каналов памяти осуществляется последовательно, при этом так же, как и при первом режиме работы, предусмотрены возможность сканирования с пропуском частот, записанных в маскиро-

ванные каналы, и возможность автоматической записи в память частот обнаруженных сигналов.

Третий режим работы приемников применяется для детального обследования всего или ряда частотных диапазонов и отличается от первого режима тем, что перестройка приемников осуществляется оператором с помощью ручки изменения частоты, при этом информация о частоте настройки, виде модуляции, уровне входного сигнала и других показателях выводится на жидкокристаллический дисплей. Перестройка частоты осуществляется с выбранным шагом перестройки. Для более быстрого изменения частоты используется режим поразрядного набора, при котором частота изменяется последовательно по разрядам (например: 100 МГц, 10 МГц, 1 МГц, 100 кГц и т. д.). Данный режим работы позволяет довольно быстро и легко выйти в нужный частотный диапазон.

На начальном этапе радиомониторинга следует в режиме автоматического поиска сканера произвести 3–4 раза в разное время суток обзор всего частотного диапазона, в котором работает используемое на посту радиомониторинга радиоприемное устройство, выделить и зафиксировать частоты всех постоянно присутствующих в эфире радиовещательных и телевизионных станций, организационных каналов сетей радиосвязи общего пользования, несущих частот радиорелейных линий (РРЛ) и т. д. Последующее исследование радиоэфира следует производить в более узких частотных диапазонах (не более 10...20 МГц), причем в каждом из них контроль должен осуществляться в течение нескольких суток и в различное время. Обследование наиболее загруженных участков радиодиапазона, а также тех, где наиболее вероятна работа радиосредств перехвата информации необходимо проводить еще в более узких пределах (2...3 МГц).

Сканирующие приемники широко используются для решения задач радиомониторинга:

- выявление загрузки диапазона частот зарегистрированными источниками радиоизлучений;
- измерение параметров радиоизлучений на основе их спектрального анализа;
- обнаружение побочных электромагнитных излучений специальных технических средств негласного получения информации;
- выявление побочных электромагнитных излучений технических средств объекта защиты (оргтехники, компьютеров и т. п.);
- выявление наличия преднамеренных и непреднамеренных помех;
- поиск облучающих объект сигналов (радиолокационных, ВЧ-навязывания, НЧ-навязывания, лазерных);
- контроль соблюдения дисциплины связи при использовании персоналом на объекте открытых каналов связи (по частотам, режимам работы, характеру передаваемой информации, графику работы и т. д.);
- оценка эффективности используемых на объекте технических средств защиты.

## 7.2. Лабораторное задание

Перед выполнением задания ознакомиться с органами управления скоростным поисковым приемником «Скорпион XL» и многофункциональным имитатором сигналов «Шиповник-2» в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

Обнаружить и классифицировать радиочастотные излучения в полосе приема сканирующего приемника. Для этого выполнить следующее.

1. С помощью многофункционального имитатора сигналов «Шиповник-2» поочередно на частотах 144 МГц, 433 МГц, 1,2 ГГц и 2,4 ГГц сгенерировать сигналы следующих видов модуляции: широтно-частотная, узко-частотная.

2. На расстояниях 1, 3 и 5 м от антенн имитатора с использованием скоростного поискового приемника «Скорпион-XL» провести обнаружение сигналов, генерируемых имитатором сигналов «Шиповник-2». Оценить максимальные значения амплитуды этих сигналов, а также значения частот, на которых амплитуда максимальна. Результаты систематизировать в таблице, форма которой имеет следующий вид:

Вид модуляции	Расстояние, м	Частота, МГц	Амплитуда, Вт

Таблицу с результатами занести в отчет.

3. С использованием полученных результатов построить графические зависимости амплитуды сигналов от расстояния и частоты. Сделать вывод на основе результатов построенной зависимости.

4. Оформить отчет.

## 7.3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Таблица с результатами выполненных измерений.
3. Построенные графические зависимости.
4. Вывод по работе.
5. Ответы на контрольные вопросы.

## 7.4. Контрольные вопросы

1. Какое назначение сканирующего приемника?
2. Для чего предназначен имитатор сигналов «Шиповник-2»?
3. Что относится к перечню задач радиомониторинга?
4. Изложите классификацию сканирующих приемников.
5. В каких случаях используется ручной режим работы сканирующего приемника?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ОТ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ ЗА СЧЕТ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

**Цель:** изучить особенности проведения специальной проверки технических средств; получить практические навыки проведения специальной проверки телефонного аппарата на предмет электроакустических преобразований.

### 8.1. Теоретическая часть

Специальная проверка – комплекс инженерно-технических мероприятий, проводимых с использованием необходимых, в том числе и специализированных технических средств, направленных на исключение перехвата технической разведкой информации, содержащей сведения, составляющие государственные секреты, с помощью внедренных в защищаемые технические средства и изделия закладных устройств (ЗУ).

Проведение специальной проверки по выявлению ЗУ в технических средствах состоит из следующих этапов:

- прием-передача технического средства, формирование исходных данных для составления программы проведения специальной проверки;
- разработка программы проведения специальной проверки технического средства;
- проведение технических проверок;
- анализ результатов специальной проверки, оформление отчетных документов.

Для проведения специальной проверки технические средства представляются в полной комплектации, штатной упаковке, в исправном состоянии. Технические средства передаются на специальную проверку по акту приема-передачи. Подписание акта осуществляется только после обязательной проверки работоспособности (исправности) технического средства. В случае если представленное техническое средство не работоспособно (неисправно), проверка не проводится.

Представители заказчика помимо технического средства представляют исходные данные, необходимые для разработки программы проведения специальной проверки.

Исходные данные условно можно разделить на три группы:

- данные о техническом средстве;
- данные о его планируемом применении;
- данные о месте размещения технического средства.

Данные о техническом средстве включают в себя: сведения о его назначении и полной комплектации; комплект документов на техническое средство; способ приобретения; сведения об организации или предприятии, в котором приобретено техническое средство.

Данные о планируемом применении должны отвечать на вопросы:

- планируется ли техническое средство для обработки государственных секретов (для размещения в помещении, где циркулирует такая речевая информация);
- есть ли высший гриф секретности обрабатываемой (обсуждаемой) информации;
- в составе какой системы (или самостоятельно) планируется применение технического средства;
- к каким коммуникационным системам планируется его подключение.

Данные о планируемом месте размещения технических средств включают в себя: описание объекта, на котором планируется размещение технического средства; перечень охраняемых сведений объекта; минимальное расстояние до границы контролируемой зоны (КЗ); размещение посольств, представительств и иных мест постоянного или временного пребывания иностранных граждан по отношению к КЗ; возможность и периодичность пребывания иностранных делегаций на объекте.

Дополнительно могут быть представлены любые данные, способствующие составлению перечня специальных электронных устройств, возможно внедренных в техническое средство.

Логика программы проведения специальной проверки основывается на том, что установка каждого специального электронного устройства имеет своей целью получение вполне конкретной информации или выведение из строя важной системы (технического средства).

По полученным документам проводится изучение и анализ схемотехнических и конструктивно-технических принципов построения технического средства, его элементной базы, принципов представления и обработки информации с целью выделения узлов, блоков и цепей, по которым циркулирует обрабатываемая информация, а также цепей питания узлов, блоков и элементов технического средства.

В результате анализа исходных данных, конструктивно-технических принципов построения и на основе классификации специального электронного устройства определяется перечень естественных каналов утечки информации и возможно внедренных в техническое средство специальных электронных устройств.

При отсутствии исходных данных о техническом средстве организация, производящая специальную проверку, должна исходить из возможности применения противником всего спектра ЗУ.

На следующем этапе на основании перечня естественных каналов утечки информации и возможно внедренных ЗУ составляется программа проведения специальной проверки технического средства, которая определяет порядок выявления демаскирующих признаков ЗУ и их непосредственное выявление. Результаты оформляются в журнале проведения специальных проверок и заверяются подписью руководителя рабочей группы.

После проведения специальной проверки техническое средство и оборудование маркируются (опечатываются) по определенной методике.

После анализа результатов специальной проверки руководитель рабочей группы делает вывод об отсутствии (наличии) в составе технического средства ЗУ. По результатам проведенных технических проверок оформляется акт проведения специальной проверки, в котором отражается перечень проверенных элементов и вид технических проверок, фамилия и инициалы лица, проводившего тот или иной вид проверки и заключение по результатам специальной проверки.

Акт оформляется в единственном экземпляре и остается у исполнителя. Заключение оформляется в двух экземплярах: первый экземпляр направляется в адрес заказчика, второй – у исполнителя. Акт и заключение утверждаются руководителем организации, проводившей специальную проверку.

**Особенности электроакустических преобразований.** В качестве преобразователей механической энергии акустического сигнала в электрические могут выступать элементы технических средств, обладающие различной природой и достаточно широким спектром физических свойств.

В первую очередь это обратный эффект Фарадея, который заключается в том, что при движении проводника поперек силовых линий магнитного поля на его концах наводится ЭДС (при замкнутом проводнике течет ток). Магнитное поле существует всегда, например: магнитное поле Земли, а также любой детали из сплавов железа, некоторых других металлов и их сплавов. Следовательно, перемещение любого проводника (вибрация, дрожание), особенно многовитковой обмотки, неизбежно вызывает появление напряжения или тока, соответствующих акустическому (вибрационному) воздействию. Поэтому все точные изделия (трансформаторы, реле, катушки индуктивности, дроссели и т. д.) в составе технических средств всегда являются источниками акустоэлектрических преобразований. Кроме того, возникающая под воздействием акустических сигналов вибрация всякого рода сердечников перечисленных компонентов (это более характерно для материалов с высоким значением магнитной проницаемости) вызывает за счет волн сжатия в материале изменение их магнитной проницаемости (обратный магнитострикционный эффект, или эффект Веллари), что также вызывает появление сигнала в обмотке.

Часто проявляются различные емкостные эффекты. Если в конденсаторе, образованном определенными проводящими элементами, одна обкладка движется относительно другой, изменяется емкость этого конденсатора, следовательно, меняется напряжение на обкладках.

Третий, часто встречающийся эффект – это пьезоэффект. Большое число керамических конденсаторов выполняется из материалов типа ЦТС (цирконий – титанат свинца). Такие материалы всегда обладают пьезострикционным эффектом, т. е. при приложении к ним механического усилия (изгиб, сдвиг, сжатие и т. д.) на обкладках конденсатора генерируются электрические потенциалы, пропорциональные приложенному усилию – пьезоэлектрический микрофон.

**Методика проверки технических средств на электроакустические преобразования.** Рассматриваемый вид технического контроля предназначен для обнаружения и измерения уровней опасных сигналов, возникающих в технических средствах и соединительных линиях за счет микрофонного эффекта, т. е. за счет преобразования акустических колебаний в электрические сигналы.

С помощью генератора акустического сигнала формируется тональное звуковое колебание с частотой  $f = 1000$  Гц и определенным звуковым давлением в районе размещения технического средства на штатном месте эксплуатации (рис. 8.1).

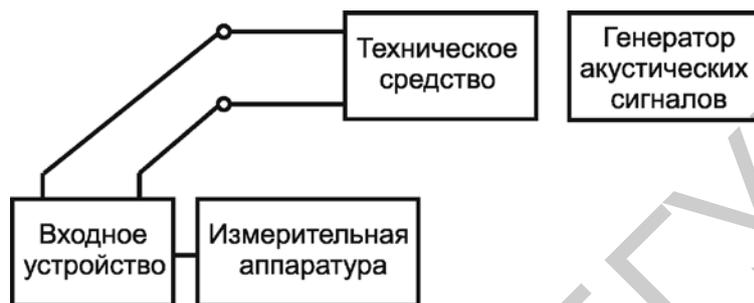


Рис. 8.1. Структурная схема подключения технического средства для контроля утечки информации за счет электроакустических преобразований

Измерительная аппаратура подключается к контролируемой линии через входное устройство экранированным проводом и настраивается на частоту 1000 Гц при минимальной полосе пропускания приемника. При наличии на выходе измерительного прибора сигнала необходимо убедиться в том, что этот сигнал обусловлен воздействием на техническое средство акустических колебаний генератора (путем выключения генератора акустических колебаний) и зафиксировать измеренное значение напряжения.

Поиск, обнаружение и измерение уровня электрического сигнала на частоте  $f = 1000$  Гц осуществляется во всех линиях, связанных с контролируемым техническим средством и выходящих за пределы контролируемой территории, включая провода и шины систем электропитания и заземления.

**Основные сведения о телефонном аппарате ТА-72.** Телефонный аппарат ТА-72 (рис. 8.2), предназначен для работы в городских сетях. Его коммутационно-вызывную часть образуют рычажный переключатель SA1 (рис. 8.3), звонок HA1, разделительный конденсатор C1 и номеронабиратель SA2. Разговорная часть телефонного аппарата состоит из телефона BF1, микрофона BM1, трансформатора T1, балансного контура (конденсаторы C1 и C2, резисторы R1...R3) и ограничительных диодов VD1, VD2. Разговорная часть выполнена по противоместной схеме мостового типа.



Рис. 8.2. Размещение компонентов внутри телефонного аппарата ТА-72

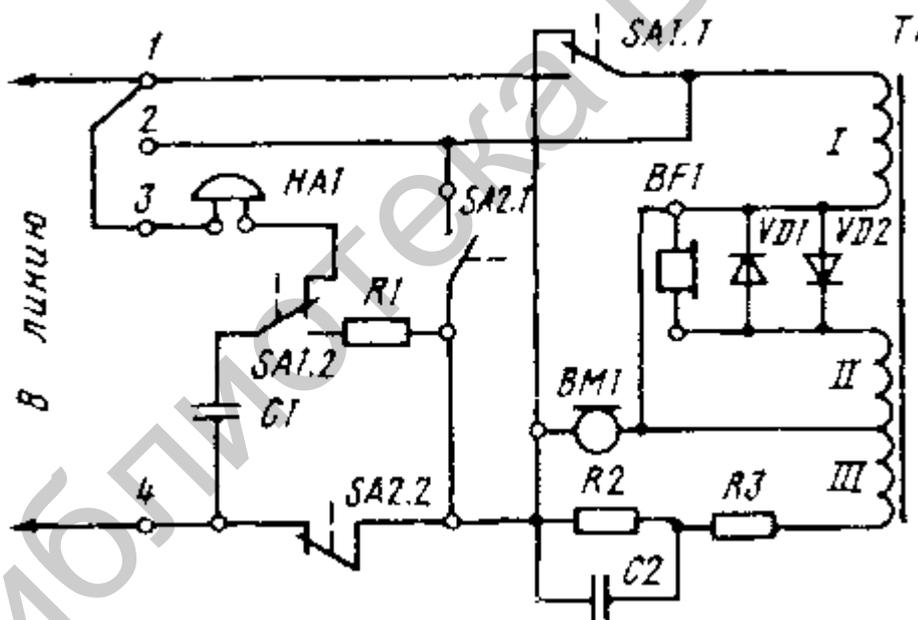


Рис. 8.3. Электрическая принципиальная схема телефонного аппарата ТА-72

В исходном состоянии контактов рычажного переключателя SA1 и номеронабирателя SA2, показанном на схеме, к линии подключены последовательно соединенные между собой звонок HA1 и конденсатор C1, а разговорная часть отключена.

При появлении вызывного напряжения на зажимах 1 и 4 телефонного аппарата ток протекает по цепи: зажим 1 – переключатель – зажим 3 – обмотка звонка – нормально замкнутые контакты SA1.2 рычажного переключателя – конденсатор C1 – зажим 4 (направление тока выбрано условно). При поднятии

абонентом трубки контакты SA1.1 и SA1.2 изменяют положение, отключая при этом вызывную цепь и подключая к линии разговорную цепь. Сопротивление постоянному току между зажимами 1 и 4 изменяется от большого (сотни килоом – мегаомы) до относительно малого (сотни ом), это фиксируется приборами телефонной станции, и они переключаются в разговорный режим.

При наборе номера контакты SA2.1 номеронабирателя находятся в замкнутом состоянии во время прямого и возвратного вращения диска, что обеспечивает шунтирование разговорной цепи и исключает прослушивание щелчков в телефоне. При возвратном вращении диска номеронабирателя контакты SA2.2 разрывают линейную цепь и приборы станции по числу таких размыканий фиксируют номер вызываемого абонента.

Диоды VD1 и VD2 ограничивают выбросы напряжения на обмотках телефона и исключают резкие звуки, неприятные для уха.

## 8.2. Лабораторное задание

Приборы и оборудование:

- многофункциональный поисковый прибор ST 031М «Пиранья»;
  - универсальный адаптер проводных линий BWLC031М;
  - наушники;
  - источник контрольного звука;
  - зажимы типа «крокодил»;
  - универсальный кабель для подключения BWLC031М к проводным линиям;
  - телефонный аппарат ТА-72;
  - рулетка.
1. Подключить адаптер и наушники к поисковому прибору.
  2. Подключить к универсальному кабелю зажимы типа «крокодил».
  3. Подключить универсальный кабель к адаптеру.
  4. С помощью зажимов подключить поисковый прибор к телефонному аппарату.
  5. Включить поисковый прибор. Выбрать канал 3 и соответствующий адаптер. Перейти в режим осциллографа (см. Техническое описание и инструкцию по эксплуатации ST 031М «Пиранья»).
  6. Включить источник звука и выбрать сигнал 1 кГц. Откалибровать уровень звука на 60 дБ. Определить местоположение источника звука в непосредственной близости от корпуса ТА-72, при котором ST 031М «Пиранья» регистрируется звуковой сигнал (для этого нужно плавно перемещать источник звука вдоль корпуса ТА-72). Измерить параметры сигнала.
  7. Определить максимальное расстояние, на котором обеспечивается электроакустическое преобразование, регистрируемое ST 031М «Пиранья» (для этого нужно плавно удалять источник звука от ТА-72). Измерить расстояние. Измерить параметры сигнала.

8. Повторить п. 6 при условии, что источник звука находится слева, справа, спереди, сзади и сверху от ТА-72.

9. Оформить отчет.

### 8.3. Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Таблица результатов выполнения работы:

Местоположение источника звука	Расстояние до ТА-72	Параметры зарегистрированного сигнала

3. Вывод по работе.

4. Ответы на контрольные вопросы.

### 8.4. Контрольные вопросы

1. Какова цель проведения специальной проверки?

2. Какова последовательность действий при проведении специальной проверки?

3. Какие основные эффекты обуславливают возможность электроакустических преобразований в технических средствах?

4. На какой частоте должен работать генератор акустических сигналов при проведении специальной проверки на электроакустические преобразования?

5. Какие элементы телефонного аппарата ТА-72 способны реализовать электроакустические преобразования?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9 АЛГОРИТМЫ И УСЛОВИЯ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

**Цель:** ознакомиться с основными алгоритмами сжатия видеоизображений и критериями оценки их качества.

### 9.1. Теоретическая часть

Одним из наиболее частых требований к системам видеонаблюдения является возможность узнавать человека, определять нарушителя или, например, группу людей, совершающих противоправные действия. Вторым по значимости требованием является возможность распознавать автомобильные номера. Основная проблема, с которой сталкиваются пользователи систем видеонаблюдения, связана с ограниченным числом пикселей в видеокамерах. Число это составляет примерно 400 000, поэтому в большинстве случаев необходимо выполнять подбор правильного места и объектива для видеокамеры, чтобы она смогла зарегистрировать достаточно деталей для распознавания людей и автомобильных номеров. При записи оцифрованного изображения рекомендуется использовать полный кадр и самое высокое качество (т. е. 720×576 пикселей при размещении видеокамер внутри помещения и 1280×1024 пиксела при наружном размещении видеокамер).

Если в качестве объекта наблюдения берется человек, а установленная система видеонаблюдения имеет разрешение не менее 400 ТВ-линий, то при установке видеокамеры надо соблюдать следующие условия.

1. Для идентификации незнакомого человека необходимо, чтобы:
  - его изображение занимало 100 % высоты кадра; при этом предполагается, что лицо человека (голова) составляет примерно 15 % его высоты;
  - на оцифрованном кадре изображение его головы занимало не менее 90 пикселей по высоте (при необходимости применения алгоритмов сжатия).
2. Для распознавания знакомого человека необходимо, чтобы:
  - его изображение занимало не менее 50 % от всего изображения или кадра;
  - на оцифрованном кадре высота его изображения составляла не менее 288 пикселей (при необходимости применения алгоритмов сжатия).
3. Для обнаружения человека необходимо, чтобы:
  - его изображение занимало не менее 10 % от всего изображения или кадра;
  - на оцифрованном кадре высота его изображения составляла не менее 60 пикселей (при необходимости применения алгоритмов сжатия).
4. Для наблюдения за человеком в толпе необходимо, чтобы:
  - его изображение занимало не менее 5 % от всего изображения или кадра;
  - на оцифрованном кадре высота его изображения составляла не менее 30 пикселей (при необходимости применения алгоритмов сжатия).

5. Для визуального распознавания автомобильных номеров необходимо, чтобы:

- высота изображений символов номерной пластины была не менее 5 % от высоты изображения или кадра;
- на оцифрованном кадре высота изображения символов должна составлять не менее 30 пикселей (при необходимости сжатия этого кадра).

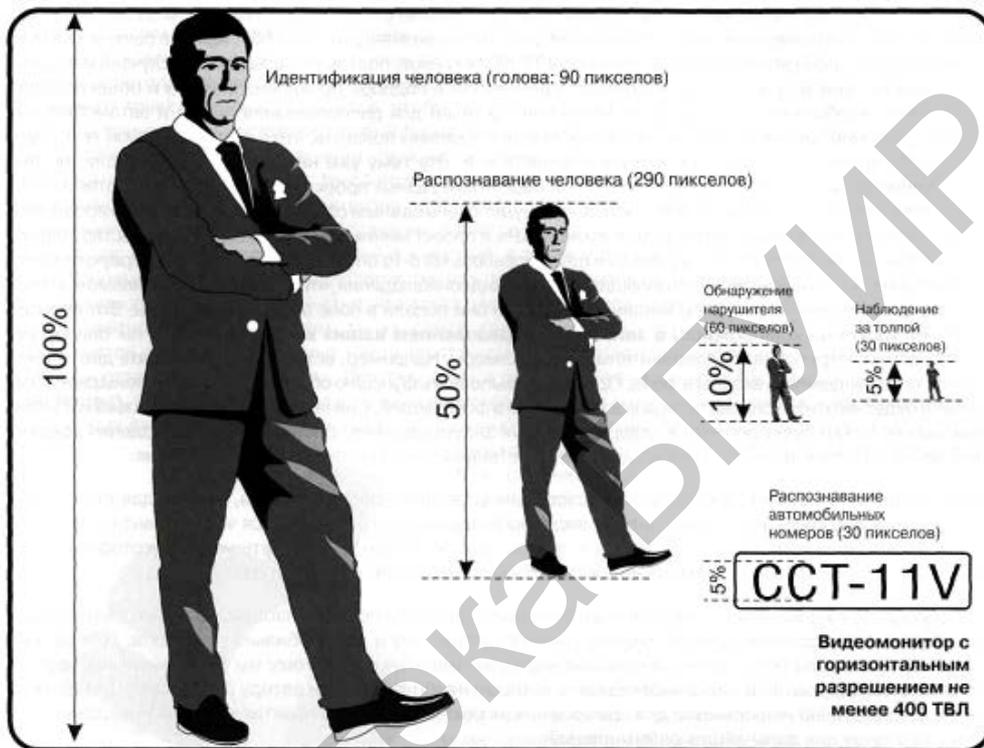


Рис. 9.1. Минимальные размеры объектов относительно вертикали изображения для идентификации и распознавания

Разрешающая способность видеокамер на границах контролируемой зоны задается в следующих пределах:

- не менее 150 пикселей на метр (далее – пикс/м) – для узнаваемости внешности человека (в местах массового скопления людей);
- не менее 250 пикс/м – для идентификации внешности при входе в помещение и выходе из него и в местах, где проход граждан ограничен;
- не менее 50 пикс/м и с частотой кадров не менее 25 кадров в секунду, если иное не установлено законодательными актами, – для распознавания событий (действий человека, воздействия на объекты, качественного изменения объектов).

В алгоритмах сжатия так называемого подвижного изображения (видеоизображения или кадра) используются три измерения: горизонтальное, вертикальное и временное. Поэтому такой вид сжатия часто называют еще временным и межкадровым. Типичным примером алгоритмов с межкадровым сжатием являются MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, H.263 и H.264. В алгоритмах сжатия так называемого неподвижного изображения используются только два измере-

ния: горизонтальное и вертикальное. К таким алгоритмам относятся JPEG и Wavelet (JPEG-2000).

В настоящее время типичный цифровой видеореги­стратор, используемый в системах видеонаблюдения, представляет собой устройство, в котором объединены функции видеомультимплек­сора и видеомагнитофона с цифровой записью (видеомультимплексор – устройство системы видеонаблюдения, позволяющее поступающий с камер видеонаблюдения сигнал направить сразу в несколько каналов, например на монитор для просмотра и на видеомагнитофон). В таких устройствах удобнее применять сжатие изображения, а не сжатие видеоизображения, т. к. цифровой видеореги­стратор будет сжимать телевизионные кадры или поля как отдельные изображения, от какой бы телекамеры ни пришло то или иное изображение. Преимуществом таких алгоритмов сжатия изображения является то, что каждое изображение будет независимым от других, т. е. оно само по себе содержит достаточно информации, чтобы его можно было реконструировать, не пользуясь предшествующими или последующими кадрами записи. Юридически в некоторых случаях такие алгоритмы сжатия изображения будут предпочтительнее по причине независимости отдельных кадров записи. Это, конечно, не означает, что сжатие видеоизображения не позволит использовать запись в суде, а только подчеркивает тот факт, что алгоритмы сжатия видеоизображения реконструируют нужный кадр на основе предшествующих или последующих кадров записи. При использовании алгоритмов сжатия изображения скорость записи ниже, чем 25 кадров в секунду, что позволяет экономить пространство жесткого диска. При использовании алгоритмов сжатия видеоизображения вместо алгоритмов сжатия изображений скорость записи увеличивается, однако качество изображений снижается. Средствами, используемыми для создания телевизионных систем видеонаблюдения, являются формирование и передача цветного видеоизображения с частотой не менее 10 кадров в секунду, если иное не установлено законодательными актами Республики Беларусь.

## 9.2. Лабораторное задание

1. Из изображений, хранящихся в папке «Люди», выбрать те, по отношению к которым могут быть применены алгоритмы сжатия, при условии что один из объектов, представленных на этом изображении, должен идентифицироваться. Наименования файлов выбранных изображений занести в отчет.

2. Из изображений, хранящихся в папке «Люди», выбрать те, по отношению к которым могут быть применены алгоритмы сжатия, при условии что один из объектов, представленных на этом изображении, должен распознаваться. Наименования файлов выбранных изображений занести в отчет. Выбор обосновать в письменной форме.

3. Из изображений, хранящихся в папке «Люди», выбрать те, по отношению к которым могут быть применены алгоритмы сжатия, при условии что объект минимального размера из тех, что представлены на этом изображении,

должен обнаруживаться. Наименования файлов выбранных изображений занести в отчет. Выбор обосновать в письменной форме.

4. Из изображений, хранящихся в папке «Люди», выбрать те, по отношению к которым могут быть применены алгоритмы сжатия, при условии что хотя бы за одним из объектов, представленных на этом изображении, необходимо наблюдать. Наименования файлов выбранных изображений занести в отчет. Выбор обосновать в письменной форме.

5. Из изображений, хранящихся в папке «Автомобили», выбрать те, по отношению к которым могут быть применены алгоритмы сжатия, при условии что автомобильный номер или номера, представленные на этом изображении, должны распознаваться. Наименования файлов выбранных изображений занести в отчет. Выбор обосновать в письменной форме.

6. Выполнить сжатие файлов выбранных изображений с помощью алгоритмов JPEG и JPEG-2000. Для этого использовать программу Total Image Converter.

7. Рассчитать коэффициент сжатия полученных изображений.

8. Построить, если это возможно, зависимость коэффициента сжатия от размера изображения.

### **9.3. Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Описание результатов выполнения лабораторного задания.
3. Ответы на контрольные вопросы.

### **9.4. Контрольные вопросы**

1. В чем разница между идентификацией, распознаванием и обнаружением объекта?
2. Какие условия должны выполняться для того, чтобы было возможным выполнение сжатия кадра, на котором присутствует изображение объекта, подлежащего идентификации?
3. Какие условия должны выполняться для того, чтобы было возможным выполнение сжатия кадра, на котором присутствует изображение автомобильных номеров?
4. Почему более рациональным представляется сжатие изображений, а не кадров видеоряда?
5. Какие алгоритмы сжатия изображений вам известны?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ХАРАКТЕРИСТИК И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ВИДЕОКАМЕР

**Цель:** ознакомиться с классификацией и принципами функционирования видеокамер.

### 10.1. Теоретическая часть

Передающая видеокамера – устройство, предназначенное для преобразования оптического изображения, получаемого при помощи объектива на мишени вакуумной передающей трубки или на светочувствительной матрице, в телевизионный видеосигнал или цифровой поток видеоданных. Видеосигнал может передаваться по радио, кабельным сетям или по сети Интернет, а также записываться на аналоговом или цифровом носителе для последующего воспроизведения.

По типу выходного сигнала видеокамеры подразделяют на аналоговые и цифровые. Большинство цифровых камер передают сигнал по стандартной компьютерной сети типа Ethernet – так называемые IP-камеры.

По конструктивным особенностям камеры можно разделить на следующие типы:

1. Модульная видеокамера – бескорпусное устройство в виде однослойной печатной платы, наиболее распространен размер 32×32 мм, предназначена для установки в термокожухи, полусферы и т. п. (рис. 10.1).



Рис. 10.1. Модульная видеокамера BNV-558Ex

2. Мини-видеокамера – видеокамера в квадратном или цилиндрическом корпусе, обычно применяемая как готовое изделие для установки внутри помещений (рис. 10.2).



Рис. 10.2. Цветная мини-видеокамера в квадратном корпусе, с высоким разрешением и чувствительностью JTQ-254DN-B1.8

3. Корпусная видеокамера – наиболее распространенный форм-фактор устройств, называемый также камера стандартного дизайна или Box camera (рис. 10.3). Превалирующее количество устройств данного типа поставляется без объектива и кронштейна крепления, оставляя потребителю возможность наиболее гибкого конфигурирования конечного устройства, при использовании с термокожухом возможно использование устройства вне помещения.



Рис. 10.3. Современные корпусные видеокамеры

4. Купольная видеокамера, также известная как Dome camera. Корпус представляет собой полусферу или шар, прикрепленный к основанию (рис. 10.4). Может быть выполнена как из пластика, так и из металла.



Рис. 10.4. Купольная видеокамера (Dome camera)

5. Управляемая (поворотная или скоростная видеокамера) – комбинированное устройство, состоящее из камеры, трансфокатора (объектива переменного фокусного расстояния) и поворотного устройства. Наибольшее распространение получили так называемые интегрированные камеры, выполненные в виде купола. В общем случае структурная схема видеокамеры имеет вид, показанный на рис. 10.5.

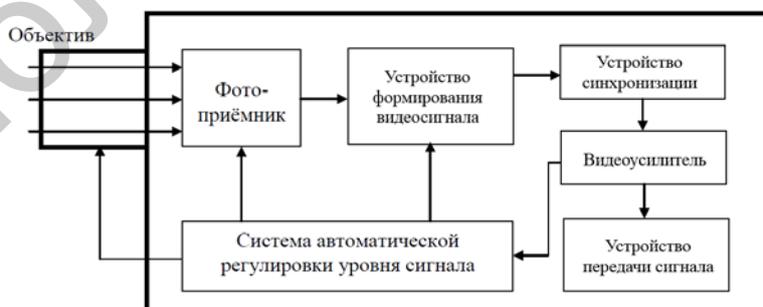


Рис. 10.5. Основные компоненты видеокамеры

Объектив состоит из линзовой системы, фокусирующей световой поток на ПЗС-матрице и формирующей качественное изображение в зависимости от фокусного расстояния, глубины резкости, формата, типа крепления и т. п. Ха-

рактические характеристики некоторых современных оптических систем приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Характеристики некоторых современных оптических систем

Тип объектива	Диаметр апертуры, мм	Светосила	Фокусное расстояние, мм	Угол поля зрения, град	Установочная резьба
iVi-1,0	14	F 1,8	3,6	110	M12
iVi-2,0	13	F 1,8	4,1	90	M12
iVi-3,0	3,4	F 1,8	6,6	50	M12
iVi-4,0	4,6	F 1,6	7,7	40	M12
iVi-7,0	1,2	F 2,8	3,5	110	–
iVi-10	6,5	F 2,8	19,5	16	–
HS3 166-X	3,7	F 1,6–64	–	–	CS/APD
HS4 166-X	4,2	F 1,6–64	–	–	CS/APD
HS614 HX	2,6	F 1,6–300	–	–	CS/APD

Объективы бывают двух видов:

- монофокальные – объективы с постоянным фокусным расстоянием;
- вариофокальные (трансфокаторы) – объективы с переменным фокусным расстоянием, изменяемым вручную или дистанционно.

По способу управления диафрагмой объективы делятся на объективы с фиксированной диафрагмой, с управлением диафрагмой Direct Drive и с управлением диафрагмой Video Drive.

В ряде стран существуют два типа стандартных конструкций узлов крепления объективов: «С» и «CS». Тип «С» имеет резьбу 2,54×0,8 и расстояние до опорной плоскости ПЗС-матрицы 17,5 мм, тип «CS» имеет резьбу 2,54×0,8 и расстояние до опорной плоскости матрицы 12,5 мм. Объективы с узлом крепления типа «С» нельзя заменять типом «CS», т. к. матрица окажется не в фокусе объектива и изображение получится нечетким. В то же время объективы с «CS» можно использовать вместо объективов с «С» при наличии специального адаптера (переходного кольца).

Фотоприемник предназначен для преобразования светового потока, отраженного объектом, в электрические сигналы. В подавляющем большинстве современных видеокамер для этих целей используют так называемые ПЗС-матрицы.

ПЗС-матрица, или CCD-матрица – специализированная аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, выполненная на основе кремния, использующая технологию ПЗС – приборов с зарядовой связью.

Устройство формирования сигнала, устройство синхронизации и видеоусилитель обеспечивают формирование полного видеосигнала заданной структуры и амплитуды.

Система автоматической регулировки уровня сигнала, управляя электронной диафрагмой объектива, временем накопления электронного заряда в ПЗС-матрице (временем срабатывания электронного затвора) и параметрами усиления, поддерживает выходной видеосигнал в заданных пределах при изменении условий освещенности.

Некоторые камеры дополнительно оснащены функцией компенсации заднего света (КЗС), которая устанавливает указанные параметры по некоторому фрагменту изображения (как правило, по центру). Она может оказаться незаменимой при работе в условиях, когда есть большой перепад освещенности, или при съемке в условиях, когда в поле зрения аппарата вместе с объектом попадает яркий источник света. Например, если ведется наблюдение в затененном помещении за входящими с улицы посетителями, то в яркий солнечный день на экране видеоконтрольного устройства вместо четкого изображения входящего может оказаться только темный силуэт. Достоинство функции КЗС заключается в том, что она настраивает камеру именно по слабоосвещенному объекту в центре, обеспечивая его четкое изображение.

Устройство передачи сигнала – это радиопередатчик, аналогичный применяемым в радиозакладных устройствах, полупроводниковый лазер или электрический кабель в зависимости от способа применения системы видеонаблюдения.

Современные видеокамеры характеризуются большим числом различных параметров, однако с точки зрения наблюдения наибольший интерес представляют следующие:

- мгновенный угол поля зрения;
- разрешающая способность;
- чувствительность.

Мгновенный угол поля зрения полностью определяется конструкцией оптической системы. Его значения для различных типов объективов приведены в табл. 10.1.

Разрешающая способность включает в себя два понятия: разрешающую способность объектива и разрешающую способность фотоприемника.

Разрешающая способность объектива  $\Delta l$  – это тот предел, к которому стремится любая система фиксации изображения. Она зависит от диаметра  $D$  входного зрачка объектива и расстояния  $R$  от телекамеры до объекта наблюдения и соответствует минимальному линейному разнесу двух точек на объекте, при котором они воспринимаются еще раздельно. Значение  $\Delta l$  может быть определено из соотношения:

$$\Delta l = 1,22 \frac{\lambda}{D} R, \quad (10.1)$$

где  $\lambda$  – среднее значение длины волны оптического излучения (для видимой области спектра 0,54 мкм, а для ИК-области – 0,9 мкм).

Разрешающая способность фотоприемника ниже разрешающей способности объектива, поэтому ее величина и определяет разрешение системы в це-

лом. Она зависит от числа чувствительных элементов ПЗС-матрицы (пикселей), из выходных сигналов которых складывается изображение. Их число обычно лежит в пределах от 270 000 до 440 000. Чем больше число пикселей в матрице, тем больше дискретных точек образует изображение и тем выше его четкость и качество. Однако на практике часто пользуются не понятием «число чувствительных элементов матрицы», а апеллируют к однозначно связанной с ним характеристике – максимальному количеству переходов от черного к белому и обратно, которая называется числом телевизионных линий и указывается, как правило, только по горизонтали.

Некоторые фирмы в технических характеристиках на свои видеокамеры дополнительно указывают размер матрицы оптического приемника. В большинстве представляемых камер используются датчики изображения (матрицы) размером 1 дюйм, 2/3, 1/2, 1/3 и 1/4 дюйма. Последние, как правило, применяются только в сверхминиатюрных камерах, используемых для скрытого наблюдения.

По чувствительности к уровню освещенности видеокамеры делятся на пять классов:

– I – камеры, которые могут работать только при нормальном дневном освещении (при уровне освещенности  $E \approx 50$  лк).

– II – камеры, способные работать при низкой освещенности вплоть до наступления сумерек ( $E \approx 4$  лк).

– III – камеры, предназначенные для работы при лунном свете, соответствующем уровню освещенности от четверти луны в безоблачную ночь ( $E \approx 0,1 \dots 0,4$  лк).

– IV – камеры, способные работать при уровне освещенности, создаваемом безлунным звездным небом в безоблачную ночь ( $E \approx 0,0007 \dots 0,002$  лк).

– V – камеры, предназначенные для работы с дополнительными источниками ИК-излучения в условиях полного отсутствия видимого излучения.

Следует еще раз обратить внимание на то, что видеокамеры, предназначенные для работы в условиях низкого уровня освещенности, отличаются от приборов ночного видения более сложным представлением сигнала. Это связано с необходимостью передачи его на расстояние, в то время как приборы ночного видения позволяют только фиксировать информацию, например, глазом или фотоаппаратом.

Светочувствительность, или минимальная освещенность, – это наименьшее количество света, необходимое камере для создания изображения приемлемого качества. Минимальная освещенность указывается в люксах (лк). Считается, что чем сильнее освещено место съемки, тем лучше получается изображение, однако света не должно быть много. Если света недостаточно, изображение будет нечетким или темным. Количество света, необходимое для создания изображения хорошего качества, зависит от камеры и от того, насколько она чувствительна к свету. Свойства света, которые анализирует люксметр – прибор для измерения освещенности, отличаются от свойств света,

которые анализирует камера. Если люксметр измеряет количество падающего видимого света или света, который освещает данный объект (падающий свет), то камера фиксирует количество света, который отражается от объекта в зоне наблюдения (отраженный свет). Таким образом, показания люксметра для двух человек, находящихся в одном месте и одетых: один – в белое, другой – в черное, будут идентичными. А камера в данной ситуации захватит разное количество света отчасти потому, что человек, одетый в черное, будет отражать меньше света, чем человек, одетый в белое.

Выбирая класс видеокамеры, необходимо знать, что чувствительность  $E$  ее приемника должна отвечать условию

$$E \leq E_0 \cdot R \cdot K, \quad (10.2)$$

где  $E_0$  – общий уровень освещенности в зоне нахождения объекта наблюдения, лк;  $R$  – коэффициент отражения объекта наблюдения;  $K$  – коэффициент пропускания объектива камеры.

Значения параметров  $R$  и  $K$  приведены в табл. 10.2 и 10.3 соответственно.

Таблица 10.2

Значения параметра  $R$

Отражающая поверхность	Коэффициент отражения, $R$
Кожа человека	0,15...0,25
Ткань серого цвета	0,2...0,6
Ткань желто-коричневого цвета	0,3...0,4
Ткань ярко-голубого цвета	0,35...0,6
Ткань ярко-зеленого цвета	0,5...0,75
Ткань желтого цвета	0,6...0,75
Ткань цвета слоновой кости	0,75...0,8
Ткань грязно-белого цвета	0,75...0,85
Ткань белого цвета	0,8...0,9

Таблица 10.3

Значения параметра  $K$

Светосила объектива	Относительное отверстие объектива	Коэффициент пропускания
$F:0,8$	1:0,8	0,31
$F:0,95$	1:0,95	0,2
$F:1,2$	1:1,2	0,14
$F:1,4$	1:1,4	0,1
$F:2,0$	1:2,0	0,05
$F:2,8$	1:2,8	0,025
$F:4,0$	1:4,0	0,0125
$F:5,6$	1:5,6	0,00625
$F:8,0$	1:8,0	0,003125

Величина  $K$  зависит от значений таких параметров, как светосила и относительное отверстие объектива. Светосила объектива – степень ослабления объективом попадающего в него светового потока. Относительное отверстие объектива – отношение диаметра действующего отверстия объектива к его фокусному расстоянию. Оно показывает, во сколько раз диаметр круглого отверстия объектива меньше фокусного расстояния. Относительные отверстия объективов стандартизованы.

Вокруг объективов всегда написано значение светосилы, а также фокусное расстояние, например 1:2,0–2,8/5,1–12,8. В данном случае светосила объектива при минимальном увеличении составляет  $F:2,0$ , а при максимальном –  $F:2,8$  (чем больше увеличение, тем более темным получается изображение). Вторая группа указанных чисел – это величина фокусного расстояния для минимального и максимального увеличений. Поделив второе число на первое, можно определить коэффициент оптического увеличения (в данном случае –  $12,8/5,1 = 2,5$ , т. е. оптическое увеличение объектива –  $2,5\times$ ). Зависимость уровня освещенности  $E_0$  от времени суток и состояния атмосферы представлена на рис. 10.6.

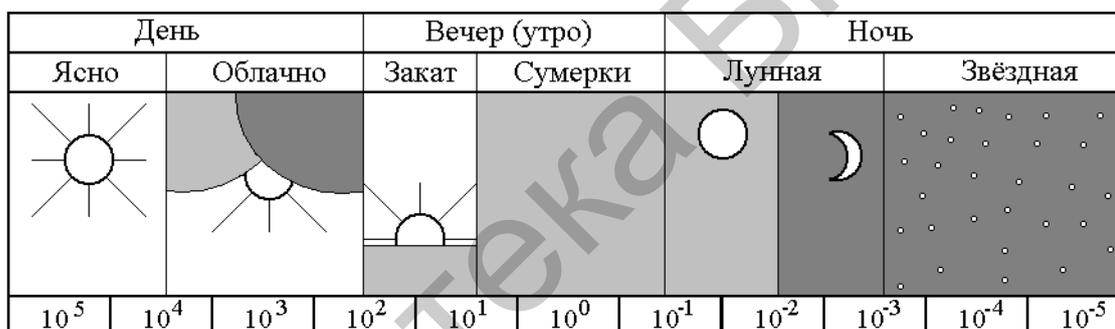


Рис. 10.6. Типовая зависимость уровня освещенности от времени суток и состояния атмосферы  $E_0$

## 10.2. Лабораторное задание

1. Построить и проанализировать зависимость минимальной освещенности видеокамеры от величины относительного отверстия ее объектива.

Для расчета освещенности воспользоваться интернет-ресурсом [http://www.security-bridge.com/shkola\\_bezопасnosti/raschety\\_online/](http://www.security-bridge.com/shkola_bezопасnosti/raschety_online/).

2. Определить класс и параметры видеокамер, пригодных для того, чтобы в условиях сумерек наблюдать за людьми, одетыми в одежду из ткани желтого цвета. Ответ подтвердить соответствующими расчетами. Написать характеристику одной из таких камер в формате светосила/величина фокусного расстояния.

3. Построить зависимость фокусного расстояния видеокамеры от значения ее угла обзора по вертикали. Формат видеокамеры – 2/3 дюйма. Проанализировать и обосновать полученную зависимость.

4. Построить зависимость фокусного расстояния видеокамеры от величины ее формата (угол обзора по горизонтали – 110°). Проанализировать и обосновать полученную зависимость.

Для расчета параметров, необходимых для построения указанных зависимостей, воспользоваться интернет-ресурсом [http://www.security-bridge.com/shkola\\_bezопасnosti/raschety\\_online/](http://www.security-bridge.com/shkola_bezопасnosti/raschety_online/).

### **10.3. Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Результаты выполнения лабораторного задания.
3. Вывод по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы.

### **10.4. Контрольные вопросы**

1. Какие выделяют типы видеокамер? Дать краткую характеристику этих типов.
2. По каким признакам классифицируются объективы видеокамеры?
3. Что такое разрешающая способность?
4. Какие элементы включает в себя видеокамера?
5. Что такое светочувствительность?
6. Каковы критерии выбора класса видеокамеры?
7. Постройте и проанализируйте зависимость уровня освещенности видеокамеры от времени суток.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

## ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ И МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ФОТОН»

**Цель:** изучить устройство и принцип работы фотоэлектронного умножителя и получить практические навыки работы с фотоэлектронными умножителями.

### 11.1. Теоретическая часть

#### **Назначение и области применения фотоэлектронных умножителей.**

Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) представляет собой электровакуумный прибор, который преобразует электромагнитное излучение оптического диапазона в электрический сигнал с последующим его усилением. Обладая высокой чувствительностью, большой площадью чувствительной области, малой инерционностью и относительно небольшим собственным шумом, ФЭУ позволяет строить различные приборы для регистрации и анализа излучений.

Первые ФЭУ применялись в автоматике и звуковом кино. В дальнейшем ФЭУ применялись в фотометрах, предназначенных для регистрации слабых световых потоков в оптических исследованиях и астрономии. С развитием ядерной физики ФЭУ стали применяться в составе сцинтилляционных детекторов для регистрации ионизирующих излучений. ФЭУ нашли применение и на космических аппаратах благодаря своим выдающимся характеристикам и возможности работать в тяжелых условиях. На основе ФЭУ строятся приемники излучения для лазерной техники, такие как дальномеры, лидары, оптические линии передачи данных. ФЭУ применяются также в медицинских установках компьютерной томографии и рентгеновских сканерах.

**Устройство ФЭУ.** Корпусом ФЭУ является стеклянный баллон, внутри которого обеспечивается вакуум (рис. 11.1). Баллон имеет входное окно, чаще всего расположенное в верхнем торце баллона. Входное окно изготавливается из материала, который прозрачен для световых лучей рабочего диапазона ФЭУ. Это может быть электровакуумное стекло (для ФЭУ видимого диапазона), кварцевое стекло, сапфир и другие материалы (для ФЭУ, работающих в ультрафиолетовом диапазоне).

За входным окном расположен фотокатод. Чаще всего применяются полупрозрачные фотокатоды, которые формируются прямо на внутренней поверхности входного окна.

В нижней части баллона на изоляторах крепится умножитель электронов, который представляет собой набор электродов специальной формы – динодов. Возле последнего динода расположен еще один электрод – анод.

Пространство между фотокатодом и первым динодом называют катодной камерой. В ней расположены вспомогательные электроды ФЭУ – фокусирующий и ускоряющий.

Сквозь днище колбы проходят штырьки, соединенные проводниками со всеми электродами ФЭУ. Эти штырьки являются выводами ФЭУ.

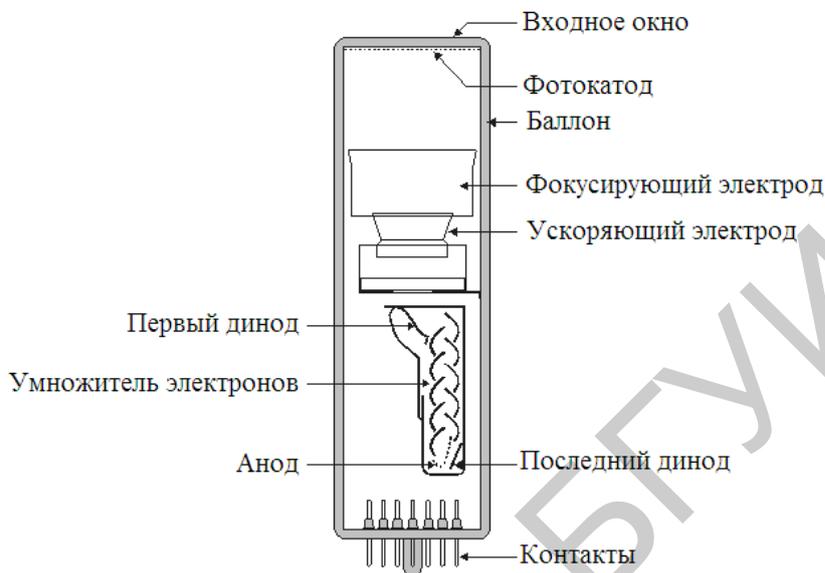


Рис. 11.1. Устройство ФЭУ

**Принцип работы ФЭУ.** В основе принципа работы ФЭУ лежат два явления: фотоэлектронная эмиссия и вторичная эмиссия электронов.

Фотокатод преобразует оптическое излучение в поток электронов за счет фотоэлектронной эмиссии. Энергия падающего на фотокатод фотона поглощается, что приводит к передаче энергии от фотона электрону материала фотокатода. Возбужденный электрон диффузирует к поверхности фотокатода. Затем он преодолевает поверхностный потенциальный барьер и переходит в вакуум.

Электронно-оптическая входная система, расположенная в катодной камере, фокусирует и ускоряет электронный поток. Задача фокусировки – сбор электронов с фотокатода, который обычно обладает значительно большей площадью, чем первый динод. Необходимые траектории электронов определяются формой и расположением электродов ФЭУ, а также приложенными к ним напряжениями. Трудность фокусировки связана с тем, что из фотокатода вылетают электроны под разными углами и с разными скоростями.

Далее электроны попадают в электронный умножитель, состоящий из цепочки динодов, на которых происходит вторичная эмиссия электронов. Умноженные на первом диноде вторичные электроны ускоряются под действием междинодного поля и фокусируются на второй динод за счет формы динода. Этот процесс повторяется для всех динодов.

Анод собирает электронный поток с последнего динода на выходе умножителя электронов и формирует выходной сигнал. Форма анода должна обеспечивать сбор максимального количества электронов с последнего динода.

Кроме того, должен быть минимизирован эффект объемного заряда для получения линейности в импульсных режимах работы, а импеданс анода должен быть согласован с импедансом выходной цепи ФЭУ. Конструктивно анод представляет собой сетку, расположенную вблизи последнего динода. Электроны, испущенные предпоследним динодом, пролетают сквозь сетку, а вторичные электроны, вылетающие с последнего динода, собираются анодом. Такая конфигурация позволяет создать большую напряженность поля между анодом и последним динодом и уменьшить эффект объемного заряда. Кроме того, последний динод образует электростатический экран для анода.

**Основные параметры ФЭУ. Спектральная характеристика.** Одним из важнейших параметров ФЭУ является его спектральная характеристика. Относительная спектральная характеристика фотокатода – это нормированная зависимость тока фотокатода от длины волны при постоянной мощности излучения. Обычно с длинноволновой стороны рабочий диапазон ФЭУ ограничивается спектральной чувствительностью фотокатода, а с коротковолновой стороны – границей пропускания входного окна. На рис. 11.2 приведены графики спектральной чувствительности для разных типов фотокатодов, предназначенных для работы в различных областях спектра. Тип спектральной характеристики и абсолютное значение спектральной чувствительности фотокатода на определенной длине волны указываются в паспорте ФЭУ.

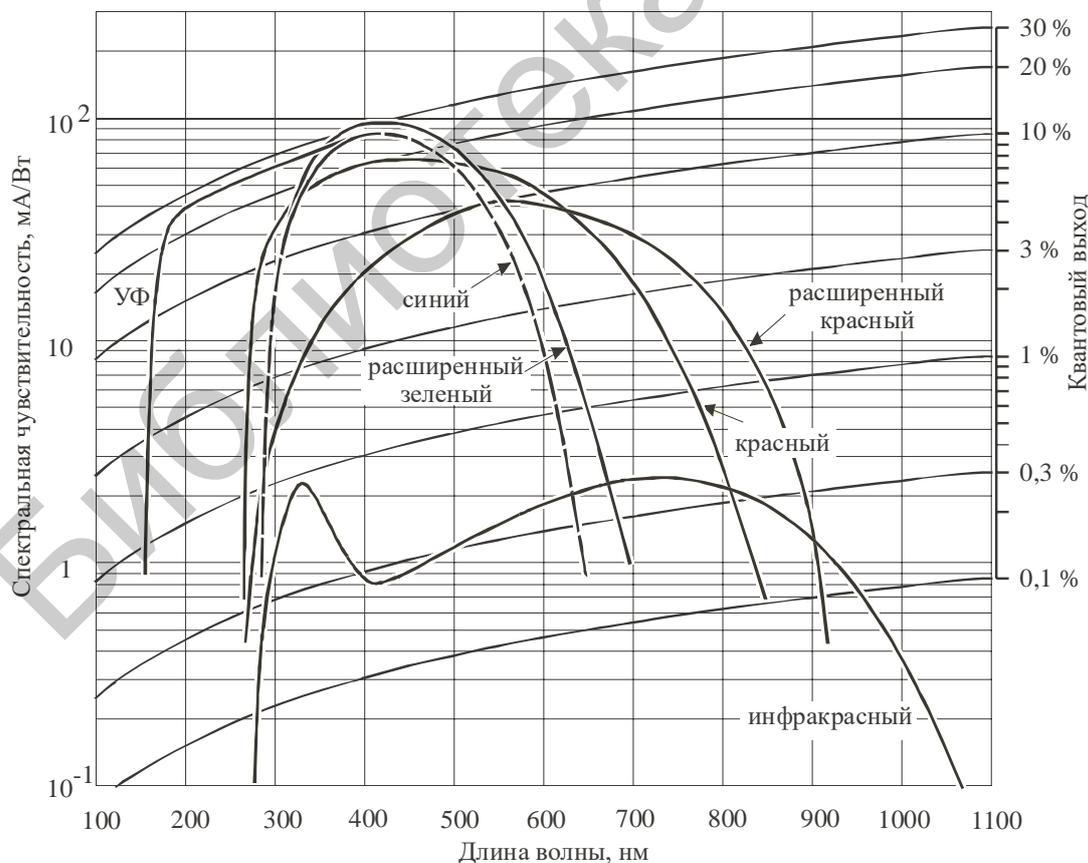


Рис. 11.2. Спектральная чувствительность фотокатодов для разных типов спектральной характеристики

*Квантовый выход фотокатода.* Квантовый выход фотокатода – это безразмерная величина, численно равная отношению количества испущенных катодом электронов к количеству поглощенных квантов света. Квантовая эффективность зависит от длины волны падающего света. В длинноволновой области до некоторого порогового значения, которое называется красной границей фотоэффекта, эта величина равна нулю. При уменьшении длины волны падающего света она быстро возрастает, достигая максимума в рабочем диапазоне длин волн. Типичным значением квантового выхода для распространенных фотокатодов в рабочем диапазоне длин волн является величина 10...20 %.

*Спектральная чувствительность фотокатода.* Иногда вместо количества квантов света, поглощенных фотокатодом, используют их энергию. В результате получается спектральная чувствительность фотокатода, которая представляет собой отношение тока фотокатода к мощности падающего монохроматического излучения и выражается в амперах на ватт (А/Вт).

*Интегральная чувствительность фотокатода.* Для характеристики чувствительности фотокатода без учета спектральной зависимости используют интегральную чувствительность фотокатода, которая представляет собой отношение тока фотокатода к световому потоку от стандартного источника типа А и выражается в амперах на люмен (А/лм).

*Анодная чувствительность.* Анодной чувствительностью называют ток анода ФЭУ при освещении фотокатода известным световым потоком от стандартного источника типа А. Обычно приводятся данные анодной чувствительности для нескольких значений напряжения питания ФЭУ. Измеряется анодная чувствительность в А/лм.

*Коэффициент усиления ФЭУ.* Коэффициент усиления ФЭУ представляет собой отношение анодной чувствительности к чувствительности фотокатода. Данный параметр характеризует фактически коэффициент умножения электронов диодной системой. Этот параметр зависит от количества диодов, их материала, конструкции, напряжения между диодами.

*Темновой ток.* Темновой ток – это ток, протекающий в цепи анода затемненного ФЭУ. Причиной темнового тока является термоэлектронная эмиссия фотокатода и первых диодов, автоэлектронная эмиссия электродов и ток утечки. Темновой ток зависит от напряжения питания ФЭУ, причем при низких напряжениях преобладает ток утечки, в области рабочих напряжений – термоэлектронная эмиссия катода, а при повышенных напряжениях – автоэлектронная эмиссия. Постоянный темновой ток нетрудно измерить и учесть. Но кроме постоянной составляющей темновой ток содержит шумовую составляющую, которая ухудшает отношение сигнал/шум на выходе ФЭУ.

*Линейность световой характеристики ФЭУ.* Световая характеристика ФЭУ – это зависимость анодного тока от светового потока. Предел линейности световой характеристики – наибольшее значение анодного тока, когда отклонение зависимости анодного тока от светового потока не превышает заданной величины. Обычно при превышении анодным током какой-то величины его рост

замедляется. Вызвано это в основном действием объемного заряда: при большой освещенности количество электронов, находящихся одновременно между последними динодами, так велико, что их электрическое поле препятствует нормальному ускорению последующих электронов. Следовательно, коэффициент усиления ФЭУ уменьшается. Величина эффекта может быть снижена, если увеличить напряжение между последними динодами ФЭУ.

*Неравномерность чувствительности по фотокатоду.* Освещая отдельные точки фотокатода узким световым пучком, можно получить зависимость чувствительности ФЭУ от координаты фотокатода. Такая зависимость появляется как в результате неравномерности чувствительности фотокатода, так и из-за особенностей сбора электронов динодной системой. Количественно неравномерность характеризуется отношением отклонения сигнала на выходе ФЭУ к среднему значению сигнала.

*Форма одноэлектронного импульса.* Каждый первичный фотоэлектрон инициирует процесс умножения электронов, в результате на выходе ФЭУ появляется импульс тока. Длительность этого импульса не может быть бесконечно короткой, т. к. существует разброс времени пролета электронов и другие факторы. Обычно длительность одноэлектронного импульса составляет порядка 1...10 нс. Ожидаемая форма одноэлектронного импульса на выходе ФЭУ показана на рис. 11.3.

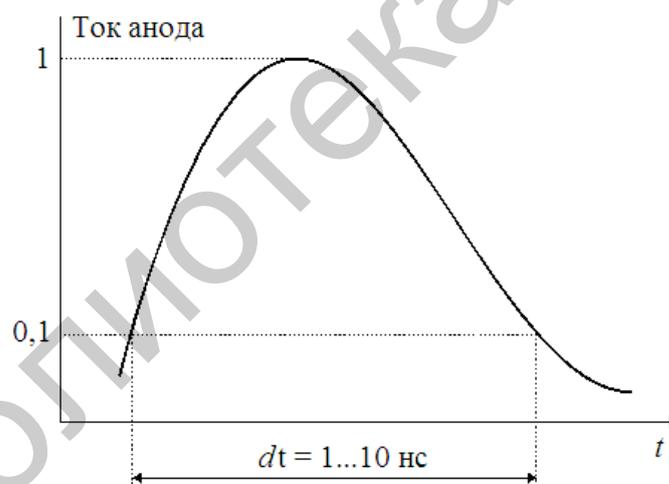


Рис. 11.3. Ожидаемая форма одноэлектронного импульса

*Амплитудное распределение выходных импульсов.* На выходе ФЭУ кроме полезных импульсов присутствуют и шумовые, составляющие темновой ток ФЭУ. Причины появления шумовых импульсов могут быть разные: термоэлектронная эмиссия фотокатода, автоэлектронная и термоэлектронная эмиссия динодов, действие космического излучения. Большинство таких первичных электронов появляется в случайной точке тракта, поэтому они проходят неполный процесс умножения, и на выходе ФЭУ появляется импульс малой амплитуды. Исключение составляет термоэмиссия из фотокатода, когда электроны пройдут полный процесс умножения и дадут на выходе импульсы, неотличи-

мые от полезных. Пример амплитудного распределения импульсов на выходе ФЭУ показан на рис. 11.4.

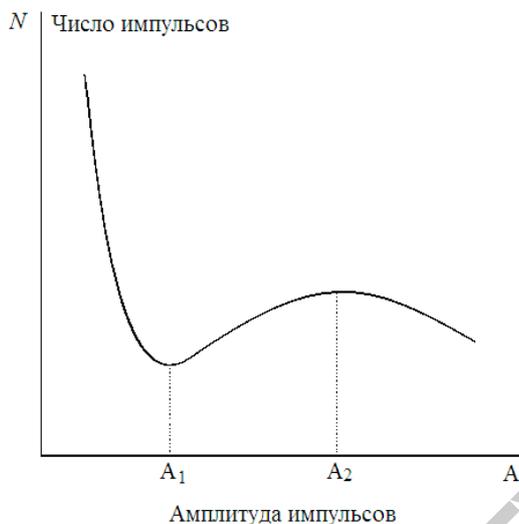


Рис. 11.4. График амплитудного распределения импульсов на выходе ФЭУ

В области малых амплитуд наблюдается большое количество импульсов. Эти импульсы вызваны темновым током ФЭУ. Затем количество импульсов падает, при амплитуде  $A_1$  наблюдается минимум. Далее видно амплитудное распределение полезных импульсов с максимумом при амплитуде  $A_2$ . Если ФЭУ используется в режиме счета фотонов, то амплитуда полезных импульсов  $A_2$  мало отличается от амплитуды шумовых импульсов. Для реальных ФЭУ в таком случае провал на счетной характеристике между шумовыми и полезными импульсами может отсутствовать или быть не так ярко выраженным. Такие ФЭУ не подходят для работы в режиме счета фотонов.

*Счетная характеристика ФЭУ.* Зависимость частоты импульсов от напряжения питания называется счетной характеристикой ФЭУ. Счетная характеристика снимается при фиксированном уровне дискриминации, но при изменяющемся напряжении питания ФЭУ. Пример счетной характеристики ФЭУ приведен на рис. 11.5. На графике видны три характерные области. В области «А» усиление недостаточно для регистрации каждого фотоэлектрона; в области «В» наблюдается плато счетной характеристики, когда регистрируется каждый электрон, вылетевший с фотокатода; в области «С» наблюдается быстрый рост количества импульсов из-за побочных процессов. Для реальных ФЭУ плато счетной характеристики (области «В») может отсутствовать, т. к. побочные процессы могут начать развиваться раньше, чем будет достигнуто необходимое усиление для регистрации одноэлектронных импульсов. Такие ФЭУ не подходят для работы в режиме счета фотонов.

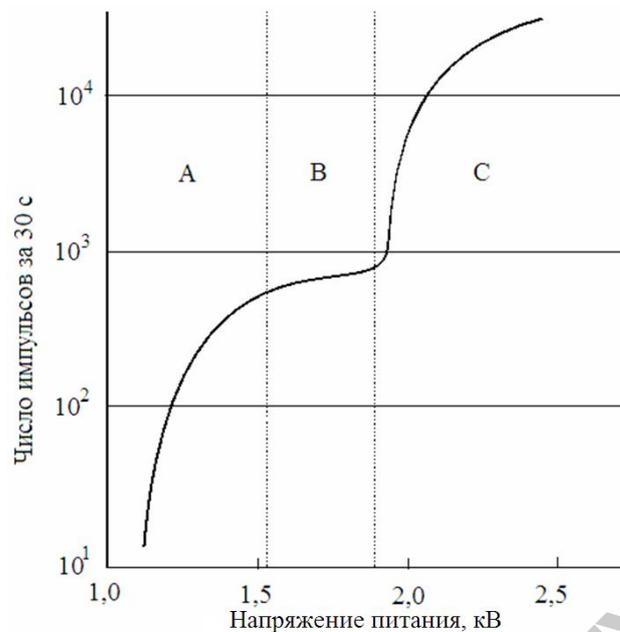


Рис. 11.5. Счетная характеристика ФЭУ

**Основные методы использования ФЭУ.** Для нормальной работы ФЭУ на его электроды должны быть поданы необходимые напряжения. Обычно распределение потенциалов между электродами осуществляется с помощью делителя напряжения, состоящего из цепочки постоянных резисторов, подключенного к источнику высокого напряжения. Рекомендуемая для конкретного ФЭУ схема делителя приводится в паспорте на него. Для обеспечения работы ФЭУ в линейном режиме ток через делитель должен быть как минимум в 10 раз больше максимального тока анода. Излишнее увеличение тока делителя нежелательно, т. к. делитель может вызвать нагрев ФЭУ, что приведет к увеличению темнового тока. При работе ФЭУ в импульсном режиме токи последних диодов могут достигать значительных величин. Чтобы избежать нарушения линейности, последние звенья делителя шунтируют емкостями.

Возможны два способа питания ФЭУ: в одном случае заземляется катод, в другом – анод. На практике чаще применяют питание с заземленным анодом, а на катод подают отрицательное напряжение. При таком включении упрощается съем выходного сигнала, т. к. анод находится на потенциале земли.

Поскольку выходной сигнал ФЭУ очень сильно зависит от напряжения питания, к источнику питания ФЭУ предъявляются очень жесткие требования. Чтобы обеспечить постоянство сигнала на выходе ФЭУ с точностью 1 %, колебания напряжения питания не должны превышать 0,05...0,1 %. Коэффициент пульсаций не должен превышать 0,001 %.

Выходной сигнал обычно снимается с нагрузки, включенной в цепь анода ФЭУ, и имеет отрицательную полярность. Постоянная времени анодной цепи выбирается исходя из характера выходного сигнала ФЭУ. Если длительность импульса намного меньше постоянной времени этой цепи, то амплитуда будет пропорциональна заряду, собираемому на аноде. Преобразование тока в напряжение может производиться с помощью нагрузочного резистора ФЭУ.

Напряжение, снимаемое с этого резистора, дальше может быть усилено с помощью ОУ. Довольно часто применяются также активные преобразователи тока в напряжение, построенные на ОУ.

**Методы регистрации слабых оптических сигналов.** Регистрация электрических импульсов на аноде ФЭУ может осуществляться либо путем их усреднения по времени (метод токового измерения), либо путем счета отдельных импульсов (метод счета фотонов).

Метод счета фотонов используется в области предельно слабых световых потоков. Порог дискриминатора можно установить так, чтобы отсеять большинство шумовых импульсов, практически не потеряв полезных. У лучших ФЭУ, предназначенных для работы в счетном режиме, скорость счета темновых импульсов составляет единицы в секунду. Следовательно, минимальный регистрируемый поток излучения составляет около 10 фотонов в секунду.

Основной недостаток метода счета фотонов – малый динамический диапазон измеряемых сигналов. Измерительный тракт имеет мертвое время, поэтому при повышении частоты случайных по времени импульсов возрастает вероятность того, что два импульса будут обработаны, как один. Например, если мертвое время составляет 10 нс, то при средней частоте поступления импульсов 10 МГц вероятность совпадения пары импульсов составляет примерно 0,03. Это является причиной нелинейности счета в области больших нагрузок. В результате динамический диапазон для счетного режима составляет примерно 6 порядков.

Токовый режим используется наиболее часто. В этом режиме все поступающие импульсы интегрируются, в том числе и темновые. Измеряется суммарный заряд, перенесенный с динодов на анод. Ограничение сверху на частоту поступающих импульсов здесь не возникает. Как и в случае счета фотонов, темновой ток здесь тоже вносит погрешность. Среднюю величину темнового тока можно учесть, но его шум остается. Он и ограничивает снизу динамический диапазон в этом режиме. Динамический диапазон сверху ограничен нелинейностью световой характеристики ФЭУ, связанной с влиянием объемного заряда в пространстве между динодами. Тем не менее динамический диапазон измеряемых сигналов в токовом режиме может составлять 9...12 порядков.

При любом методе регистрации расширение динамического диапазона возможно путем охлаждения фотокатода ФЭУ. Это уменьшает количество темновых импульсов большой амплитуды и в результате уменьшает темновой ток в несколько раз.

**Описание аппаратно-программного комплекса «Фотон».** Аппаратно-программный комплекс (АПК) «Фотон» состоит из измерительной части, которая конструктивно расположена в корпусе панели ФЭУ, высоковольтного источника питания и управляющего программного обеспечения. Блок-схема измерительной части комплекса «Фотон» показана на рис. 11.6.

С анода ФЭУ сигнал поступает на преобразователь ток-напряжение, выполненный на ОУ 1 (операционный усилитель). С выхода этого усилителя сиг-

нал поступает на драйвер АЦП 2 (аналого-цифрового преобразователя), который преобразует сигнал в дифференциальный. Далее сигнал поступает на АЦП 3, где он преобразуется в цифровую форму. Цифровой поток с выхода аналого-цифрового преобразователя поступает на ПЛИС 4 (программируемую логическую интегральную схему), где производится обработка сигнала в цифровом виде и его запоминание.

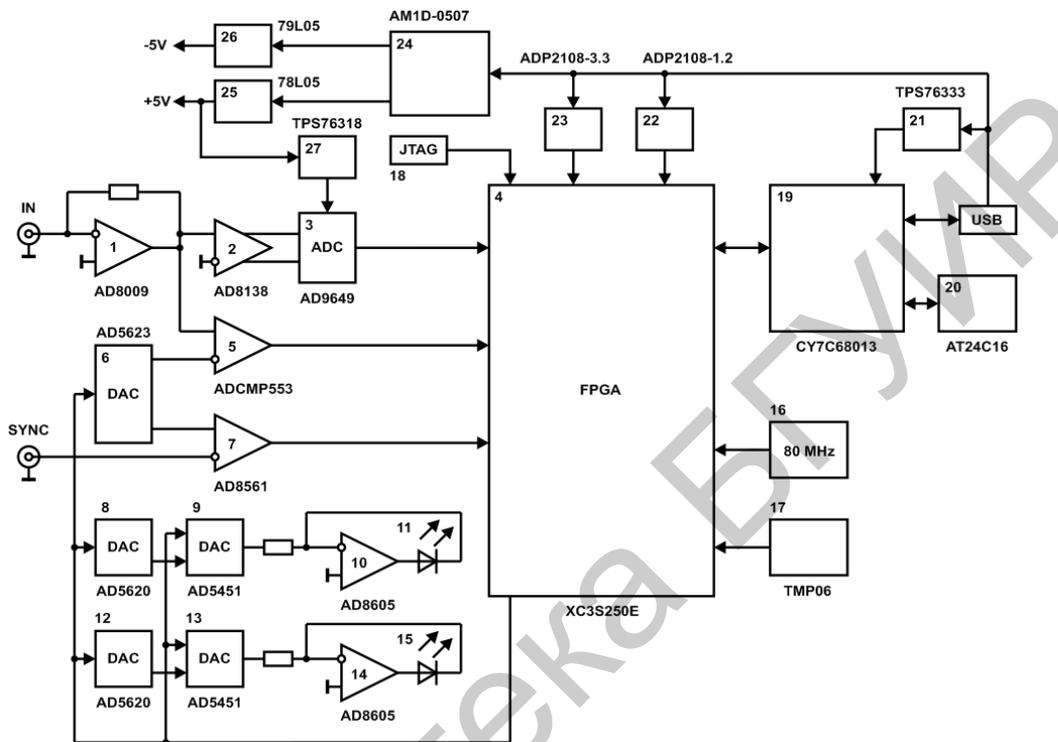


Рис. 11.6. Блок-схема измерительной части комплекса «Фотон»

С выхода ОУ 1 сигнал дополнительно поступает на вход компаратора 5, который используется в счетном режиме. Счет выходных импульсов компаратора осуществляется внутри ПЛИС. Порог компаратора задается с помощью ЦАП 6, который загружается с помощью ПЛИС.

Разъем синхронизации «SYNC» служит для подключения внешнего сигнала запуска измерения и обеспечивает временную привязку интервала измерения счетчика фотонов или АЦП к внешнему стартовому импульсу. Запуск может осуществляться как по фронту, так и по спаду импульса запуска, обрабатываемого компаратором 7. Порог компаратора 7 задается с помощью второго канала ЦАП 6 (цифро-аналогового преобразователя). При программном запуске измерения на разъеме «SYNC» можно разрешить формирование выходного импульса синхронизации программируемой полярности, вырабатываемого с помощью ПЛИС. В этом случае блок регистрации является источником сигнала запуска измерения, который может быть использован для синхронизации ведомых приборов или процессов.

АПК «Фотон» содержит два эталонных источника света в виде светодиодов 11 и 15. Для питания светодиодов служат усилители 10 и 14, рабочий ток светодиодов задается с помощью ЦАП. Для получения большого динамическо-

го диапазона регулировки тока используется каскадирование двух ЦАП: 8 и 9 – для светодиода 11, а также 12 и 13 – для светодиода 15. Загрузка ЦАП производится с помощью ПЛИС.

Для измерения температуры окружающей среды к ПЛИС подключена микросхема цифрового термометра 17. Имеется возможность подключения второй микросхемы термометра для измерения температуры ФЭУ.

Для связи с компьютером используется интерфейс USB. Обработку данных, поступающих по этому интерфейсу, производит специализированный контроллер 19, программное обеспечение которого хранится в микросхеме памяти 20. Для дальнейшей обработки данные поступают в ПЛИС.

Питание всех узлов измерительной части АПК «Фотон» осуществляется от порта USB компьютера. Микросхема контроллера USB питается через линейный стабилизатор 21 и всегда находится в активном режиме. Остальные узлы могут отключаться для снижения энергопотребления. Питание ПЛИС осуществляется с помощью двух ключевых стабилизаторов напряжения 22 и 23. Для питания аналоговой части используется изолированный преобразователь 24, который обеспечивает двухполярное напряжение  $\pm 7$  В. С помощью линейных стабилизаторов 25 и 26 из этого напряжения формируется напряжение питания аналоговой части  $\pm 5$  В. Для питания микросхемы АЦП используется отдельный стабилизатор 27.

Тактирование ПЛИС осуществляется от кварцевого генератора 16. Загрузка конфигурации ПЛИС осуществляется по интерфейсу USB, но при отладке устройства может производиться и через разъем JTAG 18. В лабораторной работе для тактирования используется генератор импульсов PG-872.

Высоковольтный источник питания представляет собой отдельный блок. Его питание осуществляется от сети 220 В. Управление источником производит компьютер через гальванически развязанный интерфейс RS-232. В лабораторной работе используется высоковольтный блок питания LH254.

Для управления измерительной частью и высоковольтным источником питания служит специализированное ПО, работающее на компьютере. Оно позволяет устанавливать режимы работы всех узлов комплекса, получать измеренные значения и визуализировать полученные данные на экране монитора.

## 11.2. Лабораторное задание

1. Собрать схему для проведения измерений (рис. 11.7).
2. Согласовать правильность сбора схемы с преподавателем.
3. Запустить приложение Foton.exe.
4. Создать новый файл с помощью запущенного приложения.
5. В окнах «Усреднение»  $A_{\text{в}}:$   и «Строб»  $dT, \text{мкс}:$   задать значение «1».
6. Запустить генератор импульсов PG-872 и блок питания высоковольтный LH254.

7. Запустить измерения, нажав пиктограмму  , убедившись перед этим в том, что опции «Цикл», «Внешний запуск» и «Запуск по фронту» являются активными .

8. Выполнить масштабирование полученного графика, нажав пиктограммы , .

9. Увеличивая значения усреднения и длительности строба, подобрать оптимальное их соотношение, при котором возможно выполнить счет фотонов на полученном графике.

10. Закрыть приложение Foton.exe.

11. Отключить вход А фотоэлектронного умножителя от генератора импульсов PG-872.

12. Повторить шаги 3...8.



Рис. 11.7. Схема проведения измерений

### 11.3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема для проведения измерений.
3. Установленные оптимальные значения усреднения и длительности стробов, необходимые для выполнения измерений.
4. Полученные значения количества фотонов, полученные в счетном и темновом режимах.
5. Выводы по работе.
6. Ответы на контрольные вопросы.

### 11.4. Контрольные вопросы

1. Какие явления лежат в основе принципа работы ФЭУ? Пояснить суть явлений.
2. Что представляют собой ФЭУ?
3. Какими основными параметрами характеризуются ФЭУ?
4. Какие компоненты включает в себя АПК «Фотон»?
5. Какое максимальное выходное напряжение может быть установлено на высоковольтном блоке питания АПК «Фотон»?
6. Какие существуют методы регистрации слабых оптических сигналов?
7. Каковы возможные способы питания ФЭУ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ВИДЕОМОНИТОРА

**Цель:** изучить особенности строения и функционирования видеомониторов.

### 12.1. Теоретическая часть

**Принцип работы.** Экраны LCD сделаны из вещества цианофенил, которое находится в жидком состоянии, но при этом обладает некоторыми свойствами, присущими кристаллическим телам. Фактически это жидкости, обладающие анизотропией свойств (в частности, оптических), связанных с упорядоченностью в ориентации молекул.

Работа LCD основана на явлении поляризации светового потока. Известно, что кристаллы-поляроиды способны пропускать только ту составляющую света, вектор электромагнитной индукции которой лежит в плоскости, параллельной оптической плоскости поляроида. Отсюда следует, что существует связь между повышением электрического напряжения и изменением ориентации молекул кристаллов. Для оставшейся части светового потока поляроид будет непрозрачным.

Экран LCD-монитора представляет собой массив сегментов (пикселей), которыми можно манипулировать для отображения информации. LCD имеет несколько слоев, где ключевую роль играют две панели, сделанные из свободного от натрия и очень чистого стеклянного материала, называемого субстрат или подложка, которые содержат тонкий слой жидких кристаллов между собой (рис. 12.1).

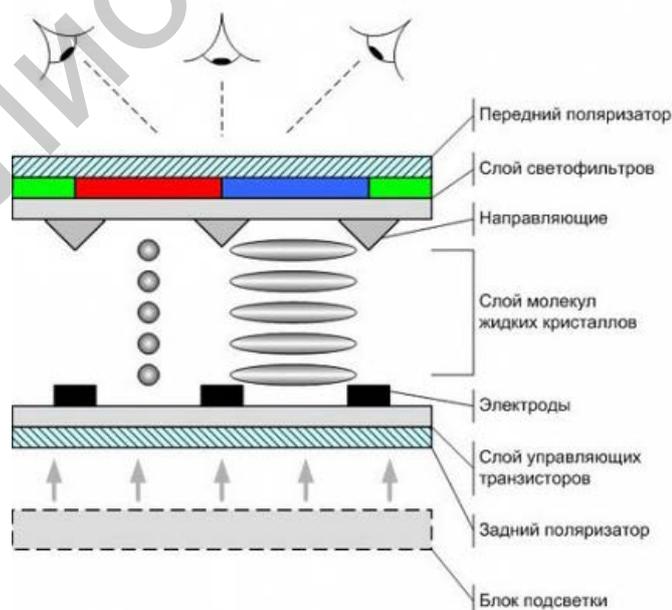


Рис. 12.1. Конструкция LCD

На панелях имеются бороздки, которые направляют кристаллы, придавая им специальную ориентацию. Бороздки расположены таким образом, что они параллельны на каждой панели, но перпендикулярны между двумя панелями. Продольные бороздки получаются в результате размещения на стеклянной поверхности тонких пленок из прозрачного пластика, который затем специальным образом обрабатывается. Соприкасаясь с бороздками, молекулы в жидких кристаллах ориентируются одинаково во всех ячейках. Молекулы одной из разновидностей жидких кристаллов (нематиков) при отсутствии напряжения поворачивают вектор электрического (и магнитного) поля в световой волне на некоторый угол в плоскости, перпендикулярной оси распространения пучка. Нанесение бороздок на поверхность стекла позволяет обеспечить одинаковый угол поворота плоскости поляризации для всех ячеек. Две панели расположены очень близко друг к другу. Жидкокристаллическая панель освещается источником света (в зависимости от того, где он расположен, жидкокристаллические панели работают на отражение или на прохождение света).

Плоскость поляризации светового луча поворачивается на  $90^\circ$  при прохождении одной панели (рис. 12.2).

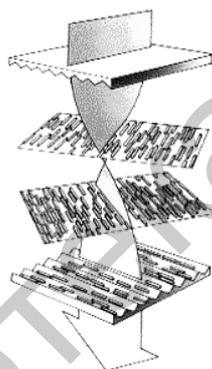


Рис. 12.2. Поляризации светового луча

При появлении электрического поля молекулы жидких кристаллов частично выстраиваются вертикально вдоль поля, угол поворота плоскости поляризации света становится отличным от  $90^\circ$  и свет беспрепятственно проходит через жидкие кристаллы (рис. 12.3).

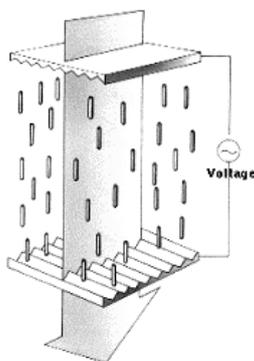


Рис. 12.3. Угол поворота плоскости поляризации при появлении электрического поля

Поворот плоскости поляризации светового луча незаметен для глаза, поэтому возникла необходимость добавить к стеклянным панелям еще два других слоя, представляющих собой поляризационные фильтры. Эти фильтры пропускают только ту компоненту светового пучка, у которой ось поляризации соответствует заданному. Поэтому при прохождении поляризатора пучок света будет ослаблен в зависимости от угла между его плоскостью поляризации и осью поляризатора. При отсутствии напряжения ячейка прозрачна, т. к. первый поляризатор пропускает только свет с соответствующим вектором поляризации. Благодаря жидким кристаллам вектор поляризации света поворачивается и к моменту прохождения пучка ко второму поляризатору он уже повернут так, что проходит через второй поляризатор (рис. 12.4).

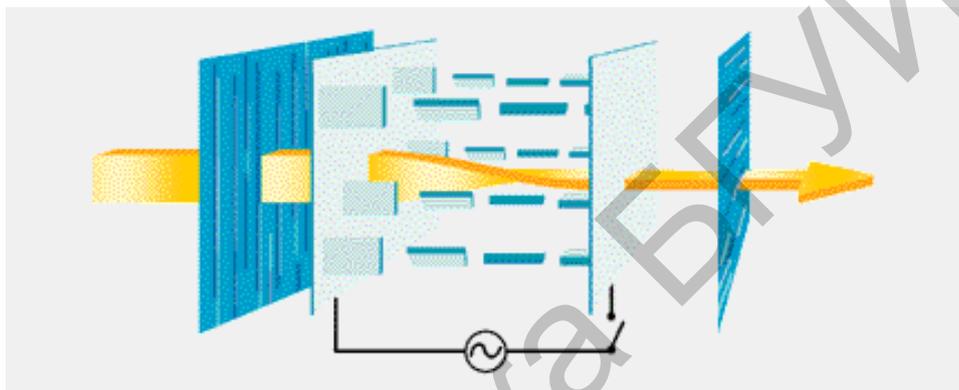


Рис. 12.4. Прохождение пучка света при отсутствии напряжения

В присутствии электрического поля поворот вектора поляризации происходит на меньший угол, тем самым второй поляризатор становится только частично прозрачным для излучения. Если разность потенциалов будет такой, что поворот плоскости поляризации в жидких кристаллах не произойдет совсем, то световой луч будет полностью поглощен вторым поляризатором и экран при освещении сзади будет спереди казаться черным (лучи подсветки поглощаются в экране полностью) (рис. 12.5).

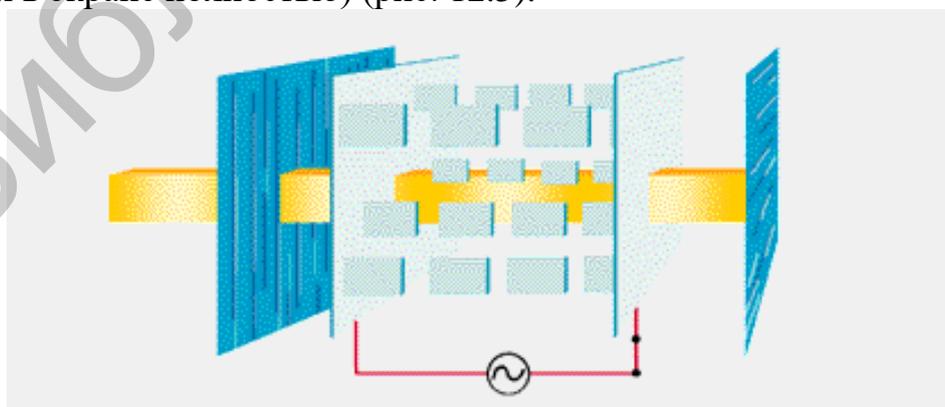


Рис. 12.5. Прохождение пучка света при наличии напряжения

**Технологии STN, DSTN, TFT.** STN – от англ. Super Twisted Nematic – сверхскрученный нематик. Технология STN позволяет увеличить торсионный

угол (угол кручения) ориентации кристаллов внутри LCD с  $90^\circ$  до  $270^\circ$ , что обеспечивает лучшую контрастность изображения при увеличении размеров монитора.

Часто STN-ячейки используются в паре. Такая конструкция называется DSTN (Double Super Twisted Nematic), в которой одна двухслойная DSTN-ячейка состоит из двух STN-ячеек, молекулы которых при работе поворачиваются в противоположные стороны. Свет, проходя через такую конструкцию в «запертом» состоянии, теряет большую часть своей энергии. Контрастность и разрешающая способность DSTN достаточно высоки, поэтому появилась возможность изготовить цветной дисплей, в котором на каждый пиксел приходится три ЖК-ячейки и три оптических фильтра основных цветов. Цветные дисплеи не способны работать от отраженного света, поэтому лампа задней подсветки – обязательный атрибут. Для сокращения габаритов лампа находится сбоку, а напротив нее – зеркало, поэтому большинство LCD-матриц в центре имеют яркость выше, чем по краям (это не относится к настольным ЖК-мониторам) (рис. 12.6).

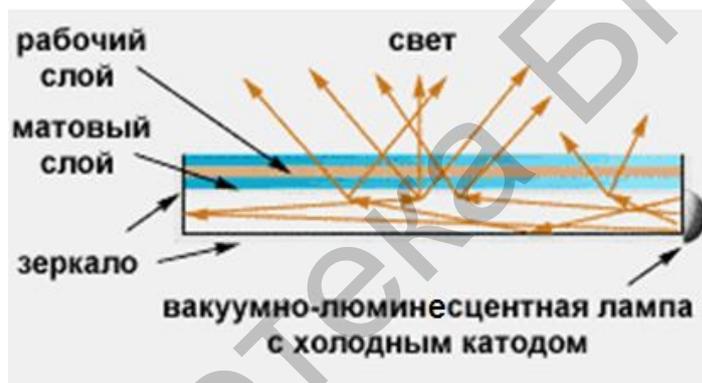


Рис. 12.6. Конструкция DSTN

В случае с пассивной матрицей разные электроды получают электрический заряд циклическим методом при построчном обновлении дисплея, а в результате разряда емкостей элементов изображение исчезает, т. к. кристаллы возвращаются к своей изначальной конфигурации.

В случае с активной матрицей к каждому электроду добавлен запоминающий транзистор, который может хранить цифровую информацию (двоичные значения 0 или 1), и в результате изображение сохраняется до тех пор, пока не поступит другой сигнал. Частично проблема отсрочки затухания изображения в пассивных матрицах решается за счет использования большего числа жидкокристаллических слоев для увеличения пассивности и уменьшения перемещений. Теперь же при использовании активных матриц появилась возможность сократить число жидкокристаллических слоев. Запоминающие транзисторы должны производиться из прозрачных материалов, что позволит световому лучу проходить сквозь них, а значит, транзисторы можно располагать на тыльной части дисплея, которая содержит жидкие кристаллы. Для этих целей

используются пластиковые пленки, называемые TFT – от англ. Thin Film Transistor (тонкопленочный транзистор).

Это те управляющие элементы, при помощи которых контролируется каждый пиксел на экране. Толщина тонкопленочного транзистора 0,1...0,01 микрона. Пиксел на основе TFT устроен следующим образом: в стеклянной пластине друг за другом интегрировано три цветных фильтра (красный, зеленый и синий). Каждый пиксел представляет собой комбинацию трех цветных ячеек или субпикселных элементов (рис. 12.7). Это означает, например, что у дисплея, имеющего разрешение 1280×1024, существует ровно 3840×1024 транзистора и субпикселных элемента. Размер точки (пиксела) для 15,1" дисплея TFT (1024×768) приблизительно равен 0,0188 дюйма (или 0,30 мм), а для 18.1" дисплея TFT – около 0,011 дюйма (или 0,28 мм).

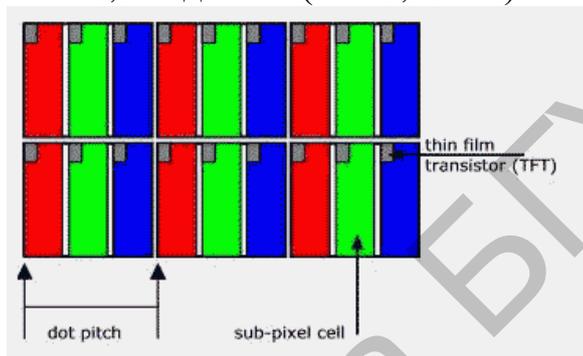


Рис. 12.7. Устройство пиксела на основе TFT

**Описание видеомонитора LG FLATRON L1942S.** Технические характеристики данного видеомонитора представлены в табл. 12.1

Таблица 12.1

Технические характеристики видеомонитора LG FLATRON L1942S

Характеристика	Значение
1	2
Технология матрицы	TFT TN
Диагональ дисплея	19"
Цветовая глубина	16,7M(8bit + FRC)
Размер пиксела	0,285×0,285 мм
Размер LCD	428×278×18,5 мм
Электрический интерфейс	LVDS
Режимы работы	Передающий (transmissive), нормально белый (normally white)
Угол обзора через контрастное соотношение	$\geq 10$
Угол обзора слева	-85°
Угол обзора справа	+85°
Угол обзора сверху	+85°
Угол обзора снизу	+85°

1	2
Яркость	250(min), 300(Тур)-6500К
Контрастное соотношение	5000 : 1
Тип входного видеосигнала	Аналоговый RGB
Уровни напряжения сигнала	Общий (0...0,71 В), цвет 0, 0 ( $\approx 0$ В), цвет 7, 0 (0,467 В), цвет 15, 0 (0,714 В)
Входной импеданс	75 Ом
Диапазоны рабочих частот	По вертикали (30...83 КГц), по горизонтали (56...75 КГц)
Максимальное разрешение	1440×900 пикселей
Входное напряжение адаптера питания	АС 100...240 В, 50...60 Гц
Рабочий диапазон температур	10...35 °С
Относительная влажность	10...80 %
Габариты (ширина×толщина×высота)	448,4×198,4×383,3 мм
Вес	4,55 кг

**Описание схемы питания LGP-002L/Н.** Внешний вид платы LGP-002L/Н представлен на рис. 12.8, структурная схема питания приведена на рис. 12.9.

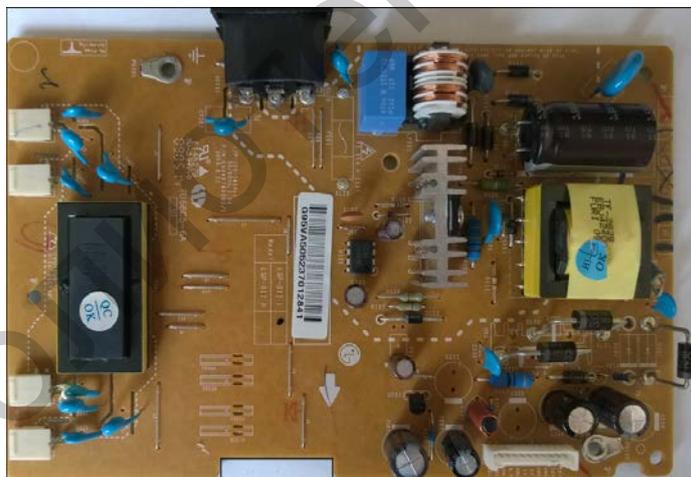


Рис. 12.8. Внешний вид платы LGP-002L/Н

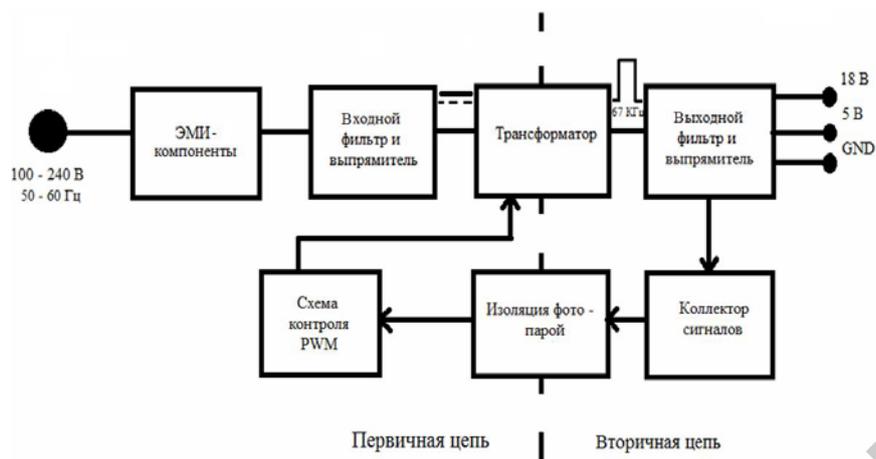


Рис. 12.9. Структурная схема питания LGP-002L/H

#### Функции основных элементов.

1. Электромагнитные (ЭМИ) компоненты предназначены для согласования с общими стандартами по электромагнитной совместимости и стандартизации для промышленного производства (CISPR – International Special Committee on Radio Interference, FCC – Federal Communications Commission) и представляют собой схему, содержащую линейный фильтр и первичный предохранитель.

2. Входной фильтр и выпрямитель предназначены для преобразования входного переменного напряжения в постоянное через мостовой выпрямитель и сглаживающий конденсатор.

3. Трансформатор необходим для преобразования первичного постоянного напряжения в импульсы с частотой 67 кГц.

4. Выходной фильтр и выпрямитель предназначены для широтно-импульсной модуляции и передачи управляющего сигнала к ключу для установки рабочего цикла и стабилизации напряжения. Они также используются для защиты от перепада напряжения.

5. Изоляция фотопары обеспечивает обратную связь через фототранзистор в первичную цепь для стабилизации выходного постоянного напряжения.

6. Коллектор сигналов фиксирует любое изменение с выходного постоянного напряжения и вносит изменения через обратную связь в первичную цепь.

Временная диаграмма работы монитора представлена на рис. 12.10.

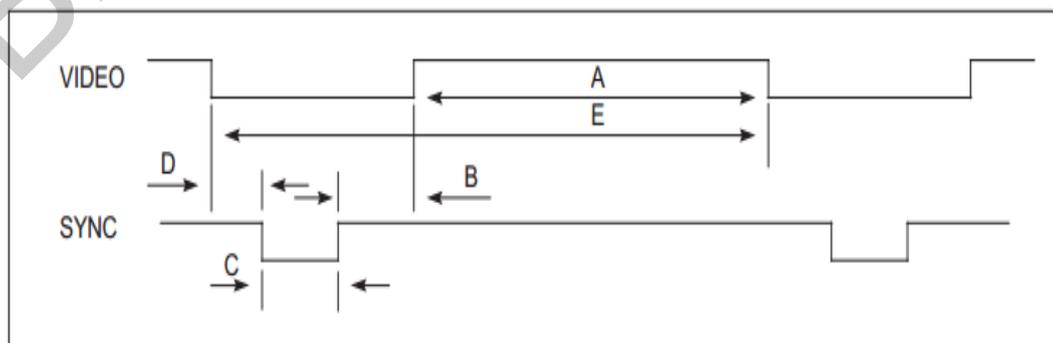


Рис. 12.10. Временная диаграмма работы монитора

Параметры видео- и синхросигнала:

А – активное время видео;

В – время гашения;

С – время между концом сигнала активной строки и началом строчного синхроимпульса;

Д – длительность синхроимпульса;

Е – период видеосигнала.

Параметры видео- и синхросигнала в различных режимах представлены на рис. 12.11.

Режим	H / V	Полярность	Период синхро- сигнала	Частота	Е	А	Д	С	В	Разрешение
1	H(Pixels)	+	25.175	31.469	800	640	16	96	48	640 x 350
	V(Lines)	-		70.09	449	350	37	2	60	
2	H(Pixels)	-	28.321	31.468	900	720	18	108	54	720 X 400
	V(Lines)	+		70.08	449	400	12	2	35	
3	H(Pixels)	-	25.175	31.469	800	640	16	96	48	640 x 480
	V(Lines)	-		59.94	525	480	10	2	33	
4	H(Pixels)	-	31.5	37.5	840	640	16	64	120	640 x 480
	V(Lines)	-		75	500	480	1	3	16	
5	H(Pixels)	+	40.0	37.879	1056	800	40	128	88	800 x 600
	V(Lines)	+		60.317	628	600	1	4	23	
6	H(Pixels)	+	49.5	46.875	1056	800	16	80	160	800 x 600
	V(Lines)	+		75.0	625	600	1	3	21	
7	H(Pixels)	+/-	57.283	49.725	1152	832	32	64	224	832 x 624
	V(Lines)	+/-		74.55	667	624	1	3	39	
8	H(Pixels)	-	65.0	48.363	1344	1024	24	136	160	1024 x 768
	V(Lines)	-		60.0	806	768	3	6	29	
9	H(Pixels)	-	78.75	60.123	1312	1024	16	96	176	1024 x 768
	V(Lines)	-		75.029	800	768	1	3	28	
10	H(Pixels)	+/-	100.0	68.681	1456	1152	32	128	144	1152 x 870
	V(Lines)	+/-		75.062	915	870	3	3	39	
11	H(Pixels)	+/-	92.978	61.805	1504	1152	18	134	200	1152 x 900
	V(Lines)	+/-		65.96	937	900	2	4	31	
12	H(Pixels)	+	108.0	63.981	1688	1280	48	112	248	1280 x 1024
	V(Lines)	+		60.02	1066	1024	1	3	38	
13	H(Pixels)	+	135.0	79.976	1688	1280	16	144	248	1280 X 1024
	V(Lines)	+		75.035	1066	1024	1	3	38	
14	H(Pixels)	+	88.750	55.5	1600	1440	48	32	80	1440 x 900
	V(Lines)	-		59.90	926	900	3	6	17	
15	H(Pixels)	-	106.500	55.935	1904	1440	80	152	232	1440x 900
	V(Lines)	+		59.887	934	900	3	6	25	
16	H(Pixels)	-	136.750	70.635	1936	1440	96	152	248	1440x 900
	V(Lines)	+		74.984	942	900	3	6	33	

Рис. 12.11. Параметры видео- и синхросигнала в различных режимах

Монитор LG FLATRON L1942S в разобранном виде изображен на рис. 12.12.

Обозначения, принятые на рис. 12.12:

– 300 – внешняя панель;

– 310 – ручка;

- 320 – кнопка питания;
- 330, 460 – элементы РСВ;
- 400 – задняя панель;
- 410, 420 – задние крепления;
- 430, 440– крышки;
- 910 – стойка;
- 920 – базовый элемент;
- 200 – LCD-модуль;
- 450 – схема питания.

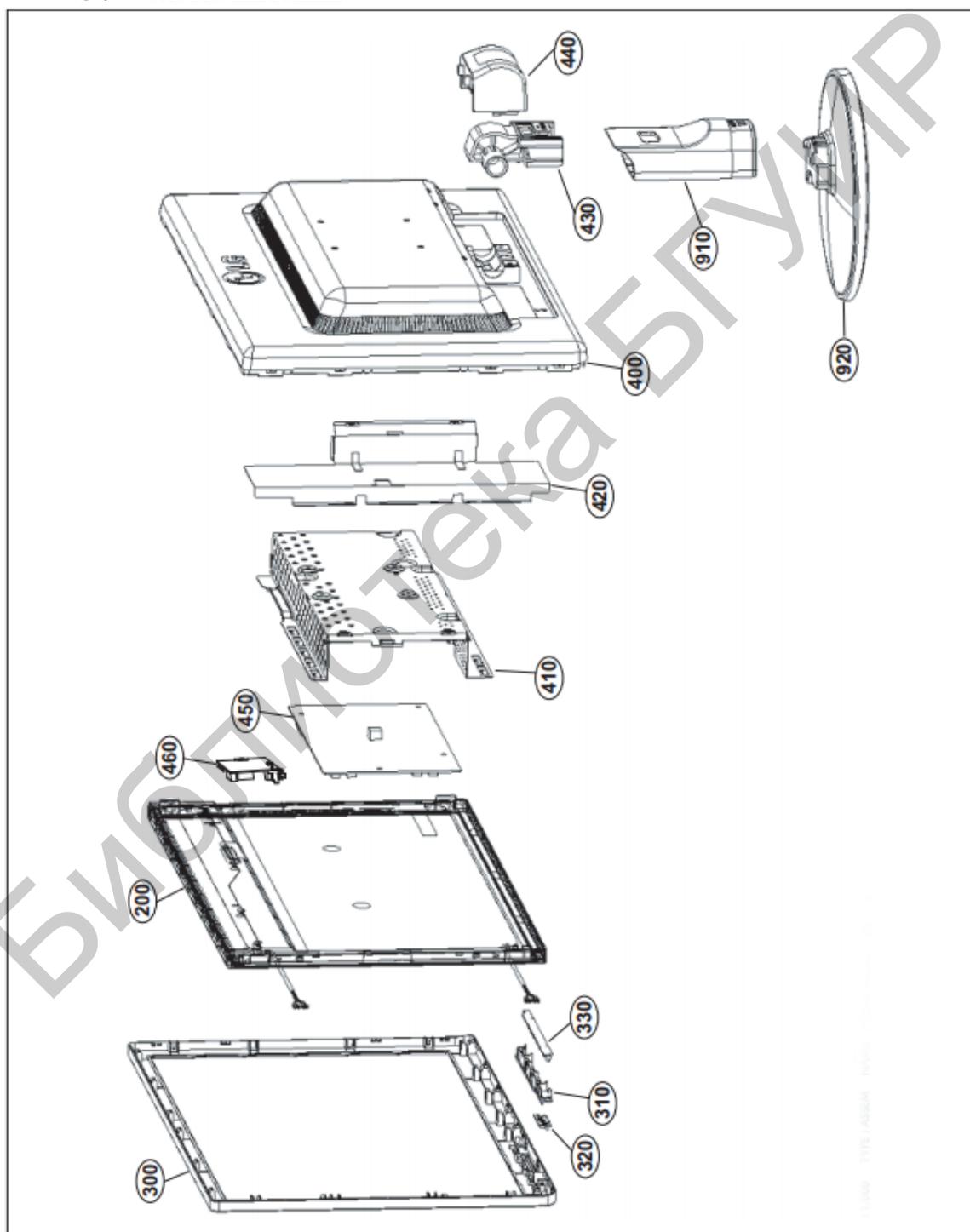


Рис. 12.12. Разобранный вид LG FLATRON L1942S

## **12.2. Лабораторное задание**

1. Ознакомиться с устройством и принципом функционирования монитора LG FLATRON L1942S.
2. Разработать структурную схему монитора LG FLATRON L1942S.

## **12.3. Содержание отчета**

1. Описание результатов выполнения лабораторного задания.
2. Ответы на контрольные вопросы.

## **12.4. Контрольные вопросы**

1. Каковы физические принципы работы LCD?
2. Из каких элементов состоит конструкция LCD? Поясните функции каждого элемента.
3. Как зависит прохождение пучка света через поляризатор при присутствии и отсутствии электрического поля?
4. Каковы особенности технологии STN?
5. Поясните конструкцию ячейки DSTN.
6. Каковы особенности технологии TFT?
7. Поясните конструкцию пиксела TFT.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Магуенов, Р. Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения : учеб. пособие / Р. Г. Магуенов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2004. – 367 с.
2. СТБ 1250–2000. Охрана объектов и физических лиц. Термины и определения. – Введ. 2011–04–01. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2001.
3. ГОСТ 26342–84. Средства охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Типы, основные параметры и размеры. – Введ. 1986–01–01.
4. РМ 78.36.006–99. Технические средства охраны. Словарь основных терминов и определений. – М. : Министерство Внутренних Дел Российской Федерации, 1999.
5. Кашкаров, А. П. Датчики в электронных схемах: от простого к сложному / А. П. Кашкаров. – М. : ДМК-Пресс, 2013. – 200 с.
6. ППБ РБ 1.02–94. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь при эксплуатации технических средств противопожарной защиты. – Введ. 1995–07–01. – Минск, 2004.
7. Максимов, Ю. Н. Технические методы и средства защиты информации / Ю. Н. Максимов. – СПб. : ООО «Издательство Полигон», 2000. – 320 с.
8. Аминов, В. П. Блокировка акустоэлектрических преобразователей в электронных технических средствах и системах общего применения / В. П. Аминов. – М. : Гелиос-АРВ, 2010. – 224 с.
9. Энциклопедия промышленного шпионажа / Ю. Ф. Каторин [и др.] ; под общ. ред. Е. В. Куренкова. – СПб. : Полигон, 2000. – 512 с.
10. Бузов, Г. А. Защита от утечки информации по техническим каналам : учеб. пособие / Г. А. Бузов, С. В. Калинин, А. В. Кондратьев. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с.
11. Меньшаков, Ю. К. Защита объектов и информации от технических средств разведки / Ю. К. Меньшаков. – М. : РГГУ, 2002. – 399 с.
12. Калинин, С. В. Защита от утечки информации по техническим каналам : учеб. пособие / С. В. Калинин, А. В. Кондратьев. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с.

*Учебное издание*

**Бойправ** Ольга Владимировна  
**Борботько** Тимофей Валентинович  
**Лобунов** Вадим Викторович

**СРЕДСТВА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ.  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

ПОСОБИЕ

Редактор *М. А. Зайцева*

Корректор *Е. И. Герман*

Компьютерная правка, оригинал-макет *М. В. Касабуцкий*

Подписано в печать 04.07.2018. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 6,16. Уч.-изд. л. 6,7. Тираж 50 экз. Заказ 31.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,  
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.  
ЛП №02330/264 от 14.04.2014.  
220013, Минск, П. Бровки, 6