

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВ-  
ЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**А.А. Титов**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

Учебное пособие

Томск – 2010

Федеральное агентство по образованию

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВ-  
ЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации (РЗИ)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой РЗИ

доктор технических наук, профессор

\_\_\_\_\_ А.С. Задорин

\_\_\_\_\_ 2010 г.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

Учебное пособие для студентов специальностей «Организация и  
технология защиты информации» и «Комплексная защита объектов ин-  
форматизации»

Разработчик:

Профессор кафедры РЗИ

доктор технических наук

\_\_\_\_\_ А.А. Титов;

УДК 004.056

Рецензент: А.В. Максимов, инженер кафедры Радиоэлектроники и защиты информации Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

**Титов А.А.**

Технические средства защиты информации: Учебное пособие для студентов специальностей «Организация и технология защиты информации» и «Комплексная защита объектов информатизации». – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 194 с.

Учебное пособие предназначено для изучения основных разделов общепрофессионального курса «Технические средства защиты информации».

Для студентов высших учебных заведений специальностей «Организация и технология защиты информации» и «Комплексная защита объектов информатизации».

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>Предисловие.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Характеристика защищаемой информации.....</b>	<b>7</b>
1.1. Понятие об информации как предмете защиты.....	7
1.2. Основные свойства информации как предмета защиты.....	9
<b>2. Назначение и классификация видов технической разведки.....</b>	<b>17</b>
2.1. Назначение и методы разведывательной деятельности.....	17
2.2. Классификация технической разведки.....	18
<b>3. Оптическая разведка.....</b>	<b>21</b>
3.1. Оптические каналы утечки информации.....	21
3.2. Технические характеристики средств оптической разведки.....	28
<b>4. Радиоэлектронная разведка.....</b>	<b>64</b>
4.1. Виды радиоэлектронной разведки.....	64
4.2. Радиоэлектронные каналы утечки информации.....	67
4.3. Средства наблюдения в радиодиапазоне.....	79
4.4. Средства перехвата радиосигналов.....	83
4.5. Методы и средства противодействия перехвату радиосигналов.....	98
<b>5. Акустическая разведка.....</b>	<b>100</b>
5.1. Понятия, определения и единицы измерения в акустике.....	100
5.2. Каналы утечки речевой информации.....	102
5.3. Технические средства подслушивания.....	108
5.4. Технические средства обнаружения и подавления радиоканалов утечки акустической информации.....	129
5.5. Средства противодействия перехвату электрических сигналов в телефонных линиях.....	156
<b>6. Побочные электромагнитные излучения и наводки.....</b>	<b>166</b>
6.1. Виды побочных электромагнитных излучений и наводок.....	166
6.2. Технические средства обнаружения и подавления ПЭМИН.....	184
6.3. Средства устранения ПЭМИН.....	185
<b>7. Литература.....</b>	<b>192</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Примечательная особенность настоящего времени – переход от индустриального общества к информационному, в котором информация становится более важным ресурсом, чем материальные или энергетические ресурсы. Ресурсами, как известно, называют элементы экономического потенциала, которыми располагает общество и которые при необходимости могут быть использованы для достижения конкретных целей хозяйственной деятельности. Давно стали привычными и общеупотребительными такие категории, как материальные, финансовые, трудовые, природные ресурсы, которые вовлекаются в хозяйственный оборот, и их назначение понятно каждому. Но вот появилось понятие «информационные ресурсы», и хотя оно узаконено, но осознано пока еще недостаточно. В приводимой литературе так излагается это понятие: «Информационные ресурсы – отдельные документы и отдельные массивы документов, документы и массивы документов в информационных системах (библиотеках, архивах, фондах, банках данных, других информационных системах)». Информационные ресурсы являются собственностью, находятся в ведении соответствующих органов и организаций, подлежат учету и защите, так как информацию можно использовать не только для производства товаров и услуг, но и превратить ее в наличность, продав кому-нибудь, или, что еще хуже, уничтожить.

Собственная информация для производителя представляет значительную ценность, так как нередко получение (создание) такой информации – трудоемкий и дорогостоящий процесс. Очевидно, что ценность информации (реальная или потенциальная) определяется в первую очередь приносимыми доходами.

Особое место отводится информационным ресурсам в условиях рыночной экономики.

Важнейшим фактором рыночной экономики выступает конкуренция. Побеждает тот, кто лучше, качественнее, дешевле и оперативнее производит и продает. И в этих условиях основным выступает правило: кто владеет информацией, тот владеет миром.

В конкурентной борьбе широко распространены разнообразные действия, направленные на получение (добывание, приобретение) конфиденциальной информации самыми различными способами, вплоть до прямого промышленного шпионажа с использованием современных технических средств разведки. Установлено, что 47% охраняемых сведений добывается с помощью технических средств промышленного шпионажа [1].

В этих условиях защите информации от неправомерного овладения ею отводится значительное место. При этом, целями защиты информации являются: предотвращение разглашения, утечки и несанкционированного доступа к охраняемым сведениям; предотвращение противоправных действий по уничтожению, модификации, искажению, копированию, блокированию информации; предотвращение других форм незаконного вмешательства в информационные ресурсы и информационные системы; обеспечение правового

режима документированной информации как объекта собственности; защита конституционных прав граждан на сохранение личной тайны и конфиденциальности персональных данных, имеющих в информационных системах; сохранение государственной тайны, конфиденциальности документированной информации в соответствии с законодательством; обеспечение прав субъектов в информационных процессах при разработке, производстве и применении информационных систем, технологий и средств их обеспечения.

Следовательно, защита информации представляет собой многоцелевую проблему, часть которой еще даже не имеет четкой постановки. Наиболее разработаны вопросы защиты информации, содержащей государственную, коммерческую и прочие тайны.

Среди ее направлений выделяют организационно-правовую, программно-аппаратную и инженерно-техническую защиту информации. Организационно-правовая защита информации осуществляется путем выполнения требований и рекомендаций правовых документов. Программно-аппаратная защита занимается обеспечением средств вычислительной техники и автоматизированных систем от несанкционированного доступа и криптографической защитой циркулирующей в них информации. Инженерно-техническая защита информации обеспечивается с помощью технических средств защиты.

Технические средства защиты информации объективно приобретают все больший вес. Такая тенденция обусловлена следующими причинами [2]:

1. Развитием методов и средств добывания информации, позволяющих несанкционированно получать все больший объем информации на безопасном расстоянии от ее источников.

2. Огромными достижениями микроэлектроники, способствующими созданию технической базы для массового изготовления доступных рядовому покупателю средств нелегального добывания информации. Доступность миниатюрных и камуфлированных технических средств добывания информации превращает задачу нелегального добывания информации из уникальной и рискованной операции в прибыльный бизнес, что увеличивает число любителей легкой наживы противозаконными действиями.

3. Оснащением служебных и жилых помещений, а также в последнее время автомобилей, разнообразной радиоэлектронной аппаратурой, физические процессы в которой способствуют случайной неконтролируемой передаче (утечке) конфиденциальной информации из помещений и автомобилей.

Очевидно, что эффективная защита информации с учетом этих тенденций возможна при более широком использовании технических средств защиты.

Рассмотрению технических каналов утечки информации, различных средств технической разведки и технических средств защиты информации посвящено данное учебное пособие. Так как стержнем любой научной дисциплины является ее теория, то наибольшее внимание в книге уделено рассмотрению теоретических функционирования средств технической разведки и технических средств защиты информации.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЩИЩАЕМОЙ ИНФОРМАЦИИ

## 1.1. Понятие об информации как предмете защиты

Термин **информация** появился в русском языке от латинского слова (**informatio** – разъяснение, изложение), и в соответствии с энциклопедическим словарем первоначально означал сведения передаваемые людьми в виде сообщений устным, письменным способом, сигналами, или техническими средствами. В соответствии с терминологией Федерального закона «Об информации, информатизации и защите информации» [3], слово **информация** означает – сведения о лицах, предметах, фактах, событиях и процессах независимо от формы их представления. Значит информация это сведения. Согласно словарю русского языка Ожегова, **сведения – это знания**. Следовательно, в общем случае информация – это знания в самом широком значении этого слова.

Раньше считалось, что когда прекращается литься кровь, наступает мир. Сейчас войны идут постоянно. Эти войны называются информационными. Нет необходимости уничтожать людей и материальные ценности. Можно управлять человеком через информационные каналы, подчинять его себе таким образом, что это подчинение он воспримет как благо. Опасность этого оружие не только в том, что оно носит массовый характер, но и в том, что большинство людей даже не осознают факта его применения. Например, покупая рекламируемый товар, человек думает, что выбор осуществляет он, хотя реально за него это сделал рекламодатель.

Как и в любых войнах в информационных войнах имеется нападающая сторона и обороняющаяся сторона. Оборона в этом случае ведется в двух направлениях. Это защита от информационного воздействия и защита собственной информации.

Решающее значение для исхода информационной войны имеет защита собственной информации. Среди направлений защиты информации выделяют организационно-правовую, программно-аппаратную и инженерно-техническую защиту информации с техническими средствами защиты информации.

Организационно-правовая защита информации осуществляется путем выполнения требований и рекомендаций правовых документов.

Программно-аппаратная защита информации занимается обеспечением средств вычислительной техники и автоматизированных систем управления от несанкционированного доступа и криптографической защитой циркулирующей в них информации.

Инженерно-техническая защита информации и технические средства защиты информации обеспечивают защиту информации с помощью инженерных конструкций и технических средств.

Будем рассматривать информацию как предмет защиты. Защите подлежит **секретная** и **конфиденциальная** информация.

К **секретной** информации относится информация, содержащая государственную тайну. Ее несанкционированное распространение может нанести ущерб интересам государственных органов, организациям, субъектам РФ и РФ в целом. Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.93 № 5486–1 дает следующее определение: **государственная тайна** – защищаемые государством сведения в области его военной, внешнеполитической, экономической, разведывательной, контрразведывательной и оперативно-розыскной деятельности, распространение которых может нанести ущерб безопасности Российской Федерации.

Под **конфиденциальной** информацией понимается информация, содержащую коммерческую и иную тайну. В **Словаре терминов и определений по безопасности информации** дается следующее определение: **конфиденциальная информация** – служебная, профессиональная, промышленная, коммерческая или иная информация, правовой режим которой устанавливается ее собственником на основе законов о коммерческой, профессиональной тайне, государственной службе и других законодательных актов. Понятие коммерческой тайны предприятия определено в Федеральном законе Российской Федерации о коммерческой тайне. «Коммерческая тайна – конфиденциальность информации, позволяющая ее обладателю при существующих или возможных обстоятельствах увеличить доходы, избежать неоправданных расходов, сохранить положение на рынке товаров, работ, услуг или получить иную коммерческую выгоду». К информации, составляющей коммерческую тайну относятся научно-техническая, технологическая, производственная, финансово-экономическая или иная информация (в том числе составляющая секреты производства (ноу-хау)), которая имеет действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности ее третьим лицам, к которой нет свободного доступа на законном основании и в отношении которой обладателем такой информации введен режим коммерческой тайны.

#### **Особенности информации как объекта защиты:**

- она нематериальная в том смысле, что нельзя измерить ее параметры, например, массу, размеры, энергию, известными физическими методами и приборами;
- информация, записанная на материальный носитель, может храниться, обрабатываться, передаваться по различным каналам связи;
- любой материальный объект содержит информацию о самом себе или о другом объекте.

Как указывает Торокин в книге «Инженерно-техническая защита информации» [2], без информации не может существовать жизнь в любой форме и не могут функционировать созданные человеком любые информационные системы. Без нее биологические и искусственные системы представляют груду химических элементов. опыты по изоляции органов чувств человека, затрудняющие информационный обмен человека с окружающей средой, показали, что информационный голод (дефицит информации) по своим последствиям не менее разрушителен, чем голод физический.



Несмотря на определенные достижения прикладной области науки – информатики, занимающейся информационными процессами, достаточно четкого понимания сущности информации наука пока не имеет.

## 1.2. Основные свойства информации как предмета защиты

### Носители и источники информации

Информация доступна человеку, если она содержится на материальном носителе. Так как с помощью материальных средств можно защищать только материальный объект, то объектами защиты являются материальные носители информации. Различают носители – источники информации, носители – переносчики информации и носители – получатели информации. Например, чертеж является источником информации, а бумага, на которой он нарисован, – носитель информации. Физическая природа источника и носителя в этом примере одна и та же – бумага. Однако между ними существует разница. Бумага без нанесенного на ней текста или рисунка может быть источником информации о ее физических и химических характеристиках. Когда бумага содержит семантическую (символьную) информацию, ей присваивается другое имя: чертеж, документ и т. д. Чертеж детали или узла входит в состав более сложного документа – чертежа прибора, механизма или машины и т. д. вплоть до конструкторской документации образца продукции. Следовательно, в зависимости от назначения источнику могут присваиваться различные имена. Но независимо от наименования документа защищать от хищения, изменения и уничтожения информации надо листы бумаги, которые имеют определенные размеры, вес, механическую прочность, устойчивость краски или чернил к внешним воздействиям. Параметры носителя определяют условия и способы хранения информации. Другие носители, например, поля не имеют четких границ в пространстве, но в любом случае их характеристики измеряемы. Физическая природа носителя–источника информации, носителя–переносчика и носителя–получателя может быть как одинаковой, так и разной. Передача информации путем перемещения ее носителей в пространстве связана с затратами энергии, причем величина затрат зависит от длины пути, параметров среды и вида носителя.

### Ценность информации

Это свойство оценивается степенью полезности ее для пользователя (собственника, владельца, получателя). Информация может обеспечивать ее пользователю определенные преимущества: приносить прибыль, уменьшить риск в его деятельности в результате принятия более обоснованных решений и др. **Нейтральная** информация не влияет на состояние дел ее пользователя, но носитель с нейтральной для конкретного получателя информацией может оказывать вредное воздействие на другой носитель с полезной информацией, если близки по значениям параметры носителей, например, частоты колебаний электромагнитных полей разных источников. Носители информации, оказывающее воздействие на другой носитель, представляют собой помехи. То, что для одного получателя является информацией, для другого – помеха.

Когда во время разговора по телефону из-за неисправности в цепях коммутации телефонной станции слышен разговор других людей, то каждая пара абонентов воспринимает разговор другой как помеху.

**Вредной** является информация, в результате использования которой ее получателю наносится моральный или материальный ущерб. Когда такая информация создается преднамеренно, то ее называют дезинформацией. Часто вредная информация создается в результате целенаправленной или случайной модификации ее при переносе с одного носителя на другой. Если в качестве таких носителей выступают люди, то вредная информация циркулирует в виде слухов. Широко практикуется способ дезинформирования людей путем использования механизма распространения слухов.

**Полезность** информации всегда конкретна. Нет ценной информации вообще. Информация полезна или вредна для конкретного ее пользователя. Под пользователями подразумевается как один человек или автомат, так и группа людей и даже все человечество. Чрезвычайно ценная информация для одних пользователей может не представлять ценности для других. Даже информация, ценная для всего человечества, например, технология изготовления лекарств от опасных болезней, для конкретного здорового человека может не представлять интереса. Поэтому при защите информации определяют, прежде всего, круг лиц (фирм, государств), заинтересованных в защищаемой информации, так как вероятно, что среди них окажутся злоумышленники.

В интересах защиты ценной (полезной) информации ее владелец (государство, организация, физическое лицо) наносит на носитель условный знак полезности содержащейся на нем информации, – гриф секретности или конфиденциальности. Гриф секретности информации, владельцами которой является государство (государственные органы), устанавливается на основании Федерального закона Российской Федерации от 06.10.97 № 131-ФЗ «О ГОСУДАРСТВЕННОЙ ТАЙНЕ», и ведомственных перечней сведений, составляющих государственную тайну. В соответствии с постановлением Правительства РФ № 870 от 4 сентября 1995 г. к информации секретной, совершенно секретной и особой важности относится информация, хищение или несанкционированное распространение которой может нанести ущерб соответственно государственной организации (предприятию, учреждению), отрасли (ведомству, министерству), субъекту Федерации и РФ в целом. Для **несекретной** информации, содержащей служебную тайну, вводят гриф «для служебного пользования».

Для обозначения степени конфиденциальности коммерческой информации применяют различные шкалы ранжирования. Распространена шкала: «коммерческая тайна – строго конфиденциально» (КТ–СК), «коммерческая тайна – конфиденциально» (КТ–К), «коммерческая тайна» (КТ). Известна шкала: «строго конфиденциально – особый контроль», «строго конфиденциально», «конфиденциально». Применяется также двухуровневая шкала ранжирования коммерческой информации: «коммерческая тайна» и «для служебного пользования».

В качестве критерия для определения грифа конфиденциальности информации могут служить результаты прогноза последствий попадания информации к конкуренту или злоумышленнику, в том числе:

- величина экономического и морального ущерба, наносимого организации;
- реальность создания предпосылок для катастрофических последствий в деятельности организации, например, банкротства.

### **Информация – товар**

Учитывая, что информация может быть для получателя полезной или вредной, что она покупается и продается, то информацию можно рассматривать как товар. Цена информации связана с ее ценностью, но это разные понятия. Например, при проведении исследований могут быть затрачены большие материальные и финансовые ресурсы, которые завершились отрицательным результатом, т. е. не получена информация, на основе которой ее владелец может получить прибыль. Но отрицательные результаты представляют ценность для специалистов, занимающихся рассматриваемой проблемой, так как полученная информация укорачивает путь к истине.

Полезная информация может быть создана ее владельцем в результате научно-исследовательской деятельности, заимствована из различных открытых источников, может попасть к злоумышленнику случайно, например, в результате непреднамеренного подслушивания и, наконец, добыта различными нелегальными путями. Цена информации, как любого товара, складывается из себестоимости и прибыли.

Себестоимость определяется расходами владельца информации на ее получение путем:

- проведения исследований в научных лабораториях, аналитических центрах, группах и так далее;
- покупки информации на рынке информации;
- добывания информации противоправными действиями.

Прибыль от информации ввиду ее особенностей может принимать различные формы, причем денежное ее выражение не является самой распространенной формой. В общем случае прибыль от информации может быть получена в результате следующих действий:

- продажи информации на рынке;
- материализации информации в продукции с новыми свойствами или технологии, приносящими прибыль;
- использования информации для принятия более эффективных решений.

Последняя форма прибыли от информации не столь очевидна, но она самая распространенная. Это обусловлено тем, что любая деятельность человека есть по своей сути последовательность принятия им решений. Большинство решений принимается человеком бессознательно, он осознано принимает в основном жизненно важные решения. Для принятия любого решения нужна информация, причем, чем выше риск и цена решения, тем большего объема должна быть информация. Размышления перед принятием

решения есть не что иное, как переработка человеком имеющейся у него информации. По своему опыту каждый знает, как трудно принять ответственное решение в условиях дефицита информации или времени.

Дефицит времени при принятии решений возникает, когда недостаточно времени для восприятия (чтения) и обработки информации, необходимой для принятия обоснованного решения. При недостатке времени часть информации не учитывается, что по последствиям аналогично дефициту информации. Поэтому руководитель требует от своих помощников представлять ему информацию в обобщенном виде и форме, позволяющих воспринять ее в сжатые сроки. Учитывая жизненную потребность в информации для любых живых организмов, природа создала механизм, заставляющий их искать информацию в случае ее дефицита. Таким общим механизмом для активизации деятельности живых существ по удовлетворению основных потребностей, в том числе информационной потребности, являются эмоции. Уровень отрицательных эмоций живого существа пропорционален дефициту информации, необходимой для принятия им решений. Алгоритм поведения живого человека формируется таким, чтобы устранить причины отрицательных эмоций, в том числе путем поиска информации.

#### **Изменение ценности информации во времени**

Ценность информации изменяется во времени. Распространение информации и ее использование приводят к изменению ее ценности и цены. Характер изменения ценности во времени зависит от вида информации. Для научной информации эта зависимость часто имеет волнообразный вид. Информация об открытии даже новых законов или явлений природы вначале должным образом не оценивается. Например, в начале века результаты исследований по атомной физике носили чисто познавательный характер и интересовали узкий круг ученых. Информация в этой области приобрела чрезвычайно высокую ценность, когда появились реальные возможности практического использования атомной энергии. По мере того, как исчерпываются на определенном этапе научно-технического прогресса возможности практической реализации теоретических результатов, ценность информации убывает. Новые технологии или достижения в смежных областях могут увеличить ценность давно полученных знаний. Недаром говорят, что новое – это хорошо забытое старое.

Ценность большинства видов информации, циркулирующей в обществе, со временем уменьшается – информация стареет. Старение информации в первом приближении можно аппроксимировать выражением вида [4]:

$$C_{и}(\tau) = C_0 \cdot \exp(-2,3 \tau/\tau_{жц})$$

где  $C_0$  – ценность информации в момент ее возникновения (создания);

$\tau$  – время от момента возникновения информации до момента ее использования;

$\tau_{жц}$  – продолжительность жизненного цикла информации (от момента возникновения до момента устаревания).

В соответствии с этим выражением за время жизненного цикла ценность информации уменьшается до 0.1 первоначальной величины. В зависимости от продолжительности жизненного цикла коммерческая информация в классифицируется следующим образом:

- оперативно-тактическая, теряющая ценность примерно по 10% в день (например, информация выдачи краткосрочного кредита, предложения по приобретению товара в срок до одного месяца и др.);
- стратегическая информация, ценность которой убывает примерно 10% в месяц (сведения о партнерах, о долгосрочном кредите, развитии и т. д.).

Информация о законах природы имеет очень большое время жизненного цикла. Ее старение проявляется в уточнении законов, например, в ограничениях законов Ньютона для микромира.

### **Виды защищаемой информации**

По содержанию любая информация может быть отнесена к семантической (символьной) или к информации о признаках материального объекта – признаковой. Сущность семантической информации не зависит от характеристик носителя. Содержание текста, например, не зависит от качества бумаги, на которой он написан, или физических параметров другого носителя. Семантическая информация – продукт абстрактного мышления человека и отображает объекты, явления, как материального мира, так и создаваемые им образы и модели с помощью символов на языках общения людей. Языки общения включают как естественные языки национального общения, так и искусственные профессиональные языки. Языки национального общения формируются в течение длительного времени развития нации. В нем устаревшие слова постепенно отмирают, но появляются новые, вызванные развитием человечества, в том числе техническим прогрессом.

**Семантическая** информация на языке национального общения представляется в виде упорядоченной последовательности знаков (букв, цифр, иероглифов) алфавита этого языка и записывается на любом материальном носителе. В области средств регистрации и консервации семантической информации изыскиваются носители, обеспечивающие все более высокую плотность записи и меньшее энергопотребление. Профессиональные языки создаются специалистами для экономного и компактного отображения информации. Существует множество профессиональных языков: математики, музыки, радиоэлектроники, автотранспортного движения, химии и т. д. Любая предметная область содержит характерные для нее понятия и условные обозначения, часто непонятные необученному этому языку человеку. Для однозначного понимания этого языка всеми специалистами областей науки, техники, искусства и др., термины и условные обозначения стандартизируются. В принципе все то, что описано на профессиональном языке, можно представить на языке общечеловеческого общения, но такая форма записи громоздка и неудобна для восприятия информации человеком. Кроме того, использование носителей различной физической природы позволяет подключать для ввода информации в мозг человека все многообразие его рецепторов (датчи-

ков). При просмотре кинофильмов, например, основной объем информации зритель поручает через органы зрения. Музыкальное сопровождение фильма через слуховой канал ввода информации оказывает дополнительное воздействие на эмоциональную сферу зрителя. Известны попытки дополнить эти каналы воздействием на органы обоняния человека путем создания в кинозале соответствующих запахов. В ситуациях, когда нельзя использовать для информирования человека зрительные или акустические сигналы или эти каналы перегружены, воздействуют на его тактильные рецепторы. Например, настенное средство для обнаружения записывающего устройства в кармане собеседника информирует о работе диктофона с помощью индикатора, создающего вибрацию.

Информация **признаковая** описывает конкретный материальный объект на языке его признаков. Описание объекта содержит признаки его внешнего вида, излучаемых им полей и элементарных частиц, состава и структуры веществ, из которых состоит объект. Источниками признаковой информации являются сами объекты. К ним в первую очередь относятся интересующие зарубежную разведку или отечественного конкурента люди, новая продукция и материалы, помещения и даже здания, в которых может находиться конфиденциальная информация. В зависимости от вида описания объекта признаковая информация делится на информацию о внешнем виде (видовых признаках), о его полях (признаках сигналов), о структуре и составе его веществ (признаках веществ).

Классификация информации по содержанию представлена на рис. 1.1.

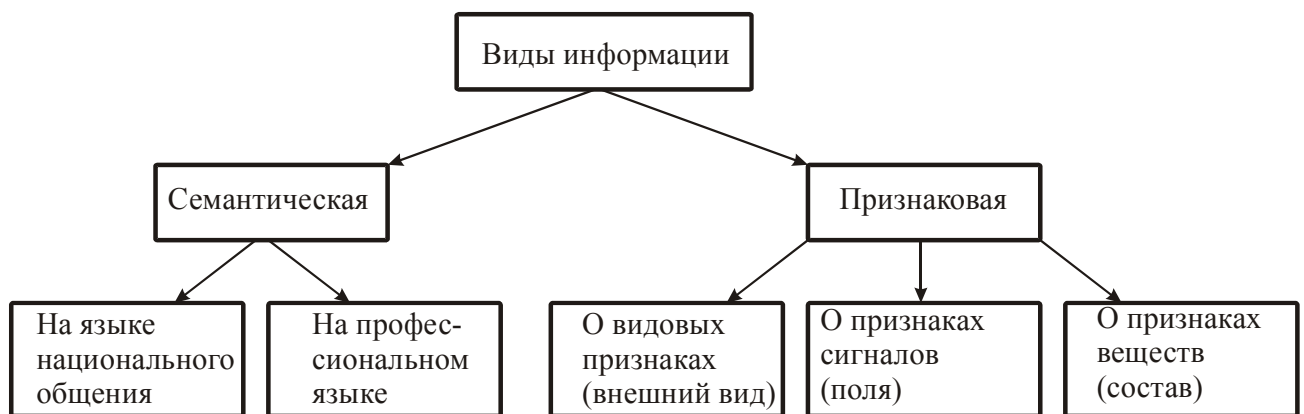


Рис. 1.1. Классификация информации, защищаемой техническими средствами

Защищаемая информация неоднородна по содержанию, объему и ценности. Следовательно, защита будет рациональной в том случае, когда уровень защиты, а следовательно, затраты, соответствуют количеству и качеству информации. Если затраты на защиту информации выше ее цены, то уровень защиты неоправданно велик, если существенно меньше, то повышается вероятность уничтожения, хищения или изменения информации. Для обеспечения рациональной защиты возникает необходимость структурирования конфиден-

циальной информации, т. е. разделения ее на так называемые информационные элементы.

Информационный элемент представляет собой информацию на носителе с достаточно четкими границами, и удовлетворяет следующим требованиям:

- принадлежит конкретному источнику (документу, человеку, образцу; продукции и т. д.);
- содержится на отдельном носителе;
- имеет конкретную цену.

Структурирование информации проводится путем последовательной детализации защищаемой информации, начиная с перечней сведений, содержащих тайну. Детализация предусматривает иерархическое разбиение информации в соответствии со структурой тематических вопросов, охватывающих все аспекты организации и деятельности частной фирмы или государственной структуры.

Вариант укрупненной типовой структуры конфиденциальной информации, составляющей коммерческую тайну, приведен на рис. 1.2.

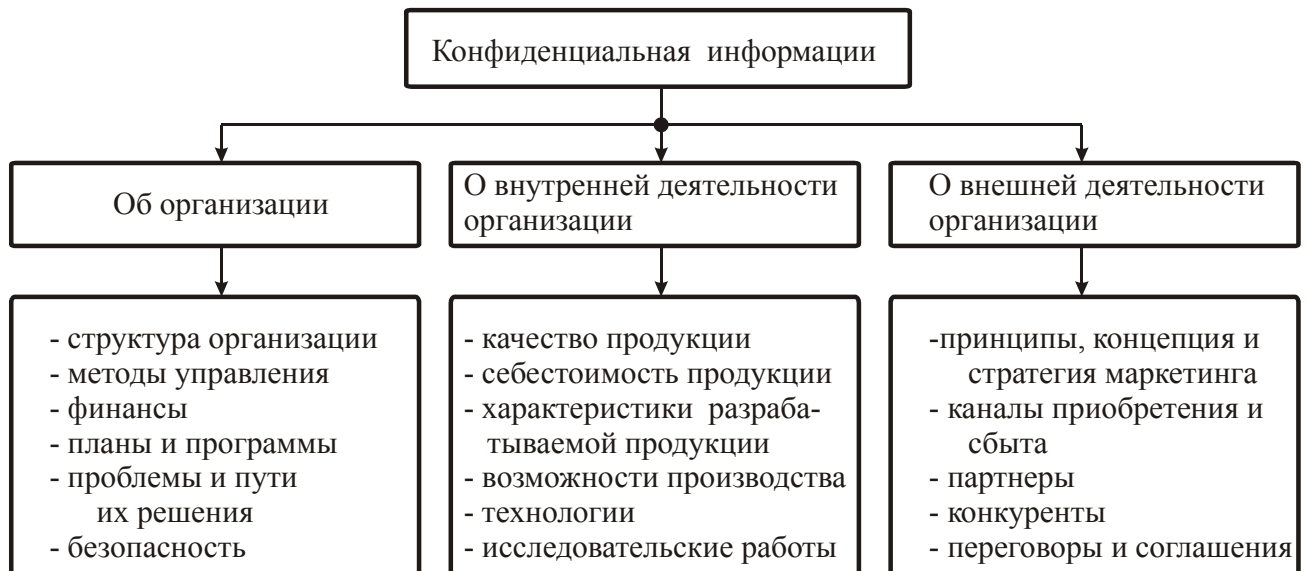


Рис. 1.2. Вариант структуры конфиденциальной информации

Обобщенный перечень сведений, составляющих коммерческую тайну (на рис. 1.2. конфиденциальная информация), относится к нулевому (исходному) уровню иерархии структуры. На 1-м уровне эта информация разделяется на 3 группы, каждая из которых соответствует темам: «об организации», «о внутренней деятельности организации», «о внешней деятельности организации». На 2-м уровне эти темы конкретизируются тематическими вопросами: структура, методы управления, ..., качество продукции, себестоимость продукции, ..., принципы, концепция и стратегия маркетинга и т. д. На 3-м уровне детализируются тематические вопросы 2-го уровня и т. д. Такая информация является **структурированной**.

Защита структурированной информации принципиально отличается от защиты информации вообще. Она конкретна, так как ясно, что (какой инфор-

мационный элемент) необходимо защищать, прежде всего, исходя из его ценности, кто или что являются источниками и носителями этого элемента. Для элемента информации можно выявить возможные угрозы его безопасности и определить, наконец, какие способы и средства целесообразно применять для обеспечения безопасности рассматриваемого элемента информации.



## 2. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

### 2.1. Назначение и методы разведывательной деятельности

Жизненная необходимость в получении чужой информации и сохранении своей информации для любой государственной или коммерческой структуры вынуждает их расходовать людские, материальные и финансовые ресурсы на постоянное её добывание и защиту. Специализированными органами для добывания информации являются органы разведки.

Государственные органы разведки обеспечивают руководство страны информацией для принятия им политических, экономических, военных, научно-технических решений в условиях жестокой межгосударственной конкуренции.

Органы коммерческой разведки решают задачи по информационному обеспечению руководства организации информацией, необходимой для успешной деятельности организации в условиях конкурентной борьбы.

Для защиты и добывания информации необходимо знать методы разведывательной деятельности.

**Разведывательная деятельность** – это добывание какой-либо интересующей информации. Смысл разведывательной деятельности (далее – разведки) заключается в следующем:

- Добывание информации (политической, экономической, военной) для принятия стратегических, оперативных или тактических решений в соответствующих областях деятельности.
- Получение преимущества над противником из-за использования его информации в своих целях.

Разведка может вестись с помощью легальных, полуполигальных и нелегальных методов:

- Легальные методы разведки – это исследование публикаций в СМИ (в том числе электронных СМИ – Интернет, телевидение, радио), участие в различных конференциях, анализ общественно-политических, научных и технических изданий, посещение выставок и использование подобных совершенно открытых источников.
- Полулегальные методы разведки – это разговоры с сотрудниками в неофициальной обстановке, заведомо ложные конкурсы и переговоры, получение информации от общих клиентов, поставщиков, через контролируемые органы.
- Нелегальные методы разведки – похищение образцов продукции и оборудования, похищение, копирование, подмена, ознакомление, уничтожение документов с интересующей информацией, съем информации по техническим каналам, проникновение в ЛВС, внедрение агентов, проникновение на территорию и так далее.

Разведывательная деятельность присуща не только государствам, но и частным организациям. Государственные интересы выражаются не только в сохранении государственной тайны, но и в лоббировании интересов своих крупных компаний, поэтому разведывательная деятельность государственных компаний и частных компаний переплетается. На защиту информации от конкурентов и контрразведывательную деятельность современные крупные западные компании тратят до 20% прибыли.

Условно разведку можно разделить на агентурную и техническую. Условность состоит в том, что добывание информации агентурными методами осуществляется с использованием технических средств, а техническую разведку ведут люди. Отличия заключаются в преобладании человеческого или технического факторов. Многообразие видов носителей информации породило множество видов технической разведки. Поскольку наш курс называется – технические средства защиты информации, рассмотрим классификацию видов технической разведки.

## 2.2. Классификация технической разведки

Наиболее широко применяется классификация технической разведки по физической природе носителей информации [2]:

1. оптическая разведка (носитель – электромагнитное поле в видимом и инфракрасном диапазонах);
2. радиоэлектронная разведка (носитель – электромагнитное поле в радиодиапазоне или электрический ток);
3. акустическая разведка (носитель – акустическая волна в газообразных, жидких и твердых средах);
4. химическая разведка (носитель – частицы вещества);
5. радиационная разведка (носитель – излучения радиоактивных веществ);
6. сейсмическая разведка (носитель – акустическая волна в земной поверхности);
7. магнитометрическая разведка (носитель – магнитное поле);
8. компьютерная разведка (классифицируется по способу добывания информации – перехват сигналов в компьютерах и компьютерных сетях).

**Оптическая разведка** включает в себя:

- визуально-оптическую;
- фотографическую;
- инфракрасную;
- телевизионную;
- лазерную.

Приведенная последовательность видов **оптической разведки** соответствует этапам развития оптической разведки по мере технического прогресса в области средств оптического наблюдения.

При **визуально-оптической** разведке человек добывает информацию с помощью визуальных приборов.

**Фотографическая** разведка позволяет регистрировать изображение объекта наблюдения на фотопленке или в цифровом виде в устройствах памяти.

Средства **инфракрасной** разведки преобразуют изображение из инфракрасного диапазона в видимое изображение.

**Телевизионная** разведка обеспечивает не только добывание информации о движущихся объектах, но и передачу этой информации на большие расстояния.

**Лазерная** разведка решает две группы задач: получение информации по результатам облучения объекта лазерным лучом (для подсветки, измерения дальности, дистанционного физического и химического анализа) и для определения источников и характеристик лазерного излучения.

**Радиоэлектронная разведка** в зависимости от характера добываемой информации подразделяется на виды:

- радиоразведку;
- радиотехническую разведку;
- радиолокационную разведку;
- радиотепловую разведку;
- разведку побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН).

**Радиоразведка** добывает в большинстве случаев семантическую, то есть символьную или знаковую, информацию путем перехвата радиосигналов с конфиденциальной информацией.

**Радиотехническая** разведка добывает информацию о параметрах (признаках) радиотехнических сигналов.

**Радиолокационная** разведка добывает информацию о дальности и направлении движения объекта, о видовых признаках радиолокационного изображения объекта на экране радиолокатора.

**Радиотепловая** разведка добывает информацию о признаках объектов, проявляющихся через их собственные электромагнитные излучения в радиодиапазоне.

**Разведка ПЭМИН** использует ту же радиоаппаратуру и методы, что и радиоразведка. Только эта аппаратура предназначена для улавливания очень слабых сигналов, то есть она более чувствительная.

**Акустическая разведка** включает в себя:

- акустическую разведку, добывающую информацию, распространяющуюся в воздушной среде;
- гидроакустическую разведку, добывающую информацию, распространяющуюся в водной среде;
- виброакустическую разведку, добывающую информацию, распространяющуюся в твердой среде, в основном в строительных конструкциях и различных трубах.

**Химическая разведка** добывает информацию о составе, структуре и свойствах веществ путем взятия проб и анализа их микрочастиц.

**Радиационная разведка** предназначена для обнаружения, локализации, определения характеристик и измерения уровней излучаемых радиоактивных веществ.

**Сейсмическая разведка** обеспечивает добывание информации из сейсмических волн, распространяющихся в земной коре.

**Магнитометрическая разведка** позволяет по изменению магнитного поля земли обнаруживать объекты, например, подводные лодки в погруженном состоянии.

**Компьютерная разведка** осуществляет несанкционированный доступ к информации, обрабатываемой средствами вычислительной техники, и также прием электромагнитных излучений компьютеров и наводок электромагнитных излучений, распространяющихся по соединительным кабелям.

### 3. ОПТИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА

#### 3.1. Оптические каналы утечки информации

Структура оптического канала утечки информации имеет вид, показанный рис. 3.1 [2].



Рис. 3.1. Структура оптического канала утечки информации

Объект наблюдения в оптическом канале утечки информации является одновременно источником информации и источником сигнала, потому что световые лучи, несущие информацию о видовых признаках объекта, представляют собой отраженные объектом лучи внешнего источника или его собственные излучения.

Отраженный от объекта свет содержит информацию о его внешнем виде (видовых признаках), а излучаемый объектом свет – о параметрах излучений (признаках сигналов). Запись информации производится в момент отражения падающего света путем изменения его яркости и спектрального состава. Излучаемый свет содержит информацию об уровне и спектральном составе источников видимого света, а в инфракрасном диапазоне по характеристикам излучений можно также судить о температуре элементов излучения. В общем случае объект наблюдения излучает и отражает свет другого источника как в видимом, так и ИК-диапазонах. Однако в конкретных условиях соотношения между мощностью собственных и отраженных излучений в видимом диапазоне волн и ИК-диапазоне могут существенно отличаться.

В видимом диапазоне мощность излучения определяется в подавляющем большинстве случаев мощностью отраженного света и содержащихся в спектре искусственных источников света. Например, габариты автомобиля в ночное время обозначаются включенными фонарями красного цвета, укрепленными по краям автомобиля. Объект наблюдения или его элементы излучают собственные электромагнитные излучения в видимом диапазоне при высокой температуре. В ближнем (0.76–3 мкм) и среднем (3–6 мкм) диапазонах собственная мощность ИК-излучения объектов значительно меньше мощности отраженного от объекта потока солнечной энергии. Однако с переходом в длинноволновую область ИК-излучения мощность теплового излучения объектов может превышать мощность отраженной солнечной энергии.

Основным и наиболее мощным внешним источником света является Солнце. При температуре поверхности около 6000° Солнце излучает огромное количество энергии в достаточно широкой полосе – от ультрафиолетового до инфракрасного (0.17–14 мкм). Видимая часть спектра излучения лежит

в диапазоне 0,4 мкм (фиолетовый цвет) до 0,76 мкм (красный цвет). Максимум солнечного излучения приходится на 0,47 мкм, в ультрафиолетовой части оно резко убывает, в инфракрасной – регистрируется в виде широкой и пологой кривой.

При прохождении через атмосферу солнечные лучи взаимодействуют с содержащимися в ней молекулами газов, частицами пыли, дыма, кристалликами льда, каплями воды. В результате такого взаимодействия часть солнечной энергии поглощается, другая – рассеивается.

Процессы рассеяния и поглощения солнечной энергии уменьшают интенсивность солнечной радиации на поверхности Земли и меняют спектр солнечного света, освещающего наземные объекты. В кривой излучения этого света, характеризующей интенсивность излучения в зависимости от длины волны, появляются участки поглощения и пропускания. Последние называются окнами прозрачности. Излучения длиной менее 0,27 мкм полностью поглощаются озоном. Атмосферное рассеяние света уменьшает прямую солнечную радиацию и повышает рассеянное (диффузное) излучение атмосферы. Рассеяние в коротковолновой части спектра сильнее, чем в длинноволновой. Особенно заметно оно в голубой и ультрафиолетовой областях. Поэтому небо имеет голубой цвет. Интенсивность рассеяния солнечного света в ближнем инфракрасном диапазоне незначительная. Задымленность приповерхностного слоя атмосферы мало влияет на излучения в ближнем ИК-диапазоне, если размеры твердых частиц дыма в атмосфере не превышают 1 мкм. Туман и облака очень сильно рассеивают ИК-излучение в этом интервале длин, так как водяные капли имеют размер около 4 мкм. Молекулярное и аэрозольное рассеяние солнечного света вызывает ее свечение в атмосфере, которое называют дымкой. Рассеянное излучение создает освещенность теневых участков земной поверхности, увеличивая их относительную яркость. Облачность существенно влияет на суммарную освещенность. Наличие облачности высоких ярусов, не закрывающих солнечный диск, повышает рассеянное излучение и при сохранении значения прямой освещенности увеличивает ее суммарную величину на (20–30)% по сравнению с освещенностью при безоблачном небе. Низкая облачность так же, как и тени облаков, снижают суммарную освещенность в 2–5 раз, в зависимости от высоты Солнца. При снежном покрове и облачности многократное отражение ими излучения повышает суммарную освещенность, особенно в теневых участках. Освещенность в дневное время земной поверхности Солнцем составляет в зависимости от его высоты, облачности атмосферы  $10^4$ – $10^5$  лк. Для сравнения уровней освещенности скажем, что наименьшая освещенность, воспринимаемая привыкшим к темноте глазом, составляет  $10^{-9}$  лк, а свет свечи виден на расстоянии 4...9 км. Напомню, что 1 люкс освещенности равен 1 люмену светового потока на 1 квадратный метр площади. С движением Солнца к горизонту Земли, когда зенитное расстояние между ними достигает максимума, освещенность, создаваемая Солнцем, составляет приблизительно 10 лк. При этом изменяется и спектр солнечного света, так как при прохождении толщи атмосферы синие и фиолетовые лучи ослабляются сильнее, чем оранжевые и

красные, вследствие чего максимум излучения Солнца смещается в красную область цвета. С заходом Солнца за горизонт и наступлением сумерек освещенность убывает вплоть до наступления астрономических сумерек, за которыми следует наиболее темное время суток – ночь.

Освещенность в лунную ночь при безоблачном небе, когда так называемую естественную ночную освещенность (ЕНО) создает отраженный от Луны солнечный свет, составляет около 0.3 лк. Величина ЕНО, создаваемая светом Луны, в течение месяца меняется приблизительно в 100 раз в зависимости от взаимного положения Луны, Солнца и Земли. Лунный месяц разделяется по уровню освещенности на четыре части, каждая длительностью около недели. Источниками излучения в безлунную ночь при безоблачном небе, называемым звездным светом, являются солнечный свет, отраженный от планет: туманностей, свет звезд, а также свечение кислорода и азота в верхних слоях атмосферы на высоте 100–300 км. Освещенность поверхности Земли звездным светом составляет в среднем 0.001 лк.

В инфракрасном диапазоне мощность излучения объекта зависит от температуры тела или его элементов, мощности падающего на объект света коэффициента отражения объекта в этом диапазоне. Коэффициент теплового излучения для реальных объектов не постоянен по спектру и определяется соответствии с законом Кирхгофа отношением спектральной плотности энергетической яркости объекта к спектральной плотности энергетически яркости абсолютно черного тела, которое обладает максимумом энергии теплового излучения по сравнению со всеми другими источниками при той температуре. Средняя температура поверхности Земли близка к 17 градусов по Цельсию. Максимум ее теплового излучения приходится на 9.7 мкм. Объекты под действием солнечной радиации в течение дня по-разному отдают накопленное тепло в окружающее пространство. Различия в температуре излучении могут рассматриваться как демаскирующие признаки.

Объекты могут иметь собственные источники тепловой энергии, например, высокотемпературные элементы машин, дизель-электростанции и др., температура которых значительно выше температуры фона. Максимум теплового излучения таких объектов смещается в коротковолновую область, что служит демаскирующим признаком для таких объектов.

Длина (протяженность) канала утечки зависит от мощности света, от объекта, свойств среды распространения и чувствительности фотоприемника.

Среда распространения в оптическом канале утечки информации возможна трех видов:

- безвоздушное (космическое) пространство;
- атмосфера;
- вода,
- оптические световоды.

Оптический канал утечки информации, среда распространения которого содержит участки безвоздушного пространства, возникает при наблюдении за наземными объектами с космических аппаратов. Граница между космическим пространством и атмосферой достаточно условна. На высотах 200–300

км существуют еще остатки газов, проявляющиеся в тормозящем действии на космические аппараты.

Сложный состав атмосферы определяет ее пропускную способность различных составляющих света. В общем случае прозрачность атмосферы зависит от соотношения длины проходящего сквозь нее света и размеров взвешенных в атмосфере частиц. Если размеры частиц соизмеримы с длиной волны света (больше половины длины волны), то пропускание значительно ухудшается. Уровень пропускания меняется в зависимости от длины световой волны. В видимой области прохождению света препятствуют поглощающие молекулы кислорода и воды. Коэффициент пропускания в ней немногим более 60%. В ближней ИК-области пропускание несколько большее – до 70%. Абсорбентом в этой области являются пары воды. В средней ИК-области, в диапазоне 3–4 мкм, пропускание достигает почти 90%. Высокое пропускание имеет довольно обширный участок в дальней ИК-области (с 8 до 13 мкм). Абсорбентом в нем являются молекулы кислорода и воды, а также углекислого газа и озона в атмосфере.

Метеорологическая видимость даже в окнах прозрачности зависит от наличия в атмосфере взвешенных частиц пыли и влаги, образующих мглу и туман, капелек и кристаллов воды в виде дождя и снега, а также аэрозолей и дымов, содержащих твердые частицы. Все это вызывает замутнение атмосферы и ухудшает видимость. Прозрачность атмосферы как канала распространения света оценивается метеорологической дальностью видимости. Под метеорологической дальностью понимается предельно большое расстояние, начиная с которого при данной прозрачности атмосферы в светлое время суток абсолютно черный предмет с угловыми размерами 20'x20' сливается с фоном у горизонта и становится невидимым. В зависимости от состояния атмосферы дальность видимости, определяющая протяженность оптического канала утечки, имеет значения, приведенные в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Метеорологическая дальность видимости, км	Оценка видимости, балл	Визуальная оценка замутненности атмосферы и видимости
Менее 0.05	0	Очень сильный туман
0.05 – 0.2	1	Сильный туман
0,2 – 0.5	2	Умеренный туман
0.5–1.0	3	Слабый туман
1.0–2.0	4	Очень сильная замутненность (очень плохая видимость)
2.0–4.0	5	Сильная замутненность (плохая видимость)
4.0–10.0	6	Умеренная замутненность (умеренная видимость)



10.0–20.0	7	Удовлетворительная видимость
20.0–50.0	8	Хорошая видимость
Более 50.0		Исключительно хорошая видимость
Более 200.0		Чистый воздух

Если объект наблюдения и наблюдатель находятся на земле, то протяженность канала утечки зависит не только от состояния атмосферы, но и ограничивается влиянием кривизны Земли. Дальность прямой видимости  $D$  в километрах с учетом кривизны Земли можно рассчитать по формуле:

$$D \text{ [км]} = 3,57(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_n}),$$

где  $h_0$  – высота размещения объекта над поверхностью земли в метрах,  
 $h_n$  – высота расположения наблюдателя в метрах.

Например, для  $h_0 = 3$  м и  $h_n = 5$  м,  $D = 14$  км, что меньше метеорологической дальности при хорошей видимости. Эта формула не учитывает неровности Земли и различные инженерные сооружения (башни, высотные здания и т. д.), создающие препятствия для света. Так как параметры источников сигналов и среды распространения зависят от значений спектральных характеристик носителя информации, то протяженность оптического канала утечки ее в видимом диапазоне и ИК-диапазоне могут существенно отличаться.

До недавнего времени атмосфера, и безвоздушное пространство были единственной средой распространения световых волн. С разработкой волоконно-оптической технологии появились направляющие линии связи в оптическом диапазоне, которые в силу больших их преимуществ по отношению к традиционным электрическим проводникам рассматриваются как более совершенная физическая среда для передачи больших объемов информации. Линии связи, использующие оптическое волокно, устойчивы к внешним помехам, имеют малое затухание, долговечны, обеспечивают значительно большую безопасность передаваемой по волокну информации.

Оптическое волокно представляет собой нить диаметром около 100 мкм, изготовленную из кварца на основе двуокиси кремния. Волокно состоит из сердцевины (световодной жилы) и оболочки из оптически менее плотного кварца. Значения показателей преломления (отношений скорости света в вакууме к скорости распространения света в среде) жилы и оболочки выбираются такими, чтобы обеспечить полное отражение света, распространяющегося по световодной жиле, от границы между жилой и оболочкой. Пример изменения угла преломления света в стекле приведен на рис. 3.2.

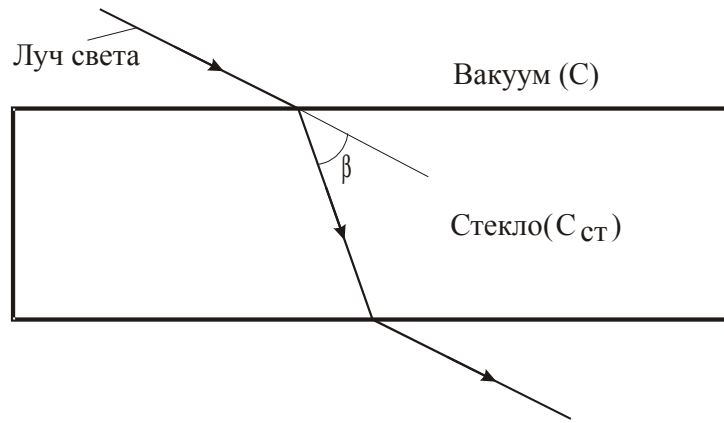


Рис. 3.2. Изменение угла преломления света в стекле

Показатель преломления равен величине:

$$n = \frac{C}{C_{ст}} > 1,$$

где  $C$  – скорость света в вакууме;

$C_{ст}$  – скорость света в стекле.

Чем больше величина показателя преломления  $n$ , тем больше значение угла  $\beta$ . Пример распространения света в оптическом волокне приведен на рис. 3.3.

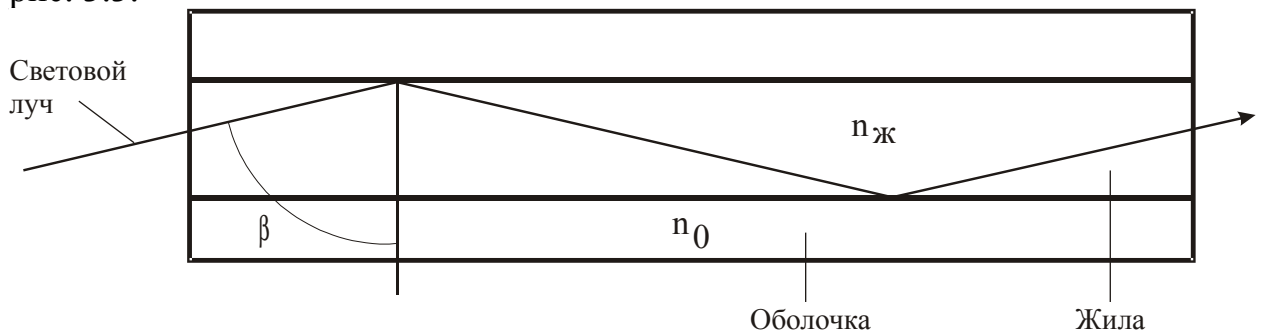


Рис. 3.3. Распространение света в оптическом волокне

Предельный угол полного отражения света (угол падения света на границу раздела среды, при равенстве или превышении которого наблюдается полное отражение света от этой границы) определяется из соотношения:

$$\beta = \arcsin(n_0/n_{ж}),$$

где  $n_0$  – показатель преломления оболочки оптического волокна;

$n_{ж}$  – показатель преломления световодной жилы оптического волокна.

Волокно с постоянным показателем преломления сердцевины называется ступенчатым, с изменяющимся – градиентным. Для передачи сигналов применяются два вида волокна: одномодовое и многомодовое. В одномодовом волокне световодная жила имеет диаметр порядка 8–10 мкм, по которой может распространяться один луч (одна мода). В многомодовом волокне диаметр световодной жилы составляет 50–60 мкм, что делает возможным распространение в нем большого числа лучей.

Волокно характеризуется двумя основными параметрами: **затуханием и дисперсией**. Затухание измеряется в децибелах на километр (дБ/км) и определяется потерями на поглощение и рассеяние света в оптическом волокне.

Потери на поглощение зависят от чистоты материала, а потери на рассеяние – от неоднородности показателя преломления. Лучшие образцы волокна имеют затухание порядка 0.15–0.2 дБ/км, разрабатываются еще более «прозрачные» волокна с теоретическими значениями затухания порядка 0.02 дБ/км для волны длиной 2.5 мкм, где у кварца наблюдается повышенная прозрачность. При таком затухании сигнала могут передаваться на расстояние в сотни километров без ретрансляции (регенерации).

В качестве источника света для оптических каналов связи используются лазеры. Однако лазер излучает не идеальное монохроматическое колебание, а некоторый спектр длин волн. Поэтому спектральные составляющие оптического сигнала распространяются с разными фазовыми скоростями, которые зависят от показателя преломления. В результате происходит разброс – **дисперсия** моментов прихода спектральных составляющих сигнала в точку приема. Дисперсия приводит к искажению (расширению) формы сигнала при его распространении в волокне, что ограничивает дальность передачи и верхнее значение частоты спектра передаваемого сигнала.

Дисперсия волокна оценивается величиной увеличения длительности оптического сигнала  $\Delta\tau$  на один километр длины или верхней граничной частотой модулирующего сигнала.

Волокна объединяют в волоконно-оптические кабели, покрытые защитной оболочкой. По условиям эксплуатации кабели подразделяются на **монтажные, станционные, зонные и магистральные**. Кабели первых двух типов используются внутри зданий и сооружений. Зонные и магистральные кабели прокладываются в колодцах кабельных коммуникаций, в грунтах, на опорах, под водой. Постоянные соединения отрезков оптических волокон между собой осуществляют свариванием, сплавлением или склеиванием в юстировочном устройстве. Оптические разъемы (соединители) должны допускать многократные соединения–разъединения оптических волокон. Рассогласование волокон возникает из-за имеющихся различий в числовой апертуре, профиле показателя преломления, диаметре сердцевины или из-за погрешностей во взаимной ориентации волокон при их соединении.

Основными причинами излучения световой энергии в окружающее пространство в местах соединения оптических волокон являются:

- смещение (осевое несовмещение) стыкуемых волокон (рис. 3.4,а);
- наличие зазора между торцами стыкуемых волокон (рис. 3.4,б);
- непараллельность торцевых поверхностей стыкуемых волокон (рис. 3.4,в);
- угловое рассогласование осей стыкуемых волокон (рис. 3.4,г);
- различие в диаметрах стыкуемых волокон (рис. 3.4,д).

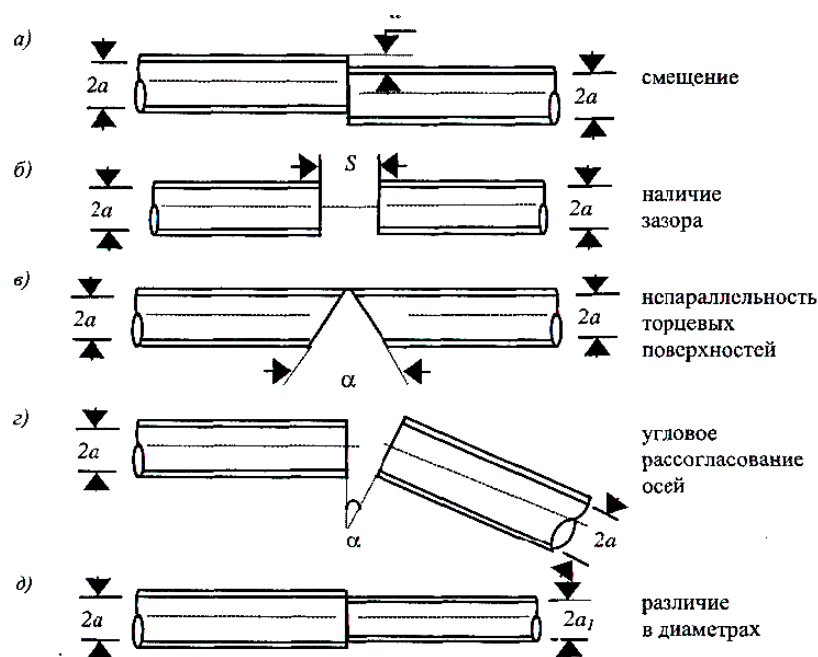


Рис. 3.4. Основные причины излучения из мест соединения световолокна в окружающее пространство.

Исследования показывают, что наиболее интенсивное излучение в окружающее пространство наблюдается при наличии сдвига соединяемых волокон относительно друг друга.

Для съема информации теоретически можно разрушить защитную оболочку кабеля, прижать фотодетектор приемника к очищенной площадке волокна и изогнуть кабель на угол, при котором часть световой энергии направляется на фотодетектор приемника.

Практически информацию из оптического волокна добывают в местах соединения кабеля с техническими средствами, или в местах соединения кабелей друг с другом.

### 3.2. Технические характеристики средств оптической разведки

В оптическом (видимом и инфракрасном) диапазоне информация разведкой добывается путем визуального, визуально-оптического, фото- и киносъемки, телевизионного наблюдения, наблюдения с использованием приборов ночного видения и тепловизоров.

Наибольшее количество признаков добывается в видимом диапазоне. Видимый свет как носитель информации характеризуется следующими свойствами:

- наблюдение возможно, как правило, днем или при наличии мощного внешнего источника света;
- сильная зависимость условий наблюдения от состояния атмосферы, климатических и погодных условий;
- малая проникающая способность световых лучей в видимом диапазоне, что облегчает задачу защиты информации о видовых признаках объекта.

ИК-лучи как носители информации обладают большей проникающей способностью, позволяют наблюдать объекты при малой освещенности. Но при их преобразовании в видимый свет для обеспечения возможности наблюдения объекта человеком происходит значительная потеря информации об объекте.

Так как физическая природа носителя информации в видимом и инфракрасном диапазонах одинакова, то различные средства наблюдения, применяемые для добывания информации в этих диапазонах, имеют достаточно общую структуру. Ее можно представить в виде, приведенном на рис. 3.5 [2].

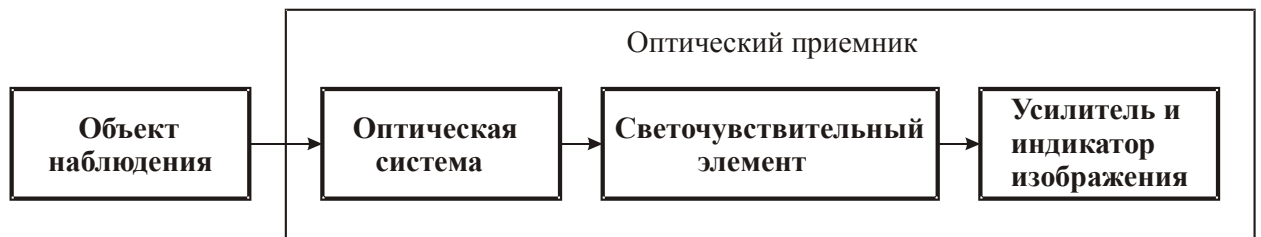


Рис. 3.5. Структурная схема оптического приемника

Большинство средств наблюдения содержит оптический приемник, включающий оптическую систему, фотоэлектрический преобразователь, усилитель и индикатор. В зависимости от вида светочувствительного элемента **оптические приборы делятся на:**

- визуально-оптические;
- фотографические;
- оптико-электронные.

В визуально-оптических средствах наблюдения светочувствительным элементом является сетчатка глаза человека. В традиционных фотоаппаратах и киноаппаратах светочувствительным элементом является фотопленка. В оптико-электронных приборах светочувствительным элементом является мишень фотоэлектрического преобразователя.

Оптическая система или объектив проецирует световой поток от объекта наблюдения на поверхность фотоэлектрического преобразователя (сетчатку глаза, фотопленку, фотодиод, фототранзистор, мишень фотоэлектрического преобразователя). На мишени оптическое изображение преобразуется в электронное изображение, количество «свободных» электронов каждой точки которого пропорционально яркости соответствующей точки оптического изображения. Способы визуализации изображения для разных типов оптического приемника могут существенно отличаться. Изображение в виде зрительного образа формируется в мозгу человека, на фотопленке – в результате химической обработки светочувствительного слоя, на экране технического средства – путем параллельного или последовательного съема электронов с мишени, усиления электрических сигналов и формирования под их действием видимого изображения на экране оптического приемника.

Характеристики средств наблюдения определяются, прежде всего, параметрами оптической системы и светочувствительным элементом. Зависят они

и от способов обработки электрических сигналов и формирования изображения при индикации. Основными характеристиками средств наблюдения являются:

- диапазон длин волн световых лучей, воспринимаемых средством наблюдения;
- чувствительность;
- разрешающая способность;
- поле (угол) зрения и изображения;
- динамический диапазон интенсивности света на входе оптического приемника, не вызывающий искажения изображения на его выходе.

**Диапазон длин волн**, воспринимаемых средством наблюдения, в видимом диапазоне 0,4...0,76 мкм, в инфракрасном диапазоне 0,76...14 мкм.

**Чувствительность** средства наблюдения оценивается минимальным уровнем энергии светового луча, при котором обеспечивается требуемое качество изображения объекта наблюдения. Качество изображения зависит как от яркости и контрастности проецируемого изображения, так и от помех. Помехи создают лучи света, попадающие на вход приемника от других источников света, и шумы светозлектрического преобразователя. На экране светозлектрического преобразователя при посторонней внешней засветке наблюдается ухудшение контраста изображение аналогичное варианту прямого попадания на экран телевизионного приемника яркого солнечного света.

**Разрешающая способность** характеризуется минимальными линейными или угловыми размерами между двумя соседними точками изображения, которые наблюдаются как отдельные. Так как изображение формируется из точек, размеры которых определяются разрешающей способностью средства наблюдения, то вероятность обнаружения и распознавания объекта возрастает с повышением разрешающей способности средства наблюдения (увеличением количества точек изображения объекта).

**Поле зрения** это часть пространства, изображение которого проецируется на экран оптического приемника. Угол, под которым средство наблюдения «видит» предметное пространство, называется углом поля зрения. Часть поля зрения, удовлетворяющая требованиям к качеству изображения, называется полем изображения.

**Динамический диапазон** оптического приемника определяет в децибелах интервал силы света на входе оптического приемника, при котором обеспечивается заданное качество изображения на его выходе. Если диапазон силы света от объектов наблюдения больше динамического диапазона оптического приемника, то происходит искажение добываемой информации и может вызвать выход его из строя.

**Характеристики человеческого глаза.** Наиболее совершенным средством наблюдения в видимом диапазоне является зрительная система человека, включающая глаза и области мозга, осуществляющие обработку сигналов, поступающих с сетчатки глаз. Возможности зрения человека характеризуются следующими показателями:

- глаз воспринимает световые лучи в диапазоне 0.4...0.76 мкм, причем максимум его спектральной чувствительности в светлое время суток приходится на границу зелено-голубого цвета (0.51 мкм), в темноте – на границу желто-зеленого (0.55 мкм);
- порог угловых размеров, которые глаз различает как две отдельные точки на объекте наблюдения, составляют днем – 0.5...1 угловых минут, ночью – 30 угловых минут;
- порог контрастности различимого объекта по отношению к фону составляет днем – 0.01...0.03, ночью – 0.6;
- диапазон освещенности объектов наблюдения, к которым адаптируется глаз, достигает – 60...70 дБ;
- при освещенности менее 0.1 лк (в безоблачную лунную ночь) глаз перестает различать цвет.
- угловое поле зрения:
  - в горизонтальной плоскости 65...95°;
  - в вертикальной плоскости 60...90°;
  - резкого изображения 30°;
    - расстояние наилучшего зрения – 250 мм;
    - время удержания взглядом изображения – 0,06 с.

Рассмотрим понятие контрастности. Контрастность это отношение разности яркости объекта и фона к яркости объекта:

$$K = (V_0 - V_{\phi}) / V_0,$$

где  $V_0$ ;  $V_{\phi}$  – яркость объекта и фона соответственно.

Яркость это отношение силы света  $J$ , какой либо площадки к её площади  $S$ :

$$V = J / S.$$

Сила света измеряется в канделах (кандела–кд) и определяется как сила света источника монохроматического излучения частоты  $540 \cdot 10^{12}$  Гц (около 1 мкм) излучающего 0,00146 Вт на 1 ср (1 стерадиан это телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, по длине равной радиусу этой сферы).

Уникальные возможности зрительной системы человека обеспечиваются хрусталиком глаза, выполняющего функции объектива. Совершенство хрусталика проявляется, прежде всего, тем, что его кривизна с помощью специальных глазных мышц изменяется таким образом, чтобы обеспечить на сетчатке глаза максимально четкое изображение объектов, расположенных на различных расстояниях от наблюдателя. Хотя ведутся исследования по созданию подобных искусственных объективов, но приблизиться к возможностям хрусталика глаза пока не удается.

**Характеристики объективов.** Основу оптических систем и средств наблюдения составляют объективы, которые в силу постоянства кривизны поверхностей линз и оптической плотности стекла проецируют изображения с различного рода погрешностями. Наиболее заметны из них:

- сферическая аберрация, проявляющаяся в отсутствии резкости изображения на всем поле зрения (оно резко в центре или по краям);
- астигматизм – отсутствие одновременной резкости на краях поля изображения для вертикальных и горизонтальных линий;
- дисторсия – искривление прямых линий;
- хроматическая аберрация – появление цветных окантовок на границах световых переходов, вызванных различными коэффициентами преломления линз объектива спектральных составляющих световых лучей.

С целью уменьшения погрешностей объективы выполняются из большого (до 10 и более) количества линз с различной кривизной поверхностей. Все или отдельные группы линз склеиваются между собой.

Качество объективов описываются совокупностью характеристик, основными из которых являются:

- фокусное расстояние;
- угол поля зрения и изображения;
- светосила;
- разрешающая способность.

**Фокусное расстояние  $f$**  объектива представляет собой расстояние от оптической плоскости объектива до плоскости, где фокусируются входящие в объектив параллельные лучи света. По величине фокусного расстояния объективы делятся на короткофокусные, с фокусным расстоянием  $f$ , меньшим длины диагонали кадра поля изображения  $d$  (можно сказать, что  $d$  есть диаметр объектива), нормальные или среднефокусные ( $f = d$ ), длиннофокусные и телеобъективы с  $f > d$ , а также с переменным фокусным расстоянием.

По **углу поля зрения** (изображения) различают узкоугольные объективы, у которых величина угла не превышает  $30^\circ$ , среднеугольные (угол в пределах  $30^\circ$ – $60^\circ$ ), широкоугольные с углом более  $60^\circ$  и, наконец, – с переменным углом поля изображения у объективов с переменным фокусным расстоянием.

Чем больше фокусное расстояние  $f$  объектива, тем больше деталей объекта можно рассмотреть на его изображении, но тем меньше угол поля зрения. Поэтому для обнаружения объекта используют короткофокусные объективы, а для распознавания – длиннофокусные.

**Светосила** характеризует уровень световой энергии, пропускаемой объективом к светочувствительному элементу. На светосилу объектива влияют следующие факторы:

- относительное отверстие объектива;
- прозрачность (коэффициенты пропускания, поглощения, отражения) линз;
- масштаб изображения.

Светосила без учета реальных потерь света в линзах оценивается величиной геометрического относительного отверстия, равного  $k = d/f$ , где  $d$  – диаметр входного отверстия объектива (апертура),  $f$  – фокусное расстояние. В



зарубежной литературе светосила оценивается фокальным числом  $F = f/d$ . По величине относительного отверстия объективы делятся на сверхсветосильные, у которых ( $d/f > 1/2$ ), светосильные ( $d/f = 1/2 \dots 1/4$ ) и малосветосильные ( $d/f < 1/4$ ). Чем больше светосила объектива, тем выше чувствительность средства наблюдения. Однако при этом растут искажения изображения и для их уменьшения усложняют конструкцию светосильных объективов, что естественно приводит к их удорожанию.

На рис. 3.6 показано, как изменение относительного отверстия влияет на изменение светосилы объектива. При уменьшении относительного отверстия уменьшатся телесный угол  $\beta$ , под которым свет попадает на светочувствительный элемент.

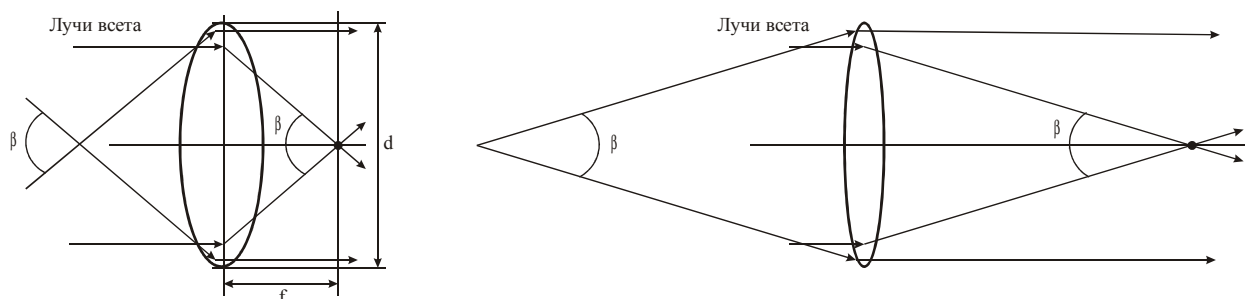


Рис. 3.6. Влияние изменения относительного отверстия на изменение светосилы объектива

Свет, падающий на линзу и проходящий через нее, отражается и поглощается. Количество поглощенного света зависит от толщины стекла (в среднем 1...2% на 1 см толщины). Линзы отражают 4...6% падающего на них света. Чем больше отражающих поверхностей имеет объектив, тем больше потери света. В объективах из 5...7 линз потери света на отражение могут составлять 40...50%. Уменьшают потери света просветлением линз. Просветлением называются способы уменьшения отражения света от поверхности стекла путем нанесения на него тонкой пленки с коэффициентом преломления, меньшим преломления стекла линзы. Толщина просветляющей пленки должна составлять 1/4 длины волны падающего на линзу света. В этом случае отраженные лучи света в силу противоположности их фаз фазам падающих лучей компенсируются и, следовательно, отражение света отсутствует. Первоначально объективы просветляли для желто-зеленой части спектра, к которой наиболее чувствителен глаз человека. Просветленный объектив в отраженном свете приобретал сине-фиолетовый опенок и назывался «голубой» оптикой. Современные технологии просветления оптики позволяют наносить на поверхность линзы 12-14 слоев просветляющих пленок и перекрывать тем самым весь спектр видимого диапазона света. Такую оптику маркируют индексами МС - многослойное покрытие. Объективы МС в отраженном свете не меняют цвет.

**Разрешающая способность** объектива это его возможность передавать мелкие детали изображения. Она выражается максимальным числом  $N$  штрихов и промежутков между ними на 1 мм поля изображения в его центре и по

краям. Наиболее высокую разрешающую способность имеют объективы для микрофотографирования в микроэлектронике и астрономических телескопов. В них разрешающая способность достигает 1000 лин./мм. Разрешение объективов применяемых в фотографии составляет 50 лин./мм

В связи с большими техническими проблемами создания универсальных объективов с высокими значениями показателей, оптическая промышленность выпускает широкий набор специализированных объективов: для фото и киносъемки, портретные, проекционные, для микрофотографирования и т.д.

Для добывания информации применяются объективы трех видов: для аэрофотосъемки, широкого применения (фото, кино и видеосъемки с использованием бытовых и профессиональных камер) и для скрытой съемки.

Объективы широкого применения разделяются в соответствии с размерами фотоаппаратов: для малоформатных и миниатюрных, среднеформатных и крупноформатных камер.

Для скрытого наблюдения используются:

- телеобъективы с большим фокусным расстоянием (300–4800 мм) для фотографирования на большом удалении от объекта наблюдения, например, из окна противоположного дома и далее;
- так называемые точечные объективы для фотографирования из портфеля, часов, зажигалки, через щели и отверстия. Они имеют очень малые габариты и фокусное расстояние, но большой угол поля зрения.

Например, объектив фотоаппарата РК 420, вмонтированного в корпус наручных часов, имеет размеры 7.5 мм с апертурой 2.8 мм. В миникамерах фирм Hitachi, Sony, Philips. Oscar используются объективы диаметром 1–4 мм и длиной до 15 мм.

**Визуально-оптические приборы.** Для визуально-оптического наблюдения применяются оптические приборы, увеличивающие размеры изображения на сетчатке глаза. В результате этого повышается дальность наблюдения, вероятность обнаружения и распознавания мелких объектов. К визуально-оптическим приборам относятся:

- бинокли;
- монокуляры;
- подзорные трубы;
- специальные телескопы.

**Бинокли.** Для наблюдения за объектами наиболее распространены бинокли. Бинокль (от латинского *Vini* – пара и *oculus* – глаз) – оптический прибор из двух параллельных соединенных между собой зрительных труб (система Кеплера). В зависимости от оптической схемы зрительной трубы бинокли разделяются на обыкновенные и призмные.

Простейшая телескопическая система бинокля представляет собой двухкомпонентную систему Кеплера, изображенную на рис. 3.7 [5].

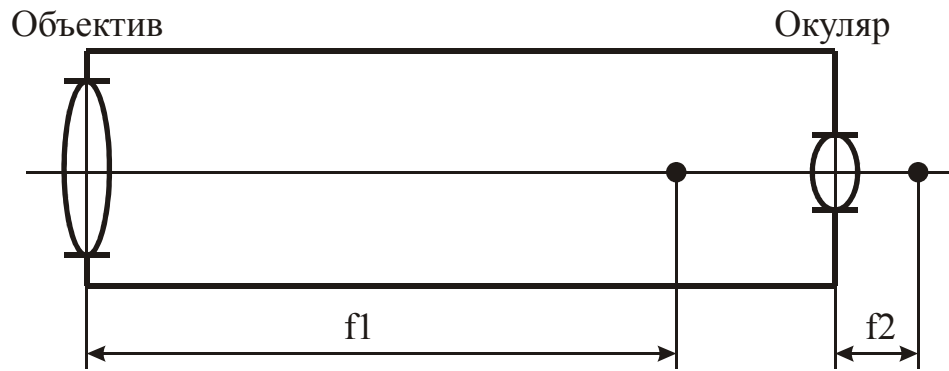


Рис. 3.7. Телескопическая система бинокля

Кратность увеличения  $\Gamma$  оптической системы Кеплера определяется отношением фокусных расстояний:

$$\Gamma = f_1/f_2$$

Основной недостаток оптической системы Кеплера – переворачивание изображений, из-за чего наблюдатель видит всё вверх ногами. Для устранения этого недостатка в систему вводят компоненты, обеспечивающие нормальное положение объекта. В качестве таких элементов вводят дополнительные линзы (зрительные трубы с дополнительными линзами называют обыкновенными, см. рис. 3.8) либо призмы (зрительные трубы с призмами называют призмными, см. рис. 3.9).

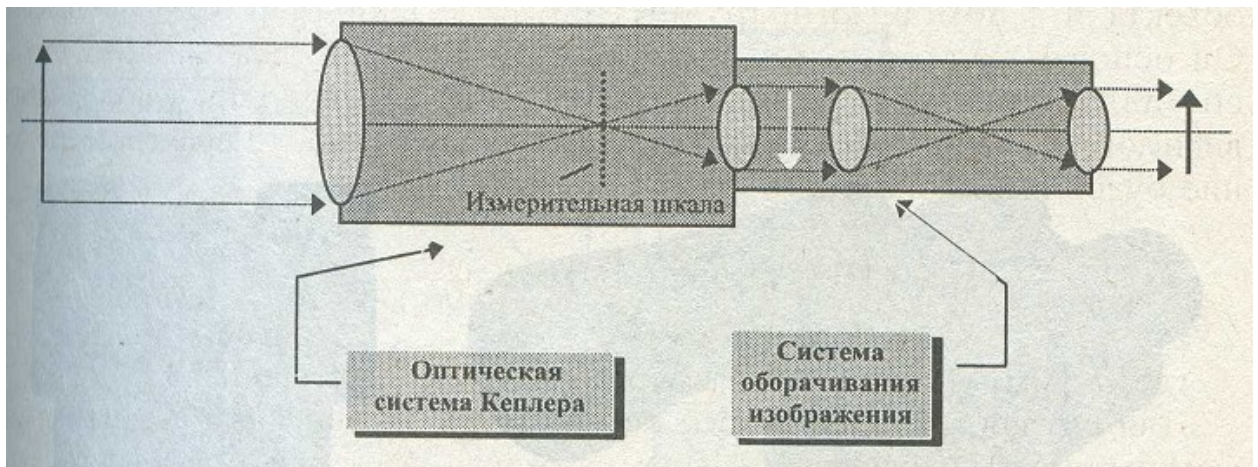


Рис. 3.8. Обыкновенная зрительная труба

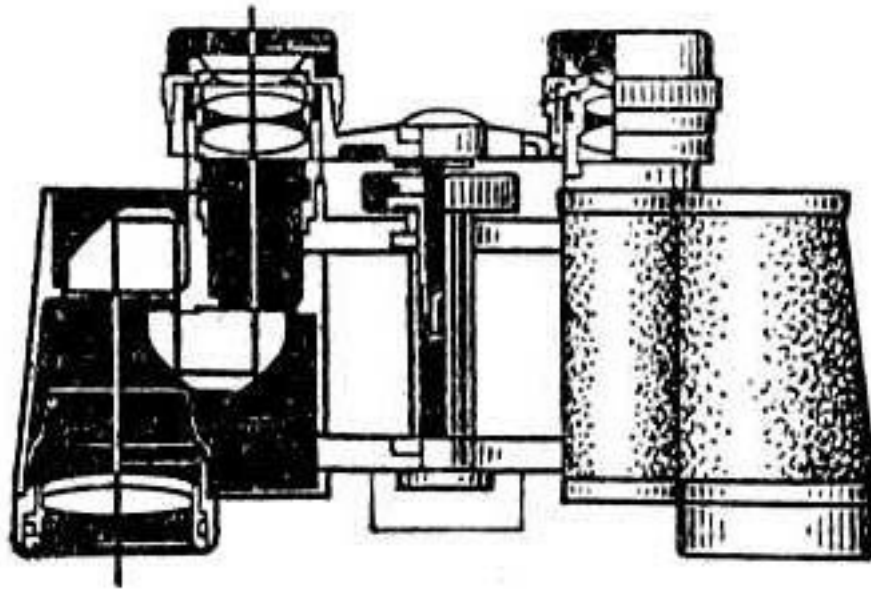


Рис. 3.9. Бинокль с призмными зрительными трубами

Зрительная труба призмного бинокля состоит из объектива, обращенного в сторону объекта наблюдения, системы призм, оборачивающей изображение, и окуляра – объектива, обращенного к зрачку глаза. В обыкновенном бинокле призмы отсутствуют, оптические оси объектива и окуляра трубы совпадают, расстояние между центрами объективов и центрами окуляров зрительных труб одинаково и равно 65 мм (среднее расстояние между зрачками глаз наблюдателя). Бинокли этого типа просты по устройству, обладают высокой светосилой, однако имеют малое поле зрения и не позволяют устанавливать углоизмерительную сетку. Наиболее распространены призмные бинокли. Они обладают сравнительно большим полем зрения и повышенной стереоскопичностью за счет увеличения расстояния между центрами объективов труб. В призмных биноклях устанавливают углоизмерительную сетку в фокальной плоскости окуляра. Зрительные трубы у призмных биноклей шарнирно закреплены на общей оси, что позволяет подбирать расстояние между окулярами по базе глаз наблюдателя от 54 до 74 мм.

Объективы и призмы оборачивающей системы закреплены в зрительных трубах неподвижно, а окуляры могут выдвигаться для установки по силе зрения наблюдателя. Для этого на окулярных трубах наносятся диоптрийные шкалы. Современные бинокли имеют большие коэффициенты (кратности) увеличения. Например, увеличение бинокля **Navigator** (рис. 3.10) изменяется в пределах 8...24, угол поля зрения ~ 8 градусов, диаметр объектива 50 мм, предельное разрешение не более 2,6 угловых секунд, цена 1400 рублей [6]. Бинокль **Commander XP** (рис. 3.11) имеет кратность увеличения 7, поле зрения при дальности 1000 метров составляет 130 метров, цена 43000 рублей [6]. При достаточно большом увеличении визуально-оптического прибора его угол зрения становится столь малым, что трудно из-за дрожания рук удерживать изображение наблюдаемого объекта в поле зрения прибора.



Рис. 3.10. Бинокуляр Navigator



TechHome.ru

Рис. 3.11. Бинокуляр Commander XP

Для стабилизации изображения визуально-оптические приборы устанавливают на штативе или треноге. В более дорогих приборах применяют электронную стабилизацию изображения, обеспечивающую наблюдение с рук или с движущегося транспорта.

Чтобы улучшить наблюдение при тумане, ярком солнечном освещении или зимой на фоне снега, на окуляры бинокля надеваются желто-зеленые светофильтры. В некоторых биноклях для обнаружения активных инфракрасных приборов ночью применяют специальный экран, чувствительный к инфракрасным лучам.

В последнее время применяются так называемые панкратические бинокли, плавно изменяющие увеличение в значительных пределах (от 4 до 20 и более). При этом в обратно пропорциональной зависимости изменяется величина поля зрения. Такие бинокли наиболее удобны для наблюдения: позволяют производить поиск объектов при большом поле зрения, но малом увеличении, а изучение объекта – при большом увеличении. Например, панкратический бинокль фирмы Tasko (США) имеет увеличение 8–15, угол зрения 6.0–3.6 градусов и диаметр входного зрачка 5–2.3 мм. У панкратических зрительных труб увеличение может изменяться в еще больших пределах. Напри-

мер, кратность увеличения зрительной трубы фирмы Swift (Великобритания) составляет 6–30 при угле зрения 7.5–1.3 градусов.

Для скрытного наблюдения удаленных объектов применяют подзорные трубы и специальные телескопы, имеющие объективы с большим фокусным расстоянием. Например, телескоп РК 6500 при фокусном расстоянии 3900 мм и диаметре входной апертуры 350 мм позволяет опознать автомобиль на удалении до 10 км. Однако телескоп имеет сравнительно большие размеры 460x560x1120 мм, вес 54 кг и устанавливается на специальном штативе с электроприводом [2].

**Приборы ночного видения.** Бинокли позволяют вести наблюдение в светлое время суток. В ночное время могут быть использованы приборы ночного видения, работающие в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн (0,8...1 мкм). Структурная схема прибора ночного видения приведена на рис. 3.12 [5].



Рис. 3.12. Структурная схема прибора ночного видения

Для визуально-оптического наблюдения в инфракрасном диапазоне необходимо переместить невидимое для глаз изображение в инфракрасном диапазоне (более 0.76 мкм) в видимый диапазон. Эта задача решается в приборах ночного видения (ПНВ). Основу приборов ночного видения составляет электронно-оптический преобразователь (ЭОП), преобразующий невидимое глазом изображение объекта наблюдения в видимое изображение. Самый простой ЭОП, так называемый стакан Холста (по имени изобретателя Холста де Бургоса) состоит из двух параллельных пластин, помещенных в стеклянный стакан, из которого выкачан воздух (рис. 3.13).

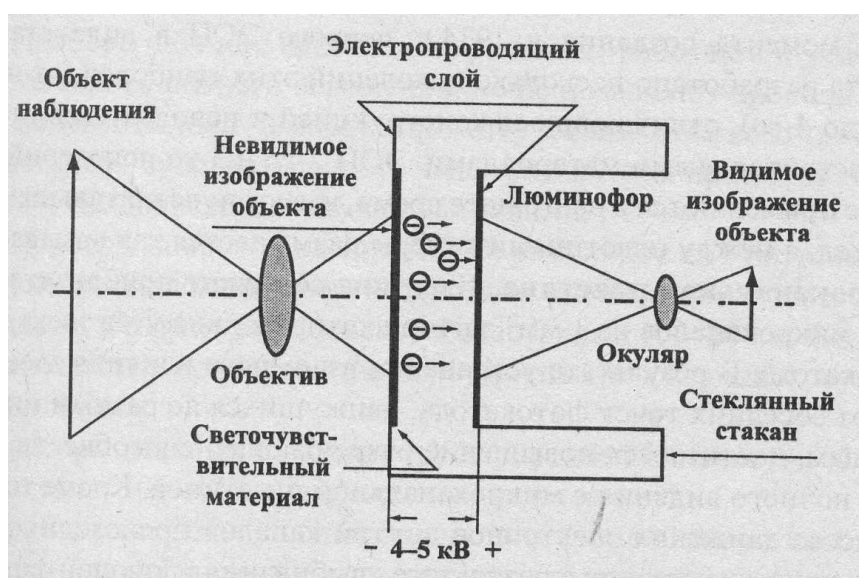


Рис. 3.13. Стакан Холста

Внешняя сторона первой пластины – фотокатода покрыта светочувствительным материалом (слоем из окиси серебра с цезием), второй представляет металлизированный экран с люминофором. Между пластинами создается сильное электрическое поле разностью электрических потенциалов 4–5 кВ.

На фотокатод объективом проецируется изображение в ИК-диапазоне. В каждой точке фотокатода под действием фотонов света возникают свободные электроны, количество которых пропорционально яркости соответствующей точки изображения. Электрическое поле между пластинами вырывает свободные электроны из фотокатода и, разгоняя, устремляет их к экрану с люминофором. В моменты столкновения электронов с люминофором возникают вспышки видимого света, яркость которых пропорциональна количеству электронов. Таким образом, на экране с люминофором формируется видимое изображение, близкое исходному изображению в ИК-диапазоне.

Однако параметры (чувствительность, разрешение) рассмотренного электронно-оптического преобразователя невысокие и не обеспечивают наблюдение при низкой освещенности и, следовательно, добывание демаскирующих признаков об объекте с мелкими деталями.

С момента создания в 1934 году первого ЭОП в виде стакана Холста разработано несколько поколений этих приборов (от нулевого до 4-го). ЭОП 3 и 4-го поколений, которые используются в настоящее время, имеют чувствительный фотокатод, а между пластинами камеры размещается так называемая микроканальная пластина. Пластина содержит приблизительно 5000 микроканалов  $1 \text{ мм}^2$ , внутри которых движутся электроны фотокатода. В результате устранения взаимного влияния электронов от соседних точек фотокатода, движущихся по разным микроканалам, достигается повышение разрешающей способности прибора ночного видения с микроканальной пластиной. Кроме того, в процессе движения электронов внутри каналов происходит «размножение» электронов в результате выбивания их из стенки канала при столкновении с ней движущихся электронов. На основе ЭОП 2 и 3-го поколений созданы различные приборы ночного видения, включающие ночные бинокли и очки, артиллерийские приборы и прицелы для различных образцов военной техники.

Приборы ночного видения могут работать как в пассивном, так и в активном режиме. Пассивный режим применяется при наличии собственного излучения объекта и в условиях, когда освещенность области наблюдения более  $10^{-5}$  лк – это уровень освещенности звездной ночи.

Активный режим используется в условиях полного отсутствия освещения. В этом случае для подсветки используется непрерывное или импульсное лазерное излучение в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн (0,8...1 мкм).

Приборы ночного видения отличаются большим многообразием внешнего вида и характеристик. Для примера на рис. 3.14 приведена фотография прицела ночного видения «Комбат-М» [7].



Рис. 3.14. Прицел ночного видения «Комбат-М»

Прицел позволяет стрелять из различных марок оружия, как в дневное время суток, так и ночью без демонтажа прицела и регулировки сетки и оптики. Прицел имеет все преимущества лучших образцов ночных и дневных прицелов. Уникальный прицел имеет сетку с плавно регулируемой яркостью; защиту от световых перегрузок; универсальное крепление и фиксатор окуляра. Встроенный оптический компенсатор устраняет необходимость перефокусировки оптики при переключении режимов с «ночного в дневной, комплектуется мощным светодиодным или лазерным ИК осветителем с дальностью действия от 250 до 600 метров.

Характеристики прицела:

- Увеличение 6;
- Макс, дальность действия ночью (0.005лк) 500м;
- Макс, дальность действия днем 700м;
- Предел разрешения 40 лин/мм;
- Поле зрения 6 град;
- Мин. усиление 20 000;
- Диоптрийность окуляра +/-5;
- Диаметр вых. зрачка 6 мм
- Удаление вых. зрачка 47 мм;
- Точность выверки (один щелчек) на расстоянии 100 м 1.8 см;
- Батарея 3В, CR123А литиевая;
- Время непрерывной работы 50 часов;
- Диапазон температур -30...+45 град. С;
- Габариты (290X110X96) мм;
- Вес 1.35 кг;
- Цена 89 000 рублей.

На рис. 3.15 приведена фотография бинокля ночного видения «**Viking**» [7].





Рис. 3.15. Бинокль ночного видения «Viking»

Бинокли ночного видения серии Viking – малогабаритные приборы профессионального качества, отличающиеся компактностью и малым весом. Их конструкция обеспечивает широкое поле зрения и наилучшее качество изображения в условиях естественной ночной освещенности. Центральная фокусировка изображения и постоянное межзрачковое расстояние обеспечивают надежность и удобство в эксплуатации. Все бинокли серии Viking оснащены мощным ИК осветителем. Мягкий монолитный наглазник защищает глаза наблюдателя от посторонних засветок и маскирует зеленое свечение. Эксклюзивная система откидных крышек объективов дает дополнительные преимущества при работе с биноклем, а тщательно продуманная эргономика монолитного корпуса из водостойкого пластика со специальным покрытием обеспечивает высокий уровень комфорта для наблюдателя. Два инфракрасных осветителя дают возможность оптимизировать процесс наблюдения. Широкоугольный ИК осветитель ближнего света обеспечивает превосходное панорамное изображение на коротких расстояниях до 30 метров. Основной ИК осветитель дает возможность концентрированного обзора на расстоянии до 150 метров.

Характеристики бинокля:

- Диаметр входных линз 24 мм;
- Увеличение 2;
- Максимальное расстояние от окуляра до глаз 12 мм;
- Минимальная дистанция фокусировки 1 м;
- Угол зрения 30 град;
- Макс, дальность действия ночью (0.005лк) 150м;
- Предел разрешения 36 лин/мм;
- Вес 0,6 кг;
- Цена 13 000 рублей.

На рис. 3.16 приведена фотография очков ночного видения «Барс 1x22» [3].



Рис. 3.16. Очки ночного видения «Барс 1x22»

Очки ночного видения с инфракрасным излучателем «Барс 1x22» предназначены для наблюдения и ориентирования на местности в темное время суток как при естественной освещенности от луны и звезд, так и в полной темноте с включенным инфракрасным осветителем. Они являются электронно-оптическим прибором, принцип действия которого основан на преобразовании видимого и ИК-излучения в поток электронов, последующее усиление этого потока с помощью электронно-оптического преобразователя и обратное преобразование усиленного электронного потока в свет за счет электролюминесценции. Очки ночного видения Барс состоят из объективов, окуляров, корпуса, инфракрасного осветителя, кнопки включения трубки, кнопки включения осветителя, переключателя мощности осветителя, регулировки угла излучения осветителя, батарейного отсека и крышек с диафрагмами. Окуляры прибора имеет диоптрийную подвижку, позволяющую устанавливать их по глазу наблюдателя. В корпусе очков размещены электронно-оптические преобразователи, преобразователь напряжения, инфракрасный осветитель, умножитель и элементы питания. Включение очков производится нажатием кнопки, включение осветителя производится нажатием кнопки. Крышки с диафрагмами предназначены для защиты очков при включении днем.

Характеристики очков ночного видения:

- Время работы от одного комплекта батарей
  - без осветителя 25 час
  - с осветителем 7 час
- Габарит, размеры, 137x90x105 мм
- Масса (без комплекта батарей) не более 0,6 кг
- Температурный диапазон -40...+40°C
- Дальность видения человека в полный рост:
  - при освещенности 5...10 лк 100 м
  - в полной темноте с осветителем 80 м
- Видимое увеличение, крат. не менее 1

- Угловое поле зрения 40 град
- Угол излучения осветителя, 6-20 град
- Напряжение питания 3 В.
- Цена 14 000рублей.

**Фото- и киноаппараты.** Визуально-оптическое наблюдение, использующее такой совершенный оптический прибор, как глаз, является одним из наиболее эффективных способов добывания, прежде всего, информации о видовых признаках. Однако оно не позволяет регистрировать изображение для последующего изучения или документирования результатов наблюдения. Хотя получение документов, подтверждающих тот или иной вид деятельности конкурентов, является важным элементом промышленного шпионажа.

Для этих целей применяют фотографирование и киносъёмку с помощью фото и киноаппаратов.

**Фотоаппарат** представляет собой оптико-механический прибор для получения оптического изображения фотографируемого объекта на светочувствительном слое фотоматериала. Все фотоаппараты состоят из светонепроницаемого корпуса с закрепленным на его передней стенке объективом, устройства для размещения или фиксации светочувствительного материала, расположенного у задней стенки корпуса, и затвора.

Так как светочувствительный материал обеспечивает получение качественной фотографии при строго дозированной световой энергии, проецируемой на светочувствительный материал, затвор пропускает световой поток в течение определенного времени (времени экспозиции или выдержки) от фотографируемого объекта.

Указанные части фотоаппарата являются основными. По мере конструктивного развития фотоаппарат «обрастал» различными узлами и механизмами, которые облегчали и автоматизировали процесс съёмки, позволяли расширить возможности применения фотоаппарата, улучшить его технические параметры. Эти узлы и механизмы называют вспомогательными. Подробно об устройстве современных фотоаппаратов можно прочитать в [5].

Профессиональные фотоаппараты известных фирм (Nicon, Canon, Zenit, Kodak, Olympus, Contax, Pentax и др.) представляют собой сложнейшие оптико-электромеханические устройства, автоматически учитывающие все изменения в освещенности объекта во время фотосъёмки.

В настоящее время на смену фотоаппаратам, использующим фотопленку, пришли цифровые фотоаппараты. Однако достоинством пленочных фотоаппаратов является возможность достижения большой разрешающей способности, до 500 лин./мм, которой обладают пленки, применяемые в аэрофото-съёмке. Это соответствует цифровому фотоаппарату с максимальным разрешением 200 млн. пикселей.

**Цифровой фотоаппарат.** Цифровая фотография вошла в нашу жизнь в начале 90-х годов. Цифровой фотоаппарат представляет собой малогабаритную камеру на ПЗС-матрице (ПЗС - прибор с зарядной связью) электрические сигналы с выхода которой записываются, преобразуются в цифровой

вид и запоминаются полупроводниковой памятью фотоаппарата выполненной в виде специальных карт – флэш-карт.

Цифровой электронный фотоаппарат, обладая возможностями классического электромеханического фотоаппарата, предоставляет пользователю дополнительные функции, которые существенно повышают оперативность фотографии. К ним относятся: возможность съемки в непрерывном режиме с частотой 5–15 кадров/с; запись текстовых и звуковых комментариев; даты и времени фотосъемки, просмотр изображений в процессе и после съемки на поворачивающемся экране (LCD-панели размером 4–5 см), отображение текущих параметров съемки (числа отснятых кадров, объем свободной памяти, текущий режим компрессии) и др.

Цифровой фотоаппарат также сопрягается с компьютером. Отснятое изображение может отображаться на экране дисплея, редактироваться с помощью графических редакторов, выводиться на печать, передаваться по сети.

Разрешение изображения цифрового фотоаппарата определяется разрешением его светозаписывающего преобразователя и в настоящее время составляет 20...30 млн. пикселей. Это гораздо меньше разрешающей способности лучших пленочных фотоаппаратов (200 млн. пикселей). Однако учитывая перспективы миниатюризации радиоэлектронных элементов, прежде всего «памяти», и повышения разрешения ПЗС, у цифровых фотоаппаратов большое будущее.

Цифровые фотоаппараты, так же как и приборы ночного видения отличаются большим многообразием внешнего вида и характеристик. Для примера на рис. 3.17 приведена фотография цифрового фотоаппарата «Sony Alpha DSLR-A350 Kit» [8].



Рис. 3.17. Цифровой фотоаппарат «Sony Alpha DSLR-A350 Kit»

Характеристики фотоаппарата:

- Общее число пикселей 14,9 млн.;
- Максимальное разрешение 4592x3056;
- Скорость съемки 2.5 кадр./сек;
- Емкость аккумулятора 730 фотографий;
- Запись видео и звука нет;
- Цена 28 600 рублей.

На рис. 3.18 приведена фотография цифрового фотоаппарата «Nikon D700 Body» [8].



Рис. 3.18. Цифровой фотоаппарат «Nikon D700 Body»

Характеристики фотоаппарата:

- Общее число пикселей 12,9 млн.;
- Максимальное разрешение 4256x2832;
- Скорость съемки 6 кадр./сек;
- Запись видео и звука нет;
- Размеры 147x123x77 мм;
- Цена 98 000 рублей.

На рис. 3.18 приведена фотография цифрового фотоаппарата «Canon EOS-1Ds Mark III Body» [8].



Рис. 3.18. Цифровой фотоаппарат «Canon EOS-1Ds Mark III Body»

Характеристики фотоаппарата:

- Общее число пикселей 21,9 млн.;
- Максимальное разрешение 5616x3744;
- Скорость съемки 5 кадр./сек;
- Запись видео нет;

- Запись звука есть;
- Размеры 156x160x80 мм;
- Цена 98 000 рублей.

Информация о движущихся объектах добывается путем кино- и видеосъемки с помощью киноаппаратов и видеокамер. При киносъемке изображение фиксируется на светочувствительной киноплёнке, при видеозаписи – на магнитной плёнке.

Под киносъемкой понимают процесс фиксации серии последовательных изображений (кадров) объекта наблюдения через заданные промежутки времени, определяемые частотой кадров в секунду. Каждый кадр кинофильма содержит изображение объекта в момент съемки. Число кадров колеблется от единиц кадров в минуту и даже часов для съемки медленно текущих процессов до сотен тысяч в секунду – для сверхскоростной специальной съемки, например, для наблюдения электрического разряда или полета пули.

**Киноаппараты.** Устройство киноаппарата близко к устройству фотоаппарата с той принципиальной разницей, что в процессе киносъемки плёнка скачкообразно продвигается с помощью грейферного механизма перед кинообъективом на один кадр. Закрытие объектива на время продвижения киноплёнки осуществляется заслонкой (обтюратором), вращение которой перед объективом синхронизировано с работой грейфера. Киносъемка движущихся людей производится на 8 и 16-мм плёнку с частотой 16–32 кадра в секунду.

**Цифровые видеокамеры.** Вместе с цифровыми фотоаппаратами в нашу жизнь в начале 90-х годов вошли и цифровые видеокамеры. В настоящее время выпускается около 600 наименований видеокамер имеющих множество особенностей. По виду используемой памяти их можно разделить на четыре класса: запись информации на магнитную ленту; – на DVD-диск; – на жесткий диск; – на флэш-карту.

На рис. 3.19 приведена фотография цифровой видеокамеры «Panasonic NV-GS90» [9], в которой используется miniDV-кассета с магнитной лентой с продолжительностью записи 65 минут. Для сравнения VHS-кассеты позволяют записать 6 часов видео.



Рис. 3.19. Цифровая видеокамера «Panasonic NV-GS90»

#### Характеристики видеокамеры:

- Носитель записи – miniDV-кассета
- Выход DV – есть
- Аналоговый выход – есть
- Разрешение матрицы , 0.4 млн. эффективных пикселей
- Оптический трансфокатор 42x
- Время записи 65 минут
- Система оптической стабилизации – есть
- Цена 9 200рублей.

Трансфокатор это объектив с переменным фокусным расстоянием, позволяющий осуществлять приближение или удаление снимаемого объекта. Точная компенсация дрожания руки предотвращает нечеткость изображения. Улучшенная система оптической стабилизации Panasonic Advanced O.I.S. подавляет эффект дрожания руки при съемке. Обнаружив вибрацию камеры с помощью гироскопических датчиков, она мгновенно смещает линзу объектива для коррекции его оптической оси. Эта операция выполняется 4000 раз в секунду. А поскольку данная система является оптической, ее работа не приводит к потере качества изображения.

На рис. 3.20 приведена фотография цифровой видеокамеры «Panasonic SDR-SW20» [9], в которой для записи информации используется флэш-карта.



Рис. 3.20. Цифровая видеокамера «Panasonic SDR-SW20»

#### Характеристики видеокамеры:

- Носитель записи – флэш-карта до 16 GB
- Высокоскоростной интерфейс – есть
- Аналоговый выход – есть
- Разрешение матрицы 0.4 млн. эффективных пикселей
- Оптический трансфокатор 10x
- Время записи – до 20 часов
- Система оптической стабилизации – есть
- Цена 11 600 рублей.

На рис. 3.21 приведена фотография цифровой видеокамеры «Panasonic VDR-D51» [9], в которой для записи информации используется DVD диск, и флэш-карта.



Рис. 3.21. Цифровая видеокамера «Panasonic VDR-D51»

Характеристики видеокамеры:

- Носитель записи – 8 мм DVD-диск, флэш-карта до 16 ГБ
- Высокоскоростной интерфейс – есть
- Аналоговый выход – есть
- Разрешение матрицы 0.3 млн. эффективных пикселей (640×480)
- Оптический трансфокатор 42x
- Время записи – до 20 часов
- Система оптической стабилизации – есть
- Цена 10 700 рублей.

На рис. 3.22 приведена фотография цифровой видеокамеры «JVC GZ-MG330AEZ» [9], в которой для записи информации используется жесткий диск.



Рис. 3.22. Цифровая видеокамера «JVC GZ-MG330AEZ»

Характеристики видеокамеры:

- Носитель записи – жесткий диск на 30 ГБ
- Высокоскоростной интерфейс – есть



- Аналоговый выход – есть
- Разрешение матрицы 0.8 млн. эффективных пикселей
- Оптический трансфокатор 35х
- Время записи – 37,5 часов
- Система оптической стабилизации – нет
- Цена 14 100 рублей.

На рис. 3.23 приведена фотография портативного видеорегистратора в виде шариковой авторучки со встроенной микрокамерой, записывающей цветное видео и звук в реальном времени на встроенную память [9].



Рис. 3.23. Портативный видеорегистратор в виде шариковой авторучки

В верхней части ручки-видеокамеры, чуть выше клипсы для крепления ручки к карману пиджака, расположено окошко скрытой микровидеокамеры которая снимает видеоролики и хранит их в памяти. Диаметр объектива цифровой камеры-ручки равен одному миллиметру. Здесь же размещен качественный и чувствительный микрофон, настроенный на спектр человеческого голоса. Регистратор может быть использован в режиме обычного цифрового диктофона, где видеокамера, по каким либо причинам, не может быть использована. Внутри ручки находится микросхема памяти 4 ГБ, микро камера, микрофон, микроконтроллер оцифровывания звука и видео. Встроенный USB-интерфейс с высокой скоростью обмена позволяет легко подключаться к домашнему компьютеру.

Характеристики видеорегистратора:

- Разрешение фото 1280x960
- Запись видео;
- Запись звука;
- Встроенная память 4 ГБ;
- Встроенный Li-Ion источник питания;
- Прямое USB подключение к ПК;
- Время записи свыше 3-х часов;
- Габаритные размеры 140x15 мм;
- Цена 5900 руб.
- Вес 30 г.

**Средства телевизионного наблюдения.** Средства телевизионного наблюдения используются для дистанционного наблюдения движущихся объектов. Это наиболее совершенный способ получения конфиденциальной информации. Применение специальных миниатюрных телекамер позволяет сделать это наблюдение абсолютно незаметным, информативным и безопасным. В общем случае схема комплекса средств телевизионного наблюдения может быть представлена в виде, приведенном на рис. 3.24.

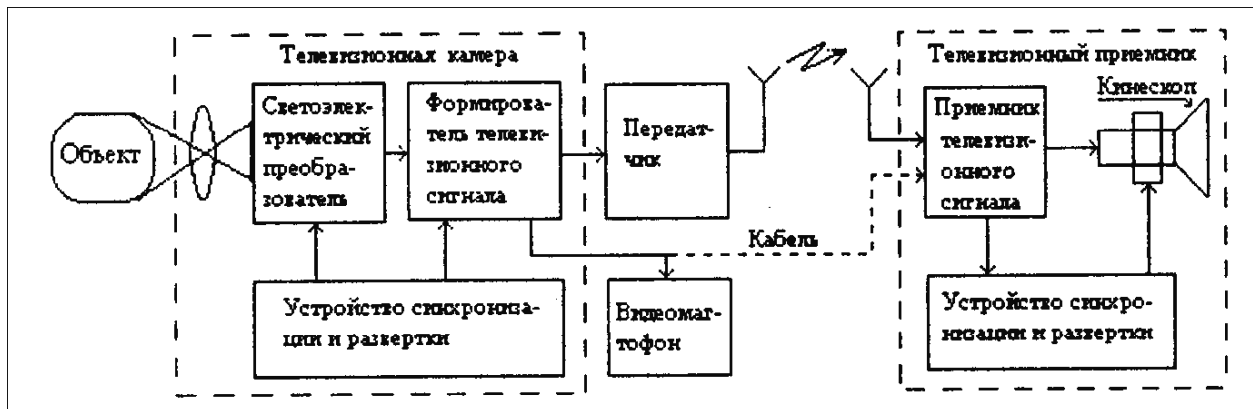


Рис. 3.24. Комплекс средств телевизионного наблюдения

При телевизионном наблюдении изображение объективом проецируется на светочувствительный слой фотокатода вакуумной передающей трубки или мишени твердотельного преобразователя. Фотокатод содержит вещества, из атомов которого кванты световой энергии выбивают электроны, количество которых пропорционально энергии света (яркости элемента изображения). На фотокатод образуются изображение  $Q(x, y, t)$  в виде электрических зарядов, эквивалентное оптическому  $B(x, y, t)$  изображению, где  $Q$  и  $B$  – значения соответственно величины зарядов и яркости в точках с координатами  $x, y$  в момент времени  $t$ . В вакуумных телевизионных передающих трубках производится считывание величины заряда с помощью электронного луча трубки, отклоняемого по горизонтали и вертикали магнитными полями. Эти поля создаются отклоняющими катушками, надеваемыми на горловину телевизионной трубки.

За время развития телевидения разработано много типов передающих телевизионных трубок, отличающихся чувствительностью фотокатода и разрешающей способностью. Появление достаточно простых ТВ-трубок типа «видикон» позволило создать компактные телекамеры. Миниатюрные видиконы с диаметром до 15 мм обеспечивают четкость 400–600 линий. На основе видикона разработаны различные варианты телевизионных передающих трубок: плюмбикон, кремникон, суперортикон, изокон и др., обеспечивающие качественное светозлектрическое преобразование в широком диапазоне длин волн и освещенности.

В начале 70-х годов был открыт и реализован новый принцип построения безвакуумных, твердотельных преобразователей «свет – электрический сигнал», так называемых приборов с зарядовой связью (ПЗС). В основу таких

приборов положены свойства структуры металл-окисел-полупроводник, называемой МОП-структурой (рис. 3.25).

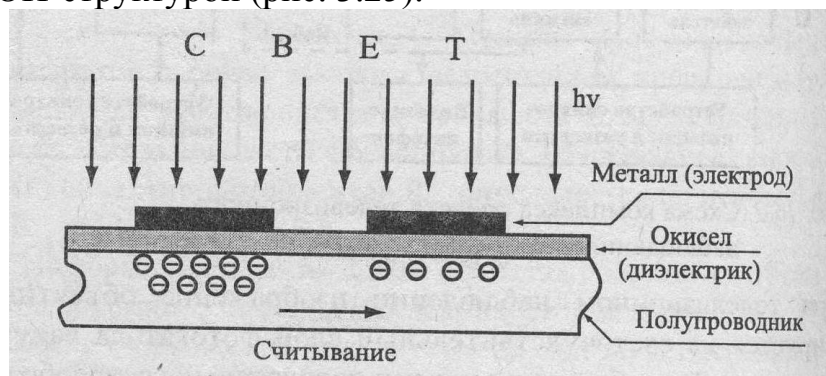


Рис. 3.25. Структура металл-окисел-полупроводник

Фотокатод или мишень ПЗС представляет линейку или матрицу из ячеек с МОП-структурами, образованными горизонтальными и вертикальными токопроводящими прозрачными электродами. Размеры каждой ячейки соответствуют размерам элемента изображения. Разрешающая способность ПЗС определяется количеством ячеек, размещающихся в поле изображения.

Считывание зарядов, образующихся в каждой ячейке ПЗС под действием света точек изображения, производится путем последовательного перекачивания зарядов с ячейки на ячейку под действием управляющих сигналов, подаваемых на электроды. В результате этого на выходе ПЗС образуется последовательность электрических сигналов, амплитуда которых соответствует величине заряда на ячейках мишени ПЗС.

Электрический сигнал с выхода вакуумной передающей трубки или ПЗС усиливается и передается по кабелю или в виде радиосигналов к телевизионному приемнику. Последний выполняет обратные функции, преобразуя электрический сигнал в изображение, яркость каждого элемента которого эквивалентна амплитуде соответствующего сигнала. Формирование изображения производится на экране приемной масочной вакуумной трубки (кинескопа) или экране плоских панелей.

В вакуумной приемной телевизионной трубке (кинескопе) изображение создается на ее экране с люминофором электронным лучом, модулируемым электрическим сигналом изображения и отклоняемым по горизонтали (строчке) и вертикали (по кадру) синхронно с траекторией отклонения луча передающей трубки или считывания с ПЗС. Синхронность обеспечивается путем передачи синхронизирующих сигналов в виде групп импульсов, моменты формирования которых соответствуют границам строк и кадров. Синхроимпульсы совместно с сигналом изображения образуют полный телевизионный сигнал. В приемнике из полного телевизионного сигнала выделяются синхроимпульсы, которые синхронизируют работу устройств кадровой и строчной развертки. Эти устройства формируют сигналы, при прохождении которых по катушкам отклонения, надетых на горловину кинескопа, создаются магнитные поля, отклоняющие электронный луч.

Но вакуумные приемные телевизионные трубки громоздкие, тяжелые, хрупкие, нуждаются в высоковольтном (20–25 кВ) источнике постоянного тока, устройства развертки потребляют достаточно большую мощность, создаваемые трубкой поля не безвредны для человека. Поэтому в настоящее время широкое применение нашли газоразрядные и жидкокристаллические панели.

Газоразрядную панель образуют два плоскопараллельных стекла, между которыми размещены миниатюрные газоразрядные элементы. В инертном газе газоразрядного элемента под действием управляющих сигналов, формируемых микропроцессором устройства синхронизации и подаваемых на прозрачные электроды одного или обоих стекол, возникает разряд с ультрафиолетовым излучением. Это излучение вызывает свечение нанесенного на переднее или заднее стекло люминофора одного цвета черно-белой панели или люминофоров красного, зеленого и синего цветов цветной панели.

Основой жидкокристаллической панели служат также две плоскопараллельные стеклянные пластины. На одну из них нанесены прозрачные горизонтальные и вертикальные токопроводящие электроды. В местах их пересечения укреплены пленочные транзисторы, два вывода которых соединены электродами на стекле, а третий образует обкладку конденсатора. Вторую пластину конденсатора представляет прозрачный металлизированный слой на второй стеклянной пластине, расположенной параллельно первой на расстоянии, измеряемой микронами. Между пластинами помещено органическое вещество (жидкий кристалл), поворачивающее под действием электрического поля плоскость поляризации проходящего через него света. С двух сторон панели укреплены поляроидные пленки, плоскости поляризации которых повернуты на  $90^\circ$  относительно друг друга.

Растр телевизионного изображения формируется сигналами, генерируемыми устройством синхронизации и подаваемыми на электроды стеклянных пластин. При подаче на эти электроды напряжения в точке их пересечен конденсатор заряжается и возникает электрическое поле между соответствующими обкладками конденсатора. В зависимости от величины напряжения изменяется угол поляризации жидкого кристалла между обкладками конденсатора. При отсутствии напряжения и, соответственно, электрического поля жидкий кристалл поворачивает угол поляризации света от лампы подсветки на  $90^\circ$ , в результате чего свет свободно проходит через поляроидные пленки. В зависимости от напряжения на обкладках конденсатора угол поляризации может изменяться от  $90^\circ$  до  $0^\circ$ , а прозрачность ячейки панели – от максимальной до непропускания света. Панель цветного телевизора содержит красный, зеленый и синий светофильтры, образующие триаду элемента разложения изображения.

Основными характеристиками телевизионных средств наблюдения являются чувствительность передающих трубок (ПЗС) и разрешающая способность. Чувствительность определяется чувствительностью материала фотокатода (мишени), а разрешение – количеством строк разложения изображения. Современные передающие телевизионные трубки имеют чувствительность,

обеспечивающую телевизионное наблюдение объектов при их освещенности порядка 0,01 лк.

Разрешающая способность современных телевизионных средств наблюдения определяется количеством телевизионных линий, формирующих изображение, и составляет 350–650 линий. Чем выше разрешение, тем меньше длительность сигнала элемента изображения и тем шире спектр телевизионного сигнала. Ширина спектра телевизионного видеосигнала, передаваемого с частотой кадра 25 Гц и разрешением в 625 строк, составляет 6.5 МГц, телевизионного радиосигнала – 8 МГц.

С целью обеспечения скрытого наблюдения средства наблюдения камуфлируются под бытовые приборы и личные вещи. Видеопередатчики работают в диапазоне частот от 60 МГц до 2.3 ГГц. Их мощность составляет от 40 мВт до 50 Вт, при этом обеспечивают дальность передачи от нескольких метров до 20 км. Например, дальность передачи миниатюрного передатчика РК 5115 при мощности 1.5 Вт на частоте 236 МГц составляет 400 м. Для увеличения дальности передачи используются специальные ретрансляторы [6].

Для приема телевизионных радиосигналов используются как телевизионные приемники широкого применения, так и специальные. Например, видеоприемник РК 625 предназначен для приема сигналов в диапазоне от 60 МГц до 1.2 ГГц, а видеоприемник RX 100 – в диапазоне 1.2 – 2.3 ГГц. Видеоприемники имеют встроенные микропроцессоры, автоматизирующие операции по поиску и приему сигналов. Например, видеоприемник РК 6625 имеет 100 программируемых каналов памяти, 24-часовой таймер и автоматический режим поиска видеосигналов [10].

Для телевизионного наблюдения в ИК-диапазоне применяют телевизионные камеры с ПЗС, чувствительными к ИК-лучам. Для наблюдения в оптическом диапазоне применяют также лазеры, лучи которых в видимом или ИК-диапазонах подсвечивают объекты в условиях низкой естественной освещенности. Для этой цели луч лазера с помощью качающихся зеркал сканирует пространство с наблюдаемыми объектами, а отраженные от них сигналы принимаются фотоприемником так же, как при естественном освещении.

Для примера на рис. 3.26 приведена фотография видеокамеры ВК 520 [9], используемой в составе средств телевизионного наблюдения.



Рис. 3.26. Видеокамера ВК 520

С помощью этой сетевой видеокamеры можно контролировать видеопро-странство дома, коттеджа, офиса из любой точки мира. Возможность про-смотра и управления через интернет. Вы можете дистанционно (удаленно) просматривать свой дом, офис, склад и так далее. Вы можете находиться в любой точке мира, Вам достаточно всего лишь выйти в интернет и набрать адрес вашей камеры. Так же через интернет Вы можете изменять настройки и управлять сетевой камерой. Инфракрасная подсветка - в темное время суток и при плохой освещенности работает ИК подсветка. Дальность съемки с ИК подсветкой до 5 метров. Возможность поворота Вы можете дистанционно по-ворачивать камеру. Поворот камеры осуществляется на 270 градусов по гори-зонтaли и 120 градусов по вертикали, что в отличие от статично установлен-ных камер позволяет значительно увеличить контролируемое пространство. Используя карту SD 2.0 ГБ можно производить резервную запись, SD карта устанавливается непосредственно в камеру. В камере присутствует детектор движения, а так же установка зоны срабатывания, выбор чувствительности. Подключить камеру к Интернету возможно через беспроводную сеть WI-FI. Вы можете устанавливать камеру в любой точке вашей квартиры или офиса, и при этом Вам не придется тянуть кучу проводов для подключения ее к Ин-тернету – все по радиоканалу! Дальность передачи до 100 метров. Габарит-ные размеры камеры 104×125×106 мм. Разрешение приемника – 480×234 точ-ки. Частота передачи 2.400 – 2.483 ГГц.

Другим примером миниатюрной видеокamеры является беспроводная си-стема видеонаблюдения JMK-018AS (маскировка под винт) [9], приведенная на рис. 3.27.

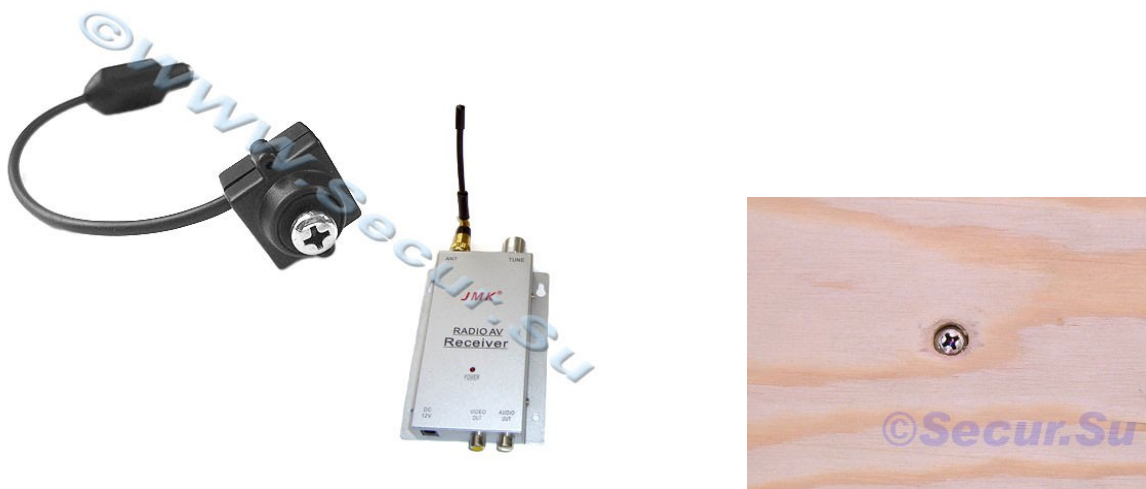







Рис. 3.27. Система видеонаблюдения JMK-018AS и пример её установки

Видеокamera может быть установлена в любом удобном месте, подклю-чается к батарее типа "Крона". Приемное устройство может находиться на расстоянии до 100 м. Передача цветного изображения и звука происходит по радиоканалу на частоте 2,4 ГГц. Приемное устройство через кабель USB под-ключается к ноутбуку, компьютеру и так далее. На экране отображается кар-тинка в режиме реального времени в цвете и со звуком. Очень легкое управ-ление. Для подключения устройства в комплекте есть диск, который установ-

ливается в течение 10 минут. Компьютеризированная система наблюдения позволяет выводить и записывать видео сигналы на компьютер или ноутбук через порт USB. Система использует технологию сжатия MPEG для записи движущихся объектов. Коэффициент сжатия достигает 300:1, что позволяет экономить дисковое пространство, подобно другим системам наблюдения. Размер записываемой картинке 720×576. Размеры видеокамеры: 28×24×22 мм, цена 4500 рублей.

Технические характеристики некоторых видеокамер, используемых для скрытой съемки, приведены в таблице 3.1 [11].

Таблица 3.1

Фото					
Модель	<a href="#">Микро видео камера ZT-802A</a>	<a href="#">Мини видео камера M-208C</a>	<a href="#">Камера ночного видения ST-812</a>	<a href="#">USB микро видео камера</a>	<a href="#">USB мини видео камера</a>
Размер камеры, мм	25 X 20 X 21	33 x 36 x 25	54 x 43 x 43	28x24x22	36x25x28
Вес, гр	40	50	212	45	55
Дальность передачи, м (по прямой) *	до 100	до 100	до 100	до 100	до 100
Разрешение, ТВ линий	380	380	380	380	380
Возможность подключения усилителя	да (до 1,5 км)	да (до 1,5 км)	да (до 1,5 км)	нет	нет
Диаметр объектива, мм	2	8	8	2,3	8
Частота передачи, mhz	900 - 1200	900 - 1200	900 - 1200	Частотный диап. 2.400~2.483 МГц; канал 1=2.414 МГц, канал 2=2.432 МГц, канал 3=2.450 МГц, канал 4=2.468 МГц	
Работа от «Кроны» камеры, ч	5-7	5-7	нет	5-7	5-7
Мощность, мвт	200	200	200	200	200
Угол обзора, град	52	52	52	52	52

Минимальная освещенность, Lux	1,5-2 (лампочка 100-150 ватт)	1 (лампочка 60 ватт)	0 (полная темнота)	1,5-2 (лампочка 100-150 ватт)	1 (лампочка 60 ватт)
Ручная настройка резкости	да	да	нет	да	да
Подключение к:	телевизору, видеомagneтoфону, компьютеру, ноутбуку и т.д.				
Передача звука	да	да	да	да	да
Дальность съемки, м****	150-200	150-200	150-200	150-200	150-200
Температурный режим	0...+40	0...+40	-10...+50	+10...+40	+10...+40

На рис. 3.28 приведена фотография системы передачи видеоинформации TeleObserver 2110B [12].



Рис. 3.28. Система передачи видеоинформации TeleObserver 2110B

TeleObserver 2110B это малогабаритная и компактная система передачи видеоинформации. Передовые методы сжатия обеспечивают передачу видеосигнала **по каналам сотовой связи стандарта GSM**. Использование данной системы позволяет передавать видео информацию в реальном времени из любого удаленного пункта на стационарный или мобильный контрольный пункт.

На контролируемом объекте к базовому устройству может быть подключено до 4 камер. Программное обеспечение сжатия, соответствующее стандарту H.263, позволяет передавать до 3 кадров в секунду (GSM), или до 15 кадров в секунду (ISDN). Для обеспечения приема требуются **персональный компьютер и GSM-модем**. Программное обеспечение, входящее в комплект поставки, обеспечивает наблюдение в псевдореальном времени. Система управляет на расстоянии 4-мя камерами, яркостью, контрастностью, поворотными устройствами и zoom. В комплект поставки "TeleObserver 2100" входит интегрированное программное обеспечение видео плеера. Видео последова-



тельности архивируются для анализа в автономном режиме. В результате высокой степени сжатия 24 часа видеозаписи занимают лишь около 120 Мб. Помимо обычных функций воспроизведения программное обеспечение включает в себя интегрированную функцию движения для просмотра наиболее значимых фрагментов всей видео последовательности.

Для устранения возможности несанкционированного приема передаваемой по каналам связи видеоинформации, используются системы маскирования видеоизображения. На рис. 3.29 приведена фотография комплекса маскирования видеоизображения «VideoLock» [12].



**Кодер**

**Декодер**

Рис. 3.29. Комплекс маскирования видеоизображения «VideoLock»

Особенности комплекса:

- новейшие цифровые технологии для передачи видеоизображения по проводным и радио каналам;
- простота использования;
- метод маскировки: переворот и разрезание видеострок;
- изделия выполнены в виде модулей и предназначены для дальнейшей установки в приборы и оборудование;
- совместим с любым CCTV оборудованием;
- наличие уникального цифрового ключа (индивидуального или группового);
- низкое напряжение питания и малая потребляемая мощность;
- малые габариты (61×41×6 мм) и низкая цена.

На рис. 3.30 показана схема включения комплекса в состав системы видеонаблюдения.



Рис. 3.30. Схема включения комплекса в состав системы видеонаблюдения

На рис. 3.31 показан кадр маскированного изображения, просматриваемый без использования и с использованием декодера.



**Маскированное изображение**



**Демаскированное изображение**

Рис. 3.31. Кадр маскированного изображения, просматриваемый без использования и с использованием декодера

В общем случае структурно удаленное видеонаблюдение можно изобразить так, как показано на рис. 3.32, которое позволяет осуществлять дистанционный мониторинг, управление и конфигурирование системы видеонаблюдения.

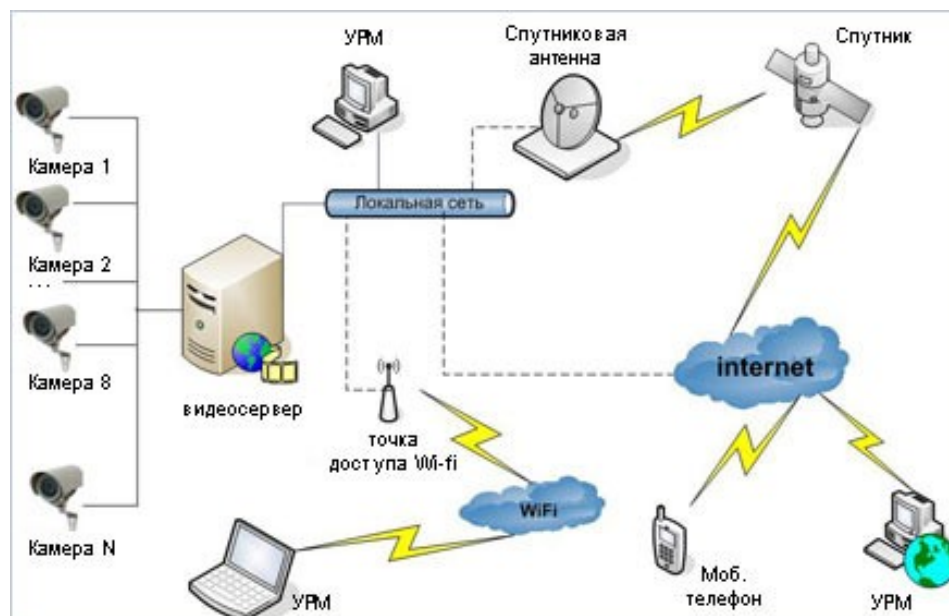


Рис. 3.32. Дистанционный мониторинг, управление и конфигурирование системы видеонаблюдения

### 3.3. Методы и средства противодействия наблюдению

При защите информации от наблюдения в оптическом диапазоне необходимо учитывать факторы, влияющие на вероятность обнаружения объектов наблюдения и ухудшающие точность измерения видовых демаскирующих признаков. Эффективность поиска объектов наблюдения зависит от следующих факторов:

- Яркости объекта
- Контрастности объекта
- Угловых размеров объекта
- Угловых размеров поля обзора
- Времени наблюдения объекта
- Скорости движения объекта

Для выявления объекта необходимо чтобы его **яркость** превышала мощность помех. Современные приемники имеют чувствительность, соответствующую энергии нескольких фотонов.

Уровень **контрастности**, при котором объект сливается с фоном и становится плохо различимым, составляет  $0,08 \dots 0,1$ .

Увеличение **угловых размеров** объекта в 2 раза сокращает время, необходимое для его обнаружения, в 8 раз. Вспомним, что порог угловых размеров, которые глаз различает как две отдельные точки на объекте наблюдения, составляют днем –  $0,5 \dots 1$  угловых минут, ночью –  $30$  угловых минут. Эти параметры можно считать предельными для распознавания объектов.

Двукратное увеличение **поля обзора** повышает время поиска объекта в 4 раза.

Чем меньше угловой размер объекта, тем больше влияние скорости на время и вероятность обнаружения объекта. Объекты, движущиеся с малой

скоростью, обнаруживаются легче, чем неподвижные, а движущиеся с большой скоростью – труднее из-за ухудшения видимого контраста.

Исходя из вышесказанного методы противодействия наблюдению в оптическом диапазоне можно разделить на следующие:

- Пространственное скрывание – размещение объектов в скрытых от наблюдения местах;
- Временное скрывание – скрывание признаков объекта во время работы средств добывания информации. Например, во время пролета КА прекращаются испытания, в ходе которых проявляются видо-вые демаскирующие признаки;
- Структурное скрывание – маскировка, то есть использование маскирующих свойств местности, маскировочная обработка местности, использование искусственных масок, нанесение воздушных пен;
- Энергетическое скрывание – уменьшение яркости и освещенности объекта, уменьшение прозрачности среды (аэрозоли, маски), засветка (создание световой помехи приводящей к уменьшению контрастности объекта), ослепление (использование прожекторов в Берлине 1945 г.).

**Основными средствами скрывания объектов наблюдения** в оптическом диапазоне являются краски, различные маски и экраны. При выборе красок для маскировочного окрашивания кроме цвета важно учитывать характер изменения коэффициента отражения от длины волны. Чем меньше отличаются коэффициенты отражения краски в видимом и инфракрасном диапазонах волн, тем лучше ее маскирующая способность.

Искусственные оптические маскировочные маски в зависимости от ее формы и способа расположения возле объекта делятся на следующие типы:

- маски-навесы;
- вертикальные маски;
- маски перекрытия;
- наклонные маски;
- радиопрозрачные маски.

**Маски-навесы** предназначены для скрывания объектов, расположенных на открытых сверху площадках и защищают их от наблюдения с помощью средств, размещаемых на верхних этажах высотных зданий, возвышенностях и горах, на самолетах и космических аппаратах.

**Вертикальные маски** защищают объекты от наблюдения с земли. Маски перекрытия состоят из каркаса и маскировочного покрытия, которые полностью закрывают объект. Они применяются, прежде всего, для защиты объектов, перевозимых на открытых платформах.

**Наклонные маски** используются в основном для скрывания теней объемных объектов, по длине которых с учетом положения солнца определяют высоту объектов при наблюдении сверху (с самолетов и космических аппаратов).

**Радиопрозрачные маски** выполняются из радиопрозрачных материалов (стеклопластика, пенопласта и др.), обычно в форме шара, для скрытия демаширующих признаков и физической защиты антенн.

**Искусственные оптические маски** изготавливаются из подручных материалов (хвороста, камыша, тростника, кустарника) или из табельных средств и материалов (маскировочной сети, устойчивой к воздействию факторов погоды, армированной маскировочной бумаги, сетчатой ткани, полихлорвиниловой пленки и др.), а также в виде различных сборных возимых маскировочных комплектов.

Для маскировки военной техники в оптическом диапазоне используются различные типы **табельных маскировочных комплектов (МКТ)**: МКТ-Л – для маскировки на растительном фоне или обнаженном грунте, МКТ-С – для снежных фонов, МКТ-П – для горно-пустынной местности, МКТ-Т – для маскировки танков и др. Комплект представляет собой металлический разборный каркас, на который натягивается окрашенная в различные цвета специальная сплошная или сетчатая ткань с двусторонней окраской для разных фонов. Маскировочное покрытие одного комплекта имеет максимальный размер 12×18 м (из расчета создания маски для танка) и состоит из 12 фрагментов размером 3×6 м каждый. Фрагменты соединяются между собой сшивными шнурами, которые позволяют оперативно собирать покрытия различной конфигурации и размера, в том числе плоские, выпуклые, вертикальные, наклонные, маски-макеты, маски-навесы. С помощью запасных сшивных шнуров, входящих в маскировочный комплект, можно объединять покрытия несколько комплектов для укрытия крупных объектов.

Искусственные оптические маски могут применяться многократно, не оказывают вредное воздействие на природу, совместимы с другими способами защиты.

**Светонепроницаемые одно- и многоцветные воздушные пены**, быстро наносимые с помощью генераторов пены на объекты, обеспечивают их эффективную маскировку в широком диапазоне длин волн в течение до нескольких часов.

Маски, которые создают у наблюдателя представление о другом объекте (объекте прикрытия), называются **деформирующими**. Например, при перевозке орудий на железнодорожных платформах их скрывают под брезентом, которым накрывают деревянный прямоугольный каркас. Наблюдатель по факту присутствия часовых на платформе делает вывод о перевозке военной техники, но определить вид перевозимой техники не сможет. Во время битвы за Москву с помощью деформирующих масок и имитационного окрашивания для дезинформирования немецких летчиков мавзолее Ленина имел сверху вид двухэтажного особняка, а кремлевские башни были похожи на водонапорные башни и высотные здания.

Для дезинформирующего скрытия применяются кроме деформирующих масок **ложные сооружения и конструкции**, создающие признаки ложного объекта (объекта прикрытия). Ложные сооружения могут быть плоскими и объемными, функциональными и нефункциональными. Они относятся к наи-

более дорогим средствам защиты информации, особенно объемные и функциональные, так как должны воспроизводить полный набор демаскирующих признаков объекта прикрытия в динамике в течение всего периода защиты. Если, например, имитируется объект, на котором работают люди, то они должны убедительно изображать соответствующую деятельность, а не устраивать непрерывные перекуры или греться на солнышке.

Энергетическое скрывание демаскирующих признаков объектов достигается путем уменьшения яркости объекта и фона ниже чувствительности глаза или технического фотоприемника, а также их ослепления. Наиболее естественным способом энергетического скрывания является проведение мероприятий, требующих защиты информации о них, ночью. Яркость объектов, имеющих искусственные источники света, снижается путем их выключения или экранирования светонепроницаемыми шторами и экранами.

Для экранирования объектов наблюдения в помещении применяются шторы, занавески, жалюзи, тонированные стекла и пленки. Эффективные экраны создают жалюзи. По виду материалов жалюзи делятся на тканевые, пластиковые, деревянные и металлические. Лучшие эксплуатационные свойства имеют деревянные и металлические жалюзи. По расположению ламелей жалюзи бывают вертикальные, горизонтальные и рулонные.

Энергетическое скрывание объектов, наблюдаемых в отраженном свете, обеспечивают рассмотренные искусственные маски, а также естественные и искусственные аэрозоли в среде распространения.

**Аэрозоли** – вещества в виде дисперсии твердых частиц и капель жидкости, находящихся во взвешенном состоянии в воздухе. К аэрозолям относятся обычно думы, туманы, пыль, смог.

Естественные аэрозоли образуются обычно пылью и частицами воды. В зависимости от размеров частиц воды метеорологическая дальность изменяется от десятков метров (при очень сильном тумане, дожде и снеге) до 10-20 км (при дымке). Хорошая видимость обеспечивается при дальности 20-50 км, а исключительно хорошая – более 50 км.

Наиболее распространенной разновидностью аэрозольного состояния атмосферы является дымка. Дымка возникает при слипании мелкодисперсных частиц воздуха друг с другом и взаимодействии их с атмосферной влагой. В условиях повышенной влажности воздуха в результате взаимодействия паров воды с частицами растворимых в ней солей образуется туманная дымка, при которой метеорологическая дальность составляет 1-10 км.

Влияние аэрозольных образований в общем случае проявляется как в рассеянии, так и поглощении света частицами аэрозоля. Коэффициент ослабления (поглощения) в видимой области спектра изменяется в 1,5-2 раза. С увеличением длины волны потери ослабевают. Потери энергии волны при  $\lambda = 0,55$  мкм приблизительно в 10 раз больше потерь для  $\lambda = 1,06$  мкм. Аэрозольное рассеяние света зависит от коэффициентов его ослабления отдельными частицами, их концентрации и размеров. Оно определяет прозрачность и метеорологическую дальность видимости.

Использование естественных аэрозолей в качестве средств защиты от наблюдения затруднено из-за случайного характера их проявлений в виде образований, приводящих к малой метеорологической дальности. Тем не менее, естественные аэрозоли в виде облаков создают серьезные проблемы для разведки при наблюдении наземных и надводных объектов с помощью средств космической разведки. Учитывая, что траектории движения космического аппарата (КА) и облаков независимы, вероятность выполнения временного условия разведывательного контакта (совпадения моментов пролета спутника над интересующим разведку объектом и отсутствием облачности) равна произведению вероятностей каждого из этих событий. Следовательно, для обнаружения и распознавания объекта даже при отсутствии мер защиты информации о нем потребуются многократные пролеты над ним разведывательных КА.

С помощью дымовых шашек, специальных боеприпасов (снарядов, бомб), аэрозольных генераторов и дымовых машин создаются дымовые завесы (облака) из искусственных аэрозолей, обеспечивающих (при учете направления и силы ветра) эффективное, но кратковременное скрывание. Время и площадь скрывания зависят от многих факторов, в том числе от объема облака дыма, направления и скорости ветра, и колеблется от минут до 1...2 часов. Наиболее эффективные завесы образуются при скорости ветра 3...5 м/с.

В качестве химических веществ для образования дыма применяются эпоксидные, фенольные, полиэтиленовые, силикатные, уретановые смолы и другие высокомолекулярные соединения. Дымы из таких веществ получают разделением частиц вещества в потоке горячих газов и другими способами. В зависимости от состава компонентов частицы, образующие аэрозольное облако, могут иметь диаметр от 1 до 100 мкм. Для образования аэрозольного облака, обеспечивающего, например, ослабление излучений в ИК-диапазоне примерно в 80 раз, на площади 600 м<sup>2</sup> потребуется распылить около 400 г дымообразующего вещества [13].

Кроме того, на яркость объекта с собственными источниками тепла, и, следовательно, на его контраст с фоном в ИК-диапазоне влияет температура поверхности объекта. Для защиты объектов от наблюдения в инфракрасном диапазоне применяются различные теплоизолирующие экраны, в том числе подручные материалы с плохой теплопроводностью: листья деревьев и кустарников, сено, брезент и др. Хорошими теплоизолирующими свойствами обладают воздушные пены.

Так как скрытое наблюдение проводится, как правило, с помощью оптических приборов, то для противодействия наблюдению применяются активные средства обнаружения оптики. Такие средства представляют собой приборы ночного видения с лазерной подсветкой. Средство содержит лазерный излучатель в инфракрасном диапазоне длин волн, лучи которого сканируют наблюдаемое пространство. Отраженный от поверхности линзы объектива луч лазера обозначает место нахождения оптического прибора точкой повышенной яркости на изображении.

## 4. РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ РАЗВЕДКА

### 4.1. Виды радиоэлектронной разведки

**Радиоэлектронную разведку** принято делить по следующим видам [2]:

- радиоразведку;
- радиотехническую разведку;
- радиолокационную разведку;
- радиотепловую разведку;
- разведку побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН).

**Радиоразведка** – самый старый вид радиоэлектронной разведки. Она нацелена против различных видов радиосвязи. Основное содержание радиоразведки – обнаружение и перехват открытых, засекреченных, кодированных передач связных радиостанций, пеленгование их сигналов, анализ и обработка добываемой информации с целью вскрытия ее содержания и определения местонахождения источников излучения. Сведения радиоразведки о неприятельских станциях, системах их построения и о содержании передаваемых сообщений позволяют выявлять планы и замыслы противника, состав и расположение его группировок, установить местонахождение их штабов и командных пунктов управления, место размещения баз и стартовых площадок ракетного оружия и др.

**Радиотехническая разведка** – вид радиоэлектронной разведки по обнаружению и распознаванию радиолокационных станций (РЛС), радионавигационных систем и систем связи, использует методы радиоприема, пеленгования и анализа радиосигнала. Средства радиотехнической разведки позволяют:

- Установить несущую частоту передающих радиосредств;
- Определить координаты источников излучения;
- Измерить параметры импульсного сигнала (частоту повторения, длительность и другие параметры);
- Установить вид модуляции сигнала (амплитудная, частотная, фазовая, импульсная);
- Определить структуру боковых лепестков излучения радиоволн;
- Измерить поляризацию радиоволн;
- Установить скорость сканирования антенн и метод обзора пространства РЛС;
- Проанализировать и записать информацию.

**Радиолокационная разведка** – предназначена для получения радиолокационного изображения (обстановки). В радиолокаторе формируется зондирующий узкий, сканирующий по горизонтали и вертикали луч электромагнитной волны, которым облучается пространство с объектом наблюдения. Отраженный от поверхности объекта радиосигнал принимается радиолокатором и модулирует электронный луч электронно-лучевой трубки его индикато-



ра, который, перемещаясь синхронно с зондирующим лучом, «рисует» на экране изображение объекта.

**Радиотепловая** разведка добывает информацию о признаках объектов, проявляющихся через их собственные электромагнитные излучения в радиодиапазоне.

**Разведка ПЭМИН** использует ту же радиоаппаратуру и методы, что и радиоразведка. Только эта аппаратура предназначена для улавливания очень слабых сигналов, то есть она более чувствительная.

**Особенности радиоэлектронной разведки** заключаются в следующем:

- Действует без непосредственного контакта с объектами разведки;
- Охватывает большие расстояния и пространства, пределы которых определяются особенностями распространения радиоволн разных частот;
- Функционирует непрерывно в разное время года и суток и при любой погоде;
- Обеспечивает получение достоверной информации, поскольку она исходит непосредственно от противника (за исключением случаев радиодезинформации);
- Добывает большое количество информации различного характера и содержания;
- Получает информацию в кратчайшие сроки и чаще всего в реальном масштабе времени;
- Малоуязвима и во многих случаях недостижима для противника;
- Действует скрытно. Противник, как правило, не в состоянии установить факт разведки.

Радиоэлектронная разведка в зависимости от ее целевого назначения подразделяется на **стратегическую и тактическую разведки**.

**Стратегическая** радиоэлектронная разведка ведется в интересах правительственных органов и высшего военного командования с целью добывания всесторонней информации о разведываемой стране через его радиоэлектронные средства. Такая информация необходима для подготовки вооруженных сил и ресурсов страны к войне, принятия решения о начале военных действия и умелого ведения стратегических операций.

**Тактическая** радиоэлектронная разведка считается одним из основных видов обеспечения войск информацией путем непрерывного слежения за электромагнитным излучением многочисленных военных устройств и система противника. Она в состоянии добывать важные сведения для ведения боевых действий силами соединений, частей и подразделений. Различают наземную, морскую, воздушную и космическую радиоэлектронную разведку.

По своему содержанию информация, добываемая этим видом разведки, делится на оперативную и техническую.

Оперативная информация включает сведения, которые необходимы для решения оперативных задач военного командования. К ним относятся:

- открытая или зашифрованная смысловая информация, передаваемая противоборствующей стороной по различным каналам радиосвязи;
- тактико-технические данные и особенности разведываемых активных радиоэлектронных систем (частота настройки, вид модуляции и манипуляции, диаграммы направленности антенн, мощность излучения и т.п.), составляющие их «электронный почерк»;
- типы радиоэлектронных систем: радиосвязи, радиолокации, радионавигации, наведения ракет и дальнего обнаружения, различные телеметрические системы передачи данных;
- количество обнаруживаемых радиоэлектронных систем противника;
- местоположение и территориальная плотность размещения источников излучения электромагнитной энергии противника.

Изучая технические характеристики и особенности радиоэлектронных систем противника, можно определить область их применения и принадлежность. Сопоставляя эти данные с уже известными, полученными разведкой по другим каналам, можно сделать вывод о назначении разведываемых технически средств. Зная это и определяя типы и количество радиоэлектронных средств противника, можно установить дислокацию войсковых частей, военных баз, аэродромов и других объектов. Так, например, зная число радиолокационных станций наведения управляемых зенитных ракет в какой-либо зоне ПВО противника, можно сделать правильные выводы о количестве батарей зенитных ракет, установленных в этой зоне.

Для анализа и обработки добываемой информации очень важное значение имеют точная фиксация времени начала и конца работы излучающих радиоэлектронных средств и правильное определение их местоположения. Эти данные позволяют установить степень активности противника в определенной территориальной зоне. Указывается, что перед запуском межконтинентальных баллистических ракет с мыса Каннавэрал наблюдалось заметное увеличение числа источников электромагнитных излучений в этом районе за счет повышения активности работы радиолокационных станций сопровождения и наведения, средств радиосвязи и передачи данных, а также телеметрических сетей. Техническая информация содержит сведения о новых системах оружия и управления радиоэлектронными устройствами и об их электрических характеристиках, используемыми разведываемой страной впервые.

Целью добывания технической информации является своевременная разработка аппаратуры и методов радиоэлектронной разведки новых систем оружия и средств управления противника. По мнению американских специалистов, техническая информация о новой радиоэлектронной аппаратуре потенциальных противников особенно нужна для создания эффективных технических средств и методов радиопротиводействия и контррадиопротиводействия. Для получения такой информации средствами радиоэлектронной разведки ве-

дется систематическая разведка новых, ранее неизвестных источников радиопередач, отличающихся диапазоном частот, видами модуляции и манипуляции, параметрами импульсного сигнала, диаграммой направленности антенны и другими характеристиками.

**Наиболее важными источниками радиоэлектронной разведки**, по мнению зарубежных авторов, являются следующие:

- активные средства радиосвязи, используемые во всех видах вооруженных сил и в интересах управления государством;
- РЛС разных типов и назначений, применяемые, главным образом, в противовоздушной обороне;
- автоматизированные системы управления, слежения и наведения ракетного и противоракетного оружия, а также космических объектов;
- радионавигационные системы, используемые в морской, воздушной и космической навигации;
- различные телеметрические системы передачи информации. Телеметрия это передача информации от объектов по каналам радиосвязи, удалённых от пункта управления на большие расстояния.

#### **4.2. Радиоэлектронные каналы утечки информации**

**Виды радиоэлектронных каналов утечки информации.** В радиоэлектронном канале передачи носителем информации является электрический ток и электромагнитное поле с частотами колебаний от звукового диапазона до десятков ГГц.

Радиоэлектронный канал относится к наиболее информативным каналам утечки в силу следующих его особенностей:

- независимость функционирования канала от времени суток и года, существенно меньшая зависимость его параметров по сравнению с другими каналами от метеоусловий;
- высокая достоверность добываемой информации, особенно при перехвате ее в функциональных каналах связи (за исключением случаев де информации);
- большой объем добываемой информации;
- оперативность получения информации вплоть до реального масштаб времени;
- скрытность перехвата сигналов и радиотеплового наблюдения.

В радиоэлектронном канале производится перехват радио и электрических сигналов, радиолокационное и радиотепловое наблюдение. Следовательно, в рамках этого канала утечки добывается семантическая информация видовые и, сигнальные демаскирующие признаки. Радиоэлектронные каналы утечки информации используют радио, радиотехническая, радиолокационная и радиотепловая разведка.

Структура радиоэлектронного канала утечки информации в общем случае включает источник сигнала или передатчик, среду распространения электрического тока или электромагнитной волны и приемник сигнала (рис. 4.1) [2].

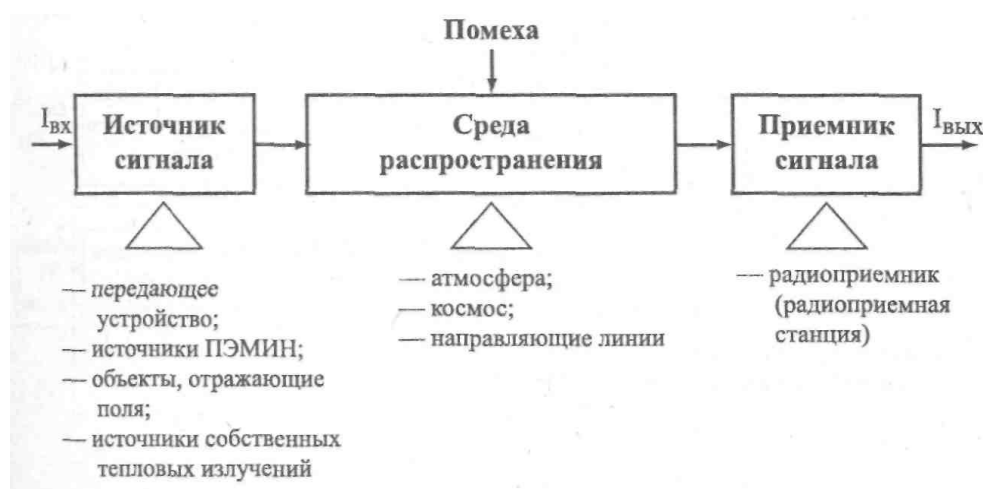


Рис. 4.1. Структура радиоэлектронного канала утечки информации

В радиоэлектронных каналах утечки информации источники сигналов могут быть четырех видов:

- передающие устройства функциональных каналов связи;
- источники побочных электромагнитных излучений и наводок;
- объекты, отражающие электромагнитные волны в радиодиапазоне;
- объекты, излучающие собственные (тепловые) электромагнитные волны в радиодиапазоне.

Средой распространения радиоэлектронного канала утечки информации являются атмосфера, безвоздушное пространство и направляющие электрические провода различных типов и волноводы. Носитель в виде электрического тока распространяется по проводам, а электромагнитное поле – в атмосфере, в безвоздушном пространстве или по направляющим – волноводам.

В приемнике производится выделение (селекция) носителя с интересующее получателя информацией по частоте, усиление выделенного слабого сигнала и съем с него информации – демодуляция.

При перехвате сигналов функциональных каналов связи передатчики этих каналов являются одновременно источниками радиоэлектронных каналов утечки информации. В общем случае направления распространения электромагнитной волны от передатчика к санкционированному получателю и злоумышленнику отличаются. В функциональных каналах связи максимум излучения энергии электромагнитной волны ориентируют в направлении расположения приемника санкционированного получателя. Поэтому мощность источника сигналов радиоэлектронного канала утечки информации, как правило, существенно меньше мощности излучения в функциональном канале

связи. В зависимости от способа перехвата информации различают два вида радиоэлектронного канала утечки информации.

В канале утечки 1-го вида производится перехват информации, передаваемой по функциональному каналу связи (рис. 4.2).

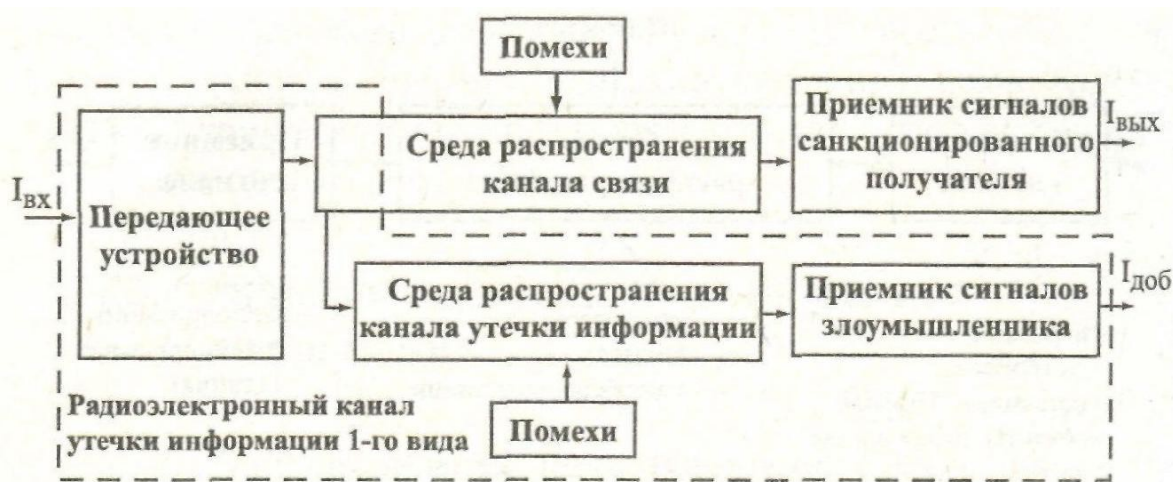


Рис. 4.2. Радиоэлектронный канал утечки 1-го вида

С этой целью приемник сигнала канала утечки информации настраивается на параметры сигнала функционального радиоканала или подключается (контактно или дистанционно) к проводам соответствующего функционального канала. Такой канал утечки имеет общий с функциональным каналом источник сигналов – передатчик. Так как места расположения приемников функционального канала и канала утечки информации в общем случае не совпадают, то среды распространения сигналов в них от общего передатчика различные или совпадают, например, до места подключения приемника злоумышленника к проводам телефонной сети.

Радиоэлектронный канал утечки 2-го вида имеет собственный набор элементов: передатчик сигналов, среду распространения и приемник сигналов (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Радиоэлектронный канал утечки 2-го вида

Передатчик этого канала утечки информации образуется случайно (без участия источника или получателя информации) или специально устанавливается в помещении злоумышленником. В качестве такого передатчика применяются источники опасных сигналов и закладные устройства. Опасные

сигналы, как отмечалось ранее, возникают на базе акустоэлектрических преобразователей, побочных низкочастотных и высокочастотных полей, паразитных связей и наводок в проводах и элементах радиосредств. Предпосылки для них создаются в результате конструктивных недоработок при разработке радиоэлектронного средства, объективных физических процессов в их элементах, изменениях параметров в них из-за старения или нарушений правил эксплуатации, не учета полей вокруг средств или токонесущих проводов при их прокладке в здании и так далее. Особенности передатчиков этого канала являются малые амплитуда электрических сигналов – единицы и доли мВ и мощность радиосигналов, не превышающая десятки мВт (для радиозакладок). В результате этого протяженность таких каналов невелика и составляет десятки и сотни метров. Поэтому для добывания информации с использованием такого канала утечки приемник необходимо приблизить к источнику на величину длины канала утечки или установить ретранслятор. Среда распространения и приемники этого вида каналов не отличаются от среды и приемников каналов первого вида.

**Особенности распространения электрических и радиосигналов в радиоэлектронном канале утечки информации.** Среда распространения радиоэлектронных каналов утечки существенно различается для **электрических и радиосигналов**.

**Электрические сигналы** как носители информации могут быть аналоговыми или дискретными, их спектр может содержать частоты от десятков Гц до десятков ГГц. Электрические сигналы распространяются по **направляющим линиям связи**, связывающим источники и приемники сигналов как внутри организации, так внутри населенного пункта, города, страны, земного шара в целом. Способы и средства передачи электрических сигналов по проводам рассматриваются теорией и техникой проводной связи.

Направляющие линии связи делятся на воздушные проводные линии связи, кабельные линии связи, волноводные линии связи.

**Воздушные проводные линии** связи образуют провода, натянутые в воздушном пространстве между опорами. В зависимости от типа несущих конструкций они делятся на **столбовые и стоечные линии**. Столбовыми называются линии, несущими конструкциями которых являются деревянные или железобетонные опоры. Опорами столбовых линий служат металлические стойки, установленные, например, на крышах зданий. Для изоляции проводов воздушных линий друг от друга и относительно земли их укрепляют на фарфоровых изоляторах. Воздушные линии имеют малый частотный диапазон и подвержены воздействию климатических факторов, например обледенению.

Более широко применяются **кабельные линии** связи. Кабельные линии связи получили доминирующее развитие при организации объектовой, городской и междугородной телефонной связи. Они составляют более 50% телефонных линий России. Наиболее распространены кабели на витой паре и коаксиальные кабели.

**Витая пара** относится к симметричным кабелям и представляет собой два изолированных провода с одинаковыми электрическими параметрами, скрученные вместе. Провода покрываются изоляционным материалом (чаще поливинилхлоридом или полиэтиленом). Тип и толщина слоя изоляционного материала определяют емкость между проводами в кабеле. Телекоммуникационные кабели могут содержать от двух до 3000 витых пар, полностью покрытых изоляционной оболочкой. Витую пару можно представить в виде электрической модели из двух сопротивлений, параллельно одному из которых подключена емкость. Входное сопротивление витой пары зависит от частоты сигнала. В диапазоне частот стандартного телефонного канала оно принимается равным 600 Ом. С увеличением частоты входное сопротивление уменьшается и на высоких частотах определяется как корень квадратный от отношения распределенных индуктивности и емкости.

**В коаксиальном кабеле** один проводник концентрически расположен внутри другого проводника, имеющего форму полого цилиндра. Внутренний проводник изолируется от внешнего с помощью различных изоляционных материалов и конструкций. Для изоляции коаксиальных пар кабеля применяется полиэтилен, фтор-лан (фторопласт), полипропилен, резина, неорганическая изоляция. Внешний проводник высококачественной коаксиальной пары образуется фольгой и оплеткой из медной или железной сетки. Для защиты от внешних воздействий он покрывается слоем изолятора (полихлорвинила). Входное сопротивление для подсоединения радиоаппаратуры обычно равно 50 Ом, а для передачи телевизионных сигналов и в связи — 75 Ом. Коаксиальный кабель имеет большую пропускную способность, чем симметричный. Стандартный коаксиальный кабель 1,2/4,4 (с диаметрами внутреннего и внешнего проводников 1,2 и 4,4 мм соответственно) обеспечивает передачу 900-960 телефонных каналов на расстояние до 9 км или 3600 каналов на расстояние 1,5 км. При увеличении диаметров проводников кабеля до 2,6/9,5 число телефонных каналов для длины участка 1,5 км возрастает до 10800. Для повышения частотного диапазона требуется дальнейшее увеличение диаметра коаксиального кабеля. Например, кабель РК 50-17-51 с наружным диаметром изоляции (внешнего проводника) 17,3 мм имеет номинальный коэффициент затухания 0,012, 0,035 и 0,05 дБ/м на частотах 200, 450 и 900 МГц соответственно.

Коаксиальный кабель на высоких частотах имеет лучшие электрические характеристики, чем витая пара. В нем практически отсутствуют перекрестные помехи и намного меньше затухание. Несколько жил, объединенных единым изолятором в виде ленты, образуют **ленточные кабели**.

Основными параметрами проводных линий связи являются **ширина пропускаемого ими спектра частот** и **собственное затухание**. Если сопротивление проводников на низких частотах (в звуковом диапазоне) определяется удельным сопротивлением материала и площадью поперечного сечения проводника, то на более высоких частотах начинается сказываться влияние **поверхностного эффекта**. Сущность его заключается в том, что переменное магнитное поле, возникающее при протекании по проводнику тока, создает

внутри проводника вихревые токи, В результате этого плотность основного тока перераспределяется по сечению проводника (жила): уменьшается в центре и возрастает на периферии. Глубина проникновения (в миллиметрах) тока в медную жилу  $\theta = 67/\sqrt{f}$ , где  $f$  – частота колебаний в Гц. На частоте  $f = 60$  кГц глубина проникновения составляет приблизительно 0,3 мм, а на частоте 250 кГц – около 0,13 мм. Следовательно, ток с этой частотой распространяется по гипотетической тонкой медной трубке с существенно меньшей площадью сечения и, соответственно, большим сопротивлением.

На величину затухания линии влияют также электрические характеристики диэлектрика, наносимого на металлические провода. При передаче по воздушным линиям со стальными проводами ширина пропускания составляет около 25 кГц, с медными проводами – до 150 кГц, по симметричным кабелям – до 600 кГц. Расширению спектра частот, передаваемых по симметричным цепям, препятствуют возрастающие наводки. Например, удовлетворительным для телефонных линий считается значение переходного затухания порядка 60...70 дБ.

**Металлические волноводы** представляют собой трубы прямоугольного или круглого сечения, внутри которых может распространяться электромагнитное поле от излучателя, установленного в торце одной из сторон волновода. Волноводы применяются для передачи электромагнитного поля с длиной волны короче 10...15 см. Отражаясь от внутренней поверхности волновода, электромагнитное поле концентрируется в волноводе и при движении повторяет его изгибы. С целью уменьшения затухания электромагнитного поля внутренние стенки волновода покрывают тонким слоем серебра. Кроме медных и алюминиевых волноводов находят применение волноводы из пластических масс с металлизированными изнутри стенками.

Основным носителем информации в радиоэлектронном канале является электромагнитное поле.

**Электромагнитное поле** представляет форму движения материи в виде взаимосвязанных колебаний электрического и магнитного полей. Электромагнитное поле формируется антенными системами, преобразующими электрические сигналы в электромагнитной волны, и может возникать при протекании по проводам источника радиосигнала электрического тока переменной частоты. Оно распространяется с конечной скоростью в окружающем пространстве. Векторы напряженности электрического и магнитного полей взаимно перпендикулярны и перпендикулярны направлению распространения электромагнитной волны. Электромагнитная волна характеризуется **частотой колебания, мощностью и поляризацией**.

В соответствии с Регламентом радиосвязи, утвержденным на Всемирной административной конференции в Женеве в 1979 г. используется частотная классификация электромагнитных волн (табл. 4.1).

Таблица 4.1



Диапазон длин волн	Наименование волн	Обозначение и наименование частот	Диапазон час- тот
1	2	3	4
> 100 км	—	ELF — чрезвычайно низкие	Доли Гц–3 кГц
10–100 км	Мириаметро- вые	VLF(ОНЧ) — очень низ- кие	3–30 кГц
1–10 км	Километровые (длинные)	LF(НЧ) — низкие	30–300 кГц
100–1000 м	Гектаметровые (средние)	MF(СЧ) — средние	300–3000 кГц
10–100 м	Декаметровые (короткие)	HF(ВЧ) — высокие	3–30 МГц
1–10 м	Метровые	(ОВЧ) — очень высокие	30–300 МГц
10–100 см	Дециметровые	UHF(УВЧ) — ультравы- сокие	300–3000 МГц
1–10 см	Сантиметровые	SHF(СВЧ) — сверхвы- сокие	3–30 ГГц

Поляризация электромагнитной волны определяется направлением вектора напряженности электрического поля. Если вектор электрического поля лежит в вертикальной плоскости, то поляризация вертикальная, когда он находится в горизонтальной плоскости, то – горизонтальная. Промежуточное положение характеризуется углом поляризации между плоскостями поляризации и распространения. **Плоскостью поляризации** называется плоскость, в которой находятся вектора электрического поля и вектор распространения электромагнитной волны.

**Мощность излучения** электромагнитного поля тем выше, чем ближе частота колебаний в распределенном контуре, образованном индуктивностью проводников и распределенной емкостью между ними и землей, к частоте сигнала. Эффективное преобразование энергии электрических сигналов в электромагнитную волну выполняется **антеннами**.

Характер поляризации электромагнитной волны зависит от конструкции и расположения излучающих элементов антенны. Несоответствие поляризации электромагнитной волны пространственной ориентации элементов приемной антенны, в которых наводятся электрические заряды, приводит к уменьшению величины этих зарядов.

Радиоволны в зависимости от характера распространения делятся на **земные (поверхностные), прямые, тропосферные и ионосферные (пространственные)**.

**Земными** называются радиоволны, которые распространяются в непосредственной близости от поверхности Земли и частично огибают ее поверхность в результате дифракции. **Прямыми** названы радиоволны, распростра-

няющиеся прямолинейно в атмосфере и космосе. Радиоволны, которые распространяются в тропосфере – приземной неоднородной области атмосферы не выше 10-12 км от поверхности Земли, называются тропосферными. В тропосфере происходит рассеивание, а также частичное искривление траектории и отражение радиоволн от неоднородностей тропосферы.

**Ионосферными** называют радиоволны, распространяющиеся в результате преломления их в ионосфере и отражений от земной поверхности. Ионосферу образуют ионизированные под действием ультрафиолетового излучения Солнца верхние слои атмосферы. Концентрация свободных электронов в ионосфере меняется по высоте. В зависимости от концентрации свободных электронов и, соответственно, положительно заряженных ионов ионосферу условно делят на слои – D, E, F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub>. Наименьшая концентрация имеет место в слое D, наибольшая – в слое F<sub>2</sub>. Состояние ионосферы непрерывно меняется, оно зависит от времени суток, времени года и солнечной активности, которая имеет 11-летний цикл изменения.

Слой D располагается до высоты примерно 60 км. В ночные часы в слое D преобладает рекомбинация электронов, ионизация уменьшается или исчезает. Слой E расположен на высоте 100-120 км и менее зависит от времени суток, а слои F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> занимают области на высоте примерно 160-400 км, причем ночью слой F<sub>1</sub>, исчезает.

В ионосфере происходит преломление, отражение и поглощение радиоволн. Преломление радиоволн обусловлено изменениями диэлектрической проницаемости, и, следовательно, показателя преломления по высоте слоев. По мере распространения радиоволн от наземного источника через более высоко расположенные слои показатель преломления уменьшается, траектория электромагнитной волны искривляется и при определенных условиях волна возвращается на Землю.

Преломление радиоволн на той или иной высоте ионосферы зависит от частоты радиоволн и угла их падения на слой. При прочих равных условиях, чем больше угол падения волны, отсчитываемый от вертикальной линии в точке падения, тем более пологая траектория луча в ионосфере и тем меньшая электронная концентрация потребуется для возвращения луча на Землю. Минимальное значение угла падения, при котором еще возможно отражение радиоволн заданной частоты от ионосферы, называется **критическим**. При угле падения меньше критического, радиоволны проходят через ионосферу в космос.

Так как коэффициент преломления уменьшается с увеличением частоты, то длинные волны преломляются сильнее, чем короткие, а для УКВ преломление недостаточно для возвращения волн на Землю и они уходят в космическое пространство. Наивысшая частота, при которой электромагнитная волна еще может возвратиться на Землю, называется **максимально применимой частотой** и составляет примерно 20...40 МГц. Но значение этой частоты неоднозначно вследствие зависимости ее от угла падения. Поэтому вводят понятие **критической частоты**, которая является максимально применимой частотой при угле падения 0 градусов и составляет около 10 МГц. Из опреде-

ления следует, что эта частота представляет собой наименьшую частоту из всех максимально применимых частот.

За счет многократного преломления радиоволн в ионосфере и отражения от земной поверхности электромагнитная волна может распространяться на большие расстояния, вплоть до огибания Земли. Но при таком распространении волны на земной поверхности возникают зоны молчания, в которые не попадают отраженные от ионосферы электромагнитные волны. В зонах приема происходит интерференция волн, прошедших разный путь от излучателя и имеющих, следовательно, различные фазы. Случайный характер изменения фаз приводит к случайному изменению амплитуды результирующей волны, которое называется **замиранием** или **федингом**.

Кроме замираний существуют зоны молчания, когда поверхностная волна уже не доходит, а пространственной волны еще нет из-за наличия критического угла.

Степень поглощения радиоволн в атмосфере увеличивается при повышении плотности ионизации, частоты колебания и пути, проходимой радиоволной в ионосфере. Зимой, когда концентрация электронов в связи с понижением солнечной радиации уменьшается, поглощение радиоволн снижается, и дальность распространения увеличивается.

В зависимости от частоты колебания радиоволн характер их распространения имеет следующие особенности.

**1. Километровые** (длинные 30...300 кГц) волны подвержены дифракции, сравнительно слабо поглощаются земной поверхностью и могут распространяться поверхностным лучом на расстояние до 3000 км. В ионосфере они затухают сильнее, но могут отражаться от слоя E и распространяться пространственным лучом на большее расстояние. К преимуществам электромагнитной волны в этом диапазоне как носителя информации относится, кроме большой дальности распространения, сравнительное постоянство напряженности поля в пункте приема в течение суток и года, что обеспечивает устойчивость связи. Эти волны применяются также для связи под водой, где сильно затухают волны более высоких частот.

Недостатком длинноволновой радиолинии является плохая излучательная способность антенн даже при больших размерах, достигающих несколько сотен метров, высокий уровень атмосферных и промышленных помех и малая пропускная способность.

**2. Гектометровые** (средние 300...3000 кГц) волны могут распространяться поверхностным и пространственным лучами. Энергия средних волн поглощается земной поверхностью сильнее, чем длинноволновых, поэтому дальность связи поверхностным лучом составляет примерно 500-1500 км. Однако для средних волн создаются более благоприятные условия распространения пространственным лучом, для которого прием сигналов возможен до 4000 км.

Условия распространения средних волн существенно изменяются в зависимости от времени суток. В ночные часы за счет преломления в ионосфере дальность распространения выше, чем в дневные, когда преобладают поверх-

ностные волны. В этом диапазоне наблюдаются замирания в результате интерференции земных и поверхностных волн или пространственных волн с различными путями распространения, высокий уровень атмосферных и промышленных помех. Антенны в среднем диапазоне по устройству в основном такие же, как и антенны в длинноволновом, но в силу большей близости их геометрических размеров к длинам волн имеют больший коэффициент усиления. Радиоволны в этом диапазоне используются для радиовещания и связи, на флоте и в авиации.

3. При распространении **коротких (3...30 МГц)** волн дальность поверхностного луча невелика из-за резкого возрастания поглощения энергии землей. Поле в точке приема создается в основном за счет преломления в различных слоях ионосферы. В результате флюктуации плотности и высоты слоев и взаимодействия лучей на коротких волнах, как правило, наблюдаются глубокие замирания и даже полное пропадание связи в течение единиц и десятков секунд. Для обеспечения круглосуточной связи в условиях суточного изменения ионосферы необходимо производить периодическую смену частот. Определение оптимальных частот производится специальными службами наблюдения за ионосферой по результатам вертикального и вертикально-наклонного зондирования ее радиоимпульсами. Наиболее благоприятные условия прохождения волн днем чаще складываются на волнах в интервале 10...25 м, а ночью – 35...70 м.

В диапазоне коротких волн на напряженность поля и характер ее изменения в точке приема влияют другие явления, такие как «вспышки» на Солнце, рассеяние волн на мелких неоднородностях ионосферы, поворот плоскости поляризации. Достоинством коротких волн является возможность обеспечения связи на очень большие расстояния при сравнительно малых мощности передатчика и габаритах антенны, а также малое влияние атмосферных и промышленных помех. Они применяются для связи, радионавигации, радиовещания и радиолюбителями.

4. В диапазоне **ультракоротких** (метровых, декаметровых, сантиметровых 30...30000 МГц) волн практически отсутствует дифракция. Поэтому они распространяются в пределах прямой видимости. Радиоволны в этих диапазонах являются основными носителями информации в сетях телекоммуникаций в силу следующих особенностей:

- имеют широкий частотный диапазон (см. табл. 4.1), обеспечивающий возможность передачи большого объема информации, в том числе путем использования широкополосных каналов;
- низкий уровень атмосферных и промышленных помех, позволяющих использовать приемные устройства с высокой чувствительностью, что повышает дальность приема;
- слабое влияние станционных помех на работу других радиосистем вследствие ограниченности их радиуса видимости;

- возможность создания небольших антенн с узкой диаграммой направленности, позволяющих осуществлять радиосвязь при относительно малой мощности передающих устройств.

Основной недостаток радиоволн рассматриваемого диапазона – существенно большее поглощение их в атмосфере, в том числе природными осадками (дождем, туманом, снегом, градом), особенно в сантиметровом диапазоне, и, как следствие, относительно малая дальность распространения.

Электрические сигналы как носители информации могут быть аналоговыми или дискретными, их спектр может содержать частоты от десятков Гц до десятков ГГц.

Наиболее широко применяются сигналы, ширина спектра которых соответствует ширине спектра стандартного телефонного канала. Такие сигналы передают речевую информацию с помощью телефонных аппаратов и распространяются по направляющим линиям связи, связывающим абонентов как внутри организации, так внутри населенного пункта, города, страны, земного шара в целом.

Повышение дальности связи в УКВ-диапазоне обеспечивается путем:

- подъема передающей или приемной антенн с помощью инженерных конструкций (мачт, башен) и аэростатов;
- ретрансляции радиосигналов с помощью наземных и космических ретрансляторов;

Передающие антенны на башнях устанавливаются для постоянного обеспечения связи, радио- и телевизионного вещания в городах, районах и областях. Для периодического и эпизодического приема сигналов от удаленных источников в качестве носителей приемников сигналов используют также привязные аэростаты. Информация с них на землю передается по кабелю или радиоканалу.

Для передачи информации в УКВ-диапазонах частот на большие расстояния широко применяются ретрансляторы. С помощью наземных ретрансляторов создаются **радиорелейные линии (РРЛ)**, представляющие собой цепочку приемно-передающих станций, каждая из которых устанавливается в пределах прямой видимости соседних. Все станции РРЛ разделяются на **оконечные, промежуточные** и **узловые**. Оконечные радиорелейные станции располагаются в начале и конце линии. На этих станциях вводится и выделяется информация, обеспечивается распределение информации между потребителями. Промежуточные станции предназначены для ретрансляции сигналов. Узловые радиорелейные станции – это промежуточные станции, на которых происходит разветвление принимаемых сигналов по различным направлениям, выделение части передаваемой информации (например, программ телевидения) и введение новой информации.

Диапазоны частот, предназначенных для передачи информации одного вида, объединяются в радиочастотный ствол: телевизионный, телефонный и т. д. Существующие отечественные РРЛ могут содержать до 8 стволов, а один ствол, например, телефонный – до 1920 телефонных каналов. Для каждого ствола с целью исключения взаимного влияния выделяются две рабочие ча-

стоты – для передачи и приема. Принятые каждой станцией сигналы на частоте приема усиливаются и преобразуются в частоту передачи, на которой излучаются в направлении следующей станции. Радиорелейная связь обеспечивает около 30% телефонных каналов России.

Для повышения дальности в **тропосферных линиях связи** используют явление рассеяния ультракоротких радиоволн в неоднородностях тропосферы. К таким неоднородностям относятся области тропосферы с резко изменившимися значениями диэлектрической проницаемости. Неоднородности вызываются неравномерностью состояний различных точек тропосферы, непрерывным перемешиванием и смещением воздушных масс в результате неравномерного разогрева Солнцем различных участков поверхности Земли и слоев тропосферы. Для устойчивой тропосферной радиосвязи применяют антенны с высоким коэффициентом усиления (40-50 дБ), мощные передатчики (1-10 кВт) и высокочувствительные приемники. Тропосферные линии связи чаще всего имеют протяженность 140-500 км.

Ретрансляторы, устанавливаемые на **искусственных спутниках Земли (ИСЗ)**, наиболее широко используются для обмена информацией между абонентами, удаленными друг от друга на тысячи километров. Они являются элементами (звеньями) спутниковых систем связи, которые содержат также оконечные наземные передающие и приемные станции. Естественно, что связь возможна лишь в том случае, если спутники находятся в зоне видимости обеих земных станций. Для ретрансляции радиосигналов применяются **космические аппараты (КА)** на геостационарной (стационарной) и эллиптической орбитах, а также низкоорбитальные КА.

При распространении радиоволн в городе характер их распространения существенно искажается по сравнению с распространением на открытых пространствах за счет многочисленных переотражений от стен зданий и помещений и затухания в них. Эти обстоятельства необходимо учитывать при оценке пространственной ориентации и возможностей каналов утечки информации. Экранирующие свойства некоторых элементов здания приведены в таблице. 4.2 [14].

Таблица 4.2

Тип здания	Ослабление, дБ на частоте		
	100 МГц	500 МГц	1 ГГц
Деревянное здание с толщиной стен 20 см	5–7	7–9	9–11
Кирпичное здание с толщиной стен 1,5 кирпича	13–15	5–17	16–19
Железобетонное здание с ячейкой арматуры 15 × 15 см и толщиной 160 мм	20–25	18–19	15–17

Указанные в таблице данные получены для стен, 30% площади которых занимают оконные проемы с обычным стеклом. Если оконные проемы закрыты металлической решеткой с ячейкой размером 5 см, то эффективность экранирования увеличивается на 30...40 %.

### 4.3. Средства наблюдения в радиодиапазоне

Радиолокационное и радиотеплолокационное наблюдение осуществляется в радиодиапазоне электромагнитных волн с помощью способов и средств радиолокации и радиотеплолокации.

Для получения радиолокационного изображения в радиолокаторе формируется зондирующий узкий, сканирующий по горизонтали и вертикали, луч электромагнитной волны, которым облучается пространство с объектом наблюдения. Отраженный от поверхности объекта радиосигнал принимается радиолокатором и модулирует электронный луч электронно-лучевой трубки его индикатора, который, перемещаясь, синхронно с зондирующим лучом «рисует» на экране изображение объекта. Принцип радиолокационного наблюдения показан на рис. 4.4.

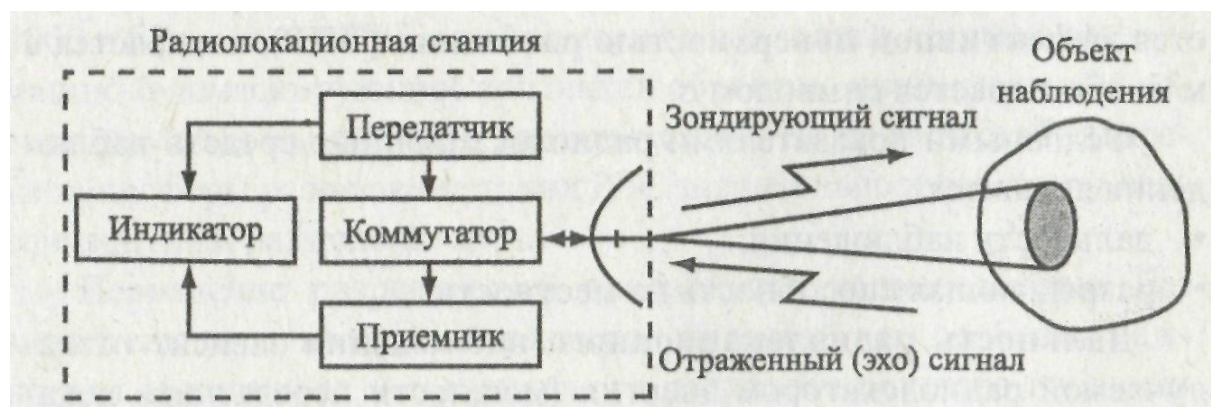


Рис. 4.4. Принцип радиолокационного наблюдения

Так как в радиолокаторе для передачи и приема используется одна и та же антенна, то при излучении коммутатор подключает к антенне передатчик, а при приеме – приемник. Момент излучения фиксируется на индикаторе РЛС в качестве точки отсчета для измерения дальности нахождения объекта. Расстояние до объекта равно половине пути, который проходит электромагнитная волна за время между моментами излучения зондирующего сигнала и приема отраженного от объекта сигнала.

Радиолокационное изображение существенно отличается от изображения в оптическом диапазоне. Различие обусловлено разными способами получения изображения и свойствами отражающей поверхности объектов в оптическом диапазоне и радиодиапазоне.

Отражательная способность объекта в радиодиапазоне зависит не только от его геометрических размеров, но и от электропроводности его поверхности и конфигурации поверхности по отношению к направлению зондирующего

щего луча радиолокатора. Если участок электропроводящей поверхности (металла, пленки воды) перпендикулярен направлению падающей на него электромагнитной волны радиолокационной станции, то большая часть ее энергии переотразится в сторону приемной антенны радиолокатора и будет визуализирована на его экране в виде яркой («блестящей») точки. При увеличении угла между зондирующим лучом и плоскостью участка поверхности объекта энергия поля у приемной антенны локатора будет уменьшаться вплоть до ее отсутствия. Следовательно, изображения на экране радиолокатора одного и того же объекта будут различаться при наблюдении его под разными углами. Отражающая способность объекта со сложной конфигурацией поверхности оценивается показателем, который называется **эффективной поверхностью рассеяния (ЭПР)**, измеряется в квадратных метрах и обозначается символом  $\sigma$ .

Основными показателями радиолокационных средств наблюдения являются:

- дальность наблюдения;
- разрешающая способность на местности.

**Дальность радиолокационного наблюдения** зависит от излучаемой радиолокатором энергии (мощности передатчика локатора) и характеристик среды распространения электромагнитной волны. Ослабление электромагнитной волны зависит от дальности распространения и поглощения ее в среде. Чем короче длина волны, тем больше она затухает в атмосфере. Но одновременно тем выше может быть обеспечена разрешающая способность радиолокатора на местности.

**Разрешение радиолокатора** на местности определяется величиной пятна, которое создает луч радиолокационной станции на поверхности объекта или местности. Пятно тем меньше, чем уже диаграмма направленности антенны радиолокатора. Ширина диаграммы направленности антенны, в свою очередь, обусловлена соотношением геометрических размеров конструкции антенны и длины волны. Кроме того, следует иметь в виду, что электромагнитная волна отражается от объекта или его деталей, если их размеры превышают длину волны. Если размеры их значительно меньше, то волна эти объекты огибает. В связи с этими соображениями наиболее широко в радиолокации применяется сантиметровый диапазон с тенденцией перехода в миллиметровый диапазон.

Наземные радиолокаторы бывают малой, средней, большой дальности и сверхдальнего действия. РЛС малой дальности применяют для обнаружения людей и транспортных средств на расстоянии в сотни метров, средней – единицы км, большой – десятки км. Точность определения координат наземных РЛС составляет по дальности 10-20% и около градуса по азимуту.

Сверхдальние (загоризонтные) РЛС используют эффект, открытый в 60-е годы Н. И. Кабановым. Этот эффект состоит в распространении радиоволн в декаметровом диапазоне на большие расстояния не только в прямом, но и обратном направлениях. Отражаясь от объектов на земной поверхности на удалении 800...4000 и более км от РЛС, электромагнитные волны, несущие



информацию о демаскирующих признаках объектов, принимаются и регистрируются приемником радиолокатора. Но из-за нестабильности ионосферы разрешение таких РЛС значительно хуже, чем у надгоризонтных радиолокаторов.

Повышение разрешающей способности радиолокаторов без значительного увеличения размеров антенны, что особенно важно для воздушного и космического радиолокационного наблюдения, обеспечивается в **радиолокационных станциях бокового обзора (РЛС БО)**. Они размещаются на самолетах и разведывательных КА.

В РЛС БО применяются два вида антенн: **радиолокационные вдольфюзеляжные антенны (РФА)** и **радиолокационные с синтезированной апертурой (РСА)**.

Элементы антенны первого вида размещают на фюзеляже самолета с обеих его сторон или в подвесном контейнере-обтекателе. Благодаря такому расположению длина антенны может достигать 10...15 м. Такая антенна создает узкую (в доли градусов) диаграмму направленности в горизонтальной плоскости и широкую – в вертикальной плоскости. Антенна формирует один или два (при обзоре двух сторон) луча, направленных перпендикулярно линии полета самолета  $V$  (см. рис. 4.5).

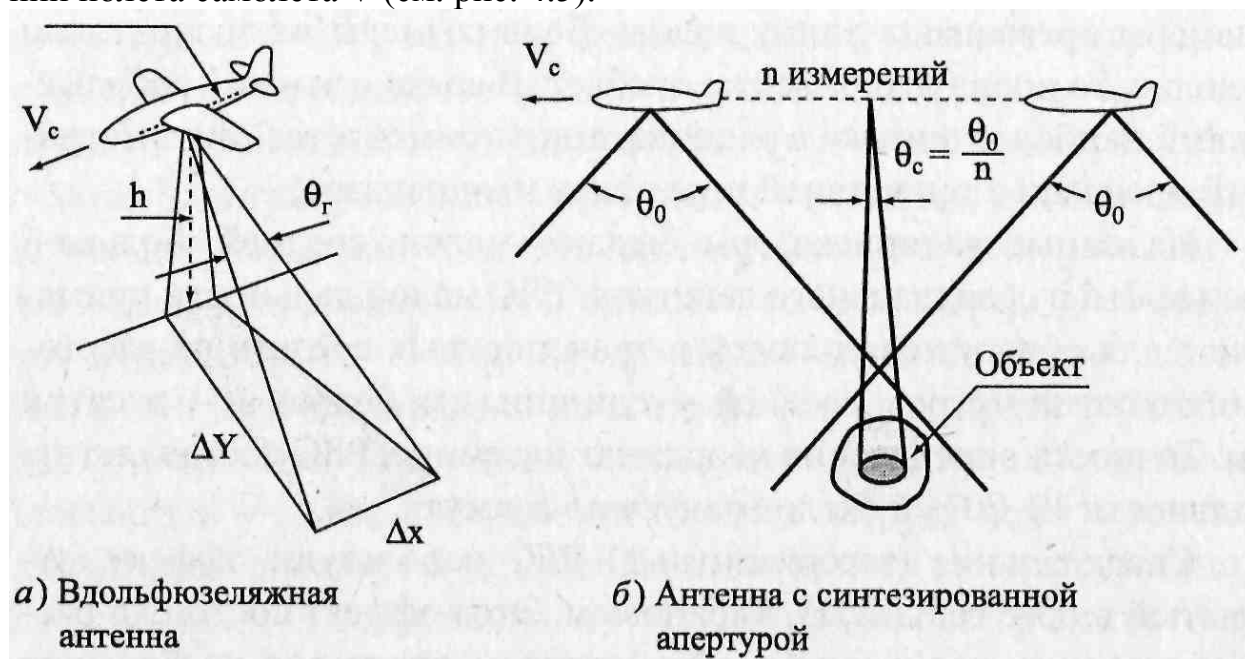


Рис. 4.5. Радиолокационные станции бокового обзора

Излученный антенной РЛС БО радиоимпульс облучает участок местности шириной  $\Delta x$  и длиной  $\Delta y$ . При полете самолета по прямолинейной траектории луч РЛС перемещается вместе с самолетом, а на индикаторе РЛС формируется изображение полосы местности, параллельной траектории полета самолета.

Особенностью бокового обзора является невозможность просмотра полосы местности под самолетом и ухудшение линейного разрешения пропорционально увеличению боковой дальности от самолета.

Повышение угловой разрешающей способности РЛС с синтезированной апертурой антенны основано на формировании узкой диаграммы направленности по азимуту с помощью виртуальной антенной решетки. В РЛС применяется небольшая антенна, широкая диаграмма направленности которой неподвижна относительно самолета и направлена на земную поверхность перпендикулярно линии полета. При полете самолета антенна РЛС последовательно занимает в пространстве положения на прямой траектории полета самолета, эквивалентные положениям элементов гипотетической антенной решетки. В результате запоминания сигналов, последовательно принимаемых антенной в  $n$  точках траектории полета самолета, и их когерентного суммирования достигается эффект, аналогичный приему  $n$  элементами физической антенной решетки. Размер решетки (синтезированной апертуры) соответствует длине участка траектории, на котором производится запоминание и когерентное суммирование сигналов. Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости синтезированной антенны РЛС в  $n$  раз меньше ширины диаграммы физической антенны, установленной на самолете или КА. Используя этот метод, можно увеличить разрешающую способность РЛС по азимуту в 100 и более раз.

При наблюдении земной поверхности с помощью РЛС с РСА предъявляются жесткие требования к прямолинейности траектории полета самолета, к стабильности амплитудно-фазовых характеристик приемно-передающего тракта РЛС и устройств обработки сигналов, параметров среды распространения и характеристик отражения радиоволн наблюдаемыми объектами. Для цифровой обработки сигналов требуется также высокая производительность и большой объем памяти бортового компьютера.

Наряду с тенденцией уменьшения длины волны радиолокатора для повышения его разрешающей способности применяются РЛС в дециметровом и метровом диапазонах волн. Главное преимущество волн с более низкими частотами – существенное увеличение их проникающей способности. Для сухой почвы она может достигать нескольких метров. Это позволяет наблюдать сигналы, отраженные не только от поверхности Земли или объекта, но и различными неоднородностями в глубине. Появляются дополнительные демаскирующие признаки объектов и возможность их наблюдения при маскировке, например, естественной растительностью.

Эти свойства электромагнитной волны реализуются в радиолокационной станции **подповерхностной радиолокации**, называемой **георадаром**. Антенна георадара излучает сверхкороткие электромагнитные импульсы длительностью в доли и единицы наносекунды. Центральная частота и длительность импульса определяются исходя из необходимой глубины зондирования и разрешающей способности георадара. В диапазоне 0-500 МГц глубина зондирования составляет единицы м, а разрешающая способность – десятки см. На более высоких частотах (около 1000 МГц) глубина зондирования уменьшается до долей м, но разрешающая способность увеличивается до единиц см. Георадары активно используются во многих сферах деятельности – в геоло-

гии, строительстве, экологии, оборонной промышленности и др., в том числе при поиске тайников, захоронений, подкопов.

#### 4.4. Средства перехвата радиосигналов

Перехват электромагнитного, магнитного и электрического полей, а также электрических сигналов с информацией осуществляют органы добывания радио- и радиотехнической разведки. При перехвате решаются следующие основные задачи :

- поиск в пространстве и по частоте сигналов с нужной информацией;
- обнаружение и выделение сигналов, интересующих органы добывания;
- усиление сигналов и съём с них информации;
- анализ технических характеристик принимаемых сигналов;
- определение местонахождения (координат) источников представляющих интерес сигналов;
- обработка полученных данных с целью формирования первичных признаков источников излучения или текста перехваченного сообщения.

Упрощенная структура типового комплекса средств перехвата приведена на рис. 4.6.



Рис. 4.6. Комплекс средств перехвата радиосигналов

Типовой комплекс включает:

- приемные антенны;
- радиоприемник;
- анализатор технических характеристик сигналов;
- радиопеленгатор;
- регистрирующее устройство.

Антенна предназначена для пространственной селекции и преобразования электромагнитной волны в электрические сигналы, амплитуда, частота и фаза которых соответствуют аналогичным характеристикам электромагнитной волны.

В радиоприемнике производится поиск и селекция радиосигналов по частоте, усиление и демодуляция (детектирование) выделенных сигналов, уси-

ление и обработка демодулированных (первичных) сигналов: речевых, цифровых данных, видеосигналов и т. д.

Для анализа радиосигналов после частотной селекции и усиления они подаются на входы измерительной аппаратуры анализатора, определяющей параметры сигналов: частотные, временные, энергетические, виды модуляции, структуру кодов и др.

Радиопеленгатор предназначен для определения направления на источник излучения (пеленг) или его координат.

Регистрирующее устройство обеспечивает запись сигналов для документирования и последующей обработки.

**Антенны.** Антенны представляют собой электромеханические конструкции из токопроводящих элементов, размеры и конфигурация которых определяют эффективность преобразования электрических сигналов в радиосигналы (для передающих антенн) и радиосигналов в электрические сигналы (для приемных антенн).

Возможности антенн, как приемных, так и передающих, определяются следующими электрическими характеристиками:

- диаграммой направленности и ее шириной;
- коэффициентом полезного действия;
- коэффициентом направленного действия;
- коэффициентом усиления;
- полосой частот.

**Диаграмма направленности** представляет собой графическое изображение уровня излучаемого (принимаемого) антенной сигнала в зависимости от направления излучения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Диаграммы изображаются в прямоугольных и полярных координатах (см. рис. 4.9).

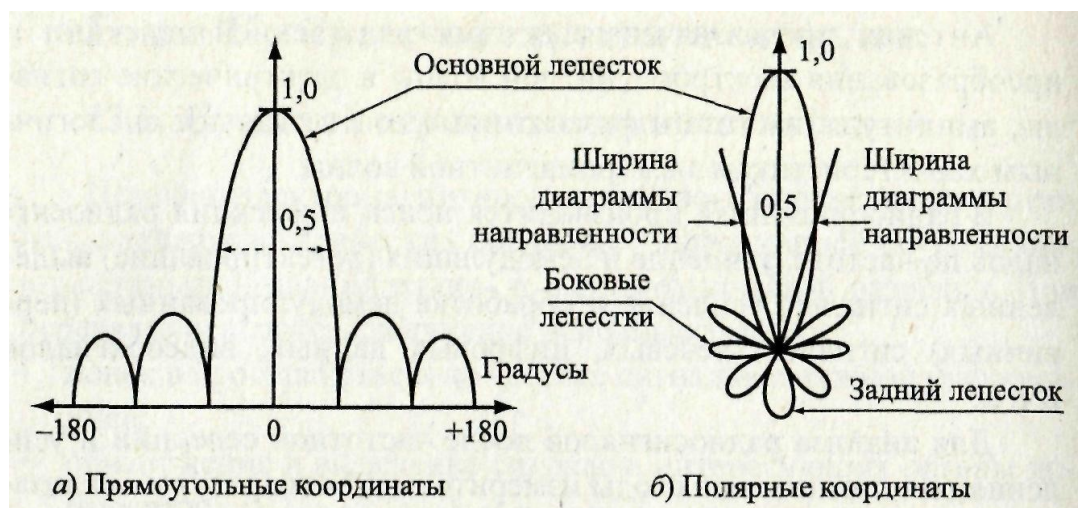


Рис. 4.7. Диаграмма направленности антенны

Диаграммы направленности могут иметь разнообразный и изрезанный характер, определяемый механической конструкцией и электрическими параметрами. Лепесток диаграммы направленности с максимумом мощности излучаемого или принимаемого электромагнитного поля называется **главным**

или **основным лепестком**, остальные – **боковыми** и **задними**. Соотношение между величинами мощности основного лепестка по сравнению с остальными характеризует направленные свойства антенны. Ширина главного лепестка диаграммы измеряется углом между прямыми линиями, проведенными из начала полярных координат до значений диаграммы, соответствующих половине максимальной мощности излучения или 0,7 напряжения электрического сигнала приемной антенны. Чем меньше ширина диаграммы направленности антенны, тем выше ее коэффициент направленного действия.

**Коэффициент направленного действия (КНД)** определяет величину энергетического выигрыша, который обеспечивает направленная антенна по сравнению с ненаправленной антенной.

Потери электрической энергии в антенне оцениваются **коэффициентом полезного действия (КПД)**, равного отношению мощности сигнала на выходе реальной антенны к мощности сигнала идеальной антенны без потерь.

Произведение этих двух коэффициентов определяет **коэффициент усиления** антенны (КУ). Так как  $\text{КНД} > 1$ , а  $\text{КПД} < 1$ , то коэффициент усиления в зависимости от значений сомножителей может теоретически принимать значения как меньше, так и больше 1. Чем выше КУ, тем больший энергетический эффект обеспечивает антенна, но тем точнее необходимо ориентировать направление основного лепестка на источник излучения.

Для обеспечения эффективного излучения и приема в широком диапазоне используемых радиочастот создано большое количество видов и типов антенн, классификация которых представлена на рис. 4.8.

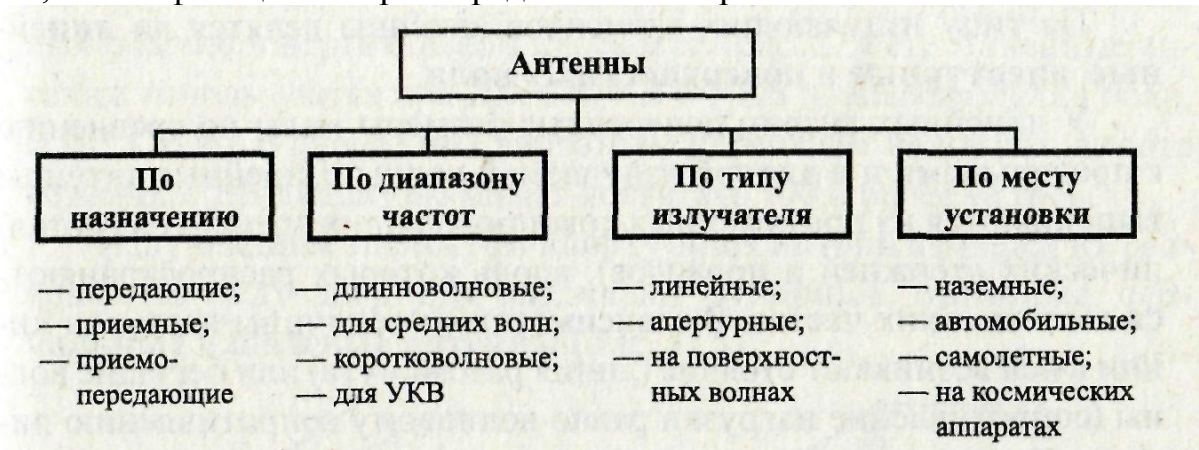


Рис. 4.8. Виды антенн

Назначение передающих и приемных антенн ясно из их наименований. По своим основным электрическим параметрам они не различаются. Многие из них в зависимости от схемы подключения (к передатчику или приемнику) могут использоваться как передающие или приемные, например антенны радиолокационных станций. Однако если к передающей антенне подводится большая мощность, то в ней принимаются специальные меры по предотвращению пробоя между элементами антенны, находящимися под более высоким напряжением.

Эффективность антенн зависит от согласования размеров элементов антенны с длинами излучаемых или принимаемых волн. Минимальная длина согласованной с длиной волны электромагнитного колебания штыревой антенны близка к  $\lambda/4$ , где  $\lambda$  – длина волны электромагнитного колебания. Размеры и конструкция антенн различаются как для различных диапазонов частот, так и внутри диапазонов.

Если для стационарных антенн требование к геометрическим размерам антенны может быть достаточно просто выполнено для коротких и ультракоротких волн, то для антенн, устанавливаемых на мобильных средствах, оно неприемлемо. Например, рациональная длина антенны ( $\lambda/4$ ) для обеспечения связи на частоте 30 МГц составляет 2,5 м, что неудобно для пользователя. Поэтому применяют укороченные антенны, но при этом уменьшается их эффективность. По данным [2], укорочение длины этой антенны в 2 раза уменьшает её эффективность до 60%, в 5 раз (до 50 см) – до 10%, а эффективность антенны, укороченной в 10 раз, составляет всего около 3% от рационального варианта.

По типу излучающих элементов антенны делятся на **линейные, апертурные** и **антенны поверхностных волн**.

У линейных антенн поперечные размеры малы по сравнению с продольными и с длиной излучаемой волны. Линейные антенны выполняются из протяженных токопроводящих элементов (металлических стержней и проводов), вдоль которых распространяются токи высоких частот. В зависимости от величины нагрузки линии в ней возникают стоячие (линия разомкнута) или бегущие волны (сопротивление нагрузки равно волновому сопротивлению линии). По конструкции различают симметричные и несимметричные электрические вибраторы, бегущей волны, ромбические и рамочные антенны. В симметричном вибраторе провода линии – вибраторы разведены на  $180^\circ$  (рис. 4.9,а).

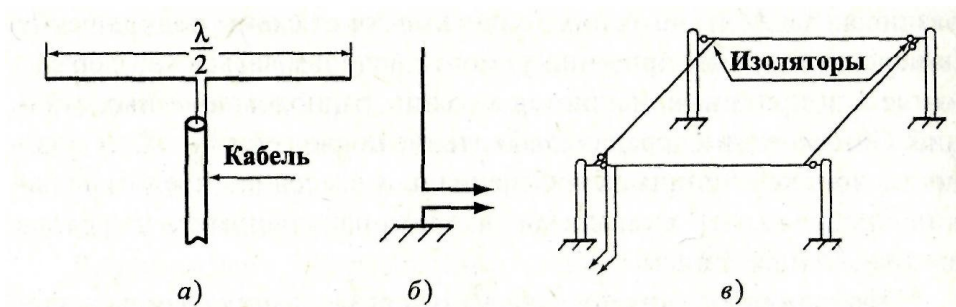


Рис. 4.9. Линейные антенны

Несимметричным вибратором называется одиночный линейный проводник, расположенный вертикально над проводящей поверхностью (корпусом, «землей») (рис. 4.9,б).

Антенна бегущей волны, применяемая в коротковолновом диапазоне, представляет собой длинную двухпроводную линию с нагрузкой, равной волновому сопротивлению и к которой на одинаковом расстоянии, не более  $1/8$  длины принимаемой волны, присоединены симметричные вибраторы.

Ромбическая антенна имеет высокую направленность излучения и представляет собой длинную двухпроводную линию, провода которой расходятся у входа, а потом, образуя ромб, сходятся, замыкаясь на активное сопротивление, равное волновому сопротивлению линии (рис. 4.9,в). Рамочную антенну образуют один или несколько последовательно соединенных витков провода квадратной, круглой, треугольной формы, расположенных обычно в вертикальной плоскости. Линейные антенны используются при ДВ, СВ, КВ и УКВ диапазонах длин волн. В ДВ, СВ и КВ диапазонах вибраторы укрепляют на мачтах, высота которых в ДВ диапазоне может достигать 100 и более метров.

Излучающим элементом **апертурных антенн** является их раскрыв. По виду апертуры различают **рупорные, линзовые, зеркальные и щелевые антенны** (рис. 4.10).

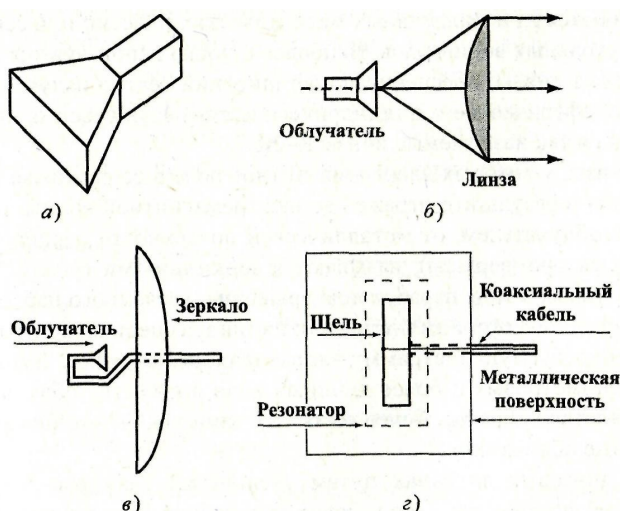


Рис. 4.10. Апертурные антенны

Так как для эффективного излучения размеры апертуры антенн должны быть соизмеримы с длиной волны, то эти антенны имеют приемлемые размеры в СВЧ диапазоне.

Рупорная антенна (рис. 4.10,а) представляет собой конец волновода с рупором прямоугольной или круглой формы. По волноводу передается электромагнитная энергия от генератора передатчика, а рупор обеспечивает плавный переход от волновода к свободному пространству, уменьшающий отражение электромагнитной волны от конца волновода.

Основным элементом **линзовых антенн** (рис. 4.10,б) является линза, принцип работы которой аналогичен оптической линзе. В передающей антенне линза преобразует расходящуюся от облучателя (рупор, конец волновода или вибратор) электромагнитную волну в плоскую волну. Приемная антенна фокусирует на облучатель падающую на раскрыв линзы электромагнитную волну. Линзы делятся на замедляющие, в которых фазовая скорость распространения электромагнитной волны ниже скорости света, и ускоряющие. Замедляющие линзы выполняются из диэлектрика, в который вкраплены токопроводящие элементы. Ускоряющие линзы изготавливаются из параллельных металлических пластин или секций прямоугольных волноводов. Наиболее широко используются многолучевые линзы, обеспечивающие широкий сек-

тор излучения и приема: сферические и цилиндрические линзы Люнеберга, линзы Ротмана и так называемые линзы R-2R.

Линзы, у которых электромагнитное поле в ее раскрыве формируется в результате отражения электромагнитной волны, излучаемой облучателем, от металлической поверхности специального рефлектора (зеркала), называются **зеркальными** (рис. 4.10,в). Форма линзы в виде параболоида вращения, усеченного параболоида, параболического цилиндра или цилиндра специальной формы создает требуемую диаграмму направленности антенны. В диапазоне дециметровых и более длинных волн в качестве облучателя применяется вибратор, более коротких длин волн – волноводно-рупорные облучатели.

В линзовых антеннах путем увеличения размеров зеркала можно обеспечить высокое угловое разрешение. Они широко применяются в сантиметровом и дециметровом диапазонах волн, прежде всего для обеспечения космической связи и в радиоастрономии. Например, зеркало радиотелескопа РАТАН-600, работающего в диапазоне 0,8-30 см, состоит из 895 щитов размерами  $7,4 \times 2 \text{ м}^2$ , расположенных по кругу диаметром 600 м.

**Щелевая антенна** (рис. 4.10,г) представляет собой металлический лист со щелью, возбуждаемой электрическим током. В основном применяется узкая прямоугольная щель шириной  $(0,03-0,05)\lambda$ , и длиной  $0,5\lambda$ , но щель может быть иной формы, в виде угла, креста и др. В щели, расположенной перпендикулярно наводимым в листе токам, возбуждается электромагнитное поле. Для обеспечения односторонней направленности излучаемого поля щель с тыльной стороны закрывается резонатором в виде металлической коробки. Возбуждающий сигнал подводится к краям щели с помощью коаксиального кабеля непосредственно или с помощью зонда, укрепляемого внутри резонатора.

В антеннах поверхностных волн направленное излучение (прием) возникает в результате интерференции волн, излучаемых собственно возбудителем и распространяющихся с меньшей скоростью вдоль направителя поверхностной волны. В качестве возбудителей чаще всего используются односторонние направленные излучатели: рупор, открытый конец волновода, вибратор с рефлектором. Направители бывают **диэлектрические** (рис. 4.11) и **металлические**, а по форме – **плоские, дисковые** и **стержневые**.

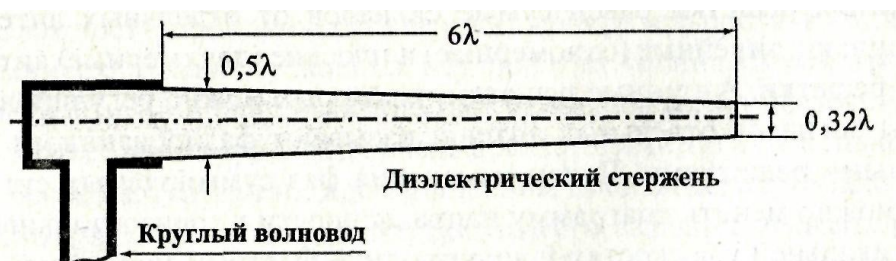


Рис. 4.11. Антенна поверхностных волн с диэлектрическим направителем

В общем случае частотная характеристика антенны представляет собой зависимость амплитуды напряженности электрического поля, в дальней зоне,



в направлении максимума излучения, от частоты питающего антенну тока при неизменной амплитуде питающего ее напряжения и может быть представлена в виде:

$$E = (I_{Af}), \text{ при } U_A = \text{const},$$

где  $I_{Af}$  – амплитудное значение питающего тока на частоте колебаний  $f$ .

Полоса частот, в пределах которых сохраняются заданные технические характеристики антенны, называется полосой пропускания антенны.

Создание антенн с высоким коэффициентом усиления и широкой полосой пропускания представляет основную проблему в области конструирования антенн. Чем выше КУ, тем труднее обеспечить широкополосность антенны. В зависимости от полосы пропускания антенны разделяются на **узкополосные, широкополосные, диапазонные и широкодиапазонные**.

Узкополосные антенны обеспечивают прием сигналов в диапазоне 10% от основной частоты. У широкополосных антенн эта величина увеличивается до 10-50%, у диапазонных антенн коэффициент перекрытия (отношение верхней частоты полосы пропускания антенны к нижней) составляет 1,5-4, а у широкодиапазонных антенн это отношение достигает значений в интервале 4-20 и более.

Совокупность однотипных антенн, расположенных определенным образом в пространстве, образует **антенную решетку**. Сигнал антенной решетки равен сумме сигналов от отдельных антенн. Различают линейные (одномерные) и плоские (двухмерные) антенные решетки. Антенные решетки, у которых можно регулировать фазы сигналов отдельных антенн, называют фазированными антенными решетками. Путем изменения фаз суммируемых сигналов можно менять диаграмму направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях и производить быстрый поиск сигнала по пространству и ориентацию приемной антенны на источник излучения.

Для работы в широкой полосе частот часто используют **логопериодические антенны**. Общая конструктивная схема логопериодической антенны приведена на рис. 4.12. с логарифмической периодичностью плеч.

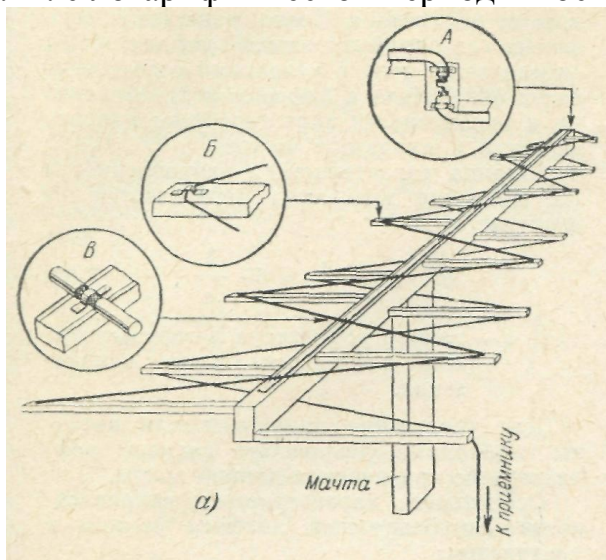


Рис. 4.12. Логопериодическая антенна

Периодическая структура антенны образуется с помощью коаксиального кабеля, укрепленного на деревянных продольном образующем бруске и поперечных рейках-держателях разной длины. Свободный конец кабеля подключается к приемнику. Внутренняя жила кабеля, расположенного в нижней части антенны (нижний этаж), припаивается в передней части антенны к оплетке кабеля, расположенного в верхней части (А на рис. 4.14). При этом оплетка скручивается вместе с внутренней жилой в одну жилу. С помощью металлических скоб кабель крепится к поперечным рейкам (Б на рис. 4.14). Вдоль верхней и нижней граней образующего бруса укладываются полосы медной фольги.

В местах пересечения кабеля образующего бруса следует обеспечить надежный электрический контакт с фольгой. С этой целью удаляется хлорвиниловая оболочка кабеля, и оплетка кабеля припаивается к фольге (В на рис. 4.12).

На рис. 4.13 приведены фотографии нескольких видов антенн, используемых в средствах перехвата радиосигналов [15].

Антенна измерительная **дипольная активная АИ5-0** (рис. 4.13,а) предназначена для измерения напряженности синусоидальных, шумовых и импульсных электрических полей радиопомех в лабораторных помещениях, экранированных камерах и на открытых площадках в комплекте с измерительными приемниками, анализаторами спектра, селективными микровольтметрами любого типа в задачах обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, защиты информации, а также предельно допустимых уровней электромагнитных полей в задачах обеспечения эколого-защитных мероприятий. Рабочий диапазон частот 9 кГц...2000 МГц.



а)



б)

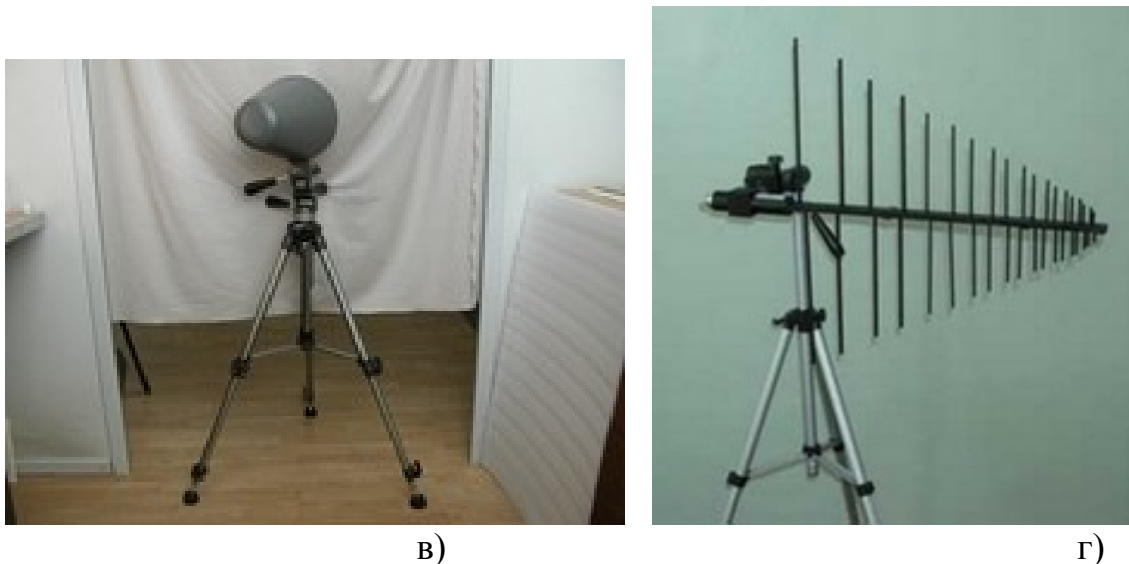


Рис. 4.13. Антенны, используемые в средствах перехвата радиосигналов

Антенна измерительная **рамочная активная АИРЗ-2** (рис. 4.13,б) предназначена для измерения напряженности синусоидальных, шумовых и импульсных магнитных полей радиопомех в лабораторных помещениях, экранированных камерах и на открытых площадках в комплекте с измерительными приемниками, анализаторами спектра, селективными микровольтметрами любого типа в задачах обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, защиты информации, а также предельно допустимых уровней электромагнитных полей в задачах обеспечения экологозащитных мероприятий. Рабочий диапазон частот 9 кГц...30 МГц.

Антенна **логопериодическая ЕЛВ-26** (рис. 4.13,в) используется для измерения и мониторинга радиочастотных сигналов в диапазоне 1...26,5 ГГц.

Антенна **логопериодическая ЛПА-2-01** (рис. 4.13,г) предназначена для измерения напряженности синусоидальных, шумовых и импульсных электрических полей радиопомех в лабораторных помещениях, экранированных камерах и на открытых площадках в комплекте с измерительными приемниками и анализаторами спектра любого типа в задачах обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, защиты информации, а также для использования в качестве излучателя при измерении параметров электромагнитной восприимчивости различных электронных устройств. Рабочий диапазон частот 0,3...3,0 ГГц.

**Радиоприемники.** Радиоприемник – основное техническое средство перехвата, осуществляющее поиск, селекцию, прием и обработку радиосигналов. В состав его входят устройства, выполняющие:

- перестройку частоты настройки приемника и селекцию (выделение) нужного радиосигнала;
- усиление выделенного сигнала;
- детектирование (съем информации);
- усиление видео- или низкочастотного первичного сигнала.

Различают два вида радиоприемников: прямого усиления и супергетеродинные. Появившиеся первыми приемники прямого усиления уступили супергетеродинным почти во всех радиодиапазонах, за исключением сверхвысоких частот. Такая тенденция объясняется более высокой селективностью и чувствительностью супергетеродинного радиоприемника по сравнению с приемником прямого усиления.

**В приемниках прямого усиления** сигнал на входе приемника (выходе антенны) селективируется и усиливается без изменения его частоты. Структурная схема приемника прямого усиления (рис. 4.14) включает в себя входную цепь, усилитель высокой частоты (УВЧ), детектор (Д) и усилитель низкой частоты (УНЧ).

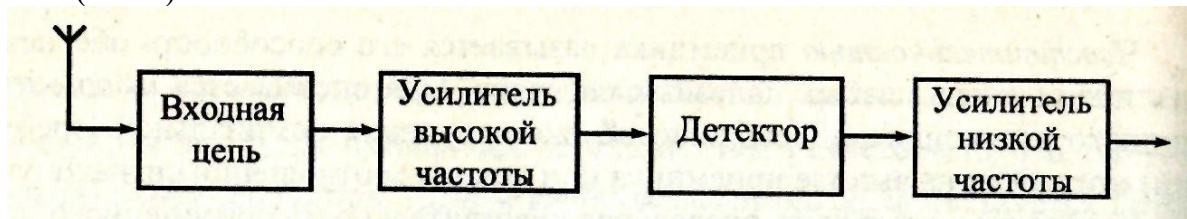


Рис. 4.14. Структурная схема приемника прямого усиления

Входная цепь и УВЧ составляют высокочастотный тракт приемника и содержат системы резонансных контуров, которые выделяют требуемый сигнал из множества других сигналов и помех. УВЧ, кроме высокочастотной селекции сигнала, осуществляет его усиление. В некоторых случаях при достаточной мощности принимаемого сигнала УВЧ может отсутствовать. Такие приемники применялись ранее (в начале 20-го столетия) и носили название «детекторных», поскольку в них не осуществлялось усиление ни на высокой, ни на низкой частотах и принятый антенной сигнал поступал непосредственно на амплитудный детектор. В настоящее время детекторные приемники используются в измерительной или регистрирующей технике СВЧ диапазона.

Термин «приемник прямого усиления» подчеркивает ту его особенность, что селекция и усиление производятся на несущей частоте принимаемого радиосигнала. Приемник прямого усиления имеет ряд существенных недостатков. В частности, для обеспечения высокой избирательности приходится увеличивать число высокодобротных резонансных контуров, что усложняет перестройку приемника по диапазону. Поэтому приемники прямого усиления находят ограниченное применение.

Сложность проблемы обеспечения избирательности в радиоприемниках прямого усиления обусловлена техническими трудностями создания одновременно перестраиваемых по частоте узкополосных фильтров с высокими показателями по селективности, в особенности при их промышленном производстве.

**В супергетеродинном приемнике** проблема одновременного обеспечения высоких значений чувствительности и селективности решена путем преобразования принимаемого высокочастотного сигнала после его предварительной селекции и усиления в усилителе высокой частоты в сигнал постоянной частоты, называемой промежуточной частотой (рис. 4.15).



*Примечание:*

УВЧ — усилитель высокой частоты;

УПЧ — усилитель промежуточной частоты;

УНЧ — усилитель низкой частоты.

Рис. 4.15. Структурная схема супергетеродинного приемника

Усиление и селекция сигналов после преобразования выполняются на промежуточной частоте. Для постоянной промежуточной частоты задачи по обеспечению высокой избирательности и чувствительности решаются проще и лучше.

Преобразователь частоты состоит из гетеродина и смесителя. Гетеродин представляет собой перестраиваемый вручную или автоматически высокочастотный генератор гармонического колебания с частотой, отличающейся от частоты принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты. Процесс преобразования частоты происходит в смесителе, основу которого составляет нелинейный элемент (полупроводниковый диод, транзистор, радиолампа). На него поступают принимаемый сигнал с частотой  $f_c$  и гармонический сигнал гетеродина с частотой  $f_r$ . На выходе смесителя возникает множество комбинаций гармоник принимаемого сигнала и колебаний гетеродина, в том числе на промежуточной частоте  $f_{\text{п}} = f_c - f_r$ . Селективные фильтры усилителя промежуточной частоты пропускают только сигналы промежуточной частоты, которые усиливаются до величины, необходимой для нормальной работы детектора. В длинноволновом и средневолновом радиовещательном диапазонах  $f_{\text{п}} = 465$  кГц, в УКВ – 10 МГц и более.

Однако супергетеродинному приемнику присущ ряд недостатков, вызванных процессом преобразования частоты. Основной из них состоит в том, что фильтры усилителя промежуточной частоты пропускают не только полезные сигналы, частота которых равна  $f_c = f_r + f_{\text{п}}$ , но и ложные с частотой  $f_c = f_r - f_{\text{п}}$  симметричной («зеркальной») по отношению к частоте гетеродина. Помехи на «зеркальной» частоте ослабляются путем двойного или даже тройного преобразования частот в супергетеродинном приемнике. Промежуточная частота каждого последующего преобразования понижается. В результате этого первую промежуточную частоту можно без ущерба для избирательности приемника выбрать достаточно высокой. При больших значениях промежуточной частоты «зеркальная» частота существенно отличается от сигнала и подавляется входными фильтрами радиоприемника.

Основными техническими характеристиками радиоприемника являются:

- диапазон принимаемых частот;
- чувствительность;

- избирательность;
- динамический диапазон;
- качество воспроизведения принимаемого сигнала (уровни нелинейных и фазовых искажений);
- эксплуатационные параметры.

**Диапазон принимаемых частот** обеспечивается шириной полосы пропускания селективных элементов входных фильтров и интервалом частот гетеродина. Настройка приемника на нужный диапазон или поддиапазон частот производится путем переключения элементов входных контуров и контура гетеродина, а настройка на частоту внутри диапазона (поддиапазона) – путем изменения частоты гетеродина. В радиоприемниках все шире в качестве гетеродина используется устройство – синтезатор частот, создающее множество (сетку) гармонических колебаний на стабилизированных фиксированных частотах с интервалом, соответствующим шагу настройки частоты приемника.

**Чувствительность радиоприемника** оценивается минимальной мощностью или напряжением сигнала на его входе, при которой уровень сигнала и отношение сигнал/шум на выходе приемника обеспечивают нормальную работу оконечных устройств (индикации и регистрации). Такая чувствительность называется реальной. Предельная чувствительность соответствует мощности (напряжения) входного сигнала, равного мощности (напряжению) шумов входных цепей радиоприемника. Информация полезного сигнала мощностью менее мощности шумов радиоприемника настолько сильно ими искажается, что передача информации возможна только при кодировании ее специальными помехоустойчивыми кодами.

В диапазонах дециметровых и более коротких волн чувствительность измеряют в ваттах или децибелах по отношению к уровню в 1 мВт (дБм), на метровых и более длинных – в микровольтах (мкВ). Реальная чувствительность современных профессиональных супергетеродинных приемников дециметровых и сантиметровых волн составляет  $10^{-12} \dots 10^{-15}$  Вт, приемников метровых и более длинных волн –  $0,1 \dots 10$  мкВ.

**Избирательность приемника** оценивается параметрами амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) его селективных цепей, определяющей зависимость коэффициента усиления приемного тракта от частоты. Избирательность приемника максимальная, когда его амплитудно-частотная характеристика повторяет форму спектра принимаемого сигнала. В этом случае будут приняты все его спектральные составляющие, но не пропущены спектральные составляющие других сигналов (помех). Практически реализовать это требование чрезвычайно трудно, так как спектр сигналов с различной информацией имеет изрезанную постоянно меняющуюся форму, и существуют большие технические проблемы при формировании амплитудно-частотной характеристики сложной заданной формы. В качестве идеальной АЧХ рассматривается П-образная форма с шириной, равной средней ширине спектра сигнала.

Основными показателями избирательности являются избирательность по соседнему каналу и избирательность по зеркальному каналу приема. Для бытовых приемников этот показатель должен соответствовать 60 дБ.

Избирательность реального приемника оценивается двумя основными показателями: шириной полосы пропускания и коэффициентом прямоугольности АЧХ радиоприемника, реальная форма которой имеет колоколообразный вид.

Ширина полосы пропускания измеряется на уровне 0,7 по напряжению, а коэффициент прямоугольности оценивается отношением полосы пропускания на уровне 0,1 к полосе пропускания на уровне 0,7. Чем более пологой является АЧХ радиоприемника, тем шире полоса пропускания на уровне 0,1 по отношению к уровню 0,7 и тем больше величина коэффициента прямоугольности. Коэффициент пропускания позволяет количественно оценить пологий характер амплитудно-частотной характеристики радиоприемника. Чем ближе коэффициент прямоугольности АЧХ к 1, тем круче ее скаты и тем меньше помех «пролезет» по краям полосы пропускания. С целью уменьшения мощности помех, прошедших в тракт приемника, ширину его полосы пропускания устанавливают соответствующей ширине спектра сигнала. В приемниках для приема сигналов, существенно отличающихся по ширине, например речи и телеграфа, ширину полос пропускания различных селективных цепей изменяют путем коммутации селективных элементов (катушек индуктивности, конденсаторов).

Так как активные элементы усилительных каскадов радиоприемника (транзисторы, диоды и др.) имеют достаточно узкий интервал значений входных сигналов, при которых обеспечивается их линейное преобразование, то при обработке сигналов с амплитудой вне этих интервалов возникают их нелинейные искажения, в результате которых искажается информация. Возможность приемника обрабатывать с допустимым уровнем нелинейных искажений входные радиосигналы, отличающиеся по амплитуде, характеризуется **динамическим диапазоном**. Величина динамического диапазона оценивается отношением в децибелах максимального уровня к минимальному уровню принимаемого сигнала.

Для повышения динамического диапазона в современных радиоприемниках применяется устройство автоматической регулировки усиления (АРУ) приемного тракта, изменяющего его коэффициент усиления в соответствии с уровнем принимаемого сигнала.

Несоответствие амплитудно-частотной и фазовой характеристик, динамического диапазона радиоприемника текущим характеристикам сигнала приводят к его **частотным, фазовым и нелинейным искажениям** и потере информации.

Частотные искажения в радиоприемнике вызываются неодинаковыми изменениями с оставляющих спектра входного сигнала. Из-за частотных искажений сигнал на входе демодулятора искажается, что приводит к изменению содержащейся в нем информации.

Фазовые искажения сигнала возникают из-за нарушений фазовых соотношений между отдельными спектральными составляющими сигнала при прохождении его по цепям тракта приемника.

Искажения, проявляющиеся в появлении в частотном спектре выходного сигнала дополнительных составляющих, отсутствующих во входном сигнале, называются нелинейными. Нелинейные искажения вызывают элементы радиоприемника, имеющие нелинейную зависимость между выходом и входом. Они возникают при превышении отношения значений максимального и минимального напряжений сигнала на входе приемника к его динамическому диапазону. Эти виды искажений приводят к изменению информационных параметров сигнала на входе демодулятора и, как следствие, к искажению информации после демодуляции.

Кроме указанных электрических характеристик возможности радиоприемников оцениваются также по их надежности, оперативности управления, видам электропитания и потребляемой мощности, масса-габаритным показателям.

Традиционные аналоговые радиоприемники постепенно вытесняются цифровыми, в которых сигнал преобразуется в цифровой вид с последующей его обработкой средствами вычислительной техники.

**Средства определения координат источников радиосигналов.** Информативными признаками источника радиосигналов являются его координаты. Для определения координат применяется радиоприемник с поворачиваемой антенной, диаграмма направленности которой имеет острый максимум или минимум. Поворачивая антенну в направлении достижения максимума (минимума) сигнала на выходе антенны, определяют направление на источник радиосигнала. Этот процесс называют **пеленгованием**, значения углов между направлениями на север и источник – пеленгами, а средство для пеленгования – радиопеленгатором, или пеленгатором.

Координаты источника радиоизлучений на местности рассчитываются по двум или более пеленгам из разных точек или по одному пеленгу и дальности от пеленгатора до источника. Для расчета координат источника радиоизлучений необходимы также координаты пеленгаторов.

Принципы пеленгования источника радиосигналов двумя пеленгаторами или одним подвижным из двух точек **А** и **В** иллюстрируются схемой на рис. 4.16.



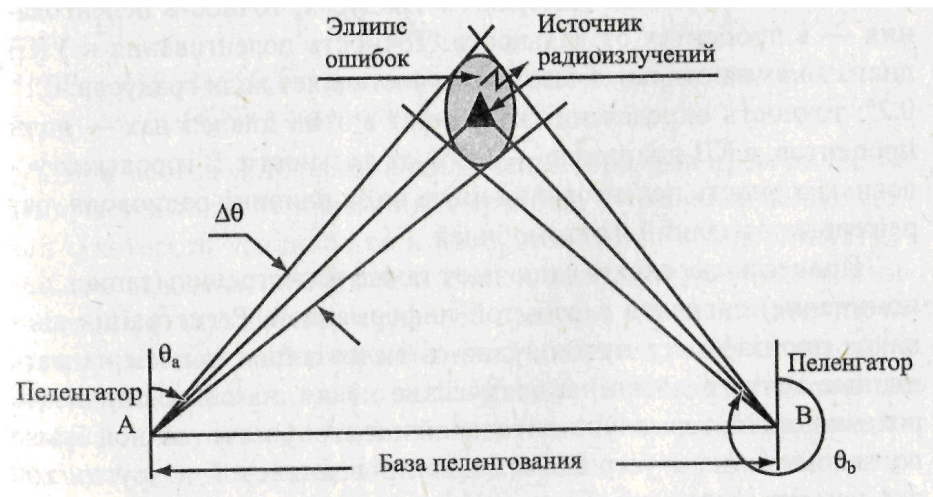


Рис. 4.16. Принцип пеленгования источника радиосигналов

Расстояние между двумя точками, из которых определяются пеленги, называется базой пеленгования. Координаты источника соответствуют точке пересечения пеленгов на топографической карте или рассчитываются в результате решения триангуляционной задачи.

Инструментальные ошибки пеленгаторов, изменения условий распространения радиоволн, влияние объектов вблизи источников радиосигналов, отражения от которых искажают электромагнитное поле у антенн пеленгаторов, погрешности считывания пеленгов вызывают систематические и случайные ошибки пеленгования. Угловые ошибки пеленгования образуют эллипс ошибок (см. рис. 4.16), очерчивающий границы площади на местности, внутри которых находится источник радиоизлучений.

Для повышения точности координат применяют антенны пеленгаторов с большей крутизной изменения диаграммы направленности от угла поворота антенны, уменьшают систематические ошибки пеленгаторов и погрешности измерений, при расчетах учитывают условия распространения радиоволн от источника до пеленгаторов, увеличивают количество пеленгов. Более высокую точность пеленгования обеспечивают фазовые методы пеленгования на основе сравнения фаз, приходящихся от источника радиоволн на разнесенные в пространстве антенны пеленгаторов. Ошибки пеленгования измеряют в градусах, точность пеленгования – в процентах от дальности. Точность пеленгования в УКВ диапазонах на открытой местности составляет доли градусов:  $0,1^\circ$ ,  $0,2^\circ$ ; точность определения координат в этих диапазонах – доли процентов, в КВ-диапазоне – 3-5% от дальности. В городских условиях точность пеленгования ниже из-за влияния радиоволн, отраженных от зданий и автомобилей.

Процессы перехвата включают также регистрацию (запись, запоминание) сигналов с добытой информацией. Регистрация сигналов производится путем аудио- и видеозаписи, записи на магнитные ленту и диски, на оптические диски, на обычной, электрохимической, термочувствительной и светочувствительной бумаге, запоминания в устройствах полупроводниковой и

других видов памяти, фотографирования изображений на экранах мониторов ПЭВМ, телевизионных приемников, осциллографов и спектро-анализаторов.

#### 4.5. Методы и средства противодействия перехвату радиосигналов

Специфика защиты от радиолокационного наблюдения вызвана особенностями получения радиолокационного изображения. Структура радиолокационного изображения зависит от разрешающей способности радиолокатора, электрических свойств отражающей поверхности объектов и фона, от степени ее неровностей (шероховатости), от длины и поляризации волны, облучающей объект, угла падения электромагнитных волн на поверхность объекта. Разрешающая способность локатора определяется в основном шириной диаграммы направленности его антенны, как известно, совмещающей в одной конструкции функции передающей и приемной.

В настоящее время наиболее широко используется для радиолокации сантиметровый диапазон длин волн. Разрешение на местности в этом диапазоне самолетных (бортовых) радиолокаторов составляет единицы метров. С целью повышения разрешающей способности радиолокаторов применяется миллиметровый диапазон, в котором проще создать антенны приемлемых размеров с более узкой диаграммой направленности. Но волны миллиметрового диапазона сильнее затухают в атмосфере, что приводит к снижению дальности наблюдения. Кроме того, более длинные волны имеют лучшую проникающую способность в поверхность объекта, что затрудняет его маскировку.

Таким образом, радиолокационное изображение существенно отличается от изображения в оптическом диапазоне и используется разведкой для получения дополнительных демаскирующих признаков на существенно большем удалении от объекта и в неблагоприятных климатических условиях. Указанные особенности учитываются при организации защиты информации. Меры по защите направлены на снижение **эффективной поверхности рассеяния (ЭПР)** объекта в целом и его характерных участков, содержащих информативные демаскирующие признаки. Структурное скрывание обеспечивается в результате изменения структуры изображения защищаемого объекта на экране локатора путем:

- покрытия объекта экранами, изменяющими направления распространения отраженного электромагнитного поля;
- размещения в местах расположения объекта дополнительных отражателей;
- генерирования радиопомех.

В качестве дополнительных радиоотражателей применяются уголковые, линзовые, дипольные отражатели и **переизлучающие антенные решетки (ПАР)**.

Для энергетического скрывания объектов от радиолокационного наблюдения его поверхность покрывают материалами, обеспечивающими **градиент-**

**ное и интерференционное поглощение облучающей электромагнитной энергии.**

Другой способ энергетического скрывания, который широко применяется для защиты объектов от радиолокационного наблюдения, — **генерация помех**. Простейшей помехой является гармоническое колебание на частоте РЛС, создаваемое генератором помех в месте нахождения защищаемого объекта. Так как диаграмма направленности антенны РЛС имеет, как правило, боковые лепестки, то такая помеха создает шумовую засветку экрана локатора.

Более сложной по структуре является модулированная помеха с одним или несколькими изменяющимися параметрами. Модулированная помеха бывает **непрерывной** и **импульсной** и обладает спектром, близким к спектру излучения РЛС. По эффекту воздействия помехи разделяются на маскирующие изображение объекта путем зашумления экрана РЛС и имитирующие на нем ложные световые пятна. Изменяя структуру и время задержки имитационной помехи, можно менять форму, место и характер движения ложной засветки на экране локатора.

**Средства противодействия перехвату радиосигналов.** При перехвате сигналов функциональных каналов связи передатчики этих каналов являются одновременно источниками радиоэлектронных каналов утечки информации. В соответствии с общими принципами защиты информации защита передаваемой информации в этом случае заключается в её криптографическом либо техническом закрытии (скремблировании), поскольку противодействовать перехвату радиосигналов крайне затруднительно. Наиболее простым способом скремблирования является частотная и временная инверсии речевого сигнала. Частотная инверсия заключается в повороте спектра речевого сигнала вокруг некоторой центральной частоты. Временная инверсия заключается в запоминании в памяти передающего скремблера отрезка речевого сообщения и считывание его с конца кадра. Для достижения неразборчивости речи продолжительность кадра должна быть не менее 250 мс.

## 5. АКУСТИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА

### 5.1. Понятия, определения и единицы измерения в акустике

Звук – колебательное движение упругой среды. Процесс распространения колебательного движения в среде называется звуковой волной. За один полный период колебания  $T$  звуковой процесс распространяется в среде на расстояние, равное длине волны  $\lambda$ , которая может быть получена из соотношения:

$$\lambda = cT = c/f,$$

где  $c$  – скорость распространения звука в среде;

$f = 1/T$  – частота звукового колебания.

Ниже даны скорости распространения звука в некоторых средах.

- $C_{\text{воздух}} - 340 \text{ м/с};$
- $C_{\text{вода}} - 1490 \text{ м/с};$
- $C_{\text{кирпич}} - 2300 \text{ м/с};$
- $C_{\text{бетон}} - 3700 \text{ м/с};$
- $C_{\text{сталь}} - 5200 \text{ м/с}.$

Изменения давления в звуковой волне относительно среднего значения называется звуковым давлением  $P$  и измеряется в паскалях. Один паскаль это давление, создаваемое силой в один ньютон, действующей на площадь один квадратный метр:

$$P = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ м}^2} = 1 \text{ Па} = \frac{1}{100\,000} \text{ АТМ}.$$

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

$$L_{\text{дБ}} = 20 \lg \frac{P}{P_0}.$$

В качестве  $P_0$  выбрана величина  $P = P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$ , что соответствует минимальному звуковому давлению, воспринимаемому человеческим слухом. При этом изменение уровня звукового давления на 1 дБ является минимальной, различаемой человеческим слухом величиной изменения громкости.

Следует отметить, что в акустике при частотном анализе сигналов используют стандартизированные частотные полосы шириной в 1 октаву, 1/3 октавы, 1/12 октавы. Октава – это полоса частот, у которой верхняя граничная частота в два раза больше нижней граничной частоты:

$$\Delta f = f_{\text{в}} - f_{\text{н}} = 1 \text{ окт, если } f_{\text{в}} = 2f_{\text{н}}.$$

Центральные частоты стандартных октавных полос соответствуют следующему ряду: 2, 4, 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500 (Гц), 1,2,4,8, 16 (кГц).

Основные звуки речи образуются следующим образом [16]:

- гласные образуются при прохождении воздуха через голосовые связки. Акустические колебания гласных звуков носят периодический, близкий к гармоническому характер и могут изменяться в значительном частотном диапазоне;

- глухие согласные (сонорные, щелевые, взрывные) образуются за счет преодоления воздухом препятствий в носовой и ротовой полостях и носят характер, как отдельных акустических импульсов, так и шумовых сигналов со сплошным спектром различной конфигурации;

- звонкие согласные образуются также как глухие, но при участии голосовых связок.

Таким образом, речевой сигнал представляет собой сложный частотно и амплитудно модулированный шумовой процесс, характеризующийся следующими основными статистическими параметрами:

- частотный диапазон;
- уровень речевых сигналов;
- динамический диапазон.

**Частотный диапазон** речи лежит в пределах 70...7000 Гц. Энергия акустических колебаний в пределах указанного диапазона распределена неравномерно. На рис. 5.1 (кривая 1) представлен вид среднестатистического спектра русской речи. Следует отметить, что порядка 95 % энергии речевого сигнала лежит в диапазоне 175...5600 Гц

Важно отметить, что информативная насыщенность отдельных участков спектра речи неравномерна. Кривой 2 на рис 5.1 представлен вклад отдельных участков спектра речи в суммарную разборчивость  $S_{сл}$ .

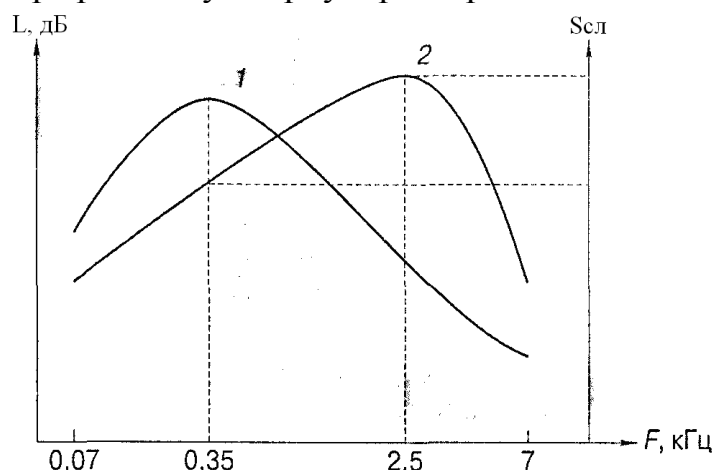


Рис. 5.1 Спектр русской речи и его вклад в суммарную разборчивость

**Уровни речевых сигналов.** В различных условиях человек обменивается устной информацией с различным уровнем громкости, при этом выделяют следующие уровни звукового давления:

- тихий шепот – 35...40 дБ;
- спокойная беседа – 55...60 дБ;
- выступление в аудитории без микрофона – 65...70 дБ.

**Динамический диапазон.** Уровень речи в процессе озвучивания одного сообщения может меняться в значительных пределах. Разность между максимальными и минимальными уровнями для различных видов речи составляет:

- дикторская речь – 25...35 дБ;
- телефонные переговоры – 35...45 дБ;

- драматическая речь – 45...55 дБ.

При своем распространении звуковая волна, доходя до какой-либо преграды (границы двух сред) и взаимодействуя с ней, частично отражается от нее, а частично продолжает распространяться по преграде. Количество акустической энергии  $E$ , прошедшей из одной среды в другую, зависит от свойств этих сред (рис. 5.2).

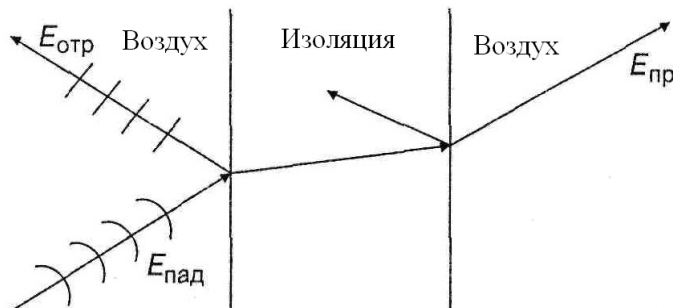


Рис. 5.2. Прохождение акустической энергии сквозь преграду

В строительной акустике используются следующие основные понятия:

$$\alpha = (E_{\text{пад}} - E_{\text{отр}}) / E_{\text{пад}} \text{ — коэффициент поглощения;}$$

$$\beta = E_{\text{отр}} / E_{\text{пад}} \text{ — коэффициент отражения;}$$

$$\gamma = E_{\text{пр}} / E_{\text{пад}} \text{ — коэффициент звукопроницаемости;}$$

$$Q[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg \frac{E_{\text{пад}}}{E_{\text{пр}}} \text{ — звукоизоляция.}$$

В таблице 5.1 приведены характеристики звукоизоляции основных строительных конструкций [16].

Таблица 5.1

Тип строительной конструкции	Центральные частоты октавных полос, Гц				
	250	500	1000	2000	4000
Оштукатуренная кирпичная стена толщиной 270 мм	44	51	58	64	65
Железобетонная стена толщиной 100 мм	40	44	50	55	60
Гипсобетонная перегородка толщиной 80 мм	33	37	39	44	44
Перегородка ДСП толщиной 20 мм	26	26	26	26	26

## 5.2. Каналы утечки речевой информации

В случае, когда источником информации является голосовой аппарат человека, информация называется речевой.

Речевой сигнал – сложный акустический сигнал, основная энергия которого сосредоточена в диапазоне частот от 300 до 4000 Гц.

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

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

Различного рода преобразователи акустических и вибрационных колебаний являются вторичными источниками. К последним относятся: громкоговорители, телефоны, микрофоны, акселерометры и другие устройства.

В зависимости от среды распространения речевых сигналов и способов их перехвата технические каналы утечки информации можно разделить на:

- акустические,
- вибрационные,
- акустоэлектрические,
- оптоэлектронные
- параметрические.

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

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

Перехваченная ЗУ речевая информация может передаваться по радиоканалу, сети электропитания, оптическому (ИК) каналу, соединительным линиям систем пожарной и охранной сигнализации, посторонним проводникам, инженерным коммуникациям в ультразвуковом диапазоне частот, телефонной линии с вызовом от внешнего телефонного абонента.

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

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

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

Вибродатчик с электронным усилителем называют электронным стетоскопом. Электронный стетоскоп позволяет осуществлять прослушивание речи с помощью головных телефонов и ее запись на диктофон.

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

**Акустоэлектрические каналы.** Акустоэлектрические каналы утечки информации возникают за счет преобразований акустических сигналов в электрические.

Некоторые элементы технических систем, в том числе трансформаторы, катушки индуктивности, электромагниты вторичных электрочасов, звонков телефонных аппаратов и т.п., обладают свойством изменять свои параметры (емкость, индуктивность, сопротивление) под действием акустического поля, создаваемого источником речевого сигнала. Изменение параметров приводит либо к появлению на данных элементах электродвижущей силы (ЭДС), либо к модуляции токов, протекающих по этим элементам в соответствии с изменениями воздействующего акустического поля.

Технические системы, кроме указанных элементов, могут содержать непосредственно акустоэлектрические преобразователи. К ним относятся некоторые типы датчиков охранной и пожарной сигнализации, громкоговорители ретрансляционной сети и т.д. Эффект акустоэлектрического преобразования в специальной литературе называют «микрофонным эффектом». Наибольшую чувствительность к акустическому полю имеют абонентские громкоговорители и некоторые датчики пожарной сигнализации.

Перехват акустоэлектрических колебаний в данном канале утечки информации осуществляется путем непосредственного подключения к соединительным линиям технических систем специальных высокочувствительных низкочастотных усилителей. Например, подключая такие средства к соединительным линиям телефонных аппаратов с электромеханическими вызывными звонками, можно прослушивать разговоры, ведущиеся в помещениях, где установлены эти аппараты.

Технический канал утечки информации с использованием «высокочастотного навязывания» может быть осуществлен путем несанкционированного контактного введения токов высокой частоты от соответствующего генератора в линии, имеющей функциональные связи с нелинейными или параметрическими элементами технических систем, на которых происходит модуляция высокочастотного сигнала информационным. Информационный сигнал в данных элементах появляется вследствие акустоэлектрического преобразования акустических сигналов в электрические. Промоделированный сигнал отражается от указанных элементов и распространяется в обратном направлении по линии или излучается.



Наиболее часто такой канал используется для перехвата разговоров, ведущихся в помещении, через телефонный аппарат, имеющий выход за пределы контролируемой зоны.

**Оптико-электронный (лазерный) канал.** Оптико-электронный (лазерный) канал утечки акустической информации образуется при облучении лазерным лучом вибрирующих под действием акустического речевого сигнала отражающих поверхностей помещений (оконных стекол, зеркал и т.д.). Отраженное лазерное излучение модулируется по амплитуде и фазе и принимается приемником оптического (лазерного) излучения, при демодуляции которого выделяется речевая информация.

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

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

**Параметрические каналы.** В результате воздействия акустического поля меняется давление на все элементы высокочастотных генераторов технических средств обработки информации. При этом изменяется взаимное расположение элементов схем, проводов в катушках индуктивности, дросселей и т.п., что может привести к изменениям параметров высокочастотного сигнала, например, к модуляции его информационным сигналом. Поэтому этот канал утечки информации называется параметрическим. Наиболее часто наблюдается паразитная модуляция информационным сигналом излучений гетеродинов радиоприемных и телевизионных устройств, находящихся в помещениях, где ведутся конфиденциальные разговоры.

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

При облучении помещения мощным высокочастотным сигналом в таком закладном устройстве при взаимодействии облучающего электромагнитного поля со специальными элементами закладки (например, четвертьволновым вибратором) происходит образование вторичных радиоволн, т.е. переизлучение электромагнитного поля. А специальное устройство закладки (например, объемный резонатор) обеспечивает амплитудную, фазовую или частотную модуляцию переотраженного сигнала по закону изменения речевого сигнала.

Для реализации возможностей такого канала необходимы специальный передатчик с направленным излучением и приемник.

Рассмотрим подробнее **акустические и виброакустические каналы утечки речевой информации**

На рис. 5.3 представлены основные варианты возможной утечки речевой информации из объемов, выделенных помещений. Все их можно объединить в две группы [16]:

- это акустические каналы (обозначены буквами а, б, в), т.е. такие каналы, по которым информация может быть перехвачена с помощью микрофонов воздушной проводимости или прослушана непосредственно человеком;
- виброакустические каналы (обозначены буквами г, д, е), т.е. каналы, по которым информация может быть зафиксирована с помощью микрофонов твердой среды (виброметров, акселерометров).

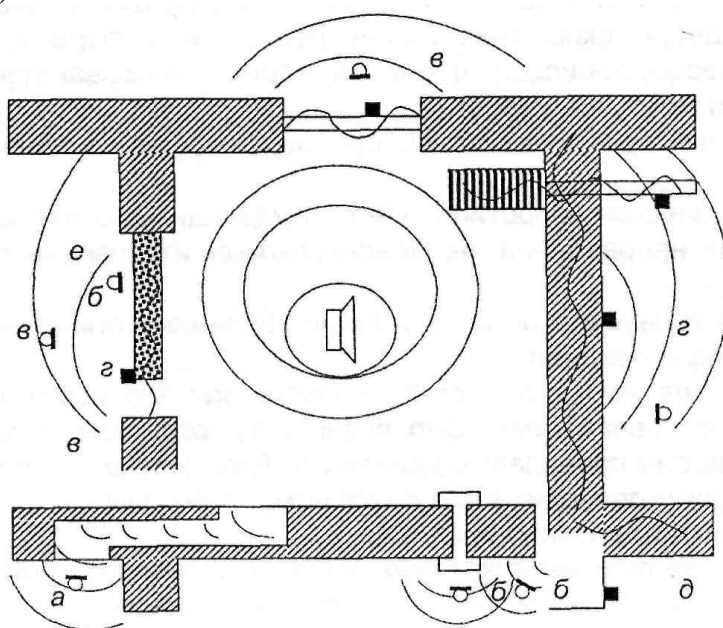


Рис. 5.3. Возможные пути утечки речевой информации

Наибольшую опасность представляют технологические окна и каналы с большой площадью поперечного сечения, такие как коробка коммуникаций и воздуховоды вентиляции. Эти объекты являются, по сути, акустическими волноводами, и звуковые колебания могут распространяться по ним на значительные расстояния. Так, если поперечные размеры короба сравнимы с длиной звуковых волн, затухание при распространении по нему звука составляет  $\delta = 0,01 \dots 1$  дБ/м и зависит от размеров короба, материала стенок и пр.

Следующими по степени опасности являются звуководы с размерами значительно меньше длины звуковых волн. Таковыми могут быть отверстия электропроводки, щели и трещины в строительных конструкциях, неплотности дверных и оконных проемов. Затухание звука в таких каналах весьма значительно  $\delta = 1 \dots 20$  дБ/м. Оно определяется вязкостью воздуха и зависит от поперечных размеров отверстий, шероховатости поверхности и продольной конфигурации отверстия.

Несмотря на заметную величину затухания, этого абсолютно недостаточно для обеспечения защиты информации. Так, если в стене толщиной 0,5 м имеется трещина с площадью поперечного сечения  $5 \text{ мм}^2$  и длиной 0,75 м,

звукоизоляция в области выхода этой трещины на поверхность будет составлять 18 дБ, в то время как при отсутствии трещины такая стена может обеспечить звукоизоляцию более 65 дБ.,

Звуковые колебания могут распространяться за пределы выделенного помещения не только за счет тех или иных воздушных каналов, но и за счет переизлучения колебаний ограждающими строительными конструкциями.

Переизлучение звука за пределы выделенного помещения происходит за счет колебаний строительных конструкций, вызванных падающими на них звуковыми волнами. Так как толщина подавляющего большинства строительных конструкций (стены, полы, потолки, двери, окна) значительно меньше их поперечных размеров, процессы, происходящие в них, хорошо описываются теорией колебания мембран и пластин.

Основные практические выводы, вытекающие из данных положений:

- акустическое сопротивление ограждающих строительных конструкций в направлении, перпендикулярном их поверхности невелико;
- строительные конструкции имеют большое количество собственных мод колебаний.

Последнее явление в строительной акустике носит название «волнового совпадения». Оно возникает, когда длина падающей звуковой волны совпадает с длиной изгибной волны в строительной конструкции и приводит к значительному снижению звукоизоляции.

Так как за счет многократных переотражений звуковой волны в помещении равновероятны любые углы падений, возбуждаются все собственные моды колебаний строительных конструкций, что приводит к существенному снижению звукоизоляции.

Как только что было показано, строительные конструкции совершают значительные колебания под воздействием акустических волн. Чтобы перехватить информацию, переносимую этими колебаниями, не обязательно регистрировать акустические колебания, переизлученные этими конструкциями, достаточно зафиксировать колебания собственно строительных конструкций. Так, например, под воздействием звука  $P_{ак} = 70$  дБ кирпичная стена толщиной 0,5 м совершает вибрационные колебания с ускорением  $\alpha = 3 \cdot 10^{-5} g$ . При таких условиях современными средствами может быть прослушан даже шепот. При этом переизлученный акустический сигнал будет  $< 10$  дБ, что практически исключает возможность съема информации. Таким образом, вибрационные колебания ограждающих конструкций под воздействием звуковых волн образуют один из наиболее опасных виброакустических каналов утечки информации.

Современные строительные материалы и конструкции (монолитный железобетон, сборные железобетонные конструкции, кирпичная кладка) обладают весьма низкими показателями затухания механических колебаний в области звуковых частот. Это обеспечивает возможность распространения колебаний на значительные расстояния и создает возможность перехвата информации, регистрируя вибрации не только ограждающих конструкций выделенно-

го помещения, но и регистрируя колебания значительно удаленных (1-3 стыка) элементов здания. Например, существует реальная возможность перехвата информации по несущей стене из выделенного помещения, расположенного через 1...2 этажа от места установки аппаратуры съема информации.

В общем случае, в зависимости от конструкции здания и качества выполнения стыков между его элементами, затухание на стыках варьируется в пределах от 1...3 дБ до 10...15 дБ. Отсюда следует важная тактическая особенность и повышенная опасность виброакустического канала утечки информации – перехват информации возможен не только из смежных помещений, но и из помещений, значительно удаленных от источника информации.

Некоторые элементы строительных конструкций, как и в случае рассмотрения акустического канала, представляют собой волноводы вибрационных колебаний. К ним относятся трубы различных коммуникаций (отопления, водоснабжения, электропитания и пр.). Как и в случае воздушных волноводов, значительная разница в величинах акустического сопротивления материала труб и окружающей среды составляет 4...8 раз.

Создаются условия волноводного распространения сигналов на значительные расстояния. Данный канал становится особенно опасным, если трубопровод соединен с какой-то жесткой и развитой поверхностью, которая играет роль согласующего элемента при передаче энергии из воздуха в трубопровод. Таким согласующим элементом, например, являются современные легкие радиаторы отопления.

### 5.3. Технические средства подслушивания

**Акустические приемники.** Непосредственное (ушами) подслушивание ограничено малым расстоянием от источника звука – в лучшем случае около десяти метров. Малая дальность непосредственного подслушивания обусловлена не только малой мощностью акустических сигналов и большим затуханием их в среде распространения, но и тем, что уши человека имеют широкую диаграмму направленности (близкую к  $180^\circ$ ), в силу чего на барабанную перепонку поступают практически все внешние акустические шумы.

Кроме того, шумы поднимают порог чувствительности слуховой системы человека. Но одновременно это физиологическое свойство слуховой системы человека позволяет ему адаптироваться к зашумленности среды обитания, например в жилых помещениях возле транспортных магистралей большого города.

Для непосредственного подслушивания в условиях города злоумышленнику необходимо приблизиться к источнику информации на несколько метров, что существенно ухудшает скрытность добывания информации.

Технические средства подслушивания расширяют и дополняют возможности слуховой системы человека за счет:

- приема и прослушивания акустических сигналов, распространяющихся в воде и твердых телах;

- повышения дальности подслушивания речевой информации по сравнению с непосредственным подслушиванием;
- коррекции спектра акустического сигнала, распространяющегося в среде с неравномерной амплитудно-частотной характеристикой коэффициента передачи или затухания;
- выделения акустического сигнала из смеси его и шумов;
- прослушивания речи, выделяемой из перехваченных радио сигналов и электрических сигналов функциональных каналов связи и из сигналов побочных излучений и наводок;
- ретрансляции добываемой речевой информации на сколь угодно большое расстояние.

Конкретный способ подслушивания реализуется с использованием соответствующих технических средств. Совокупность технических средств, обеспечивающих функции добывания семантической и признаковой акустической информации, представляет собой комплекс средств подслушивания.

Структурная схема типового комплекса средств подслушивания приведена на рис. 5.4.

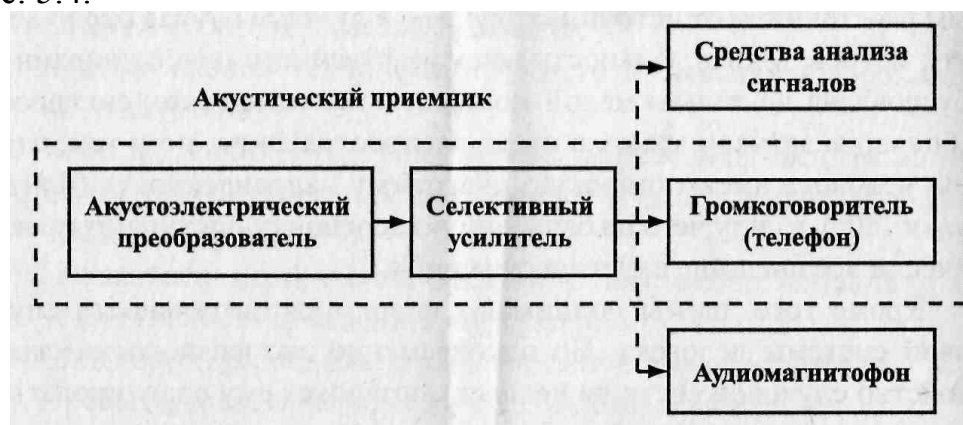


Рис. 5.4. Структурная схема типового комплекса средств подслушивания

Основной частью комплекса является акустический приемник. Он производит селекцию по пространству и частоте акустических сигналов, распространяющихся в атмосфере, воде, твердых телах, преобразует их в электрические сигналы, усиливает и обрабатывает электрические сигналы и преобразует их в акустическую волну для обеспечения восприятия информации слуховой системой человека. Акустический приемник содержит акустоэлектрический преобразователь, селективный усилитель и электроакустический преобразователь (телефон, громкоговоритель).

Акустические приемники для приема акустической волны, распространяющейся в воздухе, воде, твердой среде (в инженерных конструкциях), в грунте, отличаются видом акустоэлектрического преобразователя. Иногда по виду акустоэлектрического преобразователя называют весь акустический приемник. Акустоэлектрический преобразователь акустической волны, распространяющейся в воздухе, называется **микрофоном**, преобразователь волны, распространяющейся в твердой среде, – **стетоскопом** и **акселерометром**, в земной поверхности – **геофоном**, а в воде – **гидрофоном**. Основную долю

функциональных акустоэлектрических преобразователей акустических приемников составляют микрофоны.

Так как электрические сигналы на выходе акустоэлектрических преобразователей крайне малы и могут принимать значения единиц мкВ, то для их усиления до необходимых для последующего применения величин (единиц В) используется селективный усилитель. Его селективность обеспечивается регулируемой полосой пропускания, необходимой для устранения помех на частотах вне спектра акустического сигнала. Учитывая, что затухание среды распространения акустического сигнала увеличивается с повышением его частоты, коэффициент усиления селективного усилителя соответственно повышают для более высоких спектральных составляющих принимаемого сигнала. Такая компенсация эквивалентна повышению уровня акустического сигнала в точке приема до 6 дБ.

Электрический сигнал преобразуют в акустический сигнал, воспринимаемый человеком, **громкоговорители и телефоны**. По способу преобразования электрических сигналов громкоговорители разделяются на электродинамические, электромагнитные, электростатические, пьезоэлектрические и др., по виду излучения – на громкоговорители непосредственного излучения, диффузорные и рупорные, по воспроизводимому диапазону частот – на широкополосные, низкочастотные, средне- и высокочастотные. Значения мощности громкоговорителей образуют стандартный ряд в диапазоне 0,1-50 Вт.

Чем уже диапазон частот динамической головки громкоговорителя, тем равномернее ее амплитудно-частотная характеристика, тем меньше головка искажает сигнал. Для высококачественной электроакустической аппаратуры к выходу усилителя подключают несколько динамических головок с разными диапазонами частот, перекрывающими весь звуковой диапазон (16-20000 Гц). Для воспроизводства речи, средствами добывания, требования к электродинамическим головкам более чем скромные: единицы Вт по мощности и по диапазону частот, соответствующему стандартному телефонному каналу (300...3400 Гц).

Для консервации акустической информации электрический сигнал с выхода акустического приемника подается на аудиомикрофон. Для записи акустических сигналов применяют цифровые диктофоны.

Сигнальные демаскирующие признаки определяются с помощью **средств технического анализа**. Если акустический сигнал на выходе приемника сильно зашумлен, то его электрический аналог подвергают, для снижения уровня шума, дополнительной обработке. Основу методов очистки электрического сигнала от шума составляют методы адаптивной фильтрации. Суть адаптивной фильтрации состоит в том, что на основе анализа поступающего на вход фильтра зашумленного речевого сигнала непрерывно фильтром линейного предсказания «предсказывается» помеховый сигнал, который вычитается, затем из смеси речевого сигнала и шума. В результате этого отношение сигнал/шум на выходе фильтра увеличивается.

Возможности акустического приемника характеризуются набором показателей:

- диапазоном частот принимаемого акустического сигнала;
- чувствительностью;
- динамическим диапазоном;
- массогабаритными характеристиками.

Так как речь является основным видом информации при подслушивании, то большинство акустических приемников для добывания информации работают в речевом диапазоне частот. В отдельных случаях ценной является информация, переносимая акустической волной в инфразвуковом и ультразвуковом диапазонах. К такой информации относятся звуки движущихся объектов (людей, техники, подводных и надводных кораблей и др.), акустические сигналы взрывов новых боеприпасов, разрабатываемых работающих двигателей и других объектов разведки.

Дальность подслушивания (длина простого акустического канала утечки информации) зависит от ряда факторов, в том числе от чувствительности акустического приемника. Под его чувствительностью понимается минимальная энергия акустической волны или оказываемое ею минимальное давление, при котором обеспечивается определенный уровень электрического или акустического сигналов на выходе акустического приемника.

Динамический диапазон акустического приемника характеризуется диапазоном в дБ мощности акустического сигнала на его входе (громкости звука), при котором обеспечивается требуемый или допустимый уровень сигнала на выходе акустического приемника. Учитывая, что акустический приемник при добывании информации размещается скрытно, далеко не в оптимальных условиях, его динамический диапазон является важнейшей характеристикой акустического приемника. Например, если динамический диапазон закладного подслушивающего устройства мал, то приемлемое качество добываемой речевой информации обеспечивается лишь в небольшом интервале расстояний от микрофона говорящего человека. Когда разговаривающий человек ходит по комнате, то добываемая информация может содержать участки с плохим качеством речи.

Так как акустические каналы утечки информации имеют малую протяженность и акустический приемник необходимо приблизить к источнику акустического сигнала, то большинство акустических приемников относятся к классу носимой аппаратуры с автономными источниками питания. Поэтому для практического применения акустического приемника важны его вес и габариты, а также длительность непрерывной работы.

Для запоминания (записи) добываемой информации сигнал с выхода передается по организуемому каналу связи к запоминающему устройству или записывается в запоминающем устройстве, размещенном в месте нахождения акустического приемника. В последнем варианте к запоминающему устройству предъявляются такие же жесткие требования, как к акустическому приемнику.

Для записи речевой информации широко применяются специальные диктофоны, конструктивно объединяющие акустический приемник и запоми-

нающее устройство (цифровой магнитофон). Основными характеристиками запоминающих устройств являются объем памяти в МБайтах, время записи речевой информации в минутах или часах, время непрерывной работы в часах.

**Средства технического анализа** измеряют технические характеристики (сигнальные признаки) акустических сигналов, которые могут использоваться для обнаружения и распознавания их источников: частоту колебаний, характеристики спектра, амплитуду и мощность сигнала и др. Каждый объект с движущимися механическими частями имеет индивидуальную сигнальную признаковую структуру, по которой с достаточно высокой вероятностью можно обнаружить объект и распознать его отдельные свойства. Средства анализа акустических сигналов устанавливаются, например, на подводных лодках для обнаружения и распознавания типов (вплоть до номера) надводных и подводных кораблей.

**Микрофон** как основной и наиболее широко применяемый элемент акустического приемника можно представить в виде последовательного ряда функциональных звеньев. В первом акустическом звене в результате взаимодействия конструкции микрофона и звукового поля формируется механическая сила, зависящая от громкости звука, частоты звукового сигнала, размеров и формы корпуса микрофона и его акустических входов, расстояния между ними и угла падения звуковой волны относительно оси микрофона. Первое звено определяет характеристику направленности микрофона и по существу представляет собой акустическую антенну.

Второе звено обеспечивает преобразование механической силы акустической волны в колебания подвижной части микрофона – мембраны. Его свойства определяются расположением, величиной и частотной зависимостью входящих в него акустомеханических элементов. Это звено определяет амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) микрофона.

Третье звено представляет собой электромеханический преобразователь колебаний мембраны в электрический сигнал и определяет чувствительность микрофона. Четвертое электрическое звено выполняет функцию согласования преобразователя с последующей электрической цепью и характеризуется внутренним или выходным сопротивлением микрофона как источника сигнала.

#### **Виды микрофонов:**

- угольные
- электродинамические
- электромагнитные
- конденсаторные
- пьезоэлектрические.

**Угольный** (порошковый) микрофон, впервые созданный в 1879 г. русским инженером М. Михальским, представляет собой круглую коробочку с гранулированным древесным углем, закрываемую тонкой металлической упругой крышкой – мембраной. К электроду, укрепленному на дне коробочки,



и мембране подводится постоянное напряжение, под действием которого в массе угольного порошка протекает электрический ток. Принцип работы угольного микрофона основан на изменении под действием акустической волны сопротивления угольного порошка, находящегося между мембраной и неподвижными электродами. Акустическая волна приводит мембрану микрофона в колебательное движение, вследствие чего изменяется степень сжатия угольного порошка и площадь соприкосновения его гранул друг с другом. В результате этого сопротивление порошка и сила протекающего через него тока меняются в соответствии с громкостью звука, т. е. производится амплитудная модуляция электрического тока. Номинальное сопротивление угольного микрофона зависит от зернистости и технологии обработки порошка и других факторов. Это сопротивление может составлять у низкоомных микрофонов 35...65 Ом, среднеомных – 65...145 Ом и высокоомных – 145...300 Ом. Угольные микрофоны имеют низкую стоимость, высокую чувствительность, обеспечивают возможность без дополнительного усиления передачу электрических сигналов на большие (десятки км) расстояния. Это обстоятельство обуславливает широкое применение угольных микрофонов в проводной телефонной связи. Однако они узкополосные и для передачи более широкополосных, чем речь, акустических сигналов не применяются.

**Конструкция электродинамического микрофона**, изобретенного американскими учеными Э. Венте и А. Терас в 1931 г., аналогична конструкции электродинамического громкоговорителя. В нем катушка из тонкой проволоки жестко связана с мембраной из полистирольной пленки или алюминиевой фольги и постоянно находится в воздушном зазоре постоянного магнита. При колебаниях катушки в ней возникает ЭДС, значение которой пропорционально громкости звука. Динамические микрофоны относительно просты, надежны в работе в широком диапазоне температур и влажности, устойчивы к сотрясениям и широко применяются в различной звукоусилительной и звукозаписывающей аппаратуре.

В **электромагнитном микрофоне** в результате колебаний мембраны из ферромагнитного материала в обмотке неподвижной катушки с сердечником, по которой протекает постоянный ток, возникает ЭДС индукции, величина которой эквивалентна интенсивности звука.

**Конденсаторный микрофон**, изобретенный американским ученым Э. Венте в 1917 г., представляет собой капсуль, состоящий из двух параллельно расположенных пластин электродов, один из которых массивный, другой — тонкая мембрана. Электроды образуют конденсатор, емкость которого зависит от площади пластин и расстояния между ними. К электродам подводится через резистор поляризующее постоянное напряжение. При воздействии на мембрану звуковых волн изменяются расстояния между электродами и, соответственно, емкость конденсатора. В результате этого через резистор протекает ток, амплитуда которого пропорциональна звуковому давлению на мембрану. При расстоянии между обкладками 20...40 мкм и поляризующем напряжении в несколько десятков вольт чувствительность микрофона достигает 10...20 мВ/Па.

Действие **пьезоэлектрического микрофона** основано на возникновении ЭДС на поверхности пластинок из пьезоматериала, механически связанных с мембраной. Колебания мембраны под давлением акустической волны передаются пьезоэлектрической пластине, на поверхности которой возникают заряды, величина которых соответствует уровню громкости акустического сигнала.

По **направленности микрофоны** разделяются на ненаправленные, односторонней, двухсторонней и острой направленности. Направленность микрофона определяется по уровню сигнала на его выходе в зависимости от поворота микрофона по отношению к источнику акустической волны в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Ширина диаграммы направленности микрофона оценивается в градусах на уровне 0,5 (0,7) от максимальной мощности (амплитуды) электрического сигнала на его выходе. Чем меньше ширина диаграммы направленности микрофона, тем меньше помех попадает на его мембрану из направлений, отличающихся от направления на источник акустического сигнала с информацией. Ширина диаграммы направленности микрофонов острой направленности составляет несколько десятков градусов. Пространственное ограничение помех повышает отношение сигнал/помеха на мембране микрофона.

**Частотные искажения** при преобразовании акустической волны в электрический сигнал определяются неравномерностью частотной характеристики микрофона. Она описывается отклонением в процентах или дБ уровня спектральных составляющих звукового сигнала на выходе преобразователя по отношению к уровню спектральных составляющих входного сигнала.

По **диапазону частот** микрофоны разделяются на узкополосные и широкополосные. Узкополосные микрофоны предназначены для передачи речи. Широкополосные микрофоны имеют более широкую полосу частот и преобразуют колебания в звуковом и частично ультразвуковом диапазонах частот.

По **способу применения** микрофоны разделяются на **воздушные, гидроакустические** (гидрофоны) и **контактные**. Контактные микрофоны предназначены для приема структурного звука. Например, контактный стетоскопный микрофон УМ 012, прикрепленный к стене помещения, позволяет прослушивать разговоры в соседнем помещении при толщине стен до 50 и более см. Модификацией контактных микрофонов являются **ларингофоны** и **остеофоны**, воспринимающие и преобразующие в электрические сигналы механические колебания (вибрации) связок и хрящей гортани или кости черепа говорящего. Они встраиваются в шлемы летчиков и танкистов для обеспечения связи в условиях повышенного акустического шума среды.

По конструктивному исполнению микрофоны бывают широкого применения, специальные миниатюрные и специальные субминиатюрные, применяемые в различных закладных устройствах. Возможности микрофонов определяются следующими характеристиками:

- чувствительностью на частоте акустической волны 1000 Гц;
- диаграммой направленности;

- диапазоном воспроизводимых частот колебаний акустической волны;
- неравномерностью частотной характеристики;
- массогабаритными характеристиками.

**Чувствительность** – один из основных показателей микрофона и оценивается коэффициентом преобразования давления акустической волны в уровень электрического сигнала. Так как чувствительность микрофона для разных частот акустических колебаний различная, то она определяется на частоте 1000 Гц. Измерения проводятся для акустической волны, направление распространения которой перпендикулярно поверхности мембраны, в вольтах или милливольтках на паскаль (В/Па, мВ/Па). Чувствительность микрофона зависит в основном от параметров физических процессов в акусто-электрических преобразователях и площади мембраны микрофона.

Чувствительность микрофона повышается с увеличением площади мембраны приблизительно в квадратичной зависимости. Например, чувствительность конденсаторного микрофона с диаметром мембраны 6 мм составляет 1,5-4 мВ/Па, для диаметра 12 мм - 12,5 мВ/Па, а при диаметре 25 мм она увеличивается до 50 мВ/Па.

Электрические сигналы на выходе микрофонов, используемых для добытия информации, в селективном усилителе обрабатываются и усиливаются до величины, необходимой для их записи с помощью аудиомикрофона или преобразования в акустический сигнал для обеспечения восприятия информации человеком.

**Диктофоны.** Для скрытого подслушивания речевой информации и ее регистрации широко применяются диктофоны с встроенными и вынесенными микрофонами. Скрытая запись информации производится с целью:

- «документирования» беседы или телефонного разговора для экономии времени при составлении отчета или для последующего анализа разговора;
- регистрации трудно запоминаемой во время разговора информации;
- использования записи для оказания влияния на собеседника или предоставления ее в качестве доказательства каких-либо его обещаний и высказываний, сбора материалов о конкурентах, злоумышленниках и др.;
- получения голосового образца собеседника для последующей идентификации при подслушивании;
- регистрации собственных предложений для их последующего анализа;
- записи разговора в помещении во время отсутствия владельца диктофона.

Диктофоны по принципам работы делятся на кинематические (с лентопротяжным механизмом для обеспечения записи на магнитную ленту или металлическую проволоку) и цифровые.

Кинематические диктофоны для скрытного подслушивания отличаются от бытовых или профессиональных (используемых журналистами) демаскирующими признаками с пониженной информативностью и возможностью скрытного управления режимами работы. Это достигается:

- уменьшением в результате прецизионного изготовления механических узлов акустических шумов лентопротяжного механизма;
- минимизацией побочных электромагнитных излучений за счет исключения из электрической схемы генераторов подмагничивания и стирания;
- экранированием электромагнитного излучения коллекторного двигателя;
- возможностью подключения выносного микрофона;
- возможностью размещения диктофона и его компонентов в одежде человека и скрытного управления режимами работы диктофона;
- высокой автоматизацией работы диктофона – установкой акустоавтомата, счетчика ленты, автореверса, индикатора работы и другими элементами.

Запись речи в диктофонах производится на микрокассете со скоростью 2,4 или 1,2 см/с, длительность записи в зависимости от скорости и типа кассеты составляет от 15 мин до 3 часов.

Металлические корпуса диктофона и дополнительного кожуха-экрана существенно ослабляют электромагнитное излучение коллекторного двигателя, но не исключают его обнаружение на небольшом удалении в десятки см.

В цифровых диктофонах лентопротяжный механизм отсутствует, а запись речевой информации производится в цифровой форме на полупроводниковых запоминающих устройствах [17]. Отсутствие в цифровых диктофонах лентопротяжного механизма исключает акустические шумы, но в качестве его демаскирующего признака проявляются высокочастотные излучения, создаваемые импульсами тактовой частоты аналого-цифрового преобразователя и полупроводниковой памяти.

#### **Закладные устройства.**

**Построение и общие характеристики закладных устройств.** Радиоэлектронные закладные устройства представляют собой организованный канал несанкционированного получения и передачи в пункт приема аудио и визуальной информации, а также информации передаваемой по сетям связи.

Закладные устройства можно классифицировать по нескольким признакам:

- радиозакладные устройства, излучающие в эфир;
- закладные устройства, не излучающие в эфир (с передачей перехваченной информации по сетям связи, управления, питания и т.д.);
- радиозакладные устройства с переизлучением;

- закладные устройства с передачей перехваченной информации по стандартному телефонному каналу.

В первую группу входят радиозакладные устройства, предназначенные для получения аудиоинформации по акустике помещения, телевизионные закладные устройства, предназначенные для получения аудио - и визуальной информации, и радиозакладные устройства в телефонных линиях связи, устройства обработки и передачи информации, сетях питания и управления. Передача перехваченной информации происходит радио- или телевизионным радиосигналом.

К закладным устройствам с передачей информации без излучения в эфир можно отнести группу закладных устройств в линиях связи, питания, управления и охранной сигнализации с использованием этих линий связи для передачи перехваченной информации.

В ряде закладных устройств передача перехваченной информации осуществляется по стандартному телефонному каналу. Это так называемые закладки типа «длинное ухо», «с искусственно поднятой трубкой».

Существует целая группа закладных устройств, обеспечивающих получение информации по акустике помещения за счет модуляции акустическим сигналом отраженного микроволнового или ИК-сигналов от элементов, на которые воздействует акустический сигнал. Это могут быть: стекла, окна, различные перегородки, резонаторы, специальные схемы и т. д.

Проявление рассмотренных выше групп закладных устройств при передаче перехваченной информации различно, т.к. они могут проявляться в радиодиапазоне, как радиоизлучения с различными видами модуляции или кодирования, в ИК-диапазоне, как низкочастотные излучения в линиях связи, управления, питания, в стандартных телефонных каналах или в виде облучающих сигналов.

В зависимости от предназначения закладных устройств выделяется, прежде всего, «зона несанкционированного получения информации». Это может быть воздушное пространство (для воздушной акустической волны), несущие конструкции, трубы водопроводной или паровой сети для структурной акустической волны, элементы тракта обработки и передачи информации и т.п.

### **Общие характеристики закладных устройств**

1. Исполнение: в виде технических модулей закамуфлированных под технические элементы и устройства, элементы одежды, бытовые предметы.
2. Мощность излучения: до 10 мВт – малая, от 10 до 100 мВт – средняя, более 100 мВт – большая, с регулируемой мощностью излучения.
3. Используемый вид модуляции: – АМ, FM, NFM, WFM, шумоподобные сигналы.
4. По стабилизации частоты:
  - нестабилизированные,
  - со схмотехнической стабилизацией частоты,

- с кварцевой стабилизацией.

Один из ограничивающих моментов использования закладных устройств – гарантированная дальность перехвата информации. Эта дальность в ряде случаев является определяющей в организации поиска закладных устройств. Применительно к закладным устройствам, обеспечивающим перехват аудиоинформации, важна максимальная дальность перехвата либо воздушной, либо структурной волны датчиками съема подобной информации. В качестве таких датчиков используются микрофоны, стетоскопы или геофоны. Возможная дальность перехвата аудиоинформации, разговоров, передаваемых воздушной волной в пределах 10 м, структурной волной – через кирпичные и бетонные стены – 0,8...1,0 м и сейсмической волны – до 10 м при малых акустических шумах (до 5 м при средних акустических шумах).

Установка закладных устройств перехвата информации из каналов обработки информации или систем передачи данных и связи определяется либо местом установки комплекса, либо возможностью установки закладного устройства на линии связи.

Например, радиозакладное устройство для перехвата телефонных переговоров может быть установлено в телефонной трубке, телефонном аппарате, соединительной коробке, разделительной телефонной коробке, на отрезках линий, соединяющих эти устройства, и т.д., вплоть до АТС. Место установки комбинированной телефонной закладки (перехват телефонных переговоров и акустики помещения) определяется зоной гарантированного перехвата акустической информации из определенного помещения (как правило, порядка 10 м от интересующего источника).

**Радиозакладные устройства.** Перехваченная информация может быть передана по радиоканалу (радиозакладки), по сетям питания, управления, связи (закладные устройства).

Простейшая акустическая радиозакладка содержит: микрофон, микрофонный усилитель, генератор несущей частоты, модулятор, усилитель мощности, антенну и источник электропитания (рис. 5.5).

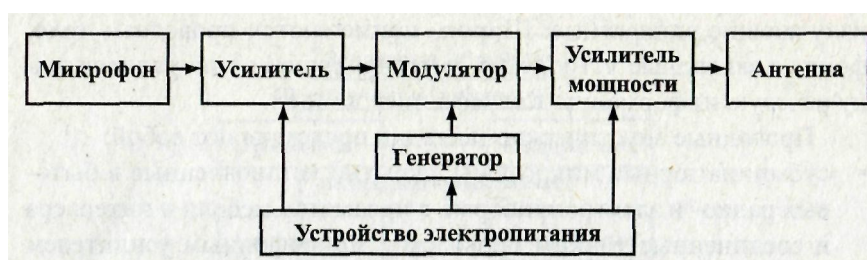


Рис. 5.5. Структурная схема акустической радиозакладки

Микрофон преобразует акустический сигнал с информацией в электрический, который усиливается до уровня входа модулятора. В модуляторе производится модуляция колебания несущей частоты усиленным сигналом с микрофона, т. е. информация переписывается с низкочастотного носителя на высокочастотный носитель. Для обеспечения необходимой мощности излучения модулированный сигнал усиливается в усилителе мощности. Электриче-

ская схема современных закладных устройств всё чаще дополняется устройствами, обеспечивающими тактическое закрытие передаваемой информации.

Излучение радиосигнала в виде электромагнитной волны осуществляется антенной, как правило, в виде отрезка провода. Для телефонных излучающих закладных устройств в качестве антенны используются провода телефонных линий. Так как антенны в виде кусков провода (диполей) или проводов линий плохо согласуются с длинами волн генерируемых передатчиком колебаний, то лишь небольшая часть мощности электрических сигналов излучается в эфир.

В целях сокращения веса, габаритов и энергопотребления в радиозакладке указанные функции технически реализуются минимально возможным количеством активных и пассивных элементов. Простейшие закладки содержат всего один транзистор.

Для выявления излучающих в эфир радиозакладок необходимо определить возможный диапазон их работы и используемые виды модуляции и закрытия. Как следует из анализа существующих радиозакладных устройств, диапазон их работы достаточно широк и имеет тенденцию к продвижению в более высокие диапазоны, к использованию устройств с «прыгающими» частотами.

В настоящее время на специальные технические средства в России для радиозакладных устройств выделен диапазон частот 415...420 МГц. Однако в эксплуатации можно встретить большое количество радиозакладок диапазона 20...2000 МГц.

Это существенно усложняет задачу поиска радиозакладных устройств по их излучениям. Серьезное усложнение в поиске закладных устройств вызывают изменяющиеся и совершенствующиеся виды модуляции и закрытия, используемые в закладных устройствах. Так, например, широко распространенные на начальном этапе радиозакладные устройства строились с использованием амплитудной модуляции, что позволяло использовать в качестве приемного устройства комплекса обычные бытовые приемные устройства. Однако это положительное качество часто превращалось в отрицательное, так как перехваченная и переданная в эфир информация легко обнаруживалась теми, кому она не предназначалась, – обывателями, которые, прокручивая ручку своего бытового приемника, вдруг обнаруживали в эфире разговор своего соседа. Естественно, что такое обнаружение, как правило, приводило к последующему уничтожению иногда с очень большим трудом установленных закладных устройств.

В радиозакладных устройствах в основном применяется модуляция несущей частоты передатчика, однако встречаются радиозакладные устройства с модуляцией сигнала промежуточной частоты или двойной модуляции (например, радиозакладка РК-1970-SS). Прием таких сигналов на обычный супергетеродинный приемник невозможен (после детектирования прослушивается обычный шум). Для приема может быть использован только специальный приемник.

В процессе появления и развития радиозакладок на нашем рынке существенное изменение претерпели и виды модуляции, используемой в них. И хотя в наше время все еще широко используются радиозакладки с WFM (широкополосной) и NFM (узкополосной) модуляцией, появился принципиально новый класс радиозакладных устройств с дельта-модуляцией. Кроме того, в профессиональных радиозакладках используют такие сложные сигналы, как шумоподобные или с псевдослучайной перестановкой несущей частоты. Например, в радиозакладках SIM-PR-9000T и РК-1970 используются шумоподобные сигналы с фазовой манипуляцией и шириной спектра 4 и 5 МГц.

При кодировании перехваченной информации часто применяется аналоговое скремблирование, изменяющее характеристики речевого сигнала таким образом, что он становится неразборчивым. Так, в радиозакладке РК-2010 S используется простая инверсия спектра с точкой инверсии 1,862 кГц, а в радиозакладке «Брусок-ЛЗБ ДУ», РК-1380 SS – сложная инверсия спектра. В ряде закладок используется преобразование речевой информации в цифровой вид (радиозакладки РК-1195-SS, РК-2050), а в радиозакладках SIM-PR-9000T и РК-1970 наряду с преобразованием информации в цифровой вид используется ее шифрование [18].

В технических характеристиках ряда радиоприемных устройств поиска радиозакладок количество возможных, для гарантированного перехвата, видов модуляции и кодирования не перекрывает возможностей, заложенных в закладных устройствах. Это существенно усложняет поиск закладных устройств по их излучению, требует постоянной модернизации радиокомплексов для обеспечения поиска и перехвата, постоянно обновляемых и появляющихся новых видов модуляции и закрытия передаваемой перехваченной закладными устройствами информации [19].

Существенное значение для организации каналов передачи перехваченной информации в радиодиапазоне имеет используемая в закладном устройстве антенная система. В качестве таковой могут быть использованы собственное антенное устройство либо случайная антенна.

В качестве собственной антенны используется обычно четвертьволновая антенна, имеющая круговую диаграмму направленности, что удобно для снимающего информацию, так как не предъявляет особых требований для установки аппаратуры перехвата, но размеры антенной системы зависят от используемого диапазона. В диапазонах ОВЧ и УВЧ в качестве антенны обычно используются проволочные четвертьволновые антенны, при переходе в СВЧ диапазон штыревая антенна. Известны случаи использования в СВЧ диапазоне направленных антенных систем, что позволяет уменьшить риск обнаружения закладного устройства, так как диаграмма направленности по максимуму в этом случае направлена на радиоприемное устройство съема информации. В качестве таких антенн часто используют спиральную или рамочную антенну.

Случайные антенны. Зачастую картина существенно изменяется, если в качестве передающей антенны используются отрезки линии передач, в которые включаются закладные устройства, так называемые случайные антенны.



Шнур, соединяющий трубку с телефонным аппаратом (в случае, если закладка помещена в телефонную трубку, например в капсулу телефонной трубки) или отрезки телефонной линии передачи (если закладное устройство включается в розетку телефонной линии). В последнем случае длина этих отрезков может быть самой различной, и диаграмма направленности и поляризационные характеристики антенны получаются самыми различными.

При использовании радиозакладок, работающих в ИК-диапазоне, приемное устройство (с антенной) камуфлируется, как правило, в приборах наблюдения или фотосъемки, так как для этого диапазона частот антенное устройство должно быть выполнено в виде фокусирующего устройства. Наряду с таким положительным качеством, как хорошее скрытие факта передачи, следует отметить необходимость строгой фиксации положения закладки и приемного устройства, а также обеспечение прямой видимости между ними (для обеспечения минимального затухания на трассе передачи перехваченной информации). Для противодействия перехвату излучений радиозакладных устройств в последних используется включение радиозакладки только на момент проведения переговоров в помещении, где установлена радиозакладка. Это может быть осуществлено путем включения в схему радиозакладки системы управления включения передатчика от голоса (система VAS или VOX). В этом случае радиозакладка работает (при отсутствии источника акустического сигнала) в дежурном режиме как приемник акустического сигнала, что требует минимального потребления от источника питания. При появлении в помещении источника акустического сигнала система включает радиопередатчик, и закладка работает в полном режиме с передачей перехваченного акустического сигнала. Включение такой системы в состав радиозакладки позволяет повысить ее скрытность и увеличивает срок ее действия.

Для этих же целей может быть использована система дистанционного управления. Как правило, эта система используется для включения и выключения передатчика радиозакладки, а также для изменения режима работы передатчика, величины излучаемой мощности и параметров излучаемого сигнала.

Это довольно сложные системы, имеющие канал приема сигналов управления. В такой системе в дежурном режиме работает только радиоприемное устройство контроля управления, после подачи сигнала управления включается передающее устройство радиозакладки. Для передачи сигнала управления используется, как правило, УКВ диапазон, сигналы управления кодируются в целях избежания ложных срабатываний.

В настоящее время разработаны радиозакладные устройства, которые могут контролировать несколько помещений (например, имеют два и более микрофонов для контроля различных помещений). Система дистанционного управления позволяет осуществлять подключение контролируемых помещений, оптимизировать мощность излучения передатчика закладки в целях их защиты от перехвата радиоизлучений закладного устройства.

Еще одним способом повышения скрытности передаваемой радиозакладкой информации является использование промежуточного накопления

перехваченной информации. В состав такого радиозакладного устройства входит цифровой накопитель, передатчик для ускоренной передачи накопленной информации и канал управления работой радиозакладки. В подобной радиозакладке в течение нескольких часов (6...14 ч) накапливается перехватываемая информация, а затем в течение 7...14 мин передается в эфир. Естественно, что использование возможных способов сокрытия передаваемой информации существенно сказывается на требованиях к радиоприемному устройству поиска закладных устройств по их излучению.

Радиозакладные устройства выполняются в виде технологических модулей или закамуфлированными в определенные устройства.

Ни рис. 5.6 приведены фотографии некоторых видов закладных устройств [20].



а) Акустическая радиозакладка с FM-модуляцией РК-805-SS с источником питания



б) Камуфлированная закладка РК-1025-SS



- в) Акустическая радиозакладка РК-1970 использующая шумоподобные сигналы с фазовой манипуляцией и шириной спектра 4 МГц.



- г) Акустическая радиозакладка РК-1380 использующая аналоговое скремблирование (сложную инверсию спектра)

Рис. 5.6. Примеры некоторых видов закладных устройств

Определенные ограничения на использование радиозакладных устройств оказывают необходимые для их работы источники питания. Проблема не стоит остро, если для питания используются внешние источники питания - сеть питания (постоянная или переменная), телефонная линия связи, источники питания устройств, под которые закамуфлированы радиозакладные устройства. Однако и при этом мощность, отбираемая из этих сетей для питания радиозакладок, должна быть ограниченной. Это связано, прежде всего, с тем, чтобы по отбору этой мощности нельзя было определить наличие закладного устройства. Данное требование ограничивает мощность таких радиозакладок и дальность их действия. При питании радиозакладных устройств от автономных источников питания (батарей, аккумуляторов и т.п.) время их работы может составлять от нескольких часов до нескольких месяцев. Использование схем управления работой передатчика (дистанционных систем управления работой передатчика и т.п.) позволяет увеличить временной интервал работоспособности радиозакладного устройства и довести его до нескольких лет при обеспечении режима работы закладки по включению до одного – двух месяцев.

Известны случаи, когда питание радиозакладных устройств осуществлялось от систем светопреобразования, причем такие системы дают питание, как от естественного, так и от искусственного света.

Например, такой светопреобразователь может начинать работу при включении света в помещении, где установлена закладка, и, следовательно, такая радиозакладка будет работать только в момент наличия света в помещении.

**Радиозакладные переизлучающие устройства.** Первые сведения о радиозакладных устройствах с переизлучением относятся к середине 1940-х годов, когда в одном из патентов было описано устройство, в конструкцию которого был определенным образом включен четвертьволновый резонатор, настроенный на частоту 330 МГц (рис. 5.7) [16].

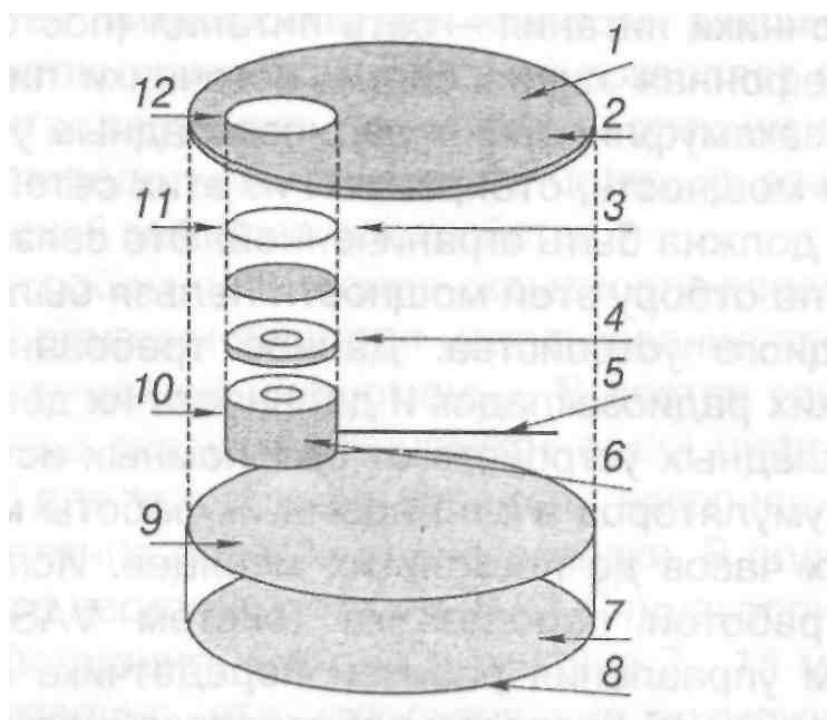


Рис. 5.7. Конструкция переизлучающей радиозакладки:

- 1 – крышка из диэлектрического материала;
- 2 – место стыковки с металлическим цилиндрическим стаканом;
- 3 – вставная крышка из ферритового материала;
- 4 – кольцо из изолятора;
- 5 – антенна (четвертьволновый вибратор на частоту 330 МГц);
- 6 – согласующий подстроечный конденсатор;
- 7 – специальная жидкость;
- 8 – стакан;
- 9 – слой маслянистой жидкости, реагирующей на звуковые колебания;
- 10 – металлический цилиндр (катушка индуктивности);
- 11 – металлический цилиндр;
- 12 – отверстие для установки резонатора с антенной

Оболочка резонатора «прозрачна» для волн УКВ диапазона и поэтому волна от внешнего источника этой частоты эффективно отражается от резонатора. С другой стороны, его расположение на слое маслянистой жидкости приводит к тому, что при возникновении акустического поля резонатор приходит вместе с этим слоем в микроколебания, соответствующие акустическому (речевому) сигналу, и в такт с этими колебаниями изменяется добротность и резонансная частота резонатора.

Отраженный сигнал, таким образом, модулируется информационным акустическим сигналом и в месте приема может быть довольно легко выделен.

Спецслужба Англии (MU5) изготавливала эти устройства, которое использовалось как спецслужбами Англии, так и Америки под кодовым названием «Сатир». По этому же принципу работают закладки, называемые аудио-транспондерами (SIM-АТР-16, РК-500 и др.).

Подобные устройства работают в УКВ и СВЧ диапазонах. Передатчик узкополосным, практически моночастотным сигналом облучает транспондер, в приемнике которого выделяется зондирующий сигнал и подается на модулятор. В качестве модулирующего используется сигнал, поступающий с микрофона или микрофонного усилителя.

Промодулированный отраженный сигнал переизлучается в целях его маскировки на фоне более мощного облучающего сигнала, его частоту несколько сдвигают относительно частоты облучающего сигнала. Например, для аудиотранспондера SIM-АТР-16 резонансный контур выходного каскада транспондера расстроен относительно частоты облучающего сигнала на частоту 12 кГц (облучающий сигнал – 160 МГц, переизлученный – 160,012 МГц).

Приемопереизлучающая система использует плоскую кольцевую антенну. Транспондер имеет размеры 90×90×4 мм, что позволяет легко маскировать его в помещении. Мощность переизлученного сигнала зависит от мощности облучающего сигнала, и если последняя находится в пределах 10 Вт, то обеспечивается дальность перехвата 50...300 м.

Время функционирования транспортера составляет 2000...4000 ч. Использование в качестве облучающей более высокой частоты позволяет уменьшить размеры аудиотранспондера. Так, в SIM-ТР-40, где в качестве облучающей используется частота 800...950 МГц, размеры транспондера равны 6×24 мм. При питании от внутренней батареи с напряжением 3 В время работы транспондера около 4 месяцев.

**Закладные устройства типа «длинное ухо».** Отдельной по принципу работы является группа закладных устройств, относящаяся к закладкам типа «длинное (телефонное) ухо» или закладка «с искусственно поднятой трубкой» [16]. Последнее название достаточно точно определяет принцип работы этого типа закладного устройства.

При опущенной телефонной трубке на телефонную линию замкнута система вызова (механическая или электрическая), которую инициирует сигнал вызова. Когда абонент поднимает трубку, к линии подсоединяется телефонный аппарат и обеспечивается связь. Закладка с «искусственно поднятой трубкой» обеспечивает подсоединение телефонного аппарата и, следовательно, микрофона телефонной трубки (или дополнительного микрофона) к линии без механического подъема телефонной трубки.

Подача сигнала об искусственном подъеме телефонной трубки может осуществляться различными способами. Например:

- набирается номер телефона с закладкой;
- после первого (второго и т.п.) вызывного сигнала кладется трубка (при этом вызов в самом телефонном аппарате подавляется);
- через определенный интервал времени (10...40 с) осуществляется повторный вызов;
- для того чтобы посторонний, случайно попавший с вызовом в этот отрезок времени, не подключился к системе через 45...60 с подается сигнал отбоя;

- через указанный промежуток времени закладное устройство подключается к линии, и производится контроль акустики помещения. Следует отметить, что при подключении к телефонному аппарату дополнительных микрофонов может быть организован контроль других помещений;

- при поднятии телефонной трубки закладка отключается. Известны и другие способы подключения телефонов с закладкой:

- после набора номера телефона с закладкой в телефонную линию транслируется специальный звуковой сигнал через микрофон аппарата прослушивания (подобное устройство называется бипером);

- при прохождении этого специального сигнала система подключает телефон с закладкой на прослушивание.

Особенностью подобных закладных устройств является их большая дальность действия - практически по всему земному шару.

**Телефонные закладки.** Телефонными закладками называются закладки, предназначенные для перехвата информации, передаваемой по телефонным линиям связи. Перехваченная информация может записываться на диктофоны или передаваться по радиоканалу с использованием микропередатчиков. Телефонные закладки так же, как и акустические, можно классифицировать по виду исполнения, месту установки, источнику питания, способу передачи информации и ее кодирования, способу управления и т.д.

Выполняются они или в виде отдельного модуля, или камуфлируются под элементы телефонного аппарата, например, конденсатор (рис. 5.8 – телефонная радиозакладка РК-130-S), телефонный или микрофонный капсюли (рис. 5.9 – телефонная радиозакладка РК-110-S), телефонный штекер или розетку и т.д.[2]. Телефонные закладки могут быть установлены последовательно в разрыв одного из телефонных проводов, параллельно или через индукционный датчик.



Рис. 5.8. Телефонная радиозакладка РК-130-S



Рис. 5.9. Телефонная радиозакладка РК-110-S

**Сетевые закладные устройства.** Электросеть здания и ее элементы могут быть использованы злоумышленником для установки и питания закладных устройств, а также передачи перехваченной информации. Проводные системы скрытого аудиоконтроля предназначены для негласного съема и передачи аудиоинформации по проводным линиям. Прием сигналов аудиоинформации производится специальными приемниками серии КПП.

Изделия серии КПП предназначены для контроля акустической обстановки помещения с передачей информации по линиям проводных коммуникаций: электрической сети переменного тока -220 В частотой 50 Гц (КПЛ-С) или телефонной сети на поднесущих частотах (КПЛ-Т). Прием передаваемой информации осуществляется на специальное приемное устройство, позволяющее принимать сигнал от трех передатчиков информации. Приемник оснащен гнездами для подключения головных телефонов, магнитофона и внешнего источника питания. Кроме того, закладные устройства могут быть закамуфлированы под розетку, тройник-розетку, различные переходники, в лампах, электрических светильниках, торшерах и т.п. Часть закладных устройств выпускается без камуфляжа для того, чтобы потребитель мог их устанавливать по своему усмотрению.

Закладные устройства, связанные с электросетью, могут быть условно разделены на две группы:

- закладные устройства, обеспечивающие контроль акустической информации помещения с передачей перехваченной информации по сети электропитания;
- радиозакладные устройства, обеспечивающие акустический контроль помещения с питанием от сети электропитания и передачей перехваченной информации по радиоканалу.

Одной из существенных особенностей подобных закладных устройств является неограниченное время их работы (пока есть сеть питания). Закамуфлированные под широко используемые в быту и работе такие приборы, как удлинители, тройники, настенные лампы и другие бытовые электроприборы, подобные закладные устройства довольно просто могут быть «внедрены» в интересующее помещение.

В подобных устройствах акустический канал микрофона выполняется как конструктивные зазоры устройства, в которые камуфлируется закладка.

Габариты устройств камуфляжа обеспечивают расположение передающих устройств и при необходимости антенных систем.

Все устройства камуфляжа сохраняют свое прямое предназначение. Включение закладных устройств обеспечивается, как правило, включением камуфлирующего устройства (удлинитель, тройник и т.п.) в сеть.

Однако для таких устройств существует ряд ограничений. Например, не рекомендуется использовать изделие для подключения приборов с большим потреблением электроэнергии (более 0,5 кВт), так как иначе может появиться сетевой фон в акустическом канале. Не рекомендуется устанавливать радиомикрофон вблизи источников акустических помех – холодильника, вентилятора, трансформатора, телевизора и т.п.

Для обеспечения большей скрытности закладных устройств используется дистанционное управление, позволяющее включать закладное устройство только на необходимое время. Рассмотрим основные характеристики некоторых закладных устройств с питанием от электросети и передачей информации по сети электропитания.

На рис. 5.10 приведена фотография сетевой акустической закладки РК-1295-SS, использующей псевдослучайную перестройку несущей частоты в диапазоне 200...400 кГц [19].

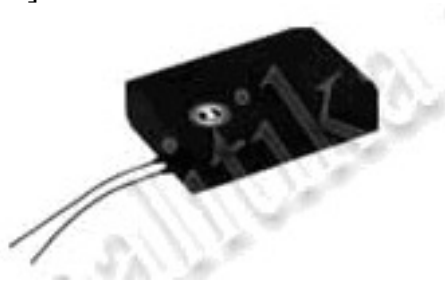


Рис. 5.10. Сетевая акустическая закладка РК-1295-SS

С использованием сетевых закладок возможна передача информации на значительные расстояния (до 300...500 м) в пределах одного или нескольких зданий, питающихся от одной низковольтной шины трансформаторной подстанции [20]. Несущая частота в сетевых закладках выбирается, как правило, в диапазоне 40...600 кГц. Но для передачи информации могут использоваться частоты и более высокого диапазона (например, 3...7 МГц). В этом случае принцип работы сетевой закладки мало, чем отличается от принципа работы обычной радиозакладки, у которой в качестве антенны используется силовой провод. Для приема информации, передаваемой такой закладкой, не обязательно подключаться к силовой линии, достаточно поместит приемник вблизи нее.

**Электронные стетоскопы.** Выше говорилось, что в виброакустических каналах утечки информации средой распространения речевых сигналов являются ограждающие строительные конструкции помещений (стены, потолки, полы). Для перехвата речевых сигналов в этом случае используются



вибродатчики (акселерометры). Вибродатчик, соединенный с электронным усилителем называют электронным стетоскопом. Электронный стетоскоп позволяет осуществлять прослушивание речи с помощью головных телефонов и ее запись на диктофон.

Если доступ в контролируемое помещение невозможен, но не исключен доступ в соседние помещения, то для снятия информации могут использоваться радиостетоскопы. Тактика их применения аналогична применению обычных стетоскопов, но наличие радиоканала исключает необходимость присутствия агента или записывающей аппаратуры в момент снятия информации, что дает возможность скрытно устанавливать радиостетоскопы в небольших по размеру малодоступных местах. Способы установки радиостетоскопов приведены на рис. 5.11 [11].

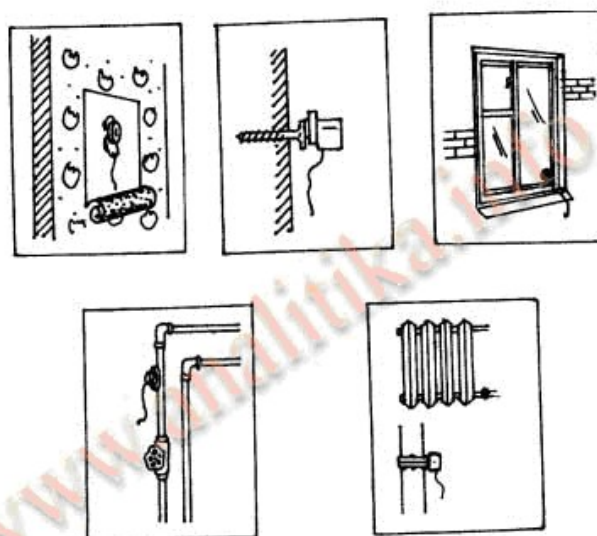


Рис. 5.11

Для съема информации с внешних оконных стекол могут использоваться сверхминиатюрные радиостетоскопы, обвалованные липкой резиновой массой и по внешнему виду напоминающие шарик или комочек грязи. Такой шарик путем броска приклеивается с наружной стороны окна и передает информацию в течение 1...2 дней. По их истечении резиновая масса высыхает, закладка отлипает от поверхности, на которой была прикреплена, и падает вниз. Для установки закладок в местах, физический доступ к которым невозможен, используются специальные бесшумные пистолеты (арбалеты), стреляющие “стрелами-радиозакладками”. Стрела с миниатюрной радиозакладкой, в удароустойчивом исполнении, надежно прикрепляется к поверхностям из любого материала: металла, дерева, пластмассы, стекла, камня, бетона и т.п. при выстреле с расстояния до 25 м [20].

#### 5.4. Технические средства обнаружения и подавления радиоканалов утечки акустической информации

В предыдущих параграфах были рассмотрены возможные каналы утечки информации, основной объем из которых составляют технические каналы. В свою очередь, большую часть из них представляют каналы, получающие информацию, переносимую тем или иным видом промодулированного электромагнитного сигнала. Для передачи сигнала обязательно должно иметься передающее устройство (передатчик) того или иного вида. Одним из основных признаков наличия нелегального передатчика являются незарегистрированные радиоизлучения. Поэтому в арсенале средств обеспечения информационной безопасности важное место занимают устройства, предназначенные для обнаружения и подавления средств несанкционированной передачи информации за пределы контролируемой зоны по радиоканалу. К ним относятся [16]:

- индикаторы электромагнитных излучений;
- радиочастотомеры;
- сканирующие радиоприемные устройства и комплексы;
- нелинейные локаторы;
- устройства функционального подавления закладных устройств;
- устройства физического подавления закладных устройств.

**Индикаторы электромагнитных излучений.** Индикаторы электромагнитных излучений позволяют установить факт наличия в осматриваемом помещении электромагнитного излучения, превышающего заданный уровень. Простейший индикатор состоит из слабонаправленной антенны линейной поляризации, широкополосного радиоусилителя, амплитудного детектора и порогового устройства, что позволяет с его помощью обнаруживать работающие радиозакладки, использующие для передачи информации практически любые виды сигналов (рис. 5.12).

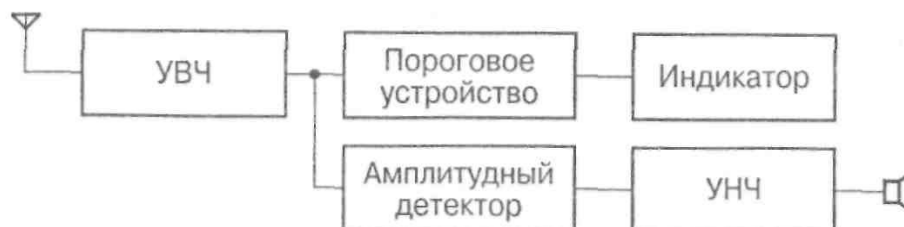


Рис. 5.12. Простейший индикатор электромагнитных излучений

Прибор регистрирует интегральный уровень электромагнитных излучений в месте приема. В случае, когда текущее значение превысит установленный порог, соответствующий естественному уровню внешних излучений (фону), срабатывает световая и звуковая сигнализация.

Радиозакладка обнаруживается в том случае, когда интенсивность создаваемого ею электромагнитного поля, превышает уровень фоновых излучений. Для повышения способности обнаружения применяют аттенюаторы, полосовые и режекторные фильтры, настроенные на частоты мощных внешних источников, и нейтрализующие влияние местных телевизионных и радиовещательных станций.

Введение в схему индикатора усилителя низкой частоты и громкоговорителя дает возможность выделить на фоне внешних сигналов тестовый акусти-

ческий сигнал, т.е. реализовать «акустическую завязку», суть которой состоит в следующем. Модулированное тестовым звуковым сигналом излучение принимается антенной индикатора, детектируется и после усиления поступает на вход динамика. Между микрофоном радиозакладки и динамиком индикатора устанавливается положительная обратная связь, проявляющаяся в виде характерного звукового сигнала, напоминающего свист.

Индикаторы электромагнитных излучений описываются следующими основными параметрами:

- рабочий диапазон частот;
- чувствительность по напряженности электромагнитного поля;
- радиус обнаружения закладки с известной мощностью радиопередатчика;
- наличие режима «акустической завязки»;
- тип индикации;
- возможность прослушивания информации, передаваемой радиозакладкой;

Единственной функцией малогабаритных индикаторов поля является включение индикации при превышении уровнем электромагнитного поля некоторого ранее установленного значения (порога). Индикация таких приборов, как правило, имеет смысл – Да/Нет.

Некоторые индикаторы имеют регулятор чувствительности, с помощью которого устанавливается порог чувствительности. Такие индикаторы могут применяться для обнаружения источников непрерывного электромагнитного излучения в ближней зоне (1...2 м). К достоинствам таких индикаторов следует отнести их малые габариты. Недостатками являются низкие технические показатели, а также отсутствие режимов идентификации источника сигнала (акустозавязка, измерение уровня сигнала, измерение частоты), невысокая чувствительность. Могут применяться для грубой локализации источников излучения.

Профессиональные индикаторы предназначены для проведения поисковых мероприятий, для поиска и локализации источников электромагнитных излучений. Обладают высокими техническими характеристиками, широкими функциональными возможностями. Имеют режим акустической завязки, регулятор чувствительности, полосовые фильтры, обладают высокой чувствительностью, некоторые имеют возможность измерения частоты. Позволяют измерять уровень сигнала, находящегося в ближней зоне, имеют тональную индикацию уровня сигнала (тепло/холодно). Обладают наибольшими преимуществами по сравнению с остальными типами индикаторов поля. Недостатком является высокая цена.

Камуфлированные индикаторы предназначены для неявного применения. Их основной особенностью является то, что эти приборы выполнены в виде обычных предметов, которые применяются в повседневной деятельности с сохранением их основных возможностей. Использование таких индикаторов не вызывает подозрения. Они обладают хорошими техническими ха-

ра характеристиками, высокой чувствительностью. Некоторые имеют скрытую индикацию. Преимуществом является скрытность применения, недостатком – отсутствие возможности идентифицировать источник сигнала.

Рассмотрим характеристики некоторых индикаторов, продающихся на рынке и используемых в настоящее время.

На рис. 5.13 приведена фотография индикатора поля «ЕН-1», предназначенного для поиска, обнаружения и локализации мест скрытой установки различных типов радиопередающих устройств, находящихся в активном режиме [22].



Рис. 5.13. Индикатора поля «ЕН-1»

Индикатор не требует предварительной настройки его параметров или выставления порогов срабатывания в зависимости от электромагнитной обстановки в проверяемом помещении, характеризуется слабой чувствительностью к сигналам удаленных источников и обладает низкой вероятностью ложного обнаружения. Для принятия решения о наличии или отсутствии искомого радиопередающего устройства в данной точке оператору достаточно текущих показаний прибора и не требуется их сравнения с показаниями, снятыми во множестве других точек помещения, что упрощает и облегчает работу оператора.

Характеристики индикатора:

- Частотный диапазон 30...2700 МГц;
- Средняя дальность обнаружения мобильного телефона 0,4 м;
- Средняя дальность обнаружения типового радиозакладного устройства мощностью 10мВт – 0,4 м;
- Время непрерывной работы не менее 4 часов;
- габариты 135×70×25 мм;
- Цена: 10 500 руб.

На рис. 5.14 приведены фотографии индикаторов поля «ST 006» и «Protect 1203» [22], предназначенных для поиска, обнаружения и локализации мест скрытой установки различных типов радиопередающих устройств, находящихся в активном режиме. Это радиозакладки, радиостетоскопы, скрытые видеокамеры с передачей информации по радиоканалу, радиомаяки

систем слежения за перемещением объектов, сотовые телефоны, радиостанции и радиотелефоны. В отличие от индикатора поля «ЕН-1» имеют режим акустической обратной связи и работают в диапазонах 30...2500 МГц и 10...3600 МГц. Средняя дальность обнаружения типового радиозакладного устройства мощностью 10мВт 2...8 м.



Рис. 5.14. Индикаторы поля «ST 006» и «Protect 1203»

На рис. 5.15 приведена фотография портативного обнаружителя радиопередающих устройств «Protect 1205» [22].



Рис. 5.15. Портативный индикатор поля «Protect 1205»

Конструктивно индикатор исполнен в виде шариковой ручки, что позволяет пользоваться им незаметно для окружающих. Обнаружитель работает в диапазоне частот 50...2600 МГц, цена 9600 руб.

**Радиочастотомеры.** В отличие от индикаторов электромагнитных излучений радиочастотомеры регистрируют и частоту сигналов, превысивших установленный порог.

На рис. 5.16 приведена фотография портативного частотомера «SCOUT» [22].



Рис. 5.16. Портативный частотомер «SCOUT»

Прибор способен обнаруживать, регистрировать и запоминать 400 значений частот, а также фиксировать до 255 случаев активности источников излучения на каждой из этих частот. Факт обнаружения новой частоты или повторной регистрации частоты, значение которой занесено в память, прибор сопровождает коротким звуковым или вибрационным сигналом (в случае новой частоты – одиночным, в случае уже записанной в память – двойным).

Характеристики радиочастотомера «SCOUT»:

- Рабочий диапазон частот 10...1400 МГц.
- Чувствительность 5 мВ, т. е. прибор обнаруживает радиомикрофоны с расстояния 2...4 метров.
- Имеет интерфейсы двух типов, позволяющие автоматически, практически мгновенно, перестраивать подключаемые к нему сканирующие приемники на зафиксированную частоту.
- Возможность последующей передачи накопленных данных на компьютер.
- фиксирует на 10-разрядном жидкокристаллическом дисплее частоты источников радиоизлучения.
- Шестнадцатисегментный индикатор позволяет оценивать относительный уровень сигналов с точностью 3 дБ на 1 сегмент.
- Габариты (без антенны) 94×70×30 мм.
- Цена 15 400 руб.

На рис. 5.17 приведен внешний вид радиочастотомера «РИЧ-3» [22].



Рис. 5.17. Радиочастотомер «РИЧ-3»

Радиочастотомер измеряет частоту сигналов, превысивших один из пяти задаваемых уровней (+3 дБ, +6 дБ, +12 дБ, +18 дБ, +24 дБ) напряженности электромагнитного поля в диапазоне 100...3000 МГц.

При обнаружении источника излучения на индикаторе, способном регистрировать сигналы с динамическим диапазоном 60 дБ, высвечивается частота принимаемого ВЧ-сигнала, звучит тональный сигнал, происходит засветка сегментов светодиодного устройства отображения.

Характеристики радиочастотомера «РИЧ-3»:

- Чувствительность прибора не ниже 4,6 мВ на краях диапазона (100 МГц, 3000 МГц) и не ниже 1,5 мВ в диапазоне 300...2000 МГц, т. е. радиомикрофоны с выходной мощностью 3...7 мВт, работающие на согласованную четвертьволновую антенну прибор обнаруживает с расстояния 4...7 метров.
- Точность измерения частоты  $\pm 0,002\%$  (важно при подавлении радиозакладок генераторами прицельной помехи).
- Выявление места установки радиозакладки производится методом «акустической завязки» или прослушиванием помещения через головные телефоны, фиксирующие «реакцию на ритм» т.е. на постукивание вблизи подозрительных мест.
- Позволяет регистрировать момент появления постороннего источника радиоизлучений (сторожевой режим работы прибора) и передавать сигнал тревоги по охранному шлейфу
- Габариты (без антенны) 155×55×38 мм.
- Цена 16 520 руб.

На рис. 5.18 приведена фотография ручного измерителя частоты и мощности «РИЧ-8» [22].



Рис. 5.18.

Радиочастотомер «РИЧ-8», по сравнению с прибором «РИЧ-3», имеет характеристики:

- Динамический диапазон 90 дБ.
- Диапазон рабочих частот 0,1...8000 МГц.
- Чувствительность 1,2 мВ.
- Выявление места установки радиозакладки производится методом «акустической завязки» или прослушиванием помещения через головные телефоны, фиксирующие «реакцию на ритм» т.е. на постукивание вблизи подозрительных мест.
- Использует (встроенную) память прибора, часы и календарь для протоколирования и хранения результатов измерений.
- Габариты (без антенны) 115×70×27 мм.
- Цена 35 400 руб.

**Сканирующие приемники.** По массогабаритным показателям и функциональным возможностям сканирующие приемники можно условно разделить на переносимые и перевозимые. К переносимым относятся малогабаритные аппараты массой менее 350 г, имеющие автономные источники питания. Эти приборы осуществляют прием сигналов с амплитудной (AM), узкополосной (NFM) или широкополосной (WFM) частотной модуляцией, однополосной AM (SSB), передаваемые на частотах верхней боковой полосы (USB) или нижней боковой полосы (LSB), а также радиотелеграфные посылки (CW) [16]. Скорость сканирования достигает 20...30 каналов в секунду. Сведения о частоте сигналов фиксируются в устройствах памяти емкостью от 100 до 1000 независимых каналов. Отдельные аппараты управляются с помощью компьютера.



**Режимы работы сканирующих приемников.** Классифицируют три основных режима работы сканеров:

- автоматическое сканирование в диапазоне частот;
- автоматическое сканирование на фиксированных частотах;
- ручное сканирование.

При реализации первого режима устанавливают границы диапазона сканирования, шаг перестройки частоты и вид модуляции. Для сокращения времени, возможно, сканирование с пропуском частот, данные о которых занесены в память аппарата. Как правило, в современных сканерах имеется от 4 до 20 программируемых частотных диапазонов.

Существует несколько алгоритмов сканирования:

- сканирование прерывается, если уровень принимаемого сигнала превышает заданный порог, и возобновляется по команде оператора;
- сканирование прерывается при обнаружении сигнала и возобновляется после его пропадания;
- сканирование прерывается для анализа сигнала оператором и продолжается через некоторое время.

В ряде сканеров производится запись частот сигналов в процессе сканирования, это тысячи каналов.

Второй режим работы применяют для организации контроля за радиосредствами с известными частотами. При этом в некоторых образцах предусмотрено сканирование по заданному виду модуляции, а также по приоритетным каналам.

При ручном сканировании перестройка приемника осуществляется оператором, а информация выводится на жидкокристаллический дисплей. В ряде образцов на дисплее отображается относительный уровень сигналов в виде п-сегментной диаграммы.

**Рекомендации по выбору сканирующего приемника.** Приобретая сканирующий приемник, следует руководствоваться рядом практических соображений.

Чрезмерное количество каналов вызовет пропорциональное увеличение времени программирования и поиска нужного источника. Реально необходимое число каналов не превышает 400. При этом желательно, чтобы каналы были разделены на банки, что сделает их более доступными для поиска и упростит задачу закрепления за специальными группами источников.

Многие сканеры имеют провалы в частотном диапазоне. Не исключено, что неизвестные источники работают именно в зонах, недоступных для приема с помощью такого аппарата. Чем шире и непрерывнее диапазон рабочих частот сканера, тем более эффективно его применение.

Повышение скорости сканирования достигается введением сложнейших схем, что резко увеличивает стоимость прибора. Целесообразно применение приборов, скорость сканирования которых не превышает 50 каналов за одну секунду. Большую пользу принесет приобретение сканера, способного удер-

живать принимаемую частоту в течение нескольких секунд, необходимых для предварительного анализа. Тогда, в случае небольшого перерыва, например при дуплексной передаче, сканер не уйдет дальше по диапазону в поисках другой рабочей частоты.

Учитывая перегрузку радиоспектра и тот факт, что условия вынуждают работать в ближней зоне излучения передатчиков, не следует стремиться к обладанию сверхчувствительным прибором, так как ничего, кроме лишних шумов в тракте, это не обещает. Чувствительность сканера выбирают, исходя из предполагаемой области его применения.

Существование многих видов модуляции сигналов вызывает необходимость остановить выбор на приборе, детектирующем сигналы с наибольшим числом модулирующих воздействий.

Очень полезной может оказаться способность прибора регистрировать уровень мощности сигнала, что позволит провести селекцию источников по удаленности от точки приема.

Наличие режима выбора приоритетного канала позволяет автоматически переходить к анализу наиболее важного источника в процессе ординарного сканирования.

Если сканер будет функционировать в условиях сильных акустических шумов, следует обратить внимание на выходную мощность прибора, которая не должна быть меньше 200 мВт.

Учитывая универсальность сканирующего приемника как средства обнаружения, необходимо приобретать прибор, система электропитания которого позволит эксплуатировать его в стационарных и полевых условиях.

Фотографии типовых переносимых сканирующих приемников «СКОР-ПИОН-XL», «ОРАКУЛ», «IC-R20» приведены на рис. 5.19,а,б,в соответственно.

Переносимые сканирующие приемники предназначены для автоматического обнаружения сигналов, излучаемых нелегальными радиопередатчиками, представляют собой универсальное комбинированное устройство, сочетающее функции поискового приемника, радиочастотомера, интерсептора и постановщика помех.

**Интерсептор** это устройство, предназначенное для обнаружения излучений закладных устройств в ближней зоне. Интерсептор автоматически настраивается на частоту наиболее мощного сигнала, осуществляет его детектирование, прослушивание через динамик и определяет частоту обнаруженного сигнала и вид модуляции.

При регулировке чувствительности приемников с помощью входного аттенюатора и исключения из поиска частот известных сигналов, время сканирования всего диапазона не превышает 10...15 секунд. В этом случае приборы могут использоваться для непрерывного радиоконтроля с постоянным сканированием заданного диапазона частот.



Рис. 5.19 Сканирующие приемники «СКОРПИОН-XL», «ОРАКУЛ», «IC-R20»

Указанные переносимые сканирующие приемники позволяют:

- производить изучение радиоэлектронной обстановки в конкретном месте его эксплуатации с запоминанием частот сигналов;
- обнаруживать и определять местоположение нелегально существующего передатчика в контролируемом помещении;
- подавлять канал приема сигнала обнаруженного нелегального передатчика путем постановки на его частоте прицельной помехи;
- проверять работоспособность приемников, индикаторов поля, частотомеров и других технических средств с помощью встроенного тестового генератора;
- определять виды модуляции обнаруживаемых аналоговых сигналов и стандарты обнаруживаемых цифровых сигналов.

Приёмники «ОРАКУЛ» и «СКОРПИОН-XL», удостоены медалями на VIII международном форуме "Технологии безопасности-2003", медалями "Гарантия качества и безопасности" на международном конкурсе "Национальная безопасность-2003", дипломами 5-ой межрегиональной выставки "Безопас-

ность. Урал. Поволжье - 2004", золотой медали и диплома сибирской ярмарки "СИББЕЗОПАСНОСТЬ - 2004".

Некоторые характеристики приемников даны в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Характеристика	<b>СКОРПИОН-ХЛ</b>	<b>ОРАКУЛ</b>	<b>IC-R20</b>
Диапазон принимаемых частот	30-2500 МГц	20-3000 МГц	150 кГц- 3304 МГц
Чувствительность	не хуже 40-500 мкВ	23 мкВ- 1,6 мВ	18 мкВ
Выходная мощность генератора помехи	не менее 50 мВт	-	
Время сканирования	15 сек	12 сек	
Количество запоминаемых обнаруженных сигналов	256	999	
Количество исключаемых каналов приёма	9850	999	
Габаритные размеры	165×90× 29 мм	106×68× 32 мм	60×142×35 мм
Цена	65000 руб.	29267 руб.	19435 руб.

### **Автоматизированные поисковые комплексы**

Для перехвата радиосигналов со сложной структурой, применяемых в сотовой, пейджинговой и других видах мобильной связи, создаются специальные приемные комплексы.

Выявление активных средств негласного съема акустической информации (радиомикрофонов, микрофонов с передачей информации по электросети переменного тока, радиотрансляционным и другим проводным сетям, телефонных передатчиков с передачей информации по радиоканалу, радиостетоскопов и др.), локализация их местоположения в пределах контролируемого помещения является первоочередной задачей служб безопасности по защите информации.

Другим важным направлением деятельности являются: постоянный или периодический контроль загрузки радиодиапазона, выявление и анализ новых излучений, оценка их опасности для учреждения, выявление потенциальных и специально организованных радиоканалов утечки информации (например, цифровых радиозакладных устройств или устройств с накоплением и последующей передачей).

Каждая из этих задач – многоэтапная, решается в условиях сложной электромагнитной обстановки как на объектах, так и на выезде, и требует широкой номенклатуры специальных технических средств. Эти средства должны обеспечивать:

- обнаружение за минимальный интервал времени устройств активного съема акустической информации и определение их местоположения;
- панорамный анализ широкого диапазона частот в реальном масштабе времени в условиях сложной электромагнитной обстановки, оценку параметров излучений, адаптацию к окружающей радиообстановке, выявление и анализ ее изменений;
- протоколирование (регистрацию) в течение длительного времени амплитудно-частотно-временной загрузки исследуемого диапазона с привязкой к реальному времени;
- статистический анализ зарегистрированных данных загрузки диапазона с возможностью протоколирования интегральных показателей по каждому радиоканалу (источнику), сравнение с базами данных и выявление корреляционных частотно-временных взаимосвязей между радиоканалами.

Для решения приведенных задач в последнее время все чаще используются автоматизированные программно-аппаратные комплексы ближней радиоразведки, которые позволяют автоматизировать весьма трудоемкие и требующие достаточно высокой квалификации персонала операции по обнаружению, идентификации и локализации источников несанкционированного радиоизлучения.

В простейшем случае такой комплекс может состоять из стандартного сканирующего приемника, управляемого компьютером, работающего под управлением специального программного обеспечения (далее СПО). Более сложные системы также построены на базе управляющего компьютера, сканирующего приемника (в большинстве случаев модернизированного) и различных дополнительных блоков, повышающих быстродействие (блоки аналогово-цифровой обработки и т.д.) и расширяющих функциональные возможности комплекса (аппаратные корреляторы, контроллеры, внешние микрофоны и т.п.).

Достоинствами таких комплексов являются сравнительно невысокая стоимость, модульная организация аппаратной части, допускающая простую модернизацию (замена отдельных функциональных блоков). Малый вес и сравнительно небольшие габариты в сочетании с универсальным питанием (220 В, 12 В) и встроенными аккумуляторными батареями позволяют эксплуатировать комплексы как в стационарных, так и в полевых условиях.

**Принципы функционирования комплексов.** Начальным этапом функционирования автоматизированного программно-аппаратного комплекса является адаптация к окружающей электромагнитной обстановке. На данном этапе автоматически формируется так называемый «файл образца», в который заносится амплитудно-частотная загрузка рабочего диапазона вне контролируемого помещения. Выполнение данной операции позволит впоследствии значительно ускорить обнаружение и анализ «неизвестных» сигналов в контролируемом помещении.

На этапе поиска несанкционированных передающих устройств, персональный компьютер перестраивает сканирующий радиоприемник в заданном диапазоне частот и на каждом шаге перестройки сравнивает уровень принимаемого сигнала с установленным порогом. В случае превышения порога несущая частота обнаруженного источника излучения измеряется и записывается в память. Для обнаруженного сигнала компьютер проверяет предположение о том, что источником излучения является находящийся в помещении радиомикрофон. Проверка может выполняться по следующим признакам:

- обнаруженный сигнал не содержится в списке «Известных» компьютеру;
- обнаруженный сигнал имеет вторую или третью гармоники (что характерно для любых близко расположенных миниатюрных радиопередатчиков);
- обнаруженный сигнал модулируется звуковыми сигналами, воспроизводимыми в помещении;
- спектральные характеристики сигнала изменяются при изменении акустического фона в помещении;
- сравнение уровня принимаемого сигнала от «опорной» (размещенной вне контролируемого помещения) и «рабочей» (находящейся в контролируемом помещении) антенн.

Оператор обычно имеет возможность настраивать специальное программное обеспечение таким образом, чтобы проверка обнаруженного излучения выполнялась сразу по всем этим признакам или только по некоторым из них.

Для проверки по первому признаку необходимо предварительно собрать данные о внешних излучениях (сформировать «файл образца»). Проверка по второй и третьей гармоникам выполняется автоматической настройкой приемника на частоту, соответственно в два или три раза большую несущей частоты обнаруженного излучения.

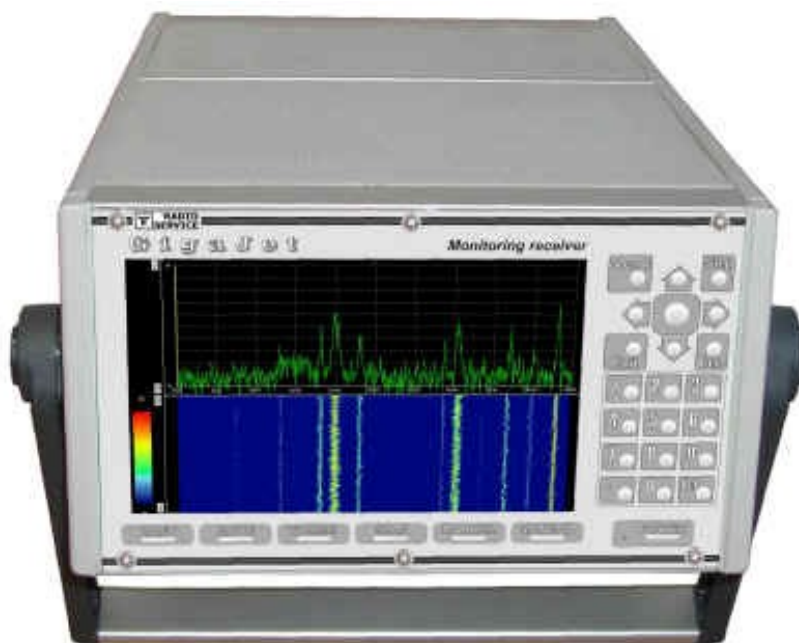
Окончательная идентификация излучений на принадлежность к классу радиомикрофонов осуществляется на основе взаимно корреляционной обработки демодулированного сигнала со специальным зондирующим акустическим сигналом, излучаемым распределенной в контролируемом помещении акустической системой (активное тестирование) или с использованием акустического фона помещения (пассивное тестирование).

Для определения местоположения выявленной закладки чаще всего используется метод акустической локации. В процессе акустической локации акустические системы, встроенные либо подключаемые к комплексу, излучают тестовый сигнал (обычно напоминающий щелчки импульса). При задержке звукового сигнала, принятого по радиоканалу относительно излученного, определяются расстояния от каждой из колонок акустической системы до обнаруженного радиомикрофона. При надлежащем выборе мест размещения колонок компьютер укажет координаты источника излучения на экране как точку пересечения окружностей с радиусами, равными измеренным расстоя-

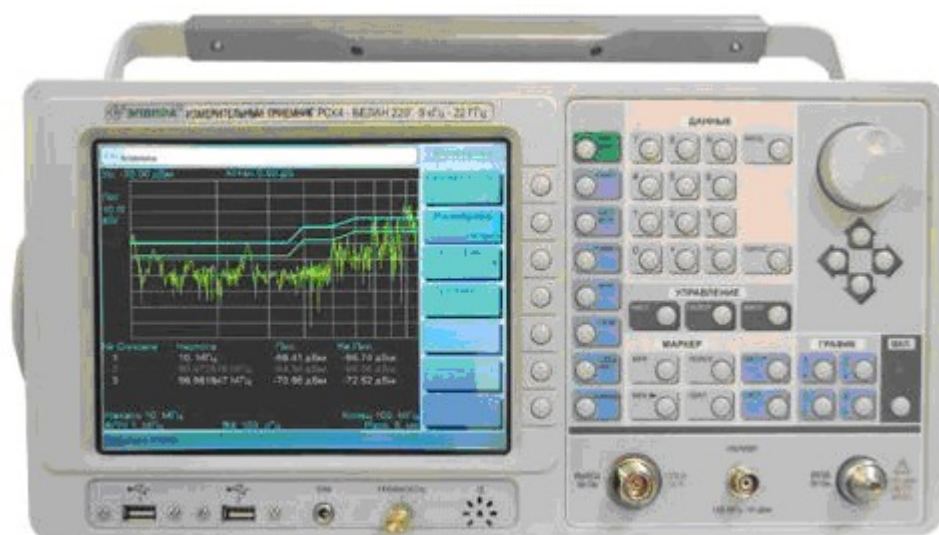
ниям. В настоящее время большинство комплексов оснащено акустической системой, состоящей из двух колонок, что позволяет провести локализацию местоположения закладки только в одной плоскости. Поэтому для определения координат закладного устройства в трехмерном пространстве контролируемого помещения необходимо провести как минимум два теста, располагая колонки акустической системы в горизонтальной и вертикальной плоскостях соответственно. Точность определения местоположения закладки напрямую зависит от местоположения и ориентации акустических систем и увеличивается с ростом числа проведенных акустических тестов.

Альтернативой методу акустической локации может служить метод сравнения уровней сигнала, излучаемого закладным устройством и принимаемого с нескольких антенн, установленных в контролируемом помещении. Для использования данного метода комплекс должен быть оснащен управляемым коммутатором для подключения распределенной антенной системы, что не всегда возможно. Точность данного метода локализации местоположения закладки много ниже, чем у метода акустической локации, однако он может быть более эффективным в случае обнаружения дистанционно управляемых закладных устройств.

Фотографии типовых поисковых комплексов «RS GigaJet», «РСК4-БЕЛАН 220», «ICOM IC-R9500» приведены на рис. 5.20,а,б,в соответственно [22]. Комплексы предназначены для решения задач радиомониторинга, обнаружения несанкционированных передатчиков, в том числе использующих короткие сигналы с большой скважностью, задач измерения параметров радиосигналов, получения спектральных оценок и т.д.



а)



б)



в)

Рис. 5.20. Типовые поисковые комплексы «RS GigaJet», «PCK4-БЕЛАН 220», «ICOM IC-R9500»

Поисковые комплексы содержат линейный приемник, или тюнер, цифровой вычислитель, преобразующий сигналы в цифровую форму и производящий основные математические операции для обнаружения, накопления, фильтрации и демодуляции сигналов, а также встроенный коммуникационный компьютер, осуществляющий общее управление приемниками, ввод данных, визуальное отображение настроек и результатов текущего мониторинга и их передачу по стандартным интерфейсам конечному пользователю.

Встроенное программное обеспечение позволяет регистрировать любые новые, в том числе кратковременные, сигналы на фоне ранее подготовленной усредненной панорамы. Они способны автоматически в течение долей секунды, просмотреть диапазон от единиц до нескольких тысяч мегагерц, зафиксировать частоту сигнала, уровень которого превышает интенсивность радиопанорамы на 15...20 дБ, и обеспечить в реальном масштабе времени прослушивание информации, передаваемой по радиоканалам.

Некоторые характеристики комплексов даны в таблице 5.2.



Таблица 5.2

Характеристика	RS GigaJet	РСК4-БЕ-ЛАН 220	ICOM IC-R9500
Диапазон принимаемых частот	20 МГц-12 ГГц	9 кГц-22 ГГц	0,01-3335 МГц
Чувствительность			0,5...11 мкВ
Уровень собственных шумов		-10 дБ...32 мкВ	
Коэффициент шума	не более 10 дБ		
Габаритные размеры	380×240×150 мм		424×149×340 мм

### Нелинейные локаторы

Свойство электропроводящих материалов отражать радиоволны, было положено в основу радиолокационного обнаружения. Этими свойствами в полной мере обладают электронные средства перехвата информации. Поскольку для опознавания объектов используются нелинейные свойства полупроводниковых схемных элементов, данный вид локации назвали нелинейной, а приборы – нелинейными локаторами.

**Принцип работы нелинейного локатора.** В состав нелинейного локатора (НЛ) входят: передатчик, приемник, приемо-передающая антенная система, устройства индикации.

Способность локатора обнаруживать объекты, содержащие электронные компоненты, основана на следующем. Любые радиоэлектронные устройства (РЭУ) состоят из печатных плат с проводниками (антеннами), к которым подключены полупроводниковые элементы: диоды, транзисторы, микросхемы, представляющие для высокочастотного зондирующего сигнала локатора набор нелинейных отражателей (НО). В результате облучения на этих антеннах наводятся переменные ЭДС. Элементами с нелинейной вольт-амперной характеристикой они преобразуются в высокочастотные сигналы кратных частот (гармоники), переизлучаемые в пространство. Переизлученный сигнал поступает на вход приемного устройства локатора, настроенного на частоты гармоник 2-го или 3-го порядка. По наличию в спектре принимаемого сигнала высших гармоник частоты собственного передатчика устанавливается факт присутствия в зоне зондирования любого РЭУ независимо от того, включено оно или выключено.

Помехами для нелинейного локатора могут быть отражения от соприкасающихся металлических поверхностей. При контакте таких слоев возникает полупроводниковый нелинейный элемент с неустойчивым «р-п» переходом. В физике полупроводников такое образование известно как металл-окисел-

металл, а возникающий элемент называется МОМ-диод. МОМ-структура преобразовывает спектр зондирующего сигнала в частотный спектр, отличающийся от спектра сигнала, отраженного от электронного элемента. Различие обусловлено временной и механической нестабильностью МОМ-структуры и проявляется в соотношении уровней компонентов спектра, являющихся продуктами нелинейных преобразований второго и третьего порядка. Источником помех могут служить и радиопередатчики, работающие на частотах, близких или кратных частоте зондирующего сигнала.

Главное достоинство нелинейных локаторов – способность обнаруживать электронные схемы как во включенном, так и выключенном состоянии, недостаток – сравнительно большое число «ложных» обнаружений естественных нелинейных отражателей типа МОМ.

**Эксплуатационно-технические характеристики нелинейных локаторов.** Основными параметрами, используемыми при сравнении эксплуатационных качеств нелинейных локаторов, являются: режим работы, мощность и частота зондирующего излучения передатчика, чувствительность приемника, направленные свойства антенной системы, точность устройств индикации, а также сервисные возможности приборов.

В зависимости от режима работы передатчика различают нелинейные локаторы непрерывного и импульсного излучения. Мощность излучения в значительной степени определяет коэффициент преобразования («Кп») энергии зондирующего сигнала в энергию высших гармоник. Повышение мощности улучшает характеристики нелинейных локаторов, но одновременно приводит к увеличению опасного воздействия на оператора. Средняя мощность локаторов непрерывного излучения составляет от 0,3 до 3 Вт. Пиковая мощность импульсных нелинейных локаторов при сравнимой или меньшей средней составляет от 150 до 400 Вт, т.е. почти на 30 дБ превышает мощность приборов непрерывного излучения.

Так как эффективность преобразования определяется не средней мощностью излучения, а ее пиковым значением, дальность действия локаторов, работающих в импульсном режиме, оказывается выше, чем у приборов с непрерывным излучением при прочих равных условиях.

Чем выше частота излучения, тем меньше геометрические размеры антенной системы, тем удобнее работа с прибором. Но с увеличением частоты по экспоненциальному закону растет доля энергии, поглощаемой материальной средой, укрывающей средство съема. Вместе с тем при приближении частоты излучения НЛ к рабочей частоте закладки из-за околорезонансных явлений возрастает уровень переотраженных сигналов и, следовательно, вероятность ее обнаружения. Приборы, предлагаемые в настоящее время, работают в частотном диапазоне 100...2000 МГц. Чувствительностью приемника определяется максимальная дальность действия НЛ. Для современных приборов этот показатель составляет минус 110...145 дБ/Вт.

Передающие устройства локаторов, генерирующие зондирующий сигнал, характеризуются:

- режимом работы (непрерывным или импульсным);

- пределами регулирования выходной мощности (дБ);
- частотой непрерывного излучения;
- частотой следования и длительностью радиоимпульса (мкс).

Качество приемного устройства, регистрирующего переизлученные сигналы, отражается следующими показателями:

- частотами настройки на регистрируемые гармоники (2 и 3);
- реальной чувствительностью при определенном соотношении с/ш (дБ/Вт);
- пределами регулирования чувствительности (дБ).

Основными параметрами антенной системы, излучающей зондирующие сигналы и принимающей переотраженные излучения на частотах высших гармоник, являются:

- коэффициент направленного действия (КНД);
- ширина главного лепестка диаграммы направленности по уровню половинной мощности (град);
- уровень подавления задних лепестков диаграммы направленности (дБ);

Эксплуатационные показатели локаторов определяются во многом качеством устройств индикации режимов работы и параметров сигналов. Большинство современных нелинейных локаторов оборудованы многосегментными светодиодными индикаторами и звуковыми сигнализаторами переменного тона.

Для повышения точности идентификации объекта в нелинейных локаторах предусматриваются режимы приема на частотах 2 и 3 гармоник зондирующего излучения, а также прослушивания сигналов, транслируемых средствами съема за пределы обследуемого помещения.

**Методика работы с локатором.** Нелинейный локатор выполняет три основные функции: обнаружение НО, определение местоположения и идентификацию средства съема информации.

Зондирующее излучение легко проникает во многие материалы, мебель, может проходить (с ослаблением) через внутренние перегородки помещений, бетонные стены и полы.

Обнаружительная характеристика нелинейного локатора нормируется только для свободного пространства. В условиях поиска скрытых средств съема информации (ССИ) речь идет не о дальности, а о максимальной глубине обнаружения объектов в маскирующей среде. Оценка ведется по уровню отклика, увеличивающемуся при приближении к объекту, что позволяет определить точное местоположение ССИ.

При работе на открытых площадях или в больших необорудованных помещениях импульсные локаторы могут обеспечить в несколько раз большую дальность обнаружения, чем непрерывные, что позволяет сократить время обследования. При работе в офисах максимальная дальность локаторов обоих типов практически не используется из-за насыщенности выделенных и сосед-

них помещений электронной техникой и контактными помеховыми объектами.

Реальная дальность в этих случаях составляет примерно 0,5 м для локаторов любого типа. Она регулируется оператором с учетом помеховой обстановки путем снижения мощности передатчика или загробления чувствительности приемника до предела, позволяющего различать, от какого объекта пришел отклик. Дальность зависит от типа обнаруживаемого устройства (например, закладка с большей по длине антенной, как правило, обнаруживается на более значительном расстоянии) и условий его размещения (в мебели, за преградами из дерева, кирпича, бетона и т.д.).

Итак, для решения первого этапа поисковых мероприятий обнаружения средств съема информации оператору необходимо проделать следующие операции:

- Включив НЛ, обнаружить и по возможности устранить источники мешающих сигналов.
- Установить максимальный уровень чувствительности приемного устройства и максимальный уровень мощности передатчика зондирующего сигнала.
- Провести контроль помещения на наличие мощных помеховых объектов, как «коррозийных», так и электронных (в основном электронная оргтехника и радиоаппаратура), путем сканирования ограждающих конструкций и предметов интерьера с расстояния примерно 1 м. При этом назначение объектов должно быть точно установлено и они должны быть либо удалены из помещения, либо не приниматься во внимание при дальнейшем поиске. Следует учитывать, что эти помеховые объекты могут находиться в соседних комнатах и на других этажах, которые при необходимости и возможности целесообразно осмотреть.
- После удаления из комнаты источников сильных помех повторить осмотр стен, потолков, мебели и приборов с расстояния 20 см и меньше. В ходе осмотра отметить подозрительные зоны.

Определение местоположения осуществляется путем оценки уровня и пеленга сигнала отклика. Под пеленгом понимается направление, соответствующее максимальному уровню принимаемого сигнала. Следует учитывать, что зондирующие и отраженные сигналы переотражаются близлежащими объектами. Эффективными рефлекторами являются зеркала, металлические плиты, сетки, арматура и т.д. При их облучении можно регистрировать переотраженные сигналы от нелинейных отражателей, находящихся за спиной оператора.

Для определения точного местоположения средств съема информации необходимо:

- снизить уровень излучаемой мощности и чувствительность приемника;

- перемещая антенну около подозрительных зон, анализировать показания светового индикатора и частоту тонального сигнала в головных телефонах;
- определить направление прихода отраженного сигнала максимального уровня, взять пеленг по ориентации антенны;
- определив точное местоположение, приступить к идентификации объекта.

Для исключения ошибки при сравнении показаний индикаторов необходимо по мере достижения любым из светодиодных столбцов максимальной высоты уменьшать чувствительность приемника или снижать мощность передатчика так, чтобы засвеченный шлейф не доходил на один-три сегмента до предела шкалы.

Для четкой идентификации «коррозийных диодов» и полупроводников существует ряд методов, позволяющих достигать высокого практического эффекта.

В приборах, принимающих сигналы отклика одновременно на второй и третьей гармониках зондирующего сигнала, идентификация объекта производится путем сравнения уровней сигналов на выходах обоих трактов приема. При облучении полупроводникового соединения возникает сильное переотражение на частоте 2-й гармоники и слабое на частоте 3-й. МОМ-диод ведет себя иначе, создавая сильное переотражение на 3-й и слабое на 2-й гармониках.

В ряде приборов предусмотрена возможность «прослушивания» демодулированных сигналов гармоник, позволяющая идентифицировать объект, используя эффект изменения уровня шума. По мере приближения НЛ к р-п переходу отмечается значительное понижение уровня шума, достигающего минимума непосредственно над объектом. При облучении МОМ-диодов этот эффект практически не наблюдается.

Однако существуют ложные соединения, также снижающие уровень шума, как и р-п переход. Для их выявления рекомендуется произвести механическое воздействие на подозрительное место.

Любое механическое воздействие приводит к изменению геометрии МОМ-диода и его преобразующих свойств. На практике механическое воздействие осуществляется вибрационным методом, при этом в преобразованном сигнале ясно прослушивается частота вибрации. Уровень вибрации может быть минимальным, поэтому достаточно легкого постукивания рукой по обследуемой поверхности. Даже если модель локатора рассчитана на прием 2-й и 3-й гармоник, данная операция позволяет более точно идентифицировать объект.

На рис. 5.21 приведены фотографии нелинейных локаторов непрерывного излучения «**RED-23**» и «**Катран**» [22].



а)



б)

Рис. 5.21. Нелинейные детекторы непрерывного излучения «**RED-23**» и «**Катран**»

Принцип действия детекторов заключается в следующем. Детекторы имеют приемники 2-ой и 3-ей гармоник частоты сигнала передатчика. Под воздействием сигналов, излучаемых передатчиком, нелинейные (полупроводниковые) элементы электронных устройств генерируют сигналы, являющиеся 2-ой и 3-ей гармониками излученных сигналов. Сигналы гармоник регистрируются приемниками, вырабатывающими визуальные и звуковые сигналы. Специальный режим идентификации позволяет оператору различать сигналы, отраженные полупроводниковыми радиоэлектронными устройствами от сигналов, отраженных естественными (коррозийными) полупроводниками. Отношение мощностей сигналов 2-ой и 3-ей гармоник также позволяет снизить уровень ложных срабатываний. Максимальная мощность излучения 2 Вт, диапазон рабочих частот 890...895 МГц. Данных о глубине обнаружения закладных устройств не имеется.

На рис. 5.22 приведены фотографии нелинейных детекторов импульсного излучения «**Vektor**» и «**Коршун**» [23]. Принцип работы детекторов также основан на анализе 2-ой и 3-ей гармоник частоты сигнала передатчика. Импульсная мощность излучения детекторов составляет 100 и 200 Вт соответственно, частота несущего колебания радиоимпульса составляет 848 МГц.

Локаторы позволяют обнаружить подслушивающие устройства:

- в железобетонных стенах толщиной 80 см;
- в кирпичных и деревянных стенах 150 см;
- в книжных шкафах без выемки книг;
- в столах и ящиках столов;
- под всеми видами полов.



а)



б)

Рис. 5.22. Нелинейные локаторы импульсного излучения «Vektor» и «Коршун»

**Устройства функционального подавления закладных устройств.** Обнаружение с той или иной вероятностью закладного устройства является важным, но лишь одним из этапов предотвращения утечки через них информации. Возникает вопрос о дальнейших действиях. Если обнаружено излучение закладного устройства из помещения, где проводится совещание с участием

представителей других организаций, то изъятие его в ходе совещания может рассматриваться как крайняя, но не желательная мера, так как она нарушит ход совещания и снизит рейтинг организации, не обеспечившей информационную безопасность до начала совещания. Изъятие закладного устройства не всегда целесообразно даже в условиях поисковых мероприятий, так как важно не только обнаружить его, но и выявить злоумышленника, установившего и использующего это закладное устройство. Кроме того, через него можно передавать злоумышленнику дезинформацию.

Поэтому наряду с изъятием обнаруженных закладных устройств возможны иные различные методы их **функционального и физического подавления**. Функциональное подавление приводит к подавлению работоспособности закладного устройства в течение времени воздействия подавляющих сигналов. При физическом подавлении устройство выходит из строя.

Для радиоэлектронного подавления технических средств негласного съема информации и систем дистанционного управления, использующих радиоканал, в том числе и каналы систем мобильной связи, выявленных в контролируемом помещении, могут использоваться программируемые генераторы прицельной помехи и генераторы пространственного зашумления.

Для оперативной нейтрализации радиомикрофонов, выявленных в контролируемом помещении, могут использоваться программируемые генераторы прицельной помехи, применяемые в случае определения частоты радиосигнала, излучаемого закладкой. Если идентифицировать частоту сигнала закладки не удастся, используются генераторы пространственного зашумления.

Генераторы пространственного зашумления создающие заградительные помехи имеют ширину спектра, перекрывающего частоты излучений подавляющего числа закладных устройств, – в диапазоне 20...2000 МГц и более.

Однако подобные генераторы помех эффективно подавляют радиосигналы закладки, если мощность помехи в полосе работы закладки в несколько раз превышает мощность закладки. Учитывая значительную долю на рынке радиозакладок с мощностью излучения порядка 10...20 мВт и тенденцию сужения полосы их стабилизированных частот, применение даже достаточно мощных генераторов помех не гарантирует предотвращение утечки информации. Нарращивание мощности заградительной помехи ограничивается требованиями по экологической безопасности и электромагнитной совместимости излучений помех и сигналов радиовещания и связи в зашумляемом пространстве. Поэтому в большинстве случаев используются генераторы прицельной помехи.

Типовой генератор прицельной помехи содержит цифровой синтезатор частоты, широкополосный усилитель мощности, генератор модулирующего псевдошумового сигнала, схему интерфейса и встроенный импульсный источник питания. Схема интерфейса принимает данные от персонального компьютера или коммутирующего устройства (микроконтроллера) через параллельный порт или по последовательной шине и преобразует их в коды управления частотой синтезатора.



Генераторы имеют два режима работы:

- автономный – управление и настройка на рабочую частоту осуществляется пользователем с помощью соответствующего программного обеспечения;
- автоматический – полное управление генератором осуществляет программное обеспечение поискового комплекса.

В автоматическом режиме работы производятся следующие базовые операции: включение и настройка генератора на частоту обнаруженного излучения, которое идентифицировано комплексом как сигнал радиомикрофона. Если таких сигналов несколько, несущая частота генератора последовательно переключается для нейтрализации всех одновременно функционирующих передатчиков. В последнем случае эффективная мощность помехи уменьшается пропорционально числу таких частот. В нижней половине рабочего диапазона генератор помимо основной частоты излучает гармоники, уровни которых на 10...20 дБ ниже несущей. В результате излучение радиомикрофона будет нейтрализовано не только на несущей частоте, но и на ее гармониках.

На рис 5.23 приведены фотографии генераторов прицельной помехи «Пелена-7М» и «Персей-9» [24], используемые также и как генераторы радишума для маскировки побочных электромагнитных излучений технических средств и систем, обрабатывающих конфиденциальную информацию, установленных в помещениях, предназначенных для проведения секретных совещаний. Могут быть использованы и в целях предотвращения утечки информации в пределах радиуса действия устройства через включенный телефон мобильной связи, а также для обеспечения рабочей обстановки во время проведения переговоров, совещаний и других мероприятиях, требующих тишины.



а)



б)

Рис. 5.23. Генераторы прицельной помехи «Пелена-7М» и «Персей-9»

Генератор «Пелена-7М» работает в диапазоне частот 20...3000 МГц с режимами широкая и узкая полоса с суммарной выходной мощностью до 130 Вт при работе в качестве генератора ради шума. Цена прибора 925000 руб. «Персей-9» имеет рабочий диапазон частот 20...6000 МГц, и обеспечивает надежное предотвращение срабатывания (блокирование) радиовзрывателей от передаваемого командным прибором кодированного радиосигнала в радиусе не менее 40 м. Цена не известна.

Кроме генераторов типа «Пелена-7М» и «Персей-9» для подавления каналов утечки информации через включенный телефон мобильной связи могут быть использованы специально выпускаемые для этой цели генераторы.

На рис. 5.24 приведен внешний вид устройства предотвращения утечки информации «Мозаика +» [22], предназначенного для блокирования работы телефонов во всех стандартах сотовой связи.



Рис. 5.24

**Технические характеристики:**

- диапазон рабочих частот: 463-467,5 МГц; 869-894 МГц; 935-960 МГц; 1805-1880 МГц; 2400-2483,5 МГц.
- выходная мощность:
- в стандартах GSM-900, AMPS/DAMPS, CDMA-800 – не более 2Вт;
- в стандартах GSM-1800 – не более 2Вт;
- в стандартах NMT-450, IMT-MS(CDMA2000 1x) – не более 2Вт;
- в стандартах Bluetooth, WiFi – не более 0,4 Вт;
- дальность подавления – до 45 метров в радиусе от места установки (в зависимости от близости до базовой станции);
- диаграмма направленности антенн – круговая;
- питание – 220В, 50Гц;
- мощность потребляемая - не более 30 Вт;
- габариты – 140×60×190 мм;
- масса – 2,3 кг;
- Цена – 61950 руб.

**Устройства физического подавления закладных устройств.** Физическое подавление закладных устройств предполагает вывод этих устройств из строя. Для этой цели могут быть использованы мощные генераторы импульсных нелинейных локаторов. На рис. 5.24. приведена фотография нелинейного локатора «Циклон М1А» [25], обеспечивающего мощность в импульсе до 600 Вт, и выпускаемого томским предприятием ООО «ВИХРЬ».



Рис. 5.24

## 5.5. Средства противодействия перехвату электрических сигналов в телефонных линиях

**Средства перехвата электрических сигналов.** Добывание информации на носителях в виде электрических сигналов, распространяющихся по проводам, осуществляется путем съема сигналов с этих проводов. Перехват производится контактными и бесконтактными способами. При контактном способе перехвата часть энергии сигнала отводится через физический контакт провода приемника злоумышленника с проводом, по которым распространяется сигнал с информацией. Подключение средства перехвата электрических сигналов к электрическим проводам кабеля может быть последовательным или параллельным (рис. 5.25, а, б).

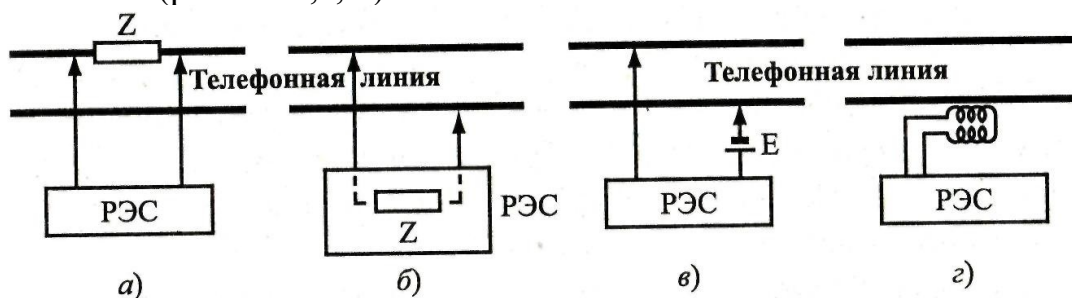


Рис. 5.25. Подключение средства перехвата электрических сигналов

При последовательном подключении в разрыв провода линии включается элемент приемника перехвата – сопротивление, сигнал с которого усиливается и воспроизводится в форме, доступной для человека, анализа или записи на аудио- или видеоманитофон. При параллельном способе средство перехвата подключается к проводам линии параллельно. Наиболее простым средством перехвата сигнала с целью подслушивания речевой информации в телефонных линиях связи является телефонная трубка, которая подключается к проводам со снятой изоляцией телефонной линии с помощью контактов типа «крокодил». Последовательно или параллельно подключаемое средство перехвата можно представить в виде эквивалентного комплексного (активного и реактивного) сопротивления  $Z$ . Поэтому контактное подключение уменьшает энергию сигнала и изменяет электрические параметры линии, к которой подключено средство перехвата. Эти изменения представляют собой демаскирующие признаки средства перехвата, по которым оно может быть обнаружено. Вероятность обнаружения зависит от величины изменения параметров линии и их стабильности.

Для снижения влияния подключенного средства перехвата уменьшают величину включенного последовательно сопротивления до единиц Ом или увеличивают входное сопротивление параллельно подключаемого средства до единиц МОм. Уменьшение напряжения в линии можно компенсировать подачей внешнего дополнительного напряжения  $E$  противоположного знака, как показано на рис. 5.25, в.

Современные средства защиты информации в проводных линиях позволяют обнаруживать последовательно включаемые средства с сопротивлением

до 5 Ом и параллельно подключаемые – до 5 МОм. Кроме того, средство перехвата обнаруживается по изменению индуктивности и емкости линии за счет его индуктивности и емкости, а также по изменению волнового сопротивления линии.

Бесконтактные средства подключения – датчики перехватывают сигналы, которые излучают провода при протекании по ним электрического тока. В этом случае средства перехвата не отбирают у сигналов энергию и обнаруживаются существенно хуже. Вариант подключения бесконтактного дифференциального индуктивного датчика показан на рис. 5.25,г. В катушках датчика наводят ЭДС как поля, излучаемые токами в проводниках линии, так и других внешних полей. С целью компенсации одинаковых по уровню ЭДС внешних полей катушки включены встречно. За счет большей близости одной из катушек к проводу линии наводимая в ней ЭДС больше по величине, чем ЭДС в более удаленной от провода катушке. Чувствительность современных индуктивных устройств съема информации столь велика, что с их помощью удаётся снять информацию с бронированных кабелей.

**Средства контроля телефонных линий.** Учитывая повсеместное распространение телефонов как средств коммуникаций и повышенный интерес злоумышленников к подслушиванию телефонных разговоров, большое внимание при обеспечении защиты информации уделяется способам и средствам контроля телефонных линий.

Способы контроля телефонных линий основаны на том, что любое подключение к ним вызывает изменение электрических параметров линий и сигналов в них: напряжения и тока в линии, значений емкости и индуктивности линии, активного и реактивного ее сопротивлений. В зависимости от способа подключения подслушивающего устройства к телефонной линии (последовательного – в разрыв провода телефонного кабеля или параллельного) влияние подключаемого подслушивающего устройства может существенно отличаться. Так как закладное устройство использует энергию телефонной линии, величина отбора мощности закладкой из телефонной линии зависит от мощности передатчика закладки и его коэффициента полезного действия. Наилучшие возможности по выявлению этих отклонений существуют при опущенной трубке телефонного аппарата. Это обусловлено тем, что в этом состоянии в телефонную линию подается постоянное напряжение  $60 \pm 10$  В (для отечественных телефонных линий) и 48 В (для зарубежных АТС). При поднятии трубки в линию поступают от АТС дискретный сигнал, преобразуемый в телефонной трубке в длинный гудок, а напряжение в линии уменьшается до 12 В.

Для контроля телефонных линий применяются следующие устройства:

- устройства оповещения световым и звуковым сигналом об уменьшении напряжения в телефонной линии, вызванном несанкционированным подключением средств подслушивания к телефонной линии;
- измерители параметров телефонных линий (напряжения, тока, емкостного сопротивления, волнового сопротивления и др.), при

отклонении которых от номинального значения формируется сигнал тревоги;

- «кабельные радары», позволяющие выявлять неоднородности телефонной линии и измерять расстояние до неоднородности (асимметрии постоянному току в местах подключения подслушивающих устройств, обрыва, короткого замыкания и др.).

Простейшее устройство контроля телефонных линий представляет собой измеритель напряжения с индикацией изменения его значения от номинального, которое фиксируется оператором в режиме настройки вращением регулятора на лицевой панели устройства. Предполагается, что при установке номинального напряжения к телефонной линии подслушивающее устройство не подключено. В настоящее время анализаторы проводных линий позволяют обнаруживать подключение подслушивающих устройств, включенных последовательно и имеющих сопротивление не менее 5 Ом, и подключенных параллельно с сопротивлением не более 1,5 мОм.

Как правило, подобные устройства содержат также фильтры для защиты от прослушивания за счет «микрофонного эффекта» в элементах телефонного аппарата и высокочастотного навязывания.

Но устройства контроля телефонной сети по изменению напряжения или тока в ней не обеспечивают надежного обнаружения подключаемых параллельно к линии современных средств подслушивания с входным сопротивлением более единиц МОм. Повышение реальной чувствительности устройств контроля ограничено нестабильностью параметров линии, колебаниями напряжения источников электропитания на АТС и помехами в линии. Для снижения вероятности ложных тревог в более сложных подобных устройствах увеличивают количество измеряемых характеристик линии, предусматривают возможность накопления и статистической обработки результатов измерений в течение достаточно длительного времени как контролируемой линии, так и близко расположенных.

Анализаторы проводных линий информируют о размыкании телефонной линии на время более 20 секунд, которое возникает при последовательном подключении к ней подслушивающего устройства.

Так как любое физическое подключение к кабелю телефонной линии создает в ней неоднородность, от которой отражается посылаемый в линию сигнал, то по характеру отражения и времени запаздывания отраженного сигнала оценивают вид неоднородности и рассчитывают длину участка линии до неоднородности (места подключения). В анализаторах характер схемы подслушивающего устройства оценивается по фигуре Лиссажу, вид которой определяется сдвигом фаз между напряжением и током сигнала, подаваемого на вертикальные и горизонтальные пластины электронно-лучевой трубки.

Наиболее рациональным вариантом является совмещение в одном приборе функции обнаружения несанкционированного подключения к телефонной линии и противодействия подслушиванию. Активное противодействие осуществляется путем линейного зашумления телефонной линии.

### **Методы и средства подавления телефонных закладных устройств.**

Обнаружение с той или иной вероятностью закладного устройства является важным, но лишь одним из этапов предотвращения утечки через них информации. Возникает вопрос о дальнейших действиях. Если обнаружено излучение закладного устройства из помещения, где проводится совещание с участием представителей других организаций, то изъятие его в ходе совещания может рассматриваться как крайняя, но не желательная мера, так как она нарушит ход совещания и снизит рейтинг организации, не обеспечившей информационную безопасность до начала совещания. Изъятие закладного устройства не всегда целесообразно даже в условиях поисковых мероприятий, так как важно не только обнаружить его, но и выявить злоумышленника, установившего и использующего это закладное устройство. Кроме того, через него можно передавать злоумышленнику дезинформацию.

Поэтому наряду с изъятием обнаруженных закладных устройств возможны иные различные методы их **функционального и физического подавления**. Функциональное подавление приводит к подавлению работоспособности закладного устройства в течение времени воздействия подавляющих сигналов. При физическом подавлении устройство выходит из строя.

Функциональное подавление осуществляется сигналами, проникающими во входные цепи закладного устройства и нарушающими его работоспособность. Функциональное подавление телефонных закладных устройств обеспечивается методами:

- «синфазной» низкочастотной помехи
- низкочастотной маскирующей помехи;
- высокочастотной маскирующей помехи;
- «ультразвуковой» маскирующей помехи;
- повышения напряжения;
- понижения напряжения;
- компенсации.

В качестве «синфазной» низкочастотной помехи в провода телефонной линии подаются низкочастотные (в речевом диапазоне) маскирующие псевдослучайные дискретные сигналы с одинаковыми относительно «земли» амплитудами и фазами. В телефонной трубке такие сигналы компенсируют друг друга. Но в закладном устройстве, подключенном в разрыв или поднесенном при индуктивном снятии информации к одному из проводов телефонной линии, такая помеха маскирует полезный речевой сигнал.

**Низкочастотный сигнал**, подаваемый в телефонную линию при опущенной телефонной трубке, имитирует речевой сигнал, который включает записывающее закладное устройство. В результате этого его память (лента или полупроводниковая память) используют свой ресурс на запись помехового сигнала.

Частота **маскирующей высокочастотной помехи**, подаваемой в телефонную линию, выше верхней частоты стандартного телефонного канала и составляет 6...16 кГц. Сигнал помехи проходит через входные цепи закладного устройства и подавляет полезный сигнал. С целью исключения влияния

помехи на сигнал в телефонной трубке между проводами линии включается фильтр низкой частоты с частотой среза около 3400 Гц.

В методе **«ультразвуковой» маскирующей помехи** ее частота выше верхней частоты звукового диапазона. Так как такая помеха не искажает речевой сигнал в линии, то отпадает необходимость в мерах по снижению влияния помехи на качество речи в телефонной линии. Но при этом для обеспечения достаточного уровня помехи, прошедшей через селективные цепи закладного устройства, необходимо повышать амплитуду помехового сигнала, подаваемого в линию.

С целью нарушения режимов работы передатчиков закладных устройств (линейности, частоты излучения и др.) в телефонную линию подают также **дополнительное постоянное напряжение**, повышающее или понижающее номинальное напряжение в линии.

Метод **компенсации** предусматривает подачу в телефонную линию шумового маскирующего сигнала в речевом диапазоне и компенсацию этой помехи на приемной стороне с помощью адаптивного фильтра. На фильтр, включенный в линию до приемного телефонного аппарата, поступают сигнал с помехой из телефонной линии и помеха, подаваемая в линию от генератора помех. В этом случае из сигнала с помехой вычитается помеха, что обеспечивает прослушивание речевого сигнала без помехи.

**Физическое подавление** достигается подачей в телефонную линию импульсных кратковременных сигналов с амплитудой, превышающей напряжение пробоя элементов электрической схемы закладного устройства. Оно выводится из строя и для дальнейшего применения не пригодно. Для гарантированного «выжигания» входных элементов закладного устройства напряжение сигналов физического подавления достигает 1500 В и более. Но при применении метода «выжигания» необходимо строго выполнять требования по отключению от «выжигаемого» участка телефонной линии всех подключенных радиоэлектронных средств и проводов в телефонной коробке или на щите остальных ее участков. Так как закладные устройства могут подключаться к проводам телефонной линии в разрыв одного из них или параллельно, то «выжигание» производится при разомкнутых и замкнутых ее концах.

**Устройства защиты телефонных линий.** Устройства защиты предназначены для обнаружения и функционального и физического подавления закладных устройств подключаемых к телефонным линиям. Рассмотрим некоторые из них.

На рис. 5.26 приведена фотография анализатора проводных линий **«LBD-50»** [22].





Рис. 5.26. Анализатор проводных линий «LBD-50»

**Назначение:** для обнаружения фактов несанкционированного подключения к различным проводным коммуникациям, таким как телефонные линии, электрические сети переменного тока, линии охранной сигнализации и т.п. В анализаторе реализован комплекс методов обнаружения:

- измерения параметров линий, таких как ток утечки, напряжение, сопротивление изоляции. Индикация изменения этих значений относительно номинальных, то есть таких, которые соответствуют значениям, когда к телефонной линии подслушивающее устройство не подключено.
- исследование нелинейных преобразований сигналов, подаваемых в линию. В этом случае в линию подается высокочастотное колебание и наличие 2-й и 3-й гармоник говорит о наличии закладки.
- анализ переходных процессов в линии. В линию посылается короткий импульсный сигнал. Отражение от неоднородности в месте подключения закладки приводит к появлению отклика. По отклику определяется расстояние до закладки, то есть место ее подключения.

Анализатор проводных линий «LBD-50» позволяет проводить анализ линий до 800 м, цена 90 000 руб.

На рис. 5.27 и 5.28 приведены фотографии анализаторов проводных линий «УЛАН-2» и «TALAN» [22].

Кроме возможностей имеющих у анализатора проводных линий «LBD-50» рассматриваемые анализаторы позволяют:

- проводить проверки любых телефонных линий на наличие несанкционированного звукового сигнала.
- осуществлять обнаружение и захват видеосигналов передаваемых в сети, их прием в реальном времени и запись.
- проводить тестирование линий на наличие радиочастотных сигналов до 8 ГГц.



Рис. 5.27. Анализатор проводных линий «УЛАН-2»



Рис. 5.28. Анализатор проводных линий «TALAN»

Цена анализатор проводных линий «УЛАН-2» – 41 000 руб., «TALAN» – 520 000 руб.

На рис. 5.29 приведена фотография модуля для комплексной защиты телефонной линии от прослушивания «ПРОКРУСТ-2000» [26].



Рис. 5.29. Модуль для комплексной защиты телефонной линии от прослушивания «ПРОКРУСТ-2000»

В приборе реализовано запатентованное решение, позволяющее гарантированно предотвращать съём и передачу информации по телефонной линии в промежутках между телефонными переговорами методом постановки активной помехи, подавляющей действие практически любых, существующих на сегодняшний день, телефонных закладок. Прибор позволяет осуществлять обнаружение подключенных телефонных закладок и контролировать постоянную составляющую напряжения в телефонной линии. Диапазон шумового сигнала составляет 50 Гц..10 кГц, амплитуда помехи до 30 В. Цена телефонного модуля «ПРОКРУСТ-2000» – 35 000 руб.

На рис. 5.30 приведена фотография выжигателя телефонных закладных устройств «КОБРА» [27].



Рис. 5.30. Выжигатель телефонных закладных устройств «Кобра»

Выжигатель телефонных закладных устройств «Кобра» предназначен для предотвращения прослушивания помещений устройствами несанкционированного съёма информации, подключенными к любым проводным комму-

никациям путем их электрического уничтожения (выжигания). Импульсное напряжение на выходе устройства 1500 В.

**Средства подавления диктофонов.** Резкое уменьшение габаритов и усиление чувствительности современных диктофонов, а также возможность использования сотовых телефонов в режиме диктофона, привело к необходимости отдельно рассмотреть вопрос об их подавлении.

Для подавления портативных диктофонов используют устройства представляющие собой генераторы мощных шумовых сигналов дециметрового диапазона частот. Импульсные помеховые сигналы воздействуют на микрофонные цепи и усилительные устройства диктофонов, в результате чего оказываются записанными вместе с полезными сигналами, вызывая сильные искажения информации. Зона подавления, определяемая мощностью излучения, направленными свойствами антенны, а также типом зашумляющего сигнала обычно представляет собой сектор шириной от 30 до 80 градусов и радиусом до 5 м.

Дальность подавления современными средствами сильно зависит от нескольких факторов:

- тип корпуса диктофона (металлический, пластмассовый);
- используется выносной микрофон или встроенный;
- габариты диктофона;
- ориентация диктофона в пространстве.

На рис. 5.31 приведена фотография портативного подавителя диктофонов «Шторм КМ», а на рис. 5.32 – стационарного подавителя диктофонов «Сапфир-2» [22].



Рис. 5.31. Портативный подавитель диктофонов «Шторм КМ»



Рис. 5.32. Стационарный подавитель диктофонов «Сапфир-2»

Устройства подавления цифровых и кинематических диктофонов и блокирования работы закладных устройств (аудио и видео передатчиков), использующих для передачи информации каналы систем мобильной связи стандартов GSM-900/1800, E-GSM, AMPS/DAMPS, CDMA имеют примерно одинаковые технические характеристики:

- Дальность подавления цифровых диктофонов до 3 м (в зависимости от типа диктофона).
- Дальность подавления кинематических диктофонов до 5 м (в зависимости от типа диктофона).
- Дальность блокирования устройств, использующих каналы мобильной связи заявленных стандартов – до 25м (в зависимости от места использования относительно базовой станции).
- Отличительной особенностью рассматриваемых устройств является возможность навязывания музыкальной или речеподобной помех, что существенно понижает остаточную разборчивость исходной речи.
- Цена 74 000 руб. и 68 000 руб.

## 6. ПОБОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ И НАВОДКИ

### 6.1. Виды побочных электромагнитных излучений и наводок

Физическую основу случайных опасных сигналов, возникающих во время работы в выделенном помещении радиосредств и электрических приборов, составляют побочные электромагнитные излучения и наводки (ПЭМИН). Процессы и явления, образующие ПЭМИН, по способам возникновения можно разделить на 4 вида:

- не предусмотренные функциями радиосредств и электрических приборов преобразования внешних акустических сигналов в электрические сигналы;
- паразитные связи и наводки;
- побочные низкочастотные излучения;
- побочные высокочастотные излучения.

За рубежом побочные электромагнитные излучения называют «компрометирующими» излучениями (compromising emanations). Факты побочных излучений отмечены еще в XIX веке. Например, в 1884 г. в телефонных аппаратах на улице Грей-Стоун-Род в Лондоне прослушивались телеграфные сигналы, излучаемые неглубоко и параллельно проложенными под землей телеграфными проводами. Первые работы по изучению этих излучений появились еще в 20-е годы, но полномасштабные исследования их начались с 40-50-х годов XX века. Этому способствовало то, что развитие радиоприемной техники к этому времени создало возможности по практическому добыванию информации из побочных излучений. Например, после Второй мировой войны американскими спецслужбами были обнаружены побочные излучения и восстановлен в результате их перехвата информационный сигнал телетайпа советского представительства в Берлине. С середины 80-х годов постоянно растет количество по этой проблеме не только закрытых, но и открытых публикаций.

**Побочные преобразования акустических сигналов в электрические сигналы.** Преобразователи внешних акустических сигналов в электрические сигналы называются **акустоэлектрическими преобразователями**. К акустоэлектрическим преобразователям относятся физические устройства, элементы, детали и материалы, способные под действием переменного давления акустической волны создавать эквивалентные электрические сигналы или изменять свои параметры. Классификация акустоэлектрических преобразователей по физическим процессам, создающим опасные сигналы, приведена на рис. 6.1.

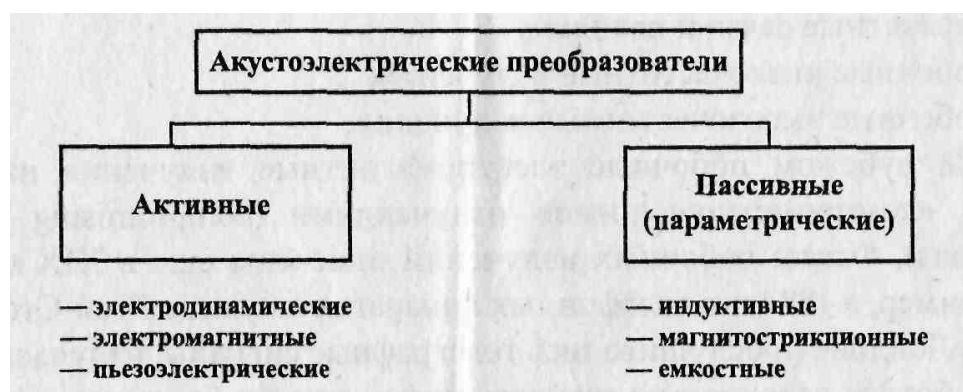


Рис. 6.1. Классификация акустоэлектрических преобразователей

На выходе активных акустоэлектрических преобразователей под действием акустической волны возникают электрические сигналы. У пассивных акустоэлектрических преобразователей те же действия акустической волны вызывают лишь изменения параметров преобразователей.

По способам формирования электрического сигнала активные акустоэлектрические преобразователи могут быть **электродинамическими, электромагнитными и пьезоэлектрическими.**

Опасные сигналы в **электродинамических акустоэлектрических преобразователях** возникают в соответствии с законом электромагнитной индукции при перемещении провода в магнитном поле под действием акустической волны.

Наибольшей чувствительностью обладают электродинамические акустоэлектрические преобразователи в виде динамических головок громкоговорителей (см. рис. 6.2).

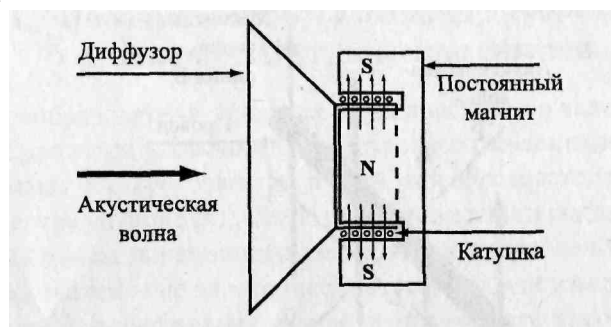


Рис. 6.2. Схема электродинамического громкоговорителя

Сущность преобразования состоит в следующем. Под давлением акустической волны соединенная с диффузором катушка в виде цилиндра с намотанной на нем тонкой проволокой перемещается в магнитном поле, создаваемом постоянным магнитом цилиндрической формы. В соответствии с законом электромагнитной индукции в проводах катушки возникает электродвижущая сила (ЭДС), величина которой пропорциональна громкости звука.

Аналогичный эффект возникает в **электромагнитных акустоэлектрических преобразователях.** К ним относятся электромагниты электромеханических звонков и капсулей телефонных аппаратов, шаговые двигатели вторичных часов, кнопочные извещатели ручного вызова пожарной службы

охраняемого объекта и др. Электрические сигналы индуцируются в катушках электромагнитов этих устройств в результате изменений напряженности создаваемых ими полей, вызванных изменениями под действием акустической волны воздушного зазора между сердечником и якорем электромагнита или статора (неподвижной части) и ротора (подвижной) части электродвигателя. Для приведенной на рис. 6.3 схемы электромагнитного акустоэлектрического преобразователя напряжение  $E$  на концах проволоки, намотанной на катушке, пропорционально количеству витков  $W$ , площади  $s$  и относительной магнитной проницаемости  $\mu_0$  сердечника, обратно пропорционально расстоянию  $\Delta$  между полюсом сердечника и подвижного якоря.

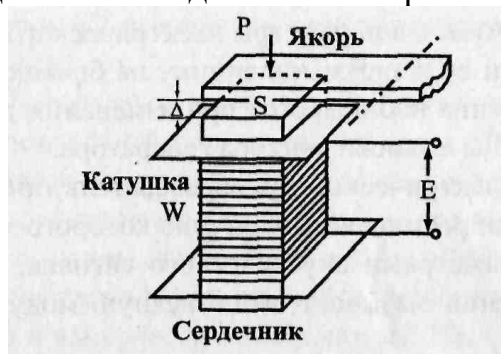


Рис. 6.3. Схема электромагнитного акустоэлектрического преобразователя

Перечень бытовых радио- и электроприборов, в которых возникают подобные процессы и которые устанавливаются в служебных и жилых помещениях, достаточно велик. К ним относятся: телефонные аппараты с электро-механическими звонками, вторичные электрические часы системы единого времени предприятия или организации, вентиляторы и др. Уровни опасных сигналов в этих цепях зависят от конструкции конкретного типа средства и их значения имеют значительный разброс. Например, опасные сигналы, создаваемые звонковой цепью телефонного аппарата, могут достигать значений долей и единиц мВ.

**Активными пьезоэлектрическими акустоэлектрическими преобразователями** являются также некоторые кристаллические вещества (кварц, сегнетовая соль, титанат и ниобат бария и др.), которые широко применяются в радиоаппаратуре для стабилизации частоты и фильтрации сигналов, в качестве акустических излучателей сигналов вызова в современных телефонных аппаратах вместо электро-механических звонков. На поверхности этих веществ при механической деформации их кристаллической решетки (давлении на поверхность, изгибе, кручении) возникают электрические заряды.

В **пассивных акустоэлектрических преобразователях** акустическая волна изменяет параметры элементов схем средств, в результате чего изменяются параметры циркулирующих в этих схемах электрических сигналов. В большинстве случаев под действием акустической волны изменяются параметры индуктивностей и емкостей электрических цепей. В соответствии с этим акустоэлектрические преобразователи называются **индуктивными и емкостными**.



Если схема электрической цепи содержит катушку с витками проволоки, то под действием акустической волны изменяются расстояние между витками и геометрические размеры самой катушки. В результате этого, как следует из соответствующих формул, изменяется индуктивность катушки. Если, например, катушка является элементом частотно-задающего контура генератора, то изменение индуктивности вызывает частотную модуляцию сигнала генератора. В итоге информация, записанная в параметры акустической волны, переписывается в параметры электрического сигнала, способного перенести ее к злоумышленнику на большое расстояние. Аналогичная картина наблюдается при изменении под действием акустической волны емкости контура генератора.

Если акустоэлектрический преобразователь представляет собой реактивное сопротивление, величина которого меняется в соответствии с параметрами акустического сигнала, то изменение этого сопротивления вызывает амплитудную модуляцию тока в цепи.

Разновидностью индуктивного является магнитострикционный акустоэлектрический преобразователь. **Магнитострикция** проявляется в изменении магнитных свойств ферромагнитных веществ (электротехнической стали и ее сплавов) при их деформировании (растяжении, сжатии, изгибании, кручении). Такое явление называется Виллари-эффектом или обратной магнитострикцией, открытым итальянским физиком Э. Виллари в 1865 г. Этот эффект обусловлен изменением под действием механических напряжений доменной структуры ферромагнетика. Прямая магнитострикция заключается в изменении геометрических размеров и объема ферромагнитного тела при помещении его в магнитное поле. В результате обратной магнитострикции под действием акустической волны изменяется магнитная проницаемость сердечников контуров, дросселей, трансформаторов радио- и электротехнических устройств, что приводит к эквивалентному изменению значений индуктивностей цепи и модуляции протекающих через них высокочастотных сигналов.

К наиболее распространенным случайным акустоэлектрическим преобразователям относятся:

- вызывные устройства телефонных аппаратов;
- динамические головки громкоговорителей, электромагнитные капсулы телефонных трубок, электрические двигатели вторичных часов системы единого времени и бытовых электроприборов;
- катушки контуров, дросселей, трансформаторов, провода монтажных жгутов, пластины (электроды) конденсаторов;
- пьезоэлектрические вещества (кварцевые резонаторы генераторов, виброакустические излучатели акустических генераторов помех);
- ферромагнитные материалы в виде сердечников трансформаторов и дросселей.

Угроза информации от акустоэлектрического преобразователя зависит, прежде всего, от его чувствительности. **Чувствительность** акустоэлектрического преобразователя характеризуется отношением величины электрического сигнала на его выходе или изменения падающего на нем напряжения к силе звукового давления на поверхность чувствительного элемента преобразователя на частоте  $f = 1000$  кГц и измеряется в В/Па или мВ/Па. Очевидно, что чем выше чувствительность случайного акустоэлектрического преобразователя, тем больше потенциальная угроза от него для безопасности акустической информации.

Чувствительность в мВ/Па некоторых акустоэлектрических преобразователей приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1

№ n/n	Акустоэлектрический преобразователь	Чувствительность, мВ/Па
1	Электродинамический микрофон	4–6
2	Электродинамический громкоговоритель	2–3
3	Абонентский громкоговоритель	30–45
4	Вторичные электрические часы	0,1–0,5
5	Электромеханический звонок телефонного аппарата	0,05–0,6
6	Пьезоэлектрическое вызывное устройство телефонного аппарата	8–11
7	Телефонный капсюль	3–5
8	Электромагнитное реле	0,04–0,5
9	Трансформаторы, дроссели	0,001–0,2

Опасные сигналы, образованные акустоэлектрическими преобразователями, могут: распространяться по проводам, выходящим за пределы контролируемой зоны; излучаться в эфир; модулировать другие, более мощные электрические сигналы, к которым возможен доступ злоумышленников.

Техническую основу для реализации первой угрозы создают, например, неработающий громкоговоритель городской ретрансляционной сети и звонковая цепь телефонных аппаратов устаревших, но широко еще применяемых типов (ТА-68М, ТА-72М, ТАН-70-2, ТАН-76-3, ТА-1146, ТА-1162, ТА-1164 и др.). Головка громкоговорителя непосредственно подключается к кабелю (двухжильному проводу) при приеме первой программы городской ретрансляционной сети через согласующий трансформатор, который повышает амплитуду опасных сигналов до 30-40 мВ. Сигнал такой амплитуды может распространяться по проводам ретрансляционной сети на значительные расстояния, достаточные для снятия информации злоумышленником за пределами территории организации. Однако если в радиотрансляционной сети идет передача речи или музыки, то сигналы этой передачи, имеющие существенно

большую (в 100-200 раз) амплитуду и совпадающий диапазон частот, подавляют опасные сигналы. Поэтому работающие громкоговорители, может быть, и мешают работе людей, но исключают утечку информации из помещений через акустоэлектрические преобразователи в громкоговорителях.

Иная ситуация с акустоэлектрическими преобразователями в телефонных аппаратах. Телефонные линии постоянно подключены к источнику тока напряжением порядка 60 В. Хотя опасные сигналы на выходе звонковой сети составляют единицы и доли мВ, их нетрудно отделить с помощью фильтра от значительно более высокого напряжения постоянного тока в телефонной линии. Постоянный ток фильтр не пропускает, а опасные сигналы с речевой информацией от акустоэлектрических преобразователей с частотами в звуковом диапазоне проходят через фильтр с малым ослаблением, а затем усиливаются до необходимого значения.

Опасными сигналами на выходе акустоэлектрических преобразователей, имеющими даже весьма малые значения (доли милливольт), нельзя пренебрегать. Во-первых, чувствительность современных радиоприемников и усилителей электрических сигналов превышает в десятки и сотни раз уровни наиболее распространенных опасных сигналов, а, во-вторых, маломощные опасные сигналы могут модулировать более мощные электрические сигналы и поля и таким образом увеличивать дальность распространения опасных сигналов. Например, если опасные сигналы попадают в цепи генераторов (гетеродинов) любого радио- или телевизионного приемника, то они модулируют гармонические колебания этих генераторов по амплитуде или частоте и распространяются за пределы помещения уже в виде электромагнитной волны. Также поля опасных сигналов на выходе акустоэлектрических преобразователей, которые сами по себе из-за малой напряженности не несут большой угрозы безопасности информации, могут наводить в цепях рядом расположенных радиоэлектронных средств электрические сигналы с аналогичным эффектом.

**Паразитные связи и наводки.** В любом радиоэлектронном средстве или электрическом приборе наряду с токопроводами (проводами, проводниками печатных плат), предусмотренными их схемами, возникают многочисленные побочные пути, по которым распространяются электрические сигналы, в том числе опасные сигналы акустоэлектрических преобразователей. Эти пути создаются в результате паразитных связей и наводок. Первопричиной их являются поля, создаваемые электрическими зарядами и токами в цепях радиоэлектронных средств и приборов.

Постоянные электрические заряды и электрический ток в элементах и цепях радиосредств и электрических приборов создают соответствующие электрические и магнитные поля, а заряды и ток переменной частоты — электромагнитные поля. Поля распространяются в пространстве и воздействуют на элементы и цепи других технических средств и систем. Кроме того, для функционирования средств и систем необходимо обеспечить гальваническое соединение их элементов. Из-за гальванических соединений возникают дополнительные пути для распространения сигналов одних узлов и блоков по

цепям других. В результате воздействия побочных полей и влияния через проводники и резисторы сигналов одних узлов и блоков на сигналы других блоков и узлов возникают паразитные связи и наводки как внутри радиоэлектронных средств, так и между рядом расположенными средствами. Эти связи и наводки ухудшают работу узлов, блоков и средств в целом. Поэтому при проектировании радиоэлектронных средств уровни этих паразитных связей и наводок снижают до допустимых значений. Чем выше требования к характеристикам средств, тем требуются большие усилия, а следовательно, и затраты для нейтрализации паразитных связей и наводок. Значительная часть высокой цены (десятки тысяч долларов) высокоточных контрольно-измерительных приборов фирм *Ronde & Swarz* и др. приходится на меры по уменьшению паразитных связей и наводок.

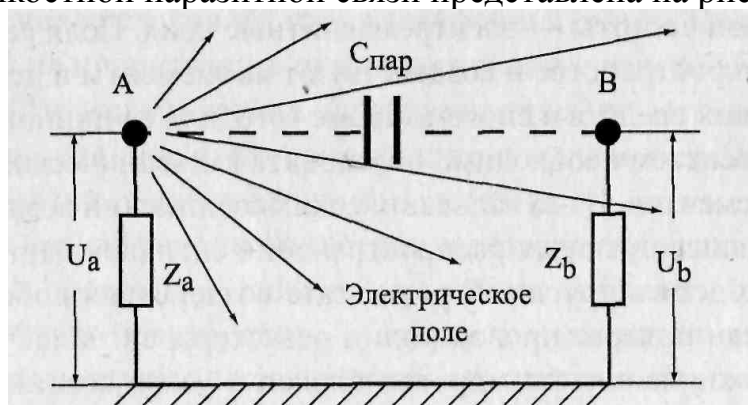
Однако, несмотря на принимаемые меры по снижению уровня паразитных связей и наводок для обеспечения требуемых характеристик радиоэлектронного средства, остаточный их уровень создает угрозы для информации, содержащейся в информационных параметрах сигналов, циркулирующих в радиоэлектронном средстве. Поэтому любое радиоэлектронное средство или электрический прибор следует с точки зрения информационной безопасности рассматривать как потенциальный источник угрозы безопасности информации.

Известны три вида паразитных связей:

- емкостная;
- индуктивная;
- гальваническая.

**Емкостная связь** образуется в результате воздействия электрического поля, индуктивная — воздействия магнитного поля, гальваническая связь — через общее активное сопротивление.

Модель емкостной паразитной связи представлена на рис. 6.4.



Рис, 6.4. Паразитная емкостная связь

На этом рисунке  $U_a$  — переменное напряжение точки А относительно корпуса, создающее электрическое поле. В результате воздействия этого поля в точке В также возникает переменное напряжение.

Так как между рядом расположенными основными и вспомогательными средствами связи существует паразитная емкостная связь, способствующая

передаче сигналов с защищаемой информацией от основных технических средств и систем (ОТСС) к вспомогательным техническим средствам и системам (ВТСС), то для определения величины наводки надо знать их паразитные емкости. Эти емкости называются **собственными емкостями** радиоэлектронного средства и электрического прибора.

**Паразитная индуктивная связь** иллюстрируется рис. 6.5.

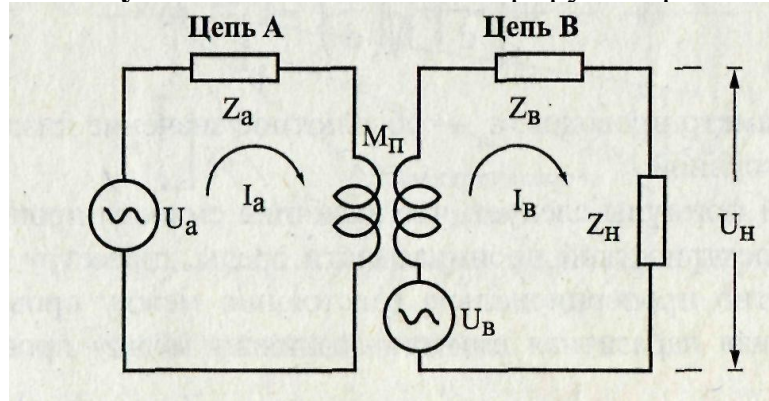


Рис. 6.5. Паразитная индуктивная связь

Переменный ток, протекающий по цепи **А**, создает магнитное поле, силовые линии которого достигают проводников другой цепи **В** и наводят в ней ЭДС

Взаимная индуктивность замкнутых цепей зависит от взаимного расположения и конфигурации проводников. Она тем больше, чем большая часть магнитного поля тока в одной цепи пронизывает проводники другой цепи.

**Гальваническую паразитную связь** еще называют связью через общее сопротивление, входящее в состав нескольких цепей. Такими общими сопротивлениями могут быть сопротивления соединительных проводов и устройств питания и управления. Например, узлы и блоки компьютера, осуществляющего обработку информации, соединены с напряжением +5 В блока питания. Для установки «0» триггеров дискретных устройств на соответствующие их входы подается одновременно соответствующий сигнал управления. На рис. 6.6 приведена упрощенная схема, иллюстрирующая возникновение гальванической связи.

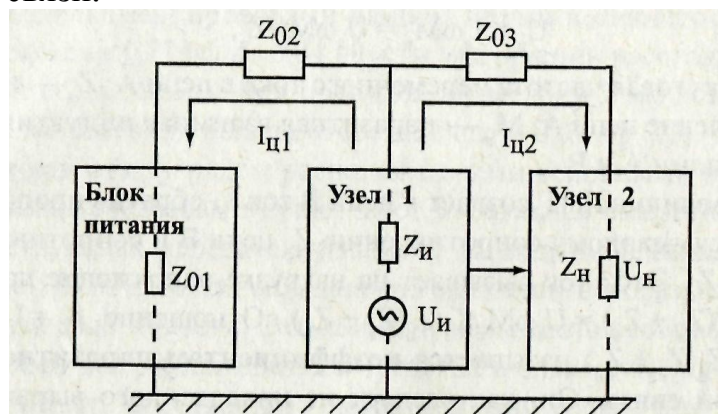


Рис. 6.6. Паразитная гальваническая связь

В соответствии с ним к блоку питания через общие сопротивления  $Z_{01}$ ,  $Z_{02}$  и  $Z_{03}$  подключены узел 1 и узел 2 радиоэлектронного средства. Сигнал напряжением  $U_n$  1-го узла создает токи  $I_{ц1}$  и  $I_{ц2}$  в результате которых на эквивалентном сопротивлении  $Z_n$  2-го узла возникает напряжение наводки  $U_n$ . Отношение  $\beta = U_n / U_n$  называется **коэффициентом паразитной гальванической связи**.

Если побочные поля и электрические токи являются носителями защищаемой информации, то паразитные наводки и связи могут приводить к утечке информации. Следовательно, паразитные связи и наводки представляют собой побочные физические процессы и явления, которые могут приводить к утечке защищаемой информации.

Возможность утечки информации через паразитные связи и наводки носит вероятностный характер и зависит от многих факторов, в том числе от конфигурации, размеров (относительно периода колебаний протекающих токов) и взаимного положения излучающих и принимающих токопроводящих элементов средств. В отличие от предусмотренных для связи функциональных антенн, конструкция и характеристики которых определяются при создании радиопередающих и радиоприемных средств, эти элементы можно назвать **случайными антеннами**.

Случайными антеннами могут быть монтажные провода, соединительные кабели, токопроводы печатных плат, выводы радиодеталей, металлические корпуса средств и приборов и другие элементы средств. Параметры случайных антенн существенно хуже функциональных. Но из-за небольших расстояний между передающими и приемными случайными антеннами (в радиоэлектронном средстве или одном помещении) они создают угрозы утечки информации.

Случайные антенны имеют сложную и часто априори неопределенную конфигурацию, достаточно точно рассчитать значения их электрических параметров, совпадающих с измеряемыми, очень сложно. Поэтому реальную случайную антенну заменяют ее моделями в виде проволочной антенны — отрезка провода (вibratorа) и рамки.

Паразитные связи могут вызывать утечку информации по проводам и создавать условия для возникновения побочных электромагнитных излучений. За счет паразитных связей возникают опасные сигналы в проводах кабелей различных линий и цепей, в том числе в цепях заземления и электропитания, а также возникают паразитные колебания в усилителях, дискретных устройствах и др.

Серьезную угрозу безопасности информации создают наводки сигналов ОТСС на провода и кабели, выходящие за пределы контролируемой зоны (рис. 6.7).

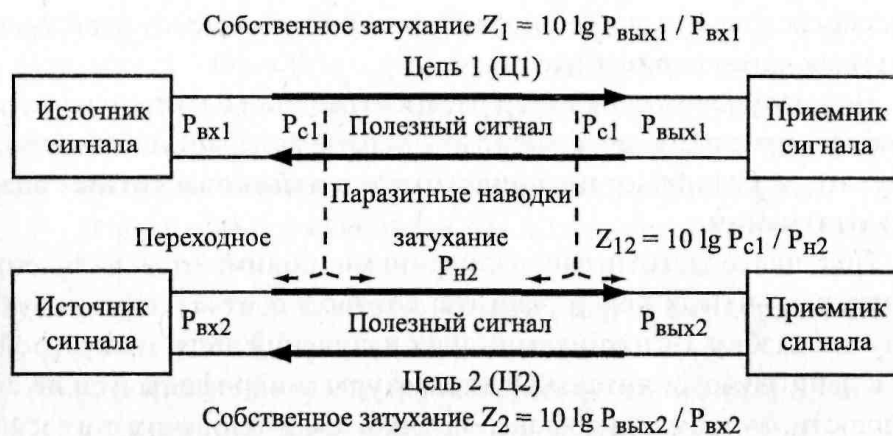


Рис. 6.7. Паразитные наводки

Когда ток проходит по проводникам первой цепи (Ц1), вокруг них создается магнитное поле, силовые линии которого пронизывают проводники второй цепи (Ц2). В результате этого по цепи Ц2 потечет помимо основного еще и переходной ток, создающий помеху основному. Защищенность от взаимных помех оценивается так называемым переходным затуханием  $Z = 10 \lg P_{с1} / P_{н2}$ , где  $P_{с1}$  и  $P_{н2}$  — мощность сигналов в 1-й цепи и наводки от них во 2-й цепи. Для надежной защиты информации переходное затухание должно быть не менее величины  $10 \lg P_c / P_{пр}$ , где  $P_c$  и  $P_{пр}$  — мощность сигнала с информацией и чувствительность приемника злоумышленника, перехватывающего наведенный сигнал. Так как кабели в здании укладываются в специальных колодцах и нишах, то между кабелями за счет их достаточно близкого и параллельного на большом расстоянии расположения возникают достаточно большие паразитные связи между кабелями внутренней и городской АТС, других информационных линий связи, цепями электропитания и заземления. Так как сотрудники организации при разговоре по телефонам внутренней АТС чаще допускают нарушения режима секретности (конфиденциальности), чем во время разговора по городской АТС, то при регулярном подслушивании разговоров по внутренней АТС можно добыть ценную информацию.

Современная архитектура служебных помещений предусматривает создание между межэтажными перекрытиями и потолком (полом) свободного пространства для прокладки различных кабелей (электропитания, внутренней и городской АТС, трансляции, оперативной и диспетчерской связи, сетей передачи данных и др.). Это создает дополнительные возможности для возникновения между проводами кабелей паразитных связей и появления опасных сигналов, распространяющихся за пределы контролируемой зоны.

**Низкочастотные и высокочастотные излучения технических средств.** Большую угрозу безопасности информации создают также побочные излучения радио- и электротехническими средствами электромагнитных полей, содержащих защищаемую информацию. Источниками излучений могут быть цепи, содержащие статические или динамические заряды (электрический ток), в информационные параметры которых тем или иным способом записывается защищаемая информация. Носители защищаемой информации

в виде статических или динамических зарядов могут попадать в эти цепи непосредственно, если эти цепи участвуют в обработке, передаче и хранении защищаемой информации или сами элементы цепей обладают свойствами акустоэлектрических преобразователей, или опосредованно, когда опасные сигналы проникают в излучающие цепи через паразитные связи.

Вид излучения и характер распространения электромагнитного поля в пространстве зависит от частоты колебаний поля и вида излучателя. Различают **низкочастотное и высокочастотные опасные излучения**.

Под низкочастотными излучениями понимаются излучения электромагнитных полей, частоты которых соответствуют звуковому диапазону. Источниками таких излучений являются устройства и цепи звукоусилительной аппаратуры (микрофоны, усилители мощности, аудиомикрофоны, громкоговорители и их согласующие трансформаторы, кабели между микрофонами и усилителями, усилителями и громкоговорителями, цепи, содержащие случайные акустоэлектрические преобразователи, телефонные аппараты и кабели внутренней АТС и др.).

Наибольшую угрозу создают средства звукофикации помещений для озвучивания акустической информации, содержащей государственную или коммерческую тайну. Эти средства включают микрофоны, усилители мощности, громкоговорители, устанавливаемые на стенах больших помещений (залов для совещаний, конференц-залов) или в спинки кресел, а также соединительные кабели. Причем часто усилители мощности размещаются в техническом помещении, удаленном на значительном расстоянии от конференц-зала. По проводам кабелей звукоусилительной аппаратуры протекают большие токи, составляющие доли и единицы ампер. Эти токи создают мощные магнитные поля, которые, во-первых, могут распространяться за пределы выделенного помещения, здания и даже организации, а во-вторых, наводить ЭДС в любых токопроводящих конструкциях, в том числе в цепях электропитания и металлической арматуре зданий.

К **высокочастотным опасным излучениям** относятся электромагнитные поля, излучаемые цепями радиоэлектронных средств, по которым распространяются высокочастотные (выше звукового диапазона) сигналы с секретной (конфиденциальной) информацией. Можно утверждать, что если не приняты специальные дополнительные меры, то источниками подобных опасных побочных ВЧ-излучений могут быть любые цепи радио – и электрических средств. К основным источникам побочных излучений с мощностью, достаточной для распространения электромагнитного поля за пределы контролируемой зоны, например помещения, относятся:

- гетеродины радио- и телевизионных приемников;
- генераторы подмагничивания и стирания аудио- и видеомикрофонов;
- усилители и логические элементы в режиме паразитной генерации;



- электронно-лучевые трубки средств отображения защищаемой информации (мониторов, телевизоров);
- элементы ВЧ-навязывания;
- мониторы, клавиатура, принтеры и другие устройства компьютеров, в которых циркулируют сигналы в параллельном коде.

**Гетеродины радио- и телевизионных приемников** являются генераторами гармонических колебаний, необходимыми для преобразования частоты принимаемого сигнала в промежуточную частоту. Гармоническое колебание с гетеродина подается на смеситель, на нелинейном элементе (диоде или транзисторе) которого осуществляется преобразование входного (принимаемого) сигнала в сигнал промежуточной частоты. Частоты сигналов гетеродинов отличаются на величину промежуточной частоты (465 кГц — для ДВ-, СВ- и КВ-диапазонов, 10,7 МГц — для УКВ-диапазонов) от принимаемых сигналов и могут иметь значения от сотен кГц до десятков ГГц. Если элементы контура (индуктивность и емкость) гетеродина обладают свойствами акустоэлектрических преобразователей или в него проникают опасные сигналы от других акустоэлектрических преобразователей, то возможна амплитудная или частотная модуляция сигналов гетеродина. Мощность излучения модулированных сигналов гетеродина тем больше, чем ближе значения длины волны гармонического колебания к длине цепей, по которым протекают сигналы гетеродинов. Часто она бывает достаточной для подслушивания речевой информации в кабинете руководителя с включенным радио- или телевизионным приемником с помощью бытовых радиоприемников в соседних помещениях или даже зданиях.

**Генераторы сигналов высокочастотного подмагничивания и стирания** магнитофонов создают гармонические колебания на частотах в сотни кГц. Генераторы сигналов высокочастотного подмагничивания необходимы для обеспечения аналоговой аудио- и видеозаписи с малыми нелинейными искажениями. Зависимость остаточной намагниченности магнитной пленки от напряженности магнитного поля в головке записи нелинейная, что вызывает нелинейные искажения в записанном сигнале. Путем подачи в магнитную головку наряду с током записи дополнительного тока подмагничивания с частотой около 100 кГц и амплитудой, в 6-8 раз превышающей максимальную амплитуду тока записи, устанавливается рабочая точка для тока записи на линейном участке кривой намагничивания магнитной ленты. В результате выбора оптимального тока подмагничивания удается уменьшить нелинейные искажения сигналов записи до единиц процентов.

Генератор высокочастотного стирания обеспечивает стирание записанной на магнитную ленту информации путем размагничивания ее магнитного слоя практически до нуля. Для этого в стирающую головку аудиомагнитофона подается ток с частотой 50-100 кГц. При такой частоте тока стирания и уменьшения напряженности магнитного поля головки в результате удаления стираемого элементарного участка движущейся магнитной ленты от зазора стирающей магнитной головки происходит многократное перемагничивание участка с убывающей до нуля намагниченностью. В отличие от высокочастотного

стотного стирания уничтожение информации путем воздействия на магнитный слой магнитным полем постоянного магнита, который применяется в качестве стирающей головки в специальных диктофонах, обеспечивается путем намагниченности магнитного слоя ленты до насыщения.

**Паразитная генерация** может возникнуть при определенных условиях в усилителях и логических элементах дискретной техники. Логический элемент рассматривается в данном контексте как усилитель с очень высоким коэффициентом усиления.

Так как между элементами усилителя всегда существуют емкостные, индуктивные и гальванические паразитные связи, то на входе усилителя наряду с усиливаемым внешним сигналом присутствуют сигналы, проникшие во входные цепи через паразитную обратную связь, в том числе с выхода усилителя. Обобщенная математическая модель усилителя с обратной связью представлена на рис. 6.8.

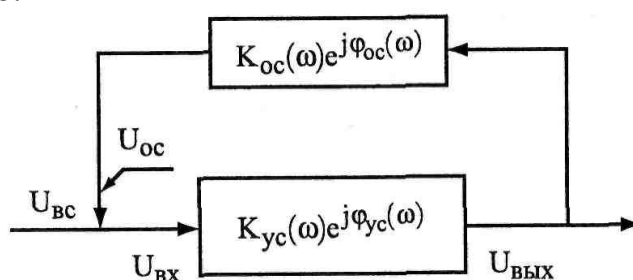


Рис. 6.8. Модель усилителя с обратной связью

Режим усиления переходит в режим генерации, когда выходной сигнал достигает максимального значения и поддерживается на этом уровне независимо от  $U_{вх}$ .

Например, если  $K = 10$ , то для возникновения генерации необходимо проникновение 0,1 части выходного сигнала на вход усилителя. Для усилителя с  $K = 100$  достаточно поступления на его вход 0,01 части выходного сигнала. Эта зависимость объясняет возможность паразитной генерации в логических элементах дискретной техники. Высокий коэффициент усиления логического элемента и высокая частота спектральных составляющих фронта дискретного сигнала создают благоприятные условия для возникновения паразитной генерации в логических элементах.

Второе условие предусматривает, что изменение фазы сигнала обратной связи должно быть противоположно величине фазового сдвига усилителя. Это означает, что фазы внешнего сигнала и сигнала обратной связи должны быть приблизительно равными. Обратная связь, при которой фаза сигнала на входе усилителя совпадает с фазой сигнала обратной связи, называется **положительной**, а когда фазы этих сигналов противоположны — **отрицательной**. Если положительная обратная связь способствует паразитной генерации, то отрицательная, наоборот, повышает стабильность работы усилителя, но за счет некоторого снижения напряжения на выходе усилителя. Поэтому в усилителях с высоким коэффициентом усиления для исключения паразитной генерации создают между каскадами отрицательную обратную связь, а также

применяют комплекс мер по уменьшению паразитных связей. С этой целью при монтаже используют короткие экранированные провода, элементы входных и выходных цепей разносят на максимально возможное расстояние, экранируют трансформаторы усилителей, в цепи питания предварительных каскадов устанавливают RC-фильтры низких частот, усилительные каскады размещают в одну линию и др.

Опасность паразитной генерации состоит также в том, что она часто возникает на частотах выше рабочего диапазона и без специальных исследований не обнаруживается. Действительно, с ростом частоты обрабатываемых сигналов уменьшаются значения паразитных емкостных и индуктивных сопротивлений между каскадами. В результате этого увеличиваются  $K_{oc}$  и сдвиг фазы сигналов, прошедших через паразитные связи. Поэтому возможность выполнения условий генерации в усилителе на частотах, превышающих верхнюю частоту рабочего диапазона частот усилителя, повышается. Хотя на этой частоте полезные сигналы на вход усилителя не подаются, но на его входе присутствуют сигналы, обусловленные тепловым шумом и проникшие через паразитную обратную связь. Любая шумовая реализация на входе усиливается усилителем и частично возвращается через паразитную обратную связь на его вход. При равенстве фаз величина суммарного сигнала на входе усилителя повышается, что приводит к росту сигнала на выходе усилителя. Следствием этого является увеличение сигнала  $U_{oc}$  и дальнейшее увеличение сигнала на входе усилителя и т. д. Происходит лавинообразный процесс нарастания амплитуды сигнала на входе и выходе усилителя, завершаемый процессом непрерывной генерации на частоте  $\omega_{рез}$ . Поэтому не рекомендуется, например, применять в усилителях низкой частоты высокочастотные транзисторы, которые усиливают шумы с частотами выше верхней границы рабочего диапазона частот.

Паразитная генерация усилителя или логического элемента создает угрозу информации, если она записывается в информационные параметры паразитного колебания, т. е. происходит его модуляция информационными сигналами. Это явление возникает в случае, если цепи паразитного генератора содержат акустоэлектрические преобразователи или в них попадают опасные сигналы от других случайных акустоэлектрических преобразователей усилителя.

Поток электронов электронно-лучевых трубок средств отображения под действием электронов излучает, кроме света, электромагнитное поле в широком диапазоне радиочастот с напряженностью, которая обеспечивает возможность перехвата сигналов на удалении в десятки метров. Учитывая, что сигналы управления электронным лучом трубки подаются последовательно во времени, их побочные ВЧ-излучения создают серьезную угрозу для отображаемой на экране трубки информации.

Устройства компьютера, в которых распространяются сигналы в последовательном коде (мониторы, клавиатура, принтеры и другие), также представляют собой источники опасных сигналов. Замена монитора компьютера на электронно-лучевой трубке на жидкокристаллический монитор не устра-

няет проблему защиты информации, отображаемой на его экране. Хотя экран жидкокристаллического монитора не создает опасные излучения, но в устройстве управления значениями пикселей строки монитора присутствуют последовательные информационные сигналы. Спектр этих сигналов имеет широкий спектр в диапазоне сотен МГц. В результате их перехвата возможно восстановление изображения.

К **излучающим элементам ВЧ-навязывания** относятся радио - и механические элементы, которые обеспечивают модуляцию подводимых к ним внешних электрических и радиосигналов. К таким элементам относятся:

- нелинейные элементы, на которые одновременно поступают низкочастотный электрический сигнал с защищаемой информацией (опасный сигнал) и высокочастотный гармонический сигнал;
- токопроводящие механические конструкции, изменяющие свой размер и переотражающие внешнее электромагнитное поле.

Если на нелинейный элемент (диод, транзистор) подаются 2 сигнала: низкочастотный сигнал  $u_c(t)$ , в информационные параметры, которых, записана информация, и высокочастотный (сотни кГц – единицы ГГц) гармонический сигнал  $u_{вч}$  от внешнего генератора, то в токе через нелинейный элемент появятся высокочастотные составляющие, модулированные по амплитуде опасным сигналом.

Из этого следует наличие в спектре тока высокочастотных гармоник опасного сигнала, несущих защищаемую информацию. Этот ток создает электромагнитное поле, мощность которого зависит не только от мощности сигналов, но и от соотношения длины его волны и длины цепи, по которой протекает ток. Такой вариант реализуется путем подачи внешнего высокочастотного электрического сигнала в телефонную проводную линию.

Другим видом излучателя ВЧ-навязывания являются механические конструкции, способные изменять свой размер под действием акустической волны и переотражать внешнее электромагнитное поле. Такие конструкции, как правило, образуют замкнутую полость с токопроводящими поверхностями, одна из которых – тонкая и способна колебаться в соответствии с акустическим сигналом мембрана. При колебании мембраны изменяются геометрические размеры полости. Полость представляет собой колебательный контур, собственная частота которого определяется ее геометрическими размерами. При облучении конструкции электромагнитным полем с частотой колебания, равной собственной частоте контура, возникают резонансные явления и переотражается максимум энергии облучаемого поля. При колебаниях мембраны изменяются частота и напряженность переотраженного поля. После приема переотраженного поля из него можно выделить путем демодуляции электрический сигнал, соответствующий акустическому. Такой излучатель ВЧ-навязывания по существу представляет собой пассивный акустоэлектрический преобразователь подводимой энергии.

Дальность распространения излучаемого ВЧ-электромагнитного поля зависит от его мощности, частоты колебания, величины затухания поля в среде и характера распространения поля.

Характер распространения электромагнитного поля в свободном пространстве описывается 4 уравнения Максвелла, приведенными им в 1873 г. в труде «Трактат об электричестве и магнетизме». Эти уравнения явились обобщением открытых ранее законов электрического и магнитного полей.

В соответствии с первым уравнением любое магнитное поле создается электрическими токами и изменением во времени электрического поля. Второе уравнение обобщает закон электромагнитной индукции, открытый Фарадеем в 1831 г., и указывает на то, что в результате изменения магнитного поля в любой среде появляется электрическое поле. Из третьего уравнения Максвелла следует, что поток вектора электрической индукции через любую замкнутую поверхность равен сумме зарядов в объеме, ограниченном этой поверхностью. Четвертое уравнение позволяет сделать вывод о том, что число силовых линий магнитного поля, входящих в среду некоторого объема, равно числу силовых линий, выходящих из этого объема. Это возможно при условии отсутствия в природе магнитных зарядов.

Из уравнений Максвелла также следует, что автономно (независимо) в природе могут существовать только постоянные электрические и магнитные поля. Поле, излучаемое зарядами и токами переменной частоты, является электромагнитным. В нем присутствуют магнитные и электрические компоненты, которые описываются взаимно перпендикулярными векторами. В зависимости от вида излучателя и расстояния от него до точки измерения характер изменения и соотношения между этими компонентами отличаются и изменяются. Характер распространения электромагнитного поля поддается точному математическому описанию для моделей излучателей в виде элементарных вибраторов. В качестве элементарного вибратора рассматривается модель излучателя, размеры которой существенно меньше длины волны излучаемого электромагнитного поля и расстояния от излучателя до точки измерения. Для такой модели параметры излучения во всех точках принимаются равными. Различают элементарные электрический вибратор и магнитную рамку. Электрический вибратор возбуждается источником переменной электродвижущей силы (источником зарядов), магнитная рамка — протекающим по рамке током.

В реальных условиях, с учетом переотражения электромагнитных волн от многочисленных преград (зданий, стен помещений, автомобилей и т. д.), характер распространения столь сложен, что в общем случае не поддается строгому аналитическому описанию.

В зависимости от соотношения геометрических размеров источников излучений и расстояния от них до точки измерения поля различают **сосредоточенные и распределенные источники**. Сосредоточенные источники имеют размеры, существенно меньшие, чем расстояние от источника до точки наблюдения. К сосредоточенным источникам относится большинство радиоэлектронных средств и их узлов, а также головки громкоговорителей. Для распределенных источников их геометрические размеры соизмеримы или больше расстояния до них. Типовые распределенные источники электромагнитного излучения — провода кабелей линий связи.

**Утечка информации по цепям электропитания.** К цепям, имеющим выход за пределы контролируемой зоны и в которые могут проникнуть опасные сигналы через паразитные связи любых видов, относится, прежде всего, цепи электропитания. Поэтому предотвращение утечки информации по этим цепям является одной из задач инженерно-технической защиты информации.

Цепи электропитания обеспечивают передачу электрической энергии в виде переменного электрического тока напряжением 380/220 В и частотой 50 Гц от внешних источников (подстанций) подавляющему большинству устанавливаемых в помещениях радио- и электрических приборов (технических средств и систем – ТСС). Соединение источника и приемника производят при помощи трех или четырех проводов. При трехпроводной линии передачи источники могут быть соединены как треугольником, так и звездой (рис. 6.9).

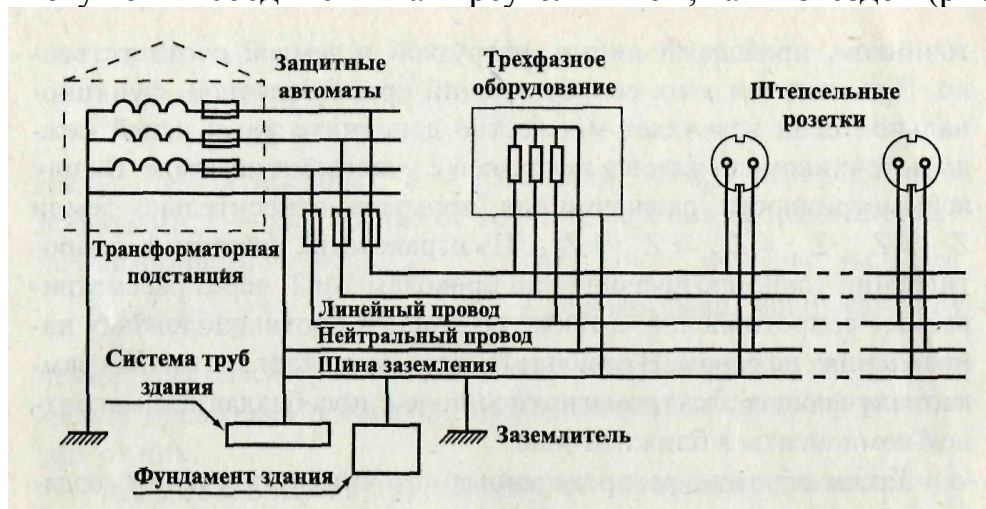


Рис. 6.9. Схема цепей электропитания здания

В последнем случае точка соединения концов обмоток трансформатора (нейтральный провод – нейтрал) остается неподключенной и схема подключения не имеет нейтрального провода. Чаще используемую четырехпроводную линию передачи электроэнергии применяют при соединении фаз источника и приемника звездой. Один из проводов соединяет точки нейтралей и заземляется (рис. 6.9). Напряжение каждой фазы относительно нейтрального провода (фазовое напряжение) при соединении звездой составляет 220 В, линейное напряжение (между фазами) больше – 380 В. Трехфазное напряжение применяется для электропитания в основном мощных электродвигателей различных технических средств, однофазное напряжение 220 В – для электропитания радиоэлектронных средств и бытовых маломощных электрических приборов (ламп освещения, вентиляторов, холодильников, электронагревательных приборов и др.).

В качестве первичных источников электропитания ТСС используются трансформаторные подстанции (ТПС) типа ТП 6-10/04 кВ или другие, понижающие трехфазное напряжение 6...10 кВ от центрального распределительного пункта (ЦРП) или главной понижающей подстанции (ГПП) до трехфазного напряжения 380 В. К потребителям электроэнергия от трансформаторной подстанции подается, как правило, по радиальной схеме, в соответствии

с которой каждый потребитель или их группа питается по отдельной линии от соответствующего коммутационного узла. Линии передачи представляют собой, как правило, четырехжильные силовые кабели.

Так как цепи электропитания выходят за пределы охраняемой зоны, то распространение по ним опасных сигналов создает угрозу безопасности защищаемой информации. Существуют, по крайней мере, 4 причины появления опасных сигналов в цепях электропитания.

**Первой причиной** является наведение в них ЭДС полями НЧ и ВЧ побочных излучений ОТСС.

**Вторая причина** обусловлена модуляцией тока электропитания токами радиоэлектронного средства (РЭС). Иллюстрирующая эту причину модель представлена на рис. 6.10.



Рис. 6.10. Модель цепи электропитания

Источником электропитания радиоэлектронного средства является блок питания, который можно представить в виде передаточной функции  $K(j\omega)$ . Нагрузкой вторичного источника электропитания являются узлы и блоки РЭС. Эту нагрузку можно представить в виде сопротивления или проводимости  $G_H(t)$ . Величина проводимости нагрузки меняется в соответствии с характером изменения величины обрабатываемого полезного сигнала  $S(t)$ , или  $G_H(t) \equiv S(t)$ . Поэтому ток в цепи электропитания блока  $I_{ЭП}$  будет пропорционален величине обрабатываемого полезного сигнала  $S(t)$ . Из анализа следует, что ток в цепи электропитания содержит составляющие с частотами полезного сигнала, которые можно выделить и с которых можно снять информацию.

В соответствии с **третьей причиной** опасный сигнал может попасть в цепи электропитания через паразитные связи элементов схемы и элементов блока питания. Например, между первичной и вторичной обмотками сетевого (силового) трансформатора существуют индуктивная и емкостная паразитные связи, через которые опасные сигналы могут поступать от узлов и блоков РЭС в цепи электропитания без существенного ослабления его сердечником трансформатора.

**Четвертая причина** вызвана процессами в импульсных блоках питания РЭС, которые применяются вместо традиционных блоков питания с силовыми трансформаторами для частоты 50 Гц. Силовой трансформатор низкой частоты традиционного блока питания имеет большие габариты и вес, которые сдерживают миниатюризацию бытовой и профессиональной радиоаппаратуры. Также велики размеры и вес элементов фильтров (индуктивностей и конденсаторов) выпрямителя блока питания при преобразовании напряжений на частоте 50 Гц. С повышением частоты питающего напряжения уменьшаются

габариты и вес блока питания. Поэтому для радиоаппаратуры, устанавливаемой, например, на борту самолетов, используются источники электропитания на более высокой частоте 400 Гц.

В современных импульсных блоках питания напряжение 220 В от первичного источника коммутируется электронным ключом, управляемым импульсным генератором с частотой повторения импульсов от 50 до 1000 кГц. Высокочастотное питающее напряжение подается на импульсный трансформатор, выпрямитель, стабилизатор и фильтр блока питания с существенно меньшими габаритами и весом.

Однако высокочастотный ток, протекающий через ключ, имеет сложную форму и, соответственно, широкий спектр. Этот спектр может содержать составляющие, образующиеся в результате комбинаций сигналов импульсного генератора и информационных сигналов, проникающих через паразитные связи из узлов РЭС в элементы блока питания. Высокая частота этих опасных сигналов обеспечивает условия для их излучения в эфир с уровнем, достаточным для обнаружения и приема на удалении нескольких десятков метров.

## 6.2. Технические средства обнаружения и подавления ПЭМИН

Побочные электромагнитные излучения и наводки возникают во время работы в выделенном помещении радиосредств и электрических приборов.

Для обнаружения ПЭМИН, распространяющихся по радиоканалу, используются индикаторы электромагнитных излучений, радиочастотомеры, сканирующие радиоприемные устройства и комплексы, описанные в разделе 5.4. Для радиоэлектронного подавления ПЭМИН могут быть использованы генераторы пространственного зашумления, применяемые для борьбы с закладными устройствами и описанные в разделе 5.4. Однако существуют и специальные генераторы, предназначенные для маскировки и предупреждения перехвата информативных ПЭМИН.

На рис 6.11 приведена фотография генератора с регулируемым уровнем излучения шума **SEL SP-21 «Баррикада»** [28].



Рис. 6.11. Генератор шума **SEL SP-21 «Баррикада»**

Область использования генератора – помещения, в которых расположены радиосредства и электрические приборы, а также средства вычислитель-



ной техники с информацией от конфиденциальной до содержащей сведения, составляющие государственную тайну. Установка и настройка генератора должны производиться при аттестации объектов информатизации по требованиям безопасности информации организацией, аккредитованной в Государственном реестре системы сертификации средств защиты информации ФСТЭК России. Отличительными особенностями генератора являются возможность регулировки уровня сигнала для уменьшения влияния радиоизлучения на работу радиоприёмных устройств, телевизоров и наличие двух телескопических антенн, что позволяет оперативно устанавливать систему и обходиться без прокладки рамочных антенн по периметру помещений. Диапазон частот шумового сигнала 0,01...2000 МГц. Цена генератора шума 11500 руб.

Для подавления ПЭМИН в телефонных линиях, цепях электропитания, заземления, пожарной сигнализации используются маскираторы типа «**Маис-М**» [29] и «**ЛГШ-503**» [30], фотографии которых приведены на рис. 6.12,а,б.



а)



б)

Рис. 6.12. Маскираторы типа «**Маис-М**» и «**ЛГШ-503**»

Маскираторы предназначены для комплексной защиты информации, обрабатываемой основными техническими средствами и системами, от утечки за счет побочных электромагнитных излучений, а также наводок на цепях электропитания, заземления и коммуникаций, посредством постановки маскирующих помех со сплошным спектром. Диапазон рабочих частот маскиратора «**Маис-М**» составляет 10 Гц...10 ГГц, маскиратора «**ЛГШ-503**» –0,01...2000 МГц.

### 6.3. Средства устранения ПЭМИН

Средства защиты информации от утечки через побочные электромагнитные излучения и наводки должны удовлетворять следующим требованиям:

а) Опасные сигналы, которые могут содержать конфиденциальную информацию, должны быть ослаблены до уровня, исключающего съём с них информации на границе контролируемой зоны. Учитывая, что чувствительность современных приемников составляет доли мкВ, то уровень опасных

сигналов на входе приемника, расположенного на границе контролируемой зоны, не должен превышать эти значения. Если уровни опасных сигналов на выходе создающих их устройств, например акустоэлектрических преобразователей, составляют единицы и десятки мВ, то средства защиты должны обеспечить ослабление амплитуд опасных сигналов на 100-120 дБ.

б) Средства защиты не должны вносить заметных искажений в работу функциональных устройств, используемых сотрудниками организации, и усложнять процесс пользования ими.

Поскольку опасные сигналы являются побочным продуктом работы различных радиоэлектронных средств и возникают случайным образом, а к их источникам, как правило, отсутствует прямой доступ (без нарушения конструкции), то возможности применения способов технического закрытия или шифрования речи в этих электромагнитных каналах утечки отсутствуют. Основной способ защиты информации в них – энергетическое скрывание.

**Средства устранения опасных сигналов акустоэлектрических преобразователей.** Средства устранения опасных сигналов размещаются в радиоэлектронном средстве или чаще включаются между защищаемым средством и проводами соответствующих информационных линий. Простейшим устройством отключения от линии является выключатель (тумблер), дополнительно устанавливаемый на телефонном аппарате. Более сложные устройства отключения содержат электромагнитные реле, которые подключают телефонный аппарат только при поднятии трубки или поступлении на аппарат с положенной трубкой сигнала вызова от другого абонента.

Простейшим фильтром является конденсатор, устанавливаемый в звонковую цепь телефонных аппаратов устаревшей (с электромеханическим звонком) конструкции (рис. 6.11). Емкость конденсатора выбирается такой величины, чтобы зашунтировать опасные сигналы, возникающие в обмотке катушки якоря звонковой цепи в результате воздействия на якорь акустических волн в звуковом диапазоне частот. Этот конденсатор оказывает на сигналы вызова частотой 25 Гц слабое влияние, так как частоты речевого сигнала значительно выше.

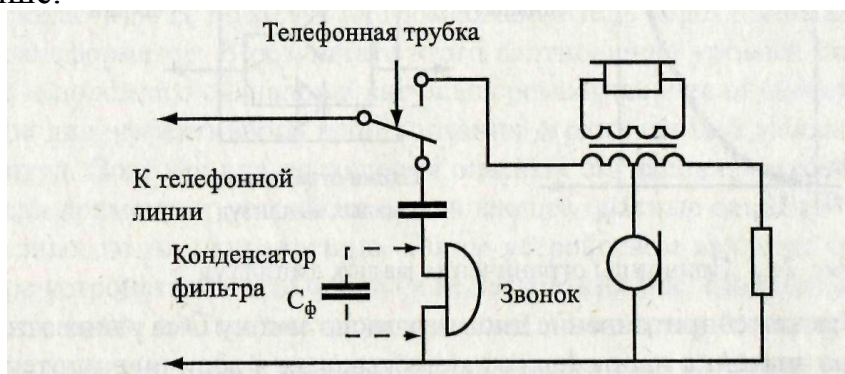


Рис. 6.11. Фильтрация опасного сигнала в звонковой цепи

Более сложное фильтрующее устройство представляет собой многозвенный фильтр низкой частоты на LC-элементах, подавляющий более высокие частоты акустоэлектрических преобразователей по сравнению с полезными

сигналами часов единого времени, охранных и пожарных извещателей и др. Двухзвенный П-образный фильтр обеспечивает затухание опасных сигналов, возникающих во вторичных часах за счет акустоэлектрических преобразований, примерно на 85 дБ. Подобные фильтры обеспечивают защиту информации в телефонных аппаратах от высокочастотного навязывания, не пропуская к ним высокочастотные электрические сигналы от генератора, подключенного злоумышленником к соответствующей телефонной линии. Полезные сигналы в речевом диапазоне частот проходят через фильтр без заметного ослабления.

Возможность ограничения опасных сигналов основывается на нелинейных свойствах полупроводниковых элементов (диодов, транзисторов). Вольтамперная характеристика (зависимость значения протекающего по нелинейному элементу электрического тока от приложенного к нему напряжения источника тока) полупроводникового диода показана на рис. 6.12.

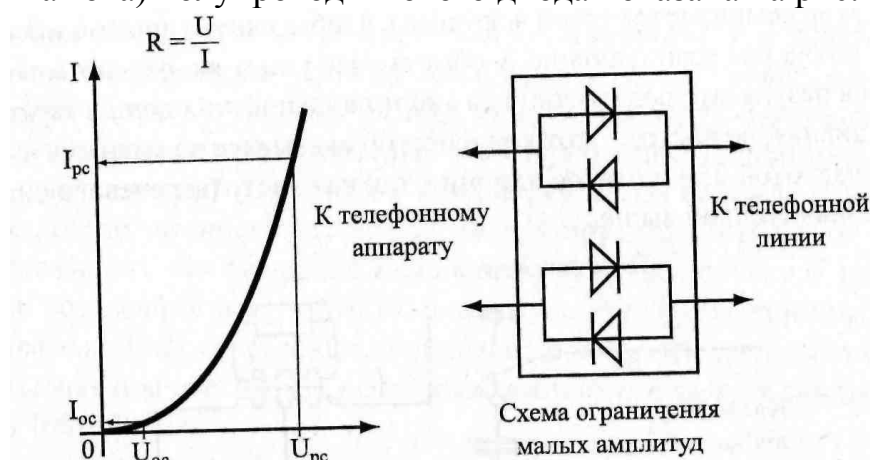


Рис. 6.12. Принципы ограничения малых амплитуд

Так как сопротивление диода согласно закону Ома равно отношению значения напряжения на его выводах к величине протекающего по диоду тока, то из этого рисунка следует, что диод создает высокое (сотни тысяч Ом) сопротивление для сигналов с низким (доли и единицы мВ) напряжением и малое (сотни Ом) – для полезных сигналов в телефонных линиях величиной в десятки вольт. Поэтому опасные сигналы, возникающие в защищаемых радиоэлектронных средствах и имеющие малую амплитуду по сравнению с полезным сигналом, дополнительно ослабляются в тысячи раз, а полезные сигналы проходят через полупроводниковый ограничитель практически без затухания. Например, устройство «Гранит-VIII» обеспечивает ослабление входного сигнала амплитудой не более 0,1 около 65 дБ, а сигнала амплитудой более 10 В всего на 3 дБ В. Рассмотренный способ защиты информации реализован в устройствах «Корунд», «Гранит-VIII МП-1», МП-1 (для аналоговых ТА), МП-1ЦА (для цифровых ТА с автономным питанием), МП-1ЦЛ (для цифровых ТА с питанием от мини-АТС).

Сочетание фильтра и ограничителя широко используется в устройствах комплексной защиты информации путем подавления опасных побочных сигналов и сигналов высокочастотного навязывания (Грань-300, МП-1А и др.).

Для подавления опасных сигналов, возникающих в громкоговорителях, рассмотренные средства защиты не применяются в силу несущественных отличий признаков полезных и опасных сигналов. Действительно, частоты их совпадают – звуковой диапазон. Так как катушка динамической головки громкоговорителя имеет малое сопротивление порядка 4-8 Ом, то для исключения перегорания ее тонкого провода величина напряжения сигнала, подаваемого на катушку невелика, доли В. С этой целью сигнал ретрансляционной сети, имеющий для сети города напряжение 15 В, а области 30 В, подается на громкоговоритель через понижающий трансформатор. В результате этого соотношение уровней опасного и полезного сигналов в катушке громкоговорителя недостаточное для эффективного использования ограничителей малых амплитуд. Поэтому для подавления опасных сигналов громкоговорителя применяют устройство, отличающее опасные сигналы от полезных по их направлению. Таким устройством является буферное устройство в виде одного или нескольких последовательно соединенных эмиттерных повторителей. Эмиттерный повторитель представляет собой каскад усилителя мощности с общим коллектором (см. рис. 6.13), у которого коэффициент усиления сигнала по напряжению близок к 1.

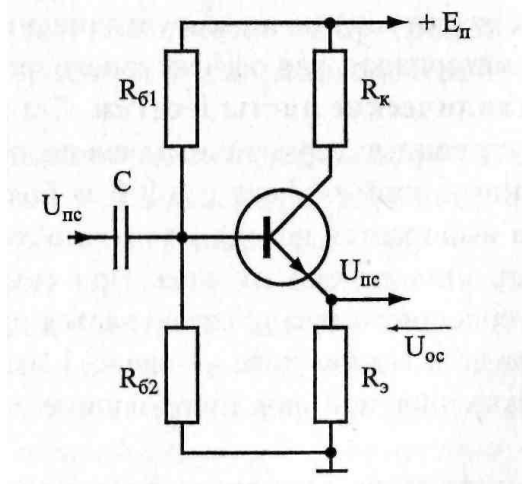


Рис. 6.13. Эмиттерный повторитель буферного устройства

Эмиттерный повторитель имеет высокое входное и малое выходное сопротивление и применяется для согласования взаимодействующих радиотехнических устройств с существенно отличающимися выходными и входными сопротивлениями.

Полезный сигнал  $U_{nc}$  извне проходит к громкоговорителю через эмиттерный повторитель без заметных изменений, а внутренний опасный сигнал  $U_{oc}$  подавляется до 1000 раз (60 дБ по напряжению). Учитывая высокий уровень опасного сигнала громкоговорителя, для его гарантированного подавления в буферном устройстве соединяют последовательно 3 эмиттерных повторителя с общим коэффициентом подавления до 180 дБ.

**Средства экранирования электромагнитных полей.** Для экранирования электромагнитных полей применяются специальные конструкции и разнообразные материалы. Специальные конструкции включают экранирован-

ные сооружения, помещения и камеры. Они могут быть стационарными, сборно-разборными и мобильными. Выполняются из стальных листов толщиной 2-3 мм и обеспечивают затухание электромагнитного поля 60-120 дБ. Для обеспечения нормальной работы они оборудуются защищенными дверьми, воротами, проемами с устройствами сигнализации о плотном закрытии, разнообразными помехоподавляющими фильтрами, средствами вентиляции и кондиционирования, пожарной сигнализации, пожаротушения и дымоулавливания.

В качестве материалов для эффективного экранирования используются **металлические листы и сетки**. Стальные листы толщиной 2...3 мм, сваренные герметичным швом, обеспечивают наибольший экранирующий эффект (до 100 и более дБ). Толщина стального листа выбирается исходя из прочности конструкции и возможности создания сплошного шва. При сварке переменным током толщина сплошного шва обеспечивается при толщине листов 1,5-2 мм, на постоянном токе – около 1 мм, газовая сварка позволяет создать сплошной шов при толщине свариваемых листов до 0,8 мм.

Однако металлические листы имеют высокую цену, а изготовление из них экранов и их эксплуатация требуют больших затрат. Коррозия и появляющаяся во время монтажа напряженность сварочных швов снижают надежность и долговечность экранов, а необходимость их периодической проверки и устранения дефектов повышают эксплуатационные расходы.

Более дешевые и удобные, но менее эффективные экраны из **металлической сетки**. Для экранирования применяют сетки из луженой стальной и латунной проволоки с ячейками размерами от долей (0,25) мм до единиц (3-6) мм. Экранирующие свойства сетки в основном определяются отражением электромагнитной волны от ее поверхности. Эффективность экрана из луженой низкоуглеродистой стальной сетки с ячейками размером 2,5-3 мм составляет в ВЧ диапазоне (сотни МГц) 55-60 дБ, а из двойной сетки с расстоянием между слоями 100 мм достигает эффективности экранов из стальных листов – около 90 дБ.

Наряду с рассмотренными традиционными средствами для электромагнитного экранирования в последнее время все шире применяются **фольговые и металлизированные материалы, токопроводящие краски и клеи, радиопоглощающие строительные материалы**.

В качестве **фольговых материалов** используются фольга толщиной 0,01-0,08 мм, наклеиваемая на экранируемую поверхность, и фольга на непроводящей подложке, например на фольгоизоле. Фольга изготавливается из алюминия, латуни, цинка.

**Металлизация** различных материалов применяется для электромагнитного экранирования благодаря универсальности метода распыления расплавленного металла струей сжатого воздуха. Движущиеся с большой скоростью распыленные частицы металла ударяются о поверхность подложки, деформируются и соприкасаются друг с другом. При этом обеспечивается прочная связь с подложкой и непрерывная проводимость покрытия. Этот метод позволяет нанести металлический слой практически на любую поверхность: плот-

ную бумагу, ткань, дерево, стекло, пластмассу, бетон и др. Толщина наносимого слоя зависит от физико-химических свойств подложки. Для плотной бумаги слой металла характеризуется величиной не более  $0,28 \text{ кг/м}^2$ , для ткани –  $0,3 \text{ кг/м}^2$ , для жесткой подложки толщина не ограничивается. В качестве металла покрытия чаще используется цинк, реже алюминий. Алюминиевое покрытие имеет более высокий (примерно 20 дБ) коэффициент экранирования, но оно менее технологично.

Из металлизированных материалов наиболее широко применяются **металлизированные ткани и пленки (стекла)**. Ткани металлизуются как путем вплетения в нее металлизированных или металлических нитей пряжи, так и путем нанесения на поверхность ткани слоя металла. При этом у тканей сохраняются не только ее первоначальные свойства (гибкость, воздухопроницаемость, легкость) и внешний вид, но появляются дополнительные стойкость к агрессивным средам и противопожарная устойчивость. Ткань можно сшивать, склеивать и даже паять. Эффективность экранирования металлизированных тканей в высокочастотном диапазоне (сотни МГц) достигает 50-70 дБ. Их применяют для экранирования стен и оконных проемов (в виде штор), корпусов продукции, антенных отражателей, чехлов на объекты, скрываемые от радиолокационного наблюдения.

Электрические и оптические свойства стекол с токопроводящим покрытием зависят от состава токопроводящей пленки, ее толщины, методов ее нанесения и свойств стекла. Допустимое снижение прозрачности пленки не более 20% и электропроводность обеспечиваются при толщине пленки 5-3000 нм. Наибольшее распространение получили пленки из окиси олова.

Стекла с токопроводящими покрытиями имеют поверхностное электрическое сопротивление порядка 5-10 Ом при незначительном (не более 20%) ухудшении прозрачности. **Токопроводящие пленки**, наклеиваемые на стекла окон, позволяют повысить экранирующий эффект окон без ухудшения их внешнего вида и прозрачности на 18-22 дБ на частотах в сотни МГц и на 35-40 дБ на частотах единицы ГГц. В зависимости от вида напыляемого на пленку металла они имеют золотистый (медное напыление) или серебристый (алюминиевое напыление) цвет.

**Токопроводящие краски** создаются путем ввода в краски токопроводящих материалов: коллоидного серебра, графита, сажи, оксидов металла, порошковой меди, алюминия и других металлов. Наилучшие результаты обеспечивает краска, у которой в качестве токопроводящего пигмента применяется ацетиленовая сажа и графит. Например, краска, представляющая композицию лака 9-32 и 300% карандашного графита, имеет поверхностное сопротивление 7-7,6 Ома при толщине покрытия 0,15-0,17 мм и сопротивление 5-6 Ом при толщине покрытия 0,2-0,21 мм.

Токопроводящие краски в силу худшей электропроводности обеспечивают меньшую по сравнению с металлизированными тканями экранирующую эффективность, но не менее 30 дБ в широком диапазоне частот. Однако из-за простоты нанесения на поверхность эмали широко применяются для:

- экранирования ограждений (стен, потолков, дверей);

- защиты контактных поверхностей от окисления;
- окрашивания внутренней поверхности корпусов аппаратуры;
- проведения профилактических и ремонтных работ, в том числе для заделки щелей, отверстий, выводов труб из стен, для улучшения контакта между металлизированными пленками и металлическими экранами стен.

**Электропроводные** клеи применяются вместо пайки и болтовых соединений элементов электромагнитных экранов, а также для заполнения щелей и малых отверстий в них. Основу электропроводного клея составляет смесь эпоксидной смолы и тонкодисперсных порошков железа, кобальта или никеля. По прочности до 500 кг/см<sup>2</sup> такой клей имеет низкую удельную электропроводность.

Для повышения экранирующей способности потолков, стен, полов помещений применяются **ферритодиэлектрические облицовочные материалы**, поглощающие электромагнитные поля. Этот поглотитель представляет собой панель из склеенных металлической подложки, ферритового и диэлектрического материалов. Ферритодиэлектрический поглотитель электромагнитных волн экологически чист, имеет стабильные радиотехнические характеристики в широком диапазоне частот, обеспечивает коэффициент отражения до 40 дБ в диапазоне частот 0,03-40 ГГц, устойчив к воздействию огня.

Путем добавки в бетон строительных конструкций токопроводящих материалов удается также повысить экранирующие свойства стен и перекрытий зданий.

Металлизированные ткани и пленки, фольговый материал, токопроводящие эмали эффективно экранируют слабые побочные электромагнитные излучения и наводки, но их экранирующая способность недостаточна для энергетической скрытности более мощных сигналов, например излучений передатчиков закладных устройств, не говоря уже об излучениях настраиваемых или испытываемых в исследовательских лабораториях создаваемых излучающих радиоэлектронных средств.

Для гарантированного ослабления опасных сигналов при жестких требованиях к уровню безопасности информации источники излучений размещают в экранированных помещениях (экранных комнатах), ограждения которых покрыты стальными листами или металлическими сетками. Размеры экранированного помещения выбирают из его назначения и стоимости экранирования. Существуют экранированные вычислительные центры площадью в многие десятки м<sup>2</sup>, но обычно экранные комнаты для проведения измерений радиоизлучающих блоков и антенн имеют небольшую площадь в 6...8 м<sup>2</sup> при высоте 2,5...3 м. Металлические листы или полотнища сетки, покрывающие стены, потолок и пол, должны быть прочно, с малым электрическим сопротивлением, соединены между собой по периметру. Для сплошных экранов это соединение обеспечивается сваркой или пайкой, для сетчатых экранов должен быть обеспечен точечной сваркой или пайкой хороший электрический контакт между полотнищами не реже чем через 10...15 мм.

Двери должны быть также экранированы. При их закрывании необходимо обеспечить надежный электрический контакт с металлическими листами или сеткой стен по всему периметру дверей. Для этого применяют пружинную гребенку из фосфористой бронзы, которую укрепляют по внутреннему периметру дверной рамы. При наличии в экранной комнате окон последние должны быть затянуты одним или двумя слоями сетки, расстояние между слоями двойной сетки не менее 50 см. Слои сетки должны иметь хороший электрический контакт с экраном стен по всему периметру оконной рамы. Экран, изготовленный из луженой низкоуглеродистой стальной сетки с ячейкой размером 2,5...3 мм, уменьшает уровень излучений на 55...60 дБ, а из такой же двойной (с расстоянием между наружной и внутренней сетками 100 мм) приблизительно на 90 дБ. Сетки для обеспечения возможности мытья стекол удобнее делать съемными, а металлическое обрамление съемной части должно иметь пружинящие контакты в виде гребенки из фосфористой бронзы.

При проведении работ по тщательному экранированию подобных помещений необходимо одновременно обеспечить нормальные условия для работающего в нем человека, прежде всего, вентиляцию воздуха и освещение. Это тем более важно, так как у человека в экранной комнате может ухудшиться самочувствие из-за экранирования магнитного поля Земли.

Для эффективного электромагнитного экранирования вентиляционные отверстия на частотах менее 1000 МГц закрывают сотовыми экранами с прямоугольными, круглыми, шестигранными ячейками. Для обеспечения эффективного электромагнитного экранирования необходимо, чтобы размеры ячеек экрана не превышали 0,1 длины волны поля. Но на высоких частотах размеры ячеек могут быть столь малыми, что ухудшится вентиляция через них воздуха. Поэтому на частотах выше 1000 МГц применяют специальные электромагнитные ловушки в виде конструкции из поглощающих электромагнитные поля материалов, вставляемой в вентиляционные отверстия. Величины затухания радиосигнала в экранированном помещении в зависимости от конструкции экрана указаны в таблице 6.2.

Таблица 6.2

<i>Тип конструкции экрана</i>	<i>Затухание радиосигнала, дБ</i>
Одиночный экран из сетки с одиночной дверью, оборудованной зажимными устройствами	40
Двойной экран из сетки с двойной дверью-тамбуром и зажимными устройствами	80
Сплошной стальной сварной экран с одной дверью-тамбуром с зажимными устройствами	100

## 7. ЛИТЕРАТУРА



1. Ярочкин В.И. Информационная безопасность: Учебник для студентов вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2-е изд. – 2004. – 544 с.
2. Торокин А. А. Инженерно-техническая защита информации: Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям в обл. информ. безопасности. – М.: Гелиос АРВ, 2005. – 960 с.
3. Федеральный закон «Об информации, информатизации и защите информации». Принят Государственной Думой 25 января 1995 года.
4. Торокин А. А. Основы инженерно-технической защиты информации. – М.: Издательство «Ось-89», 1998 г. – 336 с.
5. Большая энциклопедия промышленного шпионажа / Ю.Ф. Каторин, Е.В. Куренков, А.В. Лысов, А.Н. Остапенко – СПб.: ООО «Издательство Полигон», 2000. – 896 с.
6. <http://redbay.ru/category/binokli/>
7. <http://market.yandex.ru/catalogoffers.xml?hid=638258>
8. [http://market.yandex.ru/catalogmodels.xml?CAT\\_ID=100514&hid=91148](http://market.yandex.ru/catalogmodels.xml?CAT_ID=100514&hid=91148)
9. [http://www.secur.su/index.php?cPath=25\\_26\\_81&osCsid=piggr4sto4omuc8iruggs10ud3](http://www.secur.su/index.php?cPath=25_26_81&osCsid=piggr4sto4omuc8iruggs10ud3)
10. Хореев А.А. Технические средства и способы промышленного шпионажа – М: ЗАО «Дальснаб», 1997. – 230 с.
11. <http://www.spycams.ru/index.html>
12. <http://www.eurosatt.com/set/index.htm>
13. Палий А.А. Радиоэлектронная борьба. М.: Военное издательство, 1989, 350 с.
14. Николаенко Ю.С. Противодействие радиотехнической разведке // Системы безопасности связи и телекоммуникаций. – 1995. – № 6. – С. 12–15.
15. [http://zelpribor.com/products/kip/rus/measuring\\_aerials/](http://zelpribor.com/products/kip/rus/measuring_aerials/)
16. Бузов Г.А., Калинин С.В., Кондратьев А.В. Защита от утечки информации по техническим каналам: Учебное пособие. – М.: Горячая линия–Телеком, 2005. – 416 с.
17. <http://www.e-dic.ru/>
18. Халяпин Д.Б. Вас подслушивают? Защищайтесь! – М.: Мир безопасности, 2001. – 308 с.
19. Хореев А.А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть 1. Технические каналы утечки информации. – М.: Гостехкомиссия РФ, 1998. – 320 с.
20. Хореев А.А. Методы и средства поиска электронных устройств перехвата информации. – М.: МО РФ, 1998. – 224 с.
21. Мироничев С. Коммерческая разведка и контрразведка или промышленный шпионаж в России и методы борьбы с ним – М.: Дружок, 1995. – 223 с.
22. <http://www.evraas.ru/files/price.pdf>
23. <http://www.asec.ru/cgi-bin/pages/21/12>
24. <http://www.evraas.ru/r-36.htm>

25. <http://www.radiostancii.ru/shop/security/index.php?cat=200>
26. <http://www.zinfo.ru/item/859/>
27. <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=778&tbl=03.04.01>.
28. <http://www.suritel.ru/cgi-bin/view.pl?cid=1187156006&ProdId=pr10001>
29. <http://www.evraas.ru/p-663.htm>
30. [http://www.infosecur.ru/out\\_e.php?id=1212](http://www.infosecur.ru/out_e.php?id=1212)