

4 ТЕХНИЧЕСКИЕ КАНАЛЫ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ

4.1 Особенности утечки информации

Под утечкой информации понимается несанкционированный процесс переноса информации от источника к злоумышленнику. Если получатель информации санкционирован, то речь идет не об утечке, а о передаче информации по так называемому функциональному каналу связи, специально создаваемому для обеспечения коммуникаций в человеческом обществе.

Утечка информации – это не просто процесс распространения носителя информации за пределы контролируемой зоны, а частный случай такого распространения, когда информация попадает к злоумышленнику. Выход же носителя за пределы контролируемой зоны создает предпосылки для утечки информации и повышает угрозу ее безопасности.

Утечка информации возможна путем ее разглашения людьми, утерей ими носителей информации, переносом информации с помощью полей, потоков элементарных частиц, веществ в газообразном, жидком или твердом виде.

Утечка информации имеет ряд особенностей, которые надо учитывать при организации защиты информации:

- при утечке информации происходит ее тиражирование, которое не изменяет характеристики носителя информации (не уменьшается количество листов документа, не сокращается число пикселей изображения, не меняются размеры, цвет и другие демаркирующие признаки продукции и т. д.);
- цена информации при ее утечке уменьшается за счет тиражирования;
- факт утечки информации, как правило, обнаруживается спустя некоторое время, по последствиям, когда меры по обеспечению ее безопасности могут оказаться неэффективными.

Физический путь переноса информации от ее источника к несанкционированному получателю называется **каналом утечки**. Канал, в котором осуществляется несанкционированный перенос информации с использованием технических средств, называется **техническим каналом утечки**.

Несанкционированный перенос информации полями различной природы, макро- и микрочастицами происходит с помощью технических каналов утечки информации.

4.2 Характеристики технических каналов утечки информации

Обобщенная типовая структура канала утечки информации приведена на рис. 4.1. Он включает источник информации, преобразователь информации в сигнал (носитель информации), среду распространения носителя, преобразователь сигнала в информацию и получателя информации.



Рис. 4.1. Структура канала утечки информации

В конкретных ситуациях указанная структура может видоизменяться, например, преобразователь информация-сигнал может объединяться с источником информации и т. п.

Канал утечки информации представляет собой совокупность технических средств, включая среду распространения носителя информации, посредством которых осуществляется несанкционированная передача информации за пределы контролируемой зоны.

Информация от источника на входе канала преобразуется в сигнал, посредством которого она передается через среду распространения за пределы контролируемой зоны к получателю информации.

Источниками информации могут являться как функциональные каналы связи, так и опасные сигналы - сигналы с конфиденциальной информацией, появление которых не контролируется источником информации.

Среда распространения - область пространства, в которой перемещается носитель информации. Она характеризуется рядом физических параметров, определяющих условия перемещения носителя информации:

- физическими препятствиями для субъектов и материальных тел;
- мерой ослабления сигнала;
- частотной характеристикой (неравномерностью ослабления различных частотных составляющих спектра сигнала);
- видом и мощностью помех.

Преобразователь сигнала в информацию выделяет ее из носителя и преобразует в форму, доступную получателю информации.

Классификация каналов утечки информации приведена на рис. 4.2.

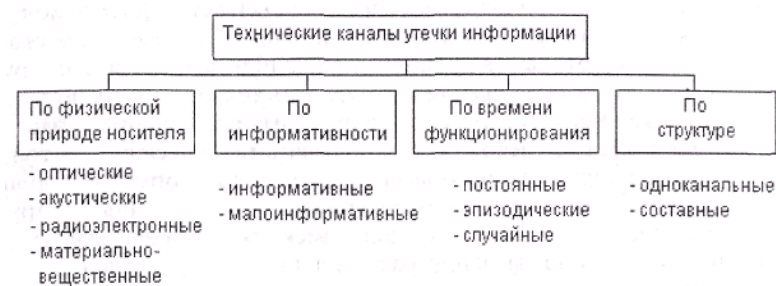


Рис. 4.2. Классификация каналов утечки информации

В зависимости от физической природы носителя различают оптические, радиоэлектронные, акустические и материально-вещественные каналы утечки информации.

Носителем информации в оптических каналах является электромагнитное поле в диапазоне 0.46-0.76 мкм (видимый свет) и 0.76-13 мкм (инфракрасные излучения).

В радиоэлектронных каналах в качестве носителей используются электрические, магнитные и электромагнитные поля в радиодиапазоне, а также электрический ток (поток электронов), распространяющийся по металлическим проводам. В зависимости от этого радиоэлектронные каналы можно разделить на две группы: радиоволновые (носителями информации в них являются электрическое, магнитное и электромагнитное поля) и электрические (носителем информации в них является электрический ток).

Носителями информации в акустических каналах являются акустические волны - упругие механические колебания в инфразвуковом (до 16 Гц), звуковом (от 16 Гц до 20 кГц) и ультразвуковом (свыше 20 кГц) диапазонах частот, распространяющиеся в атмосфере, воде и твердой среде.

В материально-вещественном канале утечка информации возникает путем несанкционированного распространения за пределы контролируемой зоны вещественных носителей с защищаемой информацией (например, выбрасываемых черновиков документов, использованной копировальной бумаги, забракованных деталей и узлов, отходов производства). Последние могут содержать демаскирующие вещества, по которым в принципе можно определить состав, структуру и свойства новых материалов или восстановить технологию их получения.

Физическая природа каждого носителя информации имеет свои особенности, которые необходимо знать и учитывать при решении задач защиты информации.

В зависимости от ценностью информации, получаемой по каналам утечки их разделяют на информативные и малоинформативные.

В зависимости от времени существования различают постоянные, периодические и эпизодические каналы. В постоянном канале утечка информации носит достаточно регулярный характер. На-

пример, наличие в контролируемой зоне источника опасного сигнала может привести к постоянной утечке из нее речевой информации. Если канал появляется с некоторой периодичностью, то его называют периодическим. Периодичность может обуславливаться либо технологическими причинами либо физическими условиями существования канала утечки. Например, периодический трафик по функциональному каналу связи предоставляет возможность несанкционированного съема информации по этому каналу. Другим примером является использование пролетов над контролируемой зоной разведывательного космического аппарата для съема или ретрансляции закрытой информации. К эпизодическим каналам относятся каналы, утечка информации в которых имеет случайный разовый характер.

Утечка информации может происходить по одному каналу или по нескольким - последовательным или параллельным каналам. В первом случае канал утечки называют одноканальным, во втором - многоканальным (составным).

4.3 Оптические каналы утечки информации

Структура оптического канала утечки информации показана рис. 4.3.

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.

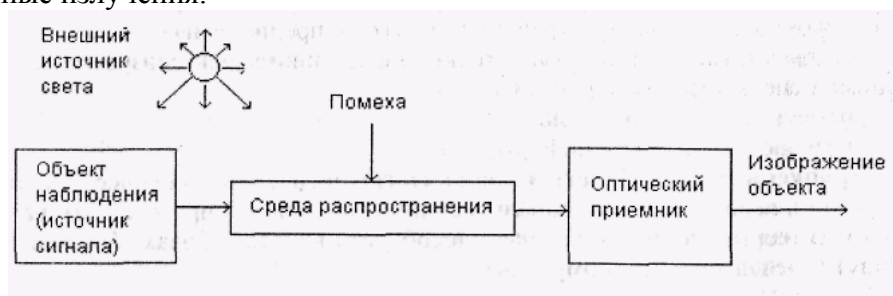


Рис. 4. 3. Структура оптического канала утечки информации

Отраженное от объекта оптическое излучение содержит информацию о видовых признаках объекта, а собственное излучение объекта – информацию о параметрах излучения объекта: уровне и спектральном составе источников видимого света, температуре элементов излучения.

Объект наблюдения излучает и отражает оптическое излучение внешнего источника как в видимом, так и в инфракрасном (ИК) диапазонах. Соотношения между интенсивностью собственных и отраженных излучений объекта в видимом и ИК диапазонах могут существенно отличаться.

В видимом оптическом диапазоне интенсивность излучения определяется, обычно, интенсивностью отраженного света и его собственных источников света. При нагревании до высоких температур объект наблюдения или его элементы могут обладать собственными излучениями в видимом и ИК оптическом диапазоне. В ближнем (0.76-3 мкм) и среднем (3-6 мкм) ИК диапазонах мощность собственного ИК излучения объекта значительно меньше мощности отраженного от объекта потока солнечной энергии. Однако в длинноволновой области ИК диапазона 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 во всем оптическом диапазоне волн - от ультрафиолетового до инфракрасного (0.17-4 мкм). Максимум солнечного излучения приходится на 0.47 мкм, в ультрафиолетовой части спектра его интенсивность убывает достаточно быстро, в инфракрасной весьма медленно.

При прохождении через атмосферу солнечное излучение частично поглощается, частично рассеивается молекулами газов, частицами пыли, дыма, кристалликами льда, каплями воды. Процессы рассеяния и поглощения солнечной энергии уменьшают интенсивность и изменяют спектр солнечного света, освещающего наземные объекты. В спектре излучения этого света, характеризующего зависимости его интенсивности от длины волны, появляются участки поглощения и пропускания. Последние называются окнами прозрачности. Излучения длиной менее 0.27 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 диапазоне, так как частицы воды имеют размер около 4 мкм. Молекулярное и аэрозольное рассеяния солнечного света вызывают 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. 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 и 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 и коэффициента отражения объекта в этом диапазоне. Коэффициент теплового излучения для реальных объектов не постоянен по спектру и определяется в соответствии с законом Кирхгофа отношением спектральной плотности энергетической яркости объекта к спектральной плотности энергетической яркости абсолютно черного тела, которое обладает максимумом энергии теплового излучения по сравнению со всеми другими источниками при той же 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 излучения 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;
- 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%. Адсорбентом 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). Адсорбентом 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 последней 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 табл. 4.1 [88].

Таблица 4.1.

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)
10.0	6	Умеренная замутненность (умеренная видимость)
20.0	7	Удовлетворительная видимость
50.0	8	Хорошая видимость
Более 50.0	9	Исключительно хорошая видимость
227	10	Чистый воздух

Показатели метеорологической дальности атмосферы в конкретном районе регулярно определяются на станциях метеорологической службы и в метрах или в баллах передаются радиостанциями пользователям этой информации, в том числе для водителей автотранспорта.

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 $D_{пв}$ в км с учетом кривизны Земли можно рассчитать по формуле

$$D_{пв} = 3.57 \left(\sqrt{h_o} + \sqrt{h_n} \right),$$

где h_o - высота размещения объекта над поверхностью земли в м;

h_n - высота расположения наблюдателя над поверхностью земли в м.

Например, для $h_o = 3$ м и $h_n = 5$ м $D_{\text{пв}} = 14$ 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 и ИК диапазонах могут существенно отличаться.

Однако в общем случае потенциальные оптические каналы утечки информации имеют достаточно устойчивые признаки. Типовые варианты оптических каналов утечки информации приведены в табл. 4.2.

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.

Таблица 4.2.

Объект наблюдения	Среда распространения	Оптический приемник
Документ, продукция в помещении	Воздух Воздух + стекло окна	Глаза человека + бинокль, фотоаппарат
Продукция во дворе, на машине, ж/платформе	Воздух Атмосфера + безвоздушное пространство	То же Фото, ИК, телевизионная аппаратура на КА
Человек в помещении, во дворе, на улице	Воздух Воздух + стекло	Глаза человека + бинокль, фото, кино, телевизионная аппаратура

Волокно представляет собой нить диаметром около 100 мкм, изготовленную из кварца на основе двуоксида кремния. Волокно состоит из сердцевины (световодной жилы) и оболочки с разными показателями преломления. 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 много-модовом 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. При таком затухании сигнала могут передаваться на расстояние в сотни км без ретрансляции (регенерации).

Дисперсия обусловлена различием фазовых скоростей отдельных мод оптического сигнала, направляющими свойствами волокна и свойствами его материала. Она приводит к искажению (расширению) формы сигнала при его распространении в волокне, что ограничивает дальность передачи и верхнее значение частоты спектра сигнала. Дисперсия волокна оценивается величиной увеличения на км длины временного параметра оптического сигнала или эквивалентной полосой частот пропускания.

Волокна объединяют в волоконно-оптические кабели, покрытые защитной оболочкой. По условиям эксплуатации кабели подразделяются на монтажные, станционные, зонные и магистральные.

ральные. Кабели первых двух типов используются внутри зданий и сооружений. Зоновые и магистральные кабели прокладываются в колодцах кабельных коммуникаций, в грунтах, на опорах, под водой.

Хотя возможность утечки информации из волоконно-оптического кабеля существенно ниже, чем из электрического, но при определенных условиях такая утечка возможна. Для съема информации разрушают защитную оболочку кабеля, прижимают фотодетектор приемника к очищенной площадке волокна и изгибают кабель на угол, при котором часть световой энергии направляется на фотодетектор приемника.

4.4 Радиоэлектронные каналы утечки информации

4.4.1 Радиоэлектронные каналы утечки информации относят к наиболее информативным.

В таких каналах информацию получают путем перехват радио и электрических сигналов, радиолокационного и радиотеплового наблюдения, т.е. с их помощью можно добывать семантическую информацию, а также видовые и сигнальные демаскирующие признаки объектов. Радиоэлектронные каналы утечки информации используют радиотехническая, радиолокационная и радиотепловая разведка.

Структура радиоэлектронного канала утечки информации в общем случае включает источник сигнала или передатчик, среду распространения носителя информации (электрического тока или электромагнитной волны) и приемник сигнала (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Структура радиоэлектронного канала утечки информации

В радиоэлектронных каналах утечки источниками информации могут являться

- сигналы передатчиков функциональных каналов связи;
- опасные сигналы (неконтролируемые паразитные излучения и наводки);
- отраженные от защищаемых объектов электромагнитные волны радиодиапазона;
- собственное тепловое или электромагнитное излучение объекта в радиодиапазоне.

Различают два вида радиоэлектронных каналов утечки семантической информации. В каналах первого вида источником информационного сигнала являются передатчики функциональных каналов связи. Радиоэлектронный канал утечки второго типа использует собственный передатчик сигналов. Передатчик этого канала утечки информации образуется случайно (без участия источника или получателя информации) или специально устанавливается в помещении злоумышленником.

В каналах первого вида направления распространения сигналов от передатчика к санкционированному получателю и злоумышленнику, как правило, отличаются. Параметры среды и технических устройств, образующих функциональный канал связи, выбирают таким образом, чтобы обеспечить максимум энергии носителя информации на входе приемника санкционированного получателя, а перехват сигнала передатчика функционального канала связи осуществляют по боковым лепесткам диаграммы направленности его антенны или паразитным излучениям и наводкам. Поэтому энергия сигнала на входе приемника радиоэлектронного канала утечки информации, как правило, существенно меньше энергии сигнала на входе приемника функционального канала связи.

В качестве передатчика в каналах второго типа используют источники опасных сигналов и закладные устройства. Опасные сигналы могут образовываться на базе акустоэлектрических преобразователей, побочных низкочастотных и высокочастотных полей, паразитных связей и наводок в проводах и элементах радиосредств. Предпосылки для их появления создаются в результате конструктивных недоработок при разработке радиоэлектронных средств, объективных физических

процессов в их элементах, изменений их параметров из-за старения или нарушений правил эксплуатации, не учета паразитных электрических и магнитных полей вокруг токонесущих проводов при их прокладке в контролируемой зоне и т. д.

Особенностью передатчиков каналов рассматриваемого типа является малый уровень создаваемых ими сигналов: амплитуда напряжения наводок не превышает единиц мВ, а мощность сигналов передатчиков радиозакладок - десятков мВт, поэтому протяженность таких каналов невелика и составляет десятки-сотни метров. Следовательно, для организации такого канала утечки приемник необходимо приблизить к передатчику на возможно малое расстояние либо установить ретранслятор.

4.4.2 Средой распространения носителя информации в радиоэлектронных каналах утечки информации является атмосфера, безвоздушное пространство либо направляющие среды с высокой проводимостью - проводные линии связи различных типов и волноводы.

Различают воздушные и кабельные проводные линии связи. Более широко применяются кабельные линии связи. Кабельные линии связи получили доминирующее развитие при организации объектовой, городской и междугородной телефонной связи. Они составляют 65% телефонных линий России. В зависимости от конструкции различают симметричные и коаксиальные кабели.

Если провода кабеля имеют одинаковый диаметр и расположены симметрично относительно некоторой плоскости, то кабель называется симметричным. Если же оба проводника кабеля выполнены в форме соосных цилиндров, то такой кабель называют коаксиальным.

Симметричные кабели представляют собой проводники (жилы) с нанесенными на них одним или несколькими слоями изолятора из диэлектрических материалов. Несколько жил, объединенных единым изолятором в виде ленты, образуют ленточные кабели или полосковые линии. Известные конструкции симметричных кабелей содержат от 1х2 до 2400х2 жил под общей защитной оболочкой.

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, фторлан (фторопласт), полипропилен, резина, неорганическая изоляция. Для обеспечения гибкости кабеля внешний проводник выполняется из медной или железной сетки, а для механической и химической защиты от внешних воздействий он покрывается слоем изолятора (полихлорвинила).

Основными параметрами проводных линий связи являются полоса пропускания, волновое (характеристическое) сопротивление и затухание сигнала. Полоса пропускания определяет ширину пропускаемого ими спектра частот. Полоса пропускания воздушных линий со стальными проводами составляет около 25 кГц, с медными проводами - до 150 кГц, симметричных кабелей - до 600 кГц. Расширению спектра частот, передаваемых по симметричным линиям, препятствуют возрастающие наводки.

Волновое сопротивление ρ определяется соотношением погонной индуктивности L_n и емкости C_n :

$$\rho = \sqrt{\frac{L_n}{C_n}}.$$

Затухание характеризует степень ослабления сигнала в линии связи.

$$Z_c = 10 \lg(P_{вх}/P_{вых}) [\text{дБ}],$$

где $P_{вх}$ и $P_{вых}$ - мощность сигнала на входе и выходе линии связи соответственно. Величина затухания зависит от частоты, на которой проводятся измерения и сопротивления проводников, из которых изготовлен кабель и потерь в диэлектрике, используемом для изоляции проводников друг от друга.

Если сопротивление проводников на низких частотах (в диапазоне 0-100 кГц) 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 - уменьшается в центре и возрастает на периферии. Глубина проникновения (в мм) 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 - на по-

рядок меньше, всего около 0.03 мм. Следовательно, ток с этой частотой протекает только вблизи поверхности проводника по тонкой гипотетической медной трубке, площадь сечения которой существенно меньше площади сечения всего проводника, а сопротивление, соответственно, больше.

На величину затухания линии влияют и электрические характеристики диэлектрика, наносимого на металлические провода. Для телефонных линий удовлетворительным считается значение переходного затухания между проводами порядка 60-70 дБ.

В коаксиальном кабеле электрическое поле замыкается между внутренним и внешним проводниками, поэтому внешнее электрическое и электромагнитное поля отсутствуют. Это является его основным преимуществом перед симметричными линиями. При повышении частоты вследствие поверхностного эффекта ток во внутреннем проводнике распределяется по его наружной поверхности, а во внешнем, наоборот, по внутренней. Стандартный коаксиальный кабель с диаметрами внутреннего и внешнего проводников соответственно 1.2 и 4.4 мм (1.2/4.4) обеспечивают передачу 900-960 телефонных каналов на расстояние до 9 км или 3600 каналов на расстояние 1.5 км. При увеличении диаметров проводников до 2.6/9.5 число телефонных каналов для длины участка 1.5 км возрастает до 10800. Полоса пропускания такого кабеля достигает 60 МГц.

Для увеличения верхней границы частотного диапазона коаксиального кабеля необходимо увеличивать диаметры его внутреннего и внешнего проводников. Например, коэффициент затухания кабеля РК 50-17-51 (диаметр внешнего проводника 17.3 мм) на частотах 200, 450 и 900 МГц равен соответственно 0.012, 0.035 и 0.05 дБ/м.

4.4.3 В атмосфере и безвоздушном пространстве носителями информации радиоэлектронного канала утечки информации являются поля: в ближней зоне источника поля - электрическое и магнитное, в дальней зоне - электромагнитное (радиоволны).

Радиоволна характеризуется частотой колебания, плотностью потока мощности и поляризацией. Классификация радиоволн по частоте установлена Регламентом радиосвязи, утвержденным Всемирной административной конференцией в Женеве в 1979 г. (табл. 4.3).

Таблица 4.3.

Диапазон длин волн	Наименование волн	Обозначение и наименование частот	Диапазон частот
> 100 км	-	ELF-чрезвычайно низкие	Доли Гц-3 кГц
10-100 км	Мириаметровые	VLF(ОНЧ) - очень низкие	3-30 кГц
1-10 км	Километровые	LF(НЧ) - низкие	30-300 кГц
100-1000 м	Гектаметровые	MF(СЧ) - средние	300-3000 кГц
10- 100м	Декаметровые (ко-	HF(ВЧ) - высокие	3-30 МГц
1-10 м	Метровые	(ОВЧ) - очень высокие	30-300 МГц
10-1 00 см	Дециметровые	UNF(УВЧ) - ультравысо-	300-3000 МГц
1-10 см	Сантиметровые	SHF(СВЧ) - сверхвысокие	3-30 ГГц
1-10 мм	Миллиметровые	EHF(КВЧ) - крайне высо-	30-300 ГГц
0.1-1 мм	Децимиллиметро-	ГВЧ - гипервысокие	300-3000 ГГц

Примечание. Электромагнитные волны длиной менее 10 м называют ультракороткими (УКВ).

Плотность потока мощности электромагнитной волны представляет собой мощность, проходящую через единичную площадку пространства, ориентированную перпендикулярно направлению распространения электромагнитной волны.

Поляризация электромагнитной волны определяется направлением вектора напряженности электрического поля. Если вектор электрического поля лежит в вертикальной плоскости, то поляризация вертикальная, когда же он находится в горизонтальной плоскости - горизонтальная. Векторы напряженности электрического и магнитного полей взаимно перпендикулярны и перпендикулярны направлению распространения электромагнитной волны. Преобразование энергии электрического тока в электромагнитную волну выполняется антеннами. Характер поляризации электромагнитной волны зависит от конструкции и расположения излучающих элементов антенны. Несоответствие поляризации электромагнитной волны с пространственной ориентацией элементов приемной антенны, приводит к уменьшению величины энергии принимаемого ею сигнала.

Протяженность канала утечки информации, использующего в качестве носителя радиоволны, сильно зависит от условий их распространения. Радиоволны в зависимости от условий распространения делятся на земные (поверхностные), прямые, тропосферные и ионосферные (пространственные).

Поверхностными называют радиоволны, которые распространяются в непосредственной близости от поверхности Земли и частично огибают ее поверхность в результате дифракции. Прямыми названы радиоволны, распространяющиеся 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 вследствие их отражений от ионосферы и от земной поверхности. Ионосферу образуют ионизированные под действием ультрафиолетового излучения Солнца верхние слои атмосферы. Концентрация свободных электронов и ионов в ионосфере меняется по высоте. В зависимости от их концентрации ионосферу условно делят на слои D, E, F₁ и F₂. Наименьшая концентрация имеет место в слое D, наибольшая - в слое F₂. 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 F₁ и F₂ занимают области на высоте примерно 160-400 км, причем ночью слой F₁ исчезает. Состояние ионосферы непрерывно меняется, оно зависит от времени суток, времени года и солнечной активности, которая имеет 11-летний цикл изменения.

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.

Степень преломления радиоволн в слоях ионосферы зависит от частоты радиоволн и угла их падения на слой. Чем больше угол падения волны, отсчитываемый от нормали в точке падения, тем более пологой является 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 от ионосферы, называется критическим. Если угол падения меньше критического, радиоволны проходят через ионосферу без отражения.

Коэффициент преломления уменьшается с увеличением частоты, поэтому длинные волны преломляются сильнее, чем короткие, а для УКВ степень преломления недостаточна для возвращения радиоволн на Землю и они уходят в космическое пространство. Наивысшая частота, при которой электромагнитная волна еще может возвратиться на Землю, называется максимально применимой частотой. Ее величина зависит от угла падения. Поэтому введено понятие критической частоты - максимально применимой частоты при угле падения 0 градусов. Из определения следует, что эта частота является наименьшей из всех максимально применимых частот.

За счет многократного преломления радиоволн в ионосфере и отражения от земной поверхности электромагнитная волна может распространяться на большие расстояния. 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 разным путем от излучателя и имеющих, следовательно, различные фазы. Случайный характер изменения фаз приводит к случайному изменению амплитуды результирующей волны, которое называется замиранием или федингом.

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

Характеристики среды распространения зависят от длины радиоволн.

1) Километровые (длинные) волны 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

большое расстояние. Преимуществом радиоволн этого диапазона как носителя информации является относительное постоянство напряженности поля в пункте приема в течение суток и года, что обеспечивает устойчивость связи. Эти радиоволны применяют для связи под водой, где плохо распространяются волны более высоких частот.

Недостатками длинноволновых радиолиний является трудность излучения радиоволн этого диапазона, большие размеры антенн, высокий уровень атмосферных и промышленных помех и малая пропускная способность.

2) Гектометровые (средние) волны могут распространяться поверхностным и пространственным лучами. Радиоволны этого диапазона поглощаются земной поверхностью сильнее, чем длинные волны, поэтому дальность связи поверхностным лучом составляет примерно 500-1500 км. Однако для средних волн являются более благоприятными условия распространения пространственной волной и 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 поверхностные 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) Радиоволны декаметрового диапазона (короткие волны) распространяются, в основном пространственным лучом. Дальность распространения поверхностной волны невелика из-за резкого возрастания ее поглощения землей. В точку приема пространственная волна может прийти несколькими разными путями (лучами). Из-за флуктуаций плотности и высоты ионосферных слоев пути лучей непрерывно изменяются и на коротких волнах наблюдаются глубокие замирания (фединги) и даже полное пропадание связи в течение единиц и десятков секунд.

Интенсивность пространственной волны в точке приема зависит от состояния ионосферы. Чтобы обеспечить связь при суточных изменениях ионосферы необходимо в течение суток периодически изменять частоту работы канала. Наиболее благоприятные условия прохождения волн днем чаще складываются в диапазоне волн 10-25 м, а ночью - 35-70 м.

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 и более коротких) волн дифракция практически отсутствует. Поэтому они распространяются в пределах прямой видимости, в том числе отражаясь от земли и тропосферы с потерей части энергии на поглощение. Радиоволны этого диапазона широко применяют в качестве носителей информации в сетях телекоммуникаций. Это обусловлено возможностью передачи в этом диапазоне больших объемов информации, низким уровнем атмосферных и промышленных помех, возможностью одновременной работы без взаимных помех в одном частотном канале большого числа радиосистем находящихся вне прямой видимости. Возможность создания в этом диапазоне небольших антенн с узкой диаграммой направленности позволяет осуществлять канализацию энергии радиоволн в ограниченном объеме пространства и потенциально обеспечить повышение скрытности и помехоустойчивости работы систем радиосвязи.

Основной недостаток радиоволн рассматриваемого диапазона - существенно большее поглощение их в атмосфере с уменьшением длины волны.

Для организации связи за пределами прямой видимости применяют ретрансляцию радиосигналов передатчика с помощью наземных и космических ретрансляторов. 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 принимаемые сигналы распределяют по различным направлениям.

Разновидностью радиорелейных линий связи являются тропосферные линии связи, использующие явление рассеяние ультракоротких радиоволн в неоднородностях тропосферы. Неоднородности вызываются неравномерностью состояний различных областей 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, удаленных друг от друга на тысячи километров. Они являются элементами (звеньями) спутниковых линий 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.

При распространении радиоволн в городе характер их распространения существенно искажается по сравнению с распространением на открытых пространствах за счет многочисленных отражений 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 табл. 4.4.

Таблица 4.4.

Тип здания	Ослабление, дБ на частоте		
	100 МГц	500 МГц	1 ГГц
Деревянное здание с толщиной стен 20	5-7	7-9	9-11
Кирпичное здание с толщиной стен 1 .5	13-15	5-17	16-19
Железобетонное здание с ячейкой арматуры 15x15 см и толщиной 160 мм	20-25	18-19	15-17

Указанные в таблице данные получены для стен, 30 процентов площади которых занимают оконные проемы с обычным стеклом. Если оконные проемы закрыты металлической решеткой с ячейкой 5 см, то экранирование увеличивается на 30-40 %. Экранирующие свойства кирпичных и железобетонных стен зданий в 2-3 раза выше, чем деревянных.

4.4.4 Многообразие природных и искусственных источников излучений в радиодиапазоне порождает проблему электромагнитной совместимости радиосигналов с определенной информацией с другими радиосигналами - помехами с совпадающими частотами. Различают природные, промышленные и искусственные помехи.

Природные или естественные помехи вызываются тепловыми шумами радиоприемников, грозовыми электрическими разрядами (на частотах <30 МГц), тепловым излучением Земли и зданий (на частотах выше 30-40 МГц), солнечной активностью (на частотах выше 20 МГц), электромагнитными излучениями других планет (на частотах выше 1 МГц).

В городах к естественным помехам добавляются промышленные помехи: флуктуационные, гармонические и импульсные. Флуктуационные помехи и создаются коронами высоковольтных линий электропередач, лампами дневного света, неоновой рекламой, электросваркой и другими электрическими разрядами. Это широкополосные помехи с относительно равномерным спектром. Спектр гармонических промышленных помех локализован на гармониках частот излучений промышленных высокочастотных установок и медицинской аппаратуры. Импульсные помехи, возникают при замыкании и размыкании электрических контактов выключателей.

Искусственные помехи создаются с целью нарушения управления и связи в ходе радиоэлектронной борьбы разнообразными средствами генерирования помех. Их делят на маскирующие и имитационные. Маскирующие помехи создают помеховый фон, на котором затрудняется обнаружение и распознавание полезных сигналов. Имитационные помехи по структуре близки к полезным сигналам и предназначены для дезинформации получателя информации.

Маскирующие помехи в зависимости от ширины спектра разделяют на заградительные и прицельные. Ширина спектра частот заградительной помехи значительно превышает ширину

спектра полезного сигнала. Прицельная помеха имеет ширину спектра, соизмеримую с шириной спектра сигнала. Она обеспечивает высокий уровень спектральной плотности мощности помехи в полосе частот сигнала при невысокой средней мощности передатчика помех.

4.4.5 При оценках информативности радиоэлектронного канала утечки информации в первую очередь интересуются его возможной протяженностью (дальностью действия), а также оценками точности добываемой по нему информации.

Ориентировочную оценку протяженности канала утечки можно сделать на основе энергетических соотношений, которые обеспечивают функционирование такого канала. Исходные данные для таких оценок зависят от вида конкретного канала и в общем случае должны включать в себя следующие данные:

1) информацию о мощности передатчика информационного сигнала и характеристиках его антенны, либо о плотности мощности (напряженности электрического поля) информационного сигнала в точке его излучения;

2) информацию о чувствительности приемника информационного сигнала и характеристиках приемной антенны;

3) величину затухания радиоволны в радиоканале.

Существенно сложнее обстоит дело с оценками точности информации, которая может быть добыта по каналу утечки. Если по каналу передается семантическая информация, то для оценок точности получаемой злоумышленником информации можно ограничиться нахождением вероятностей ошибок приема информационных символов. Если канал используется для получения видовой или признаковой информации, необходимо оценивать точность измерения тех или иных видовых или сигнальных признаков параметров: координат объекта, его размер, размеров и формы составных частей объекта, параметров собственных излучений объекта и т.д. Для оценок точности измерения этих параметров злоумышленником необходимо знать алгоритмы, применяемые им для соответствующих измерений. Как правило, эта информация является недоступной, поэтому приходится ограничиваться так называемыми минимаксными оценками, т.е. оценками, полученными для наиболее благоприятного и наиболее неблагоприятного случаев измерений.

Рассмотрим общий подход к оценкам протяженности радиоэлектронных каналов утечки информации. Исходные данные для оценки протяженности канала перечислены выше.

Первым этапом решения рассматриваемой задачи является нахождение плотности потока мощности радиосигнала от передатчика канала утечки в месте возможного нахождения приемника канала утечки. Предположим, что этот приемник удален от передатчика на расстояние D . Тогда искомая плотность потока мощности $\Pi_{\kappa\gamma}$ может быть найдена по формуле

$$\Pi_{\kappa\gamma} = \frac{P_{\text{пер}}}{4\pi D^2} G(\varphi, \theta),$$

где $P_{\text{пер}}$ – мощность радиосигнала на выходе передатчика канала утечки;

$G(\varphi, \theta)$ – коэффициент усиления передающей антенны канала утечки в направлении (φ, θ) на приемник канала утечки. Эта функция характеризует распределение энергии радиоволны в пространстве. Его можно выразить через коэффициент направленного действия антенны $K_{\text{нд}}$, ее к.п.д. η и нормированную диаграмму направленности антенны $d(\varphi, \theta)$:

$$G(\varphi, \theta) = K_{\text{нд}} \eta d(\varphi, \theta).$$

Коэффициент направленного действия определяют как отношение полного телесного угла 4π к пространственному углу, в котором антенной концентрируется излучение. Его приближенно можно оценить по формуле

$$K_{\text{нд}} = \frac{4\pi}{\Delta\varphi \Delta\theta},$$

где $\Delta\varphi$ и $\Delta\theta$ – ширина диаграммы направленности соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях, выраженная в радианах.

Если нет полной информации о диаграмме направленности $d(\varphi, \theta)$ антенны, можно ограничиться приближенной оценкой $G(\varphi, \theta)$, выразив ее через $K_{\text{нд}}$ и относительный уровень ее боковых лепестков $\delta_{\text{бл}}$:

$$G(\varphi, \theta) = K_{\text{нд}} \eta \quad \text{— когда приемник канала утечки находится в пределах главного лепестка диаграммы направленности передающей антенны;}$$

$G(\varphi, \theta) = K_{\text{н0}} \eta \delta_{\text{ол}}$ - когда прием сигнала в канале утечки ведется по боковым лепесткам

диаграммы направленности передающей антенны.

Если передатчиком канала утечки является источник опасного сигнала, то плотность потока мощности создаваемой им радиоволны на удалении D , можно оценить на основе контрольного замера плотности потока мощности $\Pi_{\text{кy0}}$ этой радиоволны в точке пространства, находящейся на расстоянии D_0 от источника опасного сигнала в направлении вероятного расположения приемника канала утечки.

$$\Pi_{\text{кy}} = \Pi_{\text{кy0}} \frac{D_0^2}{D^2}.$$

На втором этапе определяется мощность радиосигнала P_{np} на входе приемника канала утечки.

$$P_{\text{np}} = \Pi_{\text{кy}} S_{\text{аэnp}},$$

где $S_{\text{аэnp}}$ – эффективная площадь и коэффициент усиления приемной антенны канала утечки.

Из теории антенн известно, что эффективную площадь антенны $S_{\text{аэ}}$ можно выразить через ее коэффициент усиления $G_{\text{а}}$ и длину радиоволны λ :

$$S_{\text{аэ}} = \frac{G_{\text{а}} \lambda^2}{4\pi}.$$

Очевидно, что для нормального функционирования канала утечки мощность принимаемого сигнала должна превышать некоторый минимальный уровень $P_{\text{np мин}}$, который называют чувствительностью приемника. С учетом этого из последнего уравнения получим

$$P_{\text{np мин}} = \Pi_{\text{кy}} S_{\text{аэnp}} = \frac{P_{\text{пер}}}{4\pi D^2} G(\varphi, \theta) S_{\text{аэnp}},$$

откуда можно найти выражение для расчета максимальной дальности действия канала утечки.

$$D_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{P_{\text{пер}}}{4\pi P_{\text{np мин}}} G(\varphi, \theta) S_{\text{аэnp}}} = \sqrt{\frac{P_{\text{пер}} \lambda^2}{P_{\text{np мин}} (4\pi)^2} G(\varphi, \theta) G_{\text{анp}}}.$$

Нетрудно получить аналогичное выражение для оценки дальности на основе инструментальных (контрольных) замеров плотности потока мощности источника опасного сигнала:

$$D_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{\Pi_{\text{кy0}} D_0^2 \lambda^2}{P_{\text{np мин}} (4\pi)^2} G(\varphi, \theta) G_{\text{анp}}}$$

В диапазонах волн с $\lambda < 0,1\text{ м}$ для энергетической характеристики радиоволны вместо плотности потока мощности принято оперировать с напряженностью ее вектора электрического поля E_{np} . Чувствительность приемника измеряют в единицах напряжения (мкВ, мВ), а антенну вместо эффективной площади часто (особенно в гектометровом и километровом диапазонах) характеризуют другим параметром – действующей высотой антенны $h_{\text{дnp}}$. В этом случае

$$P_{\text{np}} = \frac{(E_{\text{np}} \cdot h_{\text{дnp}})^2}{r_{\text{а}}},$$

где $r_{\text{а}}$ – входное сопротивление антенны. Величина $E_{\text{np}} h_{\text{дnp}}$ представляет собой напряжение на выходе приемной антенны канала утечки, т. е. напряжение на входе приемника канала утечки, которое можно сравнивать непосредственно с его чувствительностью $U_{\text{np мин}}$.

Величину напряженности E_{np} можно оценить, выразив ее через плотность потока мощности опасного сигнала и волновое сопротивление свободного пространства:

$$E_{\text{np}} = \frac{\Pi_{\text{кy}}}{H_{\text{np}}}$$

Напряженности электрического E_{np} и магнитного H_{np} полей электромагнитного поля в точке расположения приемника канала утечки связаны между собой соотношением

$$E_{\text{np}}/H_{\text{np}} = Z_{\text{с}},$$

где Z_c – волновое сопротивление среды (для вакуума и воздуха $Z_c = 377$ Ом), следовательно

$$E_{np} = \sqrt{P_{kv} Z_c}.$$

С учетом последних соотношений нетрудно получить следующие формулы для расчета дальности канала утечки:

$$U_{np.min} = \sqrt{P_{kv} Z_c} h_{dnp} = \sqrt{\frac{P_{nep}}{4\pi D^2} G(\varphi, \theta)} h_{dnp}.$$

$$D = \sqrt{\frac{P_{nep}}{4\pi U_{np.min}^2} G(\varphi, \theta)} h_{dnp}.$$

4.4.6 Оценку возможностей средств радионаблюдения, обычно, проводят по таким параметрам как дальность действия средства радионаблюдения, разрешающая способность по одной или нескольким координатам, точность измерения тех или иных параметров, вероятности перехвата сигналов и т.д. Точный расчет этих параметров предполагает наличие полной информации о средстве радионаблюдения и об электромагнитной обстановке, в которой проводится радионаблюдение. При решении задач защиты информации таких сведений, как правило, нет. По этой причине приходится довольствоваться так называемыми минимаскными оценками, полученными для наилучших и наихудших условий радионаблюдения.

Основными показателями качества радиолокационного наблюдения являются дальность обнаружения объекта, точность определения его местоположения, разрешающие способности по угловым координатам и дальности.

Дальность обнаружения объекта в свободном пространстве $R_{св.max}$ можно оценить по основному уравнению радиолокации [1]:

$$R_{св.max} = \sqrt[4]{\frac{P_{nep} G^2 \lambda^2 \sigma_u}{P_{np.min} (4\pi)^3}} = \sqrt[4]{\frac{\mathcal{E}_{nep}}{N_0} \frac{G^2 \lambda^2 \sigma_u}{(4\pi)^3 \rho_{min}}}, \quad (1)$$

где P_{nep} и \mathcal{E}_{nep} – соответственно мощность и энергия импульса передатчика радиолокатора;

$P_{np.min}$ – чувствительность его приемника;

N_0 – спектральная плотность шума на входе приемника;

G – коэффициент усиления антенны радиолокатора;

λ – длина волны излучаемых электромагнитных колебаний;

ρ_{min} – минимальное отношение сигнал/шум, при котором обеспечивается заданная достоверность обнаружения объекта;

σ_u – эффективная отражающая поверхность цели (объекта).

Коэффициент усиления G антенны радиолокатора можно выразить через параметры ее диаграммы направленности: ширину главного лепестка диаграммы направленности в горизонтальной $\Delta\varphi$ и вертикальной $\Delta\theta$ плоскостях.

$$G = \frac{4\pi}{\Delta\varphi \Delta\theta} \eta,$$

где η – коэффициент полезного действия антенного тракта радиолокатора.

В этой формуле $\Delta\varphi$ и $\Delta\theta$ выражены в радианах. Если выразить $\Delta\varphi$ и $\Delta\theta$ в градусах и учесть что $\eta \approx (0,9-0,95)$, то

$$G \approx \frac{36000 \div 40000}{\Delta\varphi^\circ \Delta\theta^\circ},$$

$\Delta\varphi^\circ$ и $\Delta\theta^\circ$ – ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях, выраженные в градусах.

Эффективная отражающая поверхность объекта (другой термин эффективная площадь рассеивания) характеризует отражающие свойства объекта. Это не геометрическая площадь объекта, а площадь идеально проводящей поверхности, расположенной перпендикулярно к направлению прихода радиоволн, которая создает у антенны радиолокатора такую же плотность потока отраженных электромагнитных волн, как и реальный объект. Эффективная отражающая поверхность объекта зависит как от длины волны электромагнитных колебаний, так и от направления облуче-

ния объекта. Например, для металлической пластины площадью S , расположенной перпендикулярно к направлению прихода радиоволны $\sigma_{\text{ц}} = 4\pi S^2/\lambda^2$. Например, эффективная отражающая поверхность металлического листа, геометрическая площадь которого $S=1\text{м}^2$ при длине волны радиолокатора $\lambda=0,1\text{м}$ будет равна 1256м^2 , а при длине волны $\lambda=0,03\text{м}$ – около 14000м^2 . В то же время если указанную металлическую пластину развернуть на 90° , то $\sigma_{\text{ц}}$ будет равна 0.

Такой характер зависимости $\sigma_{\text{ц}}$ от длины волны справедлив для большинства объектов. т.е. величина эффективной отражающей поверхности изменяется обратно пропорционально λ^2 . Исключение составляют объекты с формой близкой к шарообразной. Например для шара радиуса $r_{\text{ш}}$ с большими относительно длины волны размерами ($r_{\text{ш}} \gg \lambda$)

$$\sigma_{\text{ц}} = \pi r_{\text{ш}}^2,$$

т.е. равна его видимой площади. Она не зависит ни от длины волны, ни от направления ее прихода. Такие объекты или элементы объектов называют “блестящими точками”. Совокупность блестящих точек может являться весьма достоверным информационным признаком объекта и использоваться для его идентификации. Поэтому при решении задачи информационной защиты контролируемого объекта необходимо уделить должное внимание радиолокационной маскировке его “блестящих точек”.

Спектральная плотность шума N_0 на входе приемника зависит от коэффициента шума приемника, шумовой температуры антенны $T_{\text{шА}}$ и шумовой температуры приемного тракта $T_{\text{ш пр}}$ радиолокатора:

$$N_0 = k(T_{\text{шА}} + T_{\text{ш пр}}),$$

где $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт град/Гц – постоянная Больцмана.

Минимально необходимое отношение сигнал/шум на входе приемника радиолокатора ρ_{min} выбирается исходя из требований к достоверности обнаружения объекта. При определении ρ_{min} необходимо учитывать накопление сигналов приемным устройством радиолокатора, поскольку обнаружение цели, как правило, осуществляется не по одному импульсу, а по пачке из K импульсов. Величина K зависит от ширины диаграммы направленности антенны радиолокатора в плоскости ее сканирования $\Delta\psi_a$, скорости сканирования $v_{\text{ск}}$, периода повторения зондирующих импульсов T_n радиолокатора и угловой протяженности объекта $\Delta\psi_{\text{ц}}$ относительно радиолокатора.

$$K = \frac{(\Delta\psi_a + \Delta\psi_{\text{ц}})}{T_n v_{\text{ск}}}.$$

В качестве показателей достоверности обнаружения в радиолокации принято использовать вероятность правильного обнаружения D объекта при заданной вероятности ложной тревоги F . При когерентном накоплении отраженных от защищаемого объекта сигналов (самый неблагоприятный случай с позиции защиты) величину ρ_{min} можно найти по следующей формуле:

$$\rho_{\text{min}} = \frac{[\Phi^{-1}(D) + \sqrt{-2 \ln(F)}]^2}{2K},$$

где $\Phi^{-1}(D)$ – аргумент интеграла вероятностей $D = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(D)} \exp(-\frac{u^2}{2}) du$.

Таким образом, формула (1) позволяет по заданным показателям достоверности, характеристикам объекта защиты и тактико-техническим характеристикам радиолокатора оценить дальность обнаружения данного объекта.

Под разрешающей способностью радиолокатора понимают его способность различать друг от друга близко расположенные объекты. Формально разрешающую способность определяют как минимальное расстояние между двумя точечными объектами, при котором они будут различимы. Необходимо иметь ввиду, что радиолокатор воспринимает даже точечные объекты как объекты как протяженные, т.е. имеющие достаточно большие линейные размеры. Эти размеры зависят от ширины диаграммы направленности антенны радиолокатора, ширины спектра его зондирующего сигнала и определяют разрешающую его способность по угловым координатам и дальности.

Разрешение радиолокатора на местности определяется величиной “пятна” – площадки поверхности, которая облучается антенной радиолокационной станции на поверхности объекта или

местности. “Пятно” тем меньше, чем уже диаграмма направленности антенны радиолокатора. Его диаметр можно оценить по формуле

$$d_{\psi} = 2R \sin(\Delta\psi / 2),$$

где R – расстояние между радиолокатором и защищаемым объектом;

$\Delta\psi$ – ширина диаграммы направленности антенны радиолокатора в соответствующей плоскости.

Величина d_{ψ} – определит размер элемента разрешения в соответствующей плоскости.

Разрешающую способность по дальности можно оценить по формуле

$$d_r = \frac{c}{2\Delta f_c},$$

где c – скорость распространения радиоволн в атмосфере;

Δf_c – ширина спектра зондирующего сигнала радиолокатора.

Следует иметь в виду, что приведенные выше формулы для оценок разрешающей способности являются потенциальными. Реальные разрешающие способности не превысят этих оценок вследствие влияния шумов и неизбежного ухудшения разрешающей способности за счет индикатора радиолокатора.

Точность определения местоположения объекта зависит от метода измерения координат объекта и от энергетических соотношений между сигналом и помехами на входе измерителя. Погрешность определения координат объекта включает в себя ряд составляющих: флюктуационную, методическую и инструментальную. Флюктуационная составляющая (при правильно выбранном методе измерения и конструкции измерителя) вносит наиболее существенный вес в полную погрешность измерения. Эта составляющая обусловлена влиянием шумов на результаты измерения координат. В обзорных радиолокаторах направление на объект определяется, как правило, методом пеленгования по максимуму диаграммы направленности их антенны. В этом случае при больших уровнях сигнала верхняя граница флюктуационной ошибки измерения угловых координат не превышает половины ширины диаграммы направленности в соответствующей плоскости.

Верхняя граница флюктуационной погрешности измерения дальности для используемого в обзорных радиолокаторах импульсного метода не превышает $0,5ct_u$, где t_u – длительность зондирующего импульса.

Нижние границы флюктуационной погрешности измерения дальности и угловых координат при увеличении отношения сигнал/шум приближаются к нулю, и полная погрешность будет определяться только погрешностями используемых для измерения этих параметров инструментальных средств (погрешностями частот эталонных генераторов, погрешностями навигационных средств носителя радиолокатора и т.п.).

4.5 Акустические каналы утечки информации

В акустическом канале утечки носителем информации от источника к несанкционированному получателю является акустическая волна в атмосфере, воде и твердой среде. Источниками ее могут быть :

- говорящий человек, речь которого подслушивается в реальном масштабе времени или озвучивается звуковоспроизводящим устройством;
- механические узлы механизмов и машин, которые при работе издают акустические волны.

Структура этого канала утечки информации принципиально не отличается от структуры рассмотренных каналов утечки информации и приведена на рис 4.6.



Рис. 4.6. Структура акустического канала утечки информации

Источниками акустического сигнала могут быть люди, звучащие механические, электрические или электронные устройства, приборы и средства, воспроизводящие ранее записанные звуки. Источники сигналов характеризуются диапазоном частот, мощностью излучения в Вт, интенсивностью излучения в Вт/м² - мощностью акустической волны, прошедшей через перпендикулярную поверхность площадью 1 м², громкостью звука в дБ, измеряемой как десятичный логарифм отношения интенсивности звука к порогу слышимости. Порог слышимости соответствует мощности звука 10⁻¹² Вт или звуковому давлению на барабанную перепонку уха человека 2·10⁻⁵ Па. Уровни громкости различных звуков иллюстрируются данными табл. 4.5.

Таблица 4.5

Оценка громкости звука на слух	Уровень звука, дБ	Источник звука
Очень тихий	0 10	Усредненный порог чувствительности уха Тихий шепот (1.5 м)
Тихий	20 30 40	Тиканье настенных механических часов Шаги по мягкому ковру (3-4 м) Тихий разговор, шум в читальном зале
Умеренный	50 60	Шум в жилом помещении, легковой автомобиль (10—15 м) Улица средней шумности
Громкий	70 80	Спокойный разговор (1 м), зал большого магазина Радиоприемник громко (2 м), крик
Очень громкий	90 100	Шумная улица, гудок автомобиля Симфонический оркестр, автомобильная сирена
Оглушительный	110 120 130	Пневмомолот, очень шумный цех Гром над головой Звук воспринимается как боль

Среда распространения носителя информации от источника к приемник может быть однородной (воздух, вода) и неоднородной, образованной последовательными участками различных физических сред: воздуха, древесины, дверей, стекол окон, бетона или кирпича стен, различными породами земной поверхности и т. д. Но и в однородной среде ее параметры не постоянные, могут существенно отличаться в разных точках пространства.

Акустические волны как носители информации характеризуются следующими показателями и свойствами:

- скоростью распространения носителя;
- величиной (коэффициентом) затухания или поглощения;
- условиями распространения акустической волны (коэффициентом отражения от границ различных сред, дифракцией).

Теоретически скорость звука определяется формулой Лапласа:

$$C_{зв} = \sqrt{K/\rho},$$

где K - модуль всесторонней упругости (когда сжатие производится без притока и отдачи тепла) вещества среды распространения;

ρ - плотность вещества среды распространения.

Для газов модуль всесторонней упругости равен их давлению. При сжатии газа увеличение давления сопровождается пропорциональным увеличением его плотности. Поэтому скорость звука в газе не зависит от его плотности, а пропорциональна корню квадратному из температуры газа, значению универсальной газовой постоянной, отношению величин теплоемкостей газа при постоянном объеме и давлении.

Скорость звука в морской воде зависит от ее температуры, солености и давления на рассматриваемой глубине, а в твердых телах определяется, в основном, плотностью и упругостью веществ.

Значение скорости распространения звука в некоторых типичных средах приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6.

Среда распространения	Скорость, м/с
Воздух при температуре: 0°C	332 344
Вода морская	1440-1540
Железо	4800-5160
Стекло	3500-5300
Дерево	4000-5000

При распространении звуковых колебаний движение частиц среды вызывает давление во фронте волны. Фронтом звуковой волны называется поверхность, соединяющей точки поля с одинаковой фазой колебания. По мере распространения в любой среде звуковые волны затухают. Затухание звуковых волн в морской воде больше, чем в дистиллированной и меньше (почти в 1000 раз), чем в воздухе. При этом величина затухания зависит от длины акустической волны. С увеличением частоты величина затухания быстро возрастает, поэтому при постоянной мощности излучения дальность распространения с ростом частоты падает.

При распространении акустической волны в среде ее траектория изменяется в результате отражений и дифракции. На границе сред с разной плотностью акустическая волна частично переходит из одной среды в другую, частично отражается от границы между двумя средами. Доля проникшего или отраженного звука зависит от соотношения значений акустических сопротивлений сред, равных произведению удельной плотности вещества ρ на скорость звука в нем v .

Коэффициент проникновения звука в иную среду при существенном различии акустических сопротивлений сред оценивается по приближенной формуле Рэлея: $\beta \approx 4 v_1 \rho_1 / v_2 \rho_2$. В соответствии с ней при нормальном падении звука из воздуха на воду, бетон, дерево в эти среды проникает не более тысячной доли мощности звука. Отражение звука может происходить от поверхности раздела слоев воздуха и воды с разными значениями акустического сопротивления вследствие неодинаковой температуры и плотности. Этим объясняются значительные колебания (в 10 и более раз) дальности распространения звука в атмосфере. Заметное влияние на характер распространения акустической волны в атмосфере может оказать ветер.

При определенных условиях неоднородности создают условия для образования акустических (звуковых) каналов, по которым акустическая волна может распространяться на значительно большие расстояния, как свет по оптическим световодам. Акустические каналы чаще всего образуются в воде морей и океанов на определенной глубине, на которой в результате влияния двух противоположных природных факторов (плотности воды и ее температуры) минимизируется скорость распространения акустической волны. Скорость распространения акустической волны в воде, с одной стороны, увеличивается с глубиной из-за повышения плотности воды, но, с другой стороны, уменьшается при понижении ее температуры в более глубоких слоях, особенно в летнее время. В результате этих двух противоположных факторов влияния на определенной глубине, зависящей от температуры над поверхностью воды и ее солености, образуются области с меньшей скоростью распространения акустической волны. Акустическая волна, попадающая в эту область, распространяется внутри ее с соответствующим для параметров воды затуханием. При отклонении траектории распространения волна, преломляясь в неоднородностях области, возвращается в канал. В акустическом канале звуковая волна от подводных взрывов может распространяться на расстояние в сотни км.

При каждом отражении часть энергии звука теряется вследствие поглощения. Отношение поглощенной энергии звука к падающей называется коэффициентом поглощения. Коэффициенты поглощения звука α некоторых материалов приведены в табл. 4.7.

За счет многократных переотражений акустической волны в замкнутом пространстве возникает явление послезвучания - **реверберация**. Величин реверберации оценивается временем T_p после выключения источника звука, течение которого энергия звука уменьшается на 60 дБ. Вследствие многократных переотражений в помещении на барабанную перепонку человек или мембрану микрофона оказывают давление акустические волны, распространяющиеся разными путями от источника звука. Интерференция волн с разными фазами может при достаточно большом времени реверберации приводить к ухудшению соотношения сигнал/помеха в точке приема и

уменьшению разборчивости речи. Чем больше размеры помещения и меньше коэффициент поглощения ограждающих поверхностей, тем больше время реверберации. При большом времени реверберации помещение кажется гулким. Однако при очень малом T_r , на микрофон воздействует, в основном, быстро -затухающая прямая волна. В этом случае слышимость речи при удалении от источника резко уменьшается, а тембр звуков речи за счет большего затухания в среде распространения высоких частот обедняется. Время реверберации менее 0.85 с незаметно для слуха. Для большинства помещений организаций их объемы и акустическая отделка время реверберации мало (0.2-0.6) с и его можно не учитывать при оценке разборчивости.

Таблица 4.7.

Материалы	α	Мате-	α
Оштукатуренная кирпичная стена	0.025	Линоле-	0.12
Бетонная стена	0.015	Ковер	0.20
Стекло	0.027	Паркет	0.06

Для концертных залов, имеющих существенно большие размеры, время реверберации определяет их акустику. Установлено, что в малых помещениях объемом V до 350 м^3 оптимальной является реверберация со временем до 1.06 сек. При увеличении объема помещения время реверберации пропорционально повышается и принимает для $V=27000 \text{ м}^3$ значение около 2 сек.

Время реверберации в помещении объемом V вычисляется по формуле Эйринга [79]:

$$T_r = -0.07V / S \lg(1 - \alpha_{\text{ср}}),$$

где S - суммарная площадь всех поверхностей помещения;

$$\alpha_{\text{ср}} = \sum_{\forall k} \alpha_k S_k / S \text{ — средний коэффициент звукопоглощения в помещении;}$$

S_k и α_k - площадь и коэффициент поглощения k -й ограждающей поверхности соответственно.

При распространении структурного звука в конструкциях зданий, особенно в трубопроводах, возникают реверберационные искажения, снижающие разборчивость речи на 15-20%.

Акустическая волна в отличие от электромагнитной в значительно большей степени поглощается в среде распространения. Поэтому дальность акустического канала утечки информации, в особенности от такого маломощного источника как человек, мала и, как правило, не обеспечивает возможность ее съема за пределами территории организации. Речь человека при обычной громкости может быть непосредственно подслушана злоумышленником на удалении единиц и в редких случаях - десятков метров, что, естественно, крайне мало.

Ухудшение разборчивости речи при прохождении звука через различных строительные конструкции иллюстрируются данными в табл. 4.8 [13].

Таблица 4.8.

Тип конструкции	Ожидаемая разборчивость слогов, %
Кирпичная стена (1 кирпич)	25/0
Гипсолитовая стена	90/0
Деревянная стена	99/63
Пластиковая стена	99/55
Дверь обычная филенчатая	100/73
Дверь двойная	95/36
Окно с одним стеклом 3 мм	90/33
Окно с одним стеклом 6 мм	87/15
Оконный блок 2х3 мм	82/0
Вентиляционный канал 20 м	90/2
Оконный кондиционер	95/63
Бетонная стена	88/0
Перегородка внутренняя	96/80
Трубопровод (в соседнем помеще-)	95/55
Трубопровод (через этаж)	87/36

Примечание. В числителе указаны значения разборчивости речи при малом уровне акустических шумов, в знаменателе - при сильном.

Акустические шумы и помехи вызываются многочисленными источниками - автомобильным транспортом, ветром, техническими средствами в помещениях, разговорами в помещениях и т. п. Уровни шумов изменяются в течение суток, дней недели, зависят от погодных условий. Ночью и в выходные дни шумы меньше. Средние значения акустических шумов на улице составляют 60-75 дБ в зависимости от интенсивности движения автомашин в районе расположения здания. Уровень шумов в помещениях по существующим нормам не должен превышать 50 дБ.

Акустические сигналы при прохождении через вентиляционные воздуховоды ослабевают из-за поглощения в стенах короба и в изгибах. Затухание в прямых металлических воздуховодах составляет 0.15 дБ/м, в неметаллических - 0.2-0.3 дБ/м. При изгибах затухание достигает 3-7 дБ (на один изгиб), при изменениях сечения - 1-3 дБ. Ослабление сигнала на выходе из воздуховода помещения составляет 10-16 дБ [13].

Поиски путей повышения дальности добывания речевой информации привели к появлению составных каналов утечки информации. Применяются два вида составного канала утечки информации: акусто-радиоэлектронный и акусто-оптический.

Акусто-радиоэлектронный канал утечки информации состоит из двух последовательно сопряженных каналов: акустического и радиоэлектронного каналов утечки информации. Приемником акустического канала является функциональный или случайно образованный акустоэлектрический преобразователь. Электрический сигнал с его выхода поступает на вход радиоэлектронного канала утечки информации - источника электрических или радиосигналов.

Структура акусто-радиоэлектронного канала утечки информации приведена на рис. 4.7.

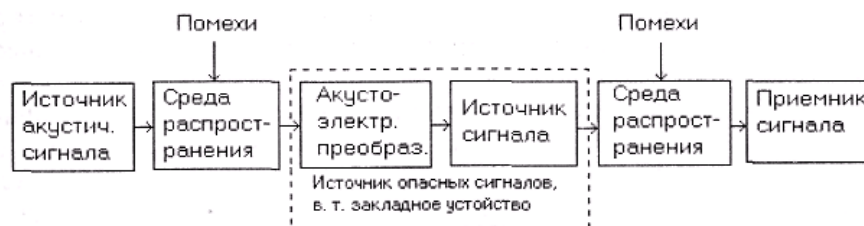


Рис. 4.7. Структура акусто-радиоэлектронного канала утечки информации

Пара «акустоэлектрический преобразователь-источник сигнала» образуют источник опасных сигналов или реализуются в закладном устройстве, - размещаемом злоумышленником в помещении. Закладные устройства создаются специально для подслушивания речевой информации и обеспечивают повышения дальности составного акустического канала до единиц км и возможность съема информации злоумышленником за пределами контролируемой зоны.

Закладное устройство как ретранслятор является более надежным элементом канала утечки, чем источник опасного сигнала, так как процесс образования канала утечки информации на основе закладки управляет злоумышленником.

Другой способ повышения дальности акустического канала утечки информации реализуется путем создания составного акусто-оптического канала утечки информации. Схема его указана на рис. 4.8.

Составной акусто-оптический канал утечки информации образуется путем съема информации с плоской поверхности, колеблющейся под действием акустической волны с информацией, лазерным лучом в ИК-диапазоне. В качестве такой поверхности используется внешнее стекло закрытого окна в помещении, в которой циркулирует секретная (конфиденциальная) информация. Теоретически рассматривается возможность съема информации с внешней стороны стены помещения, но данных о реализации подобной идеи нет.



Рис. 4.8. Структура акустооптического канала утечки информации.

С целью образования оптического канала стекло облучается лазерным лучом с внешней стороны, например, из окна противоположного дома. Луч лазера в ИК-диапазоне для посторонних лиц и находящихся в помещении невидим. В месте соприкосновения лазерного луча со стеклом происходит акустооптическое преобразование, т. е. модуляция лазерного луча акустическими сигналами от разговаривающих в помещении людей.

Модулированный лазерный луч принимается оптическим приемником аппаратуры лазерного подслушивания, преобразуется в электрический сигнал, который усиливается, фильтруется, демодулируется и подается в головные телефоны для прослушивания оператором или в аудиоманитон для консервации.

4.6 Материально-вещественные каналы утечки информации

Особенность этого канала вызвана спецификой источников и носителей информации по сравнению с другими каналами. Источниками и носителями информации в нем являются субъекты (люди) и материальные объекты (макро и микрочастицы), которые имеют четкие пространственные границы локализации, за исключением излучений радиоактивных веществ. Утечка информации в этих каналах сопровождается физическим перемещением людей и материальных тел с информацией за пределами контролируемой зоны. Для более четкого описания рассматриваемого канала целесообразно уточнить состав источников и носителей информации.

Основными источниками информации материально-вещественного канала утечки информации являются следующие:

- черновики различных документов и макеты материалов, узлов, блоков, устройств, разрабатываемых в ходе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, ведущихся в организации;
- отходы делопроизводства и издательской деятельности в организации, в том числе использованная копировальная бумага, забракованные листы при оформлении документов и их размножении;
- содержащие защищаемую информацию дискеты ПЭВМ, нечитаемые из-за их физических дефектов и искажений загрузочных или других секторов;
- бракованная продукция и ее элементы;
- газообразные, жидкие и твердые отходы производства с демаскирующими веществами;
- радиоактивные материалы.

Перенос информации в этом канале за пределы контролируемой зоны возможен следующими субъектами:

- сотрудниками организации;
- воздушными массами атмосферы;
- жидкой средой;
- излучениями радиоактивных веществ.

Эти носители могут переносить все виды информации: семантическую и признаковую, а также демаскирующие вещества.

Семантическая информация содержится в черновиках документов, схем, чертежей; информация о видовых и сигнальных демаскирующих признаках - в бракованных узлах и деталях, в характеристиках радиоактивных излучений и т. д.; демаскирующие вещества - в газообразных, жидких и твердых отходах производства.

Структурная схема материально-вещественного канала утечки информации приведена на рис. 4.9.

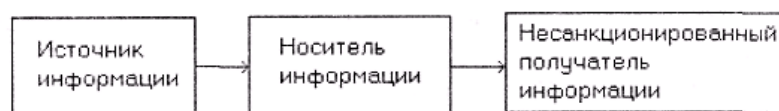


Рис. 4.9. Структура материально-вещественного канала утечки информации

Приемники информации этого канала достаточно разнообразны. Это эксперты зарубежной разведки или конкурента, приборы для физического и химического анализа, средства вычислительной техники, приемники радиоактивных излучений и др.

Потери носителей с ценной информацией возможны при отсутствии в организации четкой системы учета ее носителей. Например, испорченный машинисткой лист отчета может быть выброшен ею в корзину для бумаги, из которой он будет уборщицей перенесен в бак для мусора на территории организации, а далее при перегрузке бака или транспортировке мусора на свалку лист может быть унесен ветром и поднят прохожим. Конечно, вероятность обеспечения случайного контакта с этим листом злоумышленника невелика, но если последний активно занимается добыванием информации, то область пространства, в котором возможен контакт, значительно сужается и вероятность утечки повышается.

Для предприятий химической, парфюмерной, фармацевтической и других сфер разработки и производства продукции, технологические процессы которых сопровождаются использованием или получением различных газообразных или жидких веществ, возможно образование каналов утечки информации через выбросы в атмосферу газообразных или слив в водоемы жидких демаскирующих веществ.

Подобные каналы образуются при появлении возможности добывания демаскирующих веществ в результате взятия злоумышленниками проб воздуха, воды, земли, снега, пыли на листьях кустарников и деревьев, на траве и цветах в окрестностях организации.

В зависимости от розы (направлений) и скорости ветра демаскирующие вещества в газообразном виде или в виде взвешенных твердых частиц могут распространяться на расстояние в единицы и десятки км, достаточное для безопасного взятия проб злоумышленниками. Аналогичное положение наблюдается и для жидких отходов.

Конечно, концентрация демаскирующих веществ при удалении от источника убывает, но при утечке их в течение некоторого времени концентрация может превышать допустимые значения за счет накопления демаскирующих веществ в земле, растительности, подводной флоре и фауне.

Отходы могут продаваться другим предприятиям для использования в производстве иной продукции, очищаться перед сливом в водоемы, уничтожаться или подвергаться захоронению на время саморазрушения или распада. Последние операции выполняются для высокотоксичных веществ, утилизация которых другими способами экономически нецелесообразна, и для радиоактивных отходов, которые нельзя нейтрализовать физическими или химическими способами.

Утечка информации о радиоактивных веществах возможна в результате выноса радиоактивных веществ сотрудниками организации или регистрации злоумышленником их излучений с помощью соответствующих приборов, рассмотренных в разделе 3.4.

Дальность канала утечки информации о радиоактивных веществах через их излучения невелика: для α -излучений она составляет в воздухе единицы мм, β -излучений - см, только γ -излучения можно регистрировать на удалении в сотни и более метров от источника излучения.

4.7 Комплексное использование каналов утечки информации

Многообразие рассмотренных каналов утечки информации предоставляет злоумышленнику большой выбор путей, способов и средств добывания информации. На основе результатов анализа каждого из рассмотренных каналов можно сделать следующие выводы.

1. Утечка семантической информации возможна по всем техническим каналам. По возможности, а, следовательно, по угрозе безопасности информации их можно проранжировать в следующей последовательности: радиоэлектронный, акустический и оптический каналы. Однако в неко-

торых конкретных условиях возможны иные ранги каналов, например, когда имеется реальная предпосылка для наблюдения или фотографирования документов.

2. Наибольшими потенциальными возможностями по добыванию информации о видовых демаскирующих признаках обладает оптический канал, в котором информация добывается путем фотографирования. Это обусловлено следующими особенностями фотоизображения:

- имеет самое высокое разрешение даже на большом расстоянии от объекта наблюдения, например, при детальной фотосъемке из космоса оно достигает 10-15 см на местности;
- имеет самую высокую информационную емкость, обусловленную максимумом демаскирующих признаков, в том числе наличием такого информативного признака как цвет;
- обеспечивает относительно низкий уровень геометрических искажений.

Информационные емкости телевизионных изображений примерно на порядок ниже фотоизображений. Телевизионные изображения имеют худшее разрешение, повышенный уровень яркостных искажений за счет неравномерности спектрально-яркостных характеристик фотокатода передающих телевизионных трубок или приборов с зарядовой связью, повышенный уровень геометрических искажений за счет дополнительных искажений при формировании электронного раstra.

Изображения в ИК-диапазоне обладают еще более низкими информационными параметрами. Кроме низкой разрешающей способности и больших искажений для изображений в ИК-диапазоне характерна крайняя изменчивость яркости в течение суток.

Однако, как уже отмечалось при рассмотрении каналов утечки информации, изображение в каждом из них содержит дополнительные признаки за счет различной их природы.

3. Основным каналом получения сигнальных демаскирующих признаков является радиоэлектронный. В значительно меньшем объеме утечка информации о сигнальных демаскирующих признаках возможна в акустическом и материально-вещественном каналах.

Для добывания информации злоумышленник, как правило, использует несколько каналов ее утечки. Комплексное использование каналов утечки информации основывается на следующих принципах:

- комплексируемые каналы дополняют друг друга по своим возможностям;
- эффективность комплексирования повышается при уменьшении зависимости между источниками информации и демаскирующими признаками в разных каналах.

Комплексирование каналов утечки информации обеспечивает:

- увеличение вероятности обнаружения и распознавания объектов за счет расширения их текущих признаковых структур;
- повышение достоверности семантической информации и точности измерения признаков, в особенности в случае добывания информации из недостаточно надежных источников.

Когда возникают сомнения в достоверности информации, то с целью исключения дезинформации, полученные сведения и данные перепроверяют по другому каналу.

Возможны два основных вида комплексирования каналов утечки информации - обеспечение утечки информации от одного источника по нескольким параллельно функционирующим каналам (см. рис. 4.10 а) и от разных источников (рис. 4.10 б).

В первом варианте одна и та же информация распространяется по различным направлениям одним или разными носителями. Например, речевая информация разговаривающих в помещении людей может быть подслушана через дверь или стену, снята с опасных сигналов или передана с помощью закладного устройства.

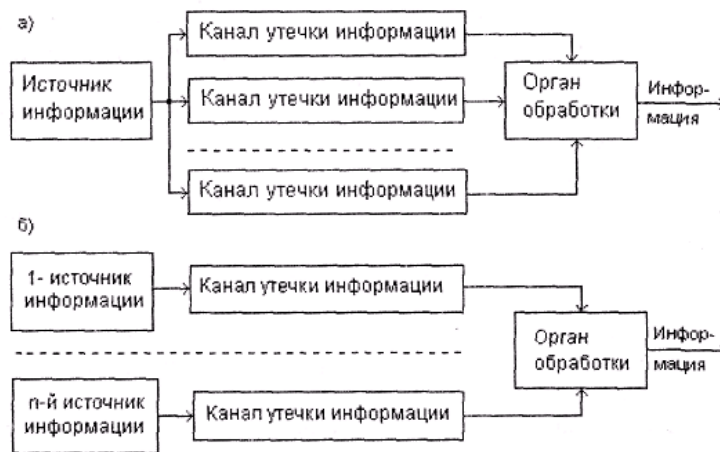


Рис. 4.10. Варианты комплексного использования каналов утечки

Так как вероятность воздействия помех в разных каналах на одинаковые элементы информации мала, то в этом случае повышается достоверность суммарной информации после обработки ее в соответствующем органе. При независимости помех в n -каналах утечки информации вероятность поражения одного и того же элемента информации при комплексировании n каналов рассчитывается по формуле:

$$P_n = \prod_{i=1}^n P_i,$$

где P_i - вероятность поражения элемента информации в i -ом канале.

Однако если источник не владеет достоверной информацией или занимается дезинформацией, то рассмотренный вариант комплексирования не повышает достоверность итоговой информации. Для обеспечения такой возможности одна и та же информация добывается от нескольких источников, например, из документа и от специалистов, участвующих в создании этой информации (рис. 10 б). При таком комплексном использовании 2-х каналов вероятность внедрения дезинформации можно оценить по формуле:

$$P_d = P_1 P_2 + r \sqrt{P_1 (1 - P_1) P_2 (1 - P_2)},$$

где P_1 и P_2 - значения вероятности появления дезинформации в 1-ом и 2-ом каналах;

r - коэффициент корреляции между информацией в этих каналах.

Коэффициент r корреляции характеризует статистическую зависимость между информацией в разных каналах. При $r = 1$ по каналам производится утечка информации одинакового содержания или об одинаковых признаках, при $r = 0$ - источники независимые.

Как следует из этой формулы, для уменьшения риска получения дезинформации необходимо снижать коэффициент корреляции между источниками информации.

Подобно любому каналу связи канал утечки информации характеризуется следующими основными показателями:

- пропускной способностью;
- дальностью передачи информации.

Пропускная способность канала связи оценивается количеством информации, передаваемой по каналу в единицу времени с определенным качеством. В теории связи пропускная способность канала в бодах (битах в секунду) определяется по формуле [4]:

$$C = \Delta F \log_2 (1 + P_c / P_n),$$

где ΔF - ширина полосы пропускания канала связи;

P_c / P_n - отношение мощностей сигнала P_c и помехи P_n в полосе пропускания канала.

Пропускная способность канала связи учитывает как ширину полосы частот сигнала, которую пропускает канал, так и его энергетику. Чем шире канал, тем больше информации можно передать

за единицу времени. Чем меньше отношение сигнала/помеха, тем больше ошибок в принятом сообщении и тем меньше количество переданной информации.

Дальность передачи информации зависит от величины ослабления (затухания) сигнала в канале. Носители информации существенно отличаются по величине затухания в среде распространения: в наибольшей степени уменьшается энергия акустической волны, в наименьшей - электромагнитная волна в длинноволновом диапазоне частот.