

ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2
(89)

Москва
2010

Основан
в 1974 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Криптография

- До Тхи Бак, Нгуен Хиеу Минь, Молдовян У. А., Молдовяну П. А.* Скоростные хэш-функции на основе управляемых перестановок 2
- Хо Нгок Зуй, До Тхи Бак, Молдовян А. А., Молдовян Д. Н.* Скоростные блочные шифры на основе переключаемых перестановочно-подстановочных сетей 7

Выявление и предотвращение возможной утечки информации

- Гришачев В. В., Косенко О. А.* Практическая оценка эффективности канала утечки акустической (речевой) информации через волоконно-оптические коммуникации 18

Автоматизированные системы, технологии и программные средства защиты информации от несанкционированного доступа

- Абденов А. Ж., Заркумова Р. Н.* Выбор средства эффективной защиты с помощью методов теории игр 26
- Усов П. А.* Критика систем защиты от утечек информации на основе фильтров содержимого 31
- Усов П. А.* Построение эффективных информационных диодов 37

Защита информации в компьютерных системах и системах связи

- Панасенко С. П.* Принципы разработки серверных модулей распределенных систем защиты информации. Часть 3 43
- Панасенко С. П.* Принципы разработки серверных модулей распределенных систем защиты информации. Часть 4 53

Главный редактор

А. В. Иванов, академик Международной академии транспорта, директор ФГУП "ВИМИ"

Редакционный совет:

А. Л. Балыбердин, зам. начальника Департамента Аппарата Правительства РФ; **Е. А. Беляев**, советник директора Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК); **В. А. Коняевский**, д-р техн. наук, директор ФГУП "ВНИИПВТИ"; **И. В. Никульшин**, отв. секретарь, ФГУП "ВИМИ"; **Ю. Н. Лаврухин**, канд. техн. наук, начальник Управления ФСТЭК; **А. А. Найда**, канд. техн. наук, научный редактор, ФГУП "ВИМИ"; **С. П. Панасенко**, канд. техн. наук, начальник отделения разработки программного обеспечения фирмы "Анкад"; **П. Б. Петренко**, д-р техн. наук, заместитель заведующего кафедрой "Защита информации", МГТУ им. Н. Э. Баумана; **В. Н. Пожарский**, начальник Управления инженерно-технических средств охраны службы безопасности ОАО "Газпром"; **А. А. Репин**, генеральный директор ГП Российского центра "Безопасность".

Вопросы защиты информации: Науч.-практ. журн./ФГУП "ВИМИ", 2010. Вып. 2 (89). С. 1—64.

Редакторы: *Н. П. Курдюс, Г. А. Никитин*
Корректор *Н. С. Кузьмина*
Компьютерная верстка: *Н. В. Соколова, И. А. Жамальдинова*

Подписано в печать 24.05.2010.

Формат 60x84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,4.

Уч.-изд. л. 8,3. Тираж 500 экз.

Заказ 1622. Цена договорная.

Отпечатано в ФГУП "ВИМИ".

125993, Москва.

E-mail: office@vimi.ru

http://infogoz.vimi.ru/main_izd.php

Индекс 79187.

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77-35665 от 24.03.2009 г.

© Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт межотраслевой информации — федеральный информационно-аналитический центр оборонной промышленности" (ФГУП "ВИМИ"), 2010

ВЫЯВЛЕНИЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОЗМОЖНОЙ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056

Практическая оценка эффективности канала утечки акустической (речевой) информации через волоконно-оптические коммуникации

В. В. Гришачев, канд. физ.-мат. наук; О. А. Косенко

Институт информационных наук и технологий безопасности, РГГУ, Москва, Россия

Представлен сравнительный анализ методов практической оценки эффективности каналов утечки речевой информации на основе распознавания речи и физических параметров прошедшего сигнала. Показано, что методы взаимно дополняют друг друга, повышают объективность оценки опасности канала утечки и выбора технических средств защиты.

Ключевые слова: волоконно-оптические коммуникации, канал утечки речевой информации, защита акустической (речевой) информации.

Введение

В настоящее время оптическое волокно считается самой совершенной и перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния. Такие характеристики волоконно-оптических линий связи, как высокая пропускная способность и потенциал для ее дальнейшего увеличения, устойчивость к электромагнитным и радиочастотным помехам, высокая емкость и скорость передачи данных, дают им неоспоримые преимущества перед другими видами систем передачи информации. Волоконно-оптические технологии находят все большее применение в различных видах связи: магистральных, региональных, внутригородских линиях; локальных системах связи (оптоволокно в дом); специальных системах связи (кабельное ТВ, системы видеонаблюдения, измерительные системы и сети).

Таким образом, в закрытых системах связи оптоволокно успешно замещает медные линии, а на локальном уровне широко проникает в здание, дом и офис [1]. Однако его распространенность ставит вопросы безопасности передаваемой информации [2–4]. Возможные каналы утечки информации, связанные с особенностями распространения света в волоконно-оптических линиях связи, можно разделить на три типа [5]: нарушение полного внутреннего отражения, регистрация рассеянного излучения и параметрические методы регистрации проходящего излучения — т. е. основное внимание обращается на защиту трафика от несанкционированного съема. Но волоконно-оптические линии связи могут представлять угрозу и для других ви-

дов информации. Одной из таких угроз является возможность утечки речевой конфиденциальной информации через волоконно-оптические кабельные системы, проходящие внутри помещений.

Акусто-оптоволоконный канал утечки информации и методы оценки его эффективности

Акусто-оптоволоконным каналом утечки акустической (речевой) информации называется несанкционированное получение доступа к конфиденциальным переговорам (подслушивание) через волоконно-оптические элементы структурированных кабельных сетей штатных систем связи учреждения или офиса [6–9]. Акустическое поле речи, специальных звуков и сигналов в помещениях и комнатах переговоров воздействует на неоднородные участки волоконно-оптических элементов систем передачи информации. Данное воздействие вызывает модуляцию светового потока в волоконно-оптическом канале, распространяющуюся далеко за пределы места переговоров, где звуковая информация демодулируется и регистрируется злоумышленником. Световой поток может быть сформирован как штатным оборудованием, так и специально создан нарушителем. В этом случае требуется временное подключение источника света к кабельной системе в незащищенных помещениях.

Для предотвращения несанкционированного доступа к конфиденциальной информации государства и коммерческих организаций необходима разработка простых, понятных и объективных методов оценки эффективности каналов утечки.

На их основе службами безопасности смогут быть проведены практические измерения, которые помогут подобрать такие надежные и эффективные технические средства защиты, параметры которых будут подходить под каждое конкретное помещение. Описание методов оценки эффективности особенно необходимо для мало изученных каналов утечки, так как в этом случае трудности при защите информации возникают в связи с отсутствием соответствующих нормативных документов. Поэтому разработка объективных методик определения угроз информационной безопасности остается актуальной проблемой.

В состав канала утечки входят источник и потребитель (злоумышленник) конфиденциальной информации, средства технической разведки, физическая среда и шумы (рис. 1). Подобное обобщенное стандартное описание приемлемо для любых каналов утечки информации. При переходе к конкретному каналу требуется существенное уточнение по входящим в его состав элементам, но, оставаясь в рамках общего понятия, можно определить количественные показатели, характеризующие любой канал утечки. Одним из таких показателей является эффективность канала [7, 8], которую можно определить как количество информации, дошедшее от источника до потребителя (злоумышленника), выраженное в процентах

$$\eta = \frac{H_x}{H_0} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{\Delta H}{H_0}\right) \cdot 100\%,$$

где H_0 — объем информации на входе канала утечки в битах;

H_x — объем информации на выходе канала утечки в битах;

$\Delta H = H_0 - H_x$ — объем потерянной информации в канале утечки в битах.

Предлагаемое определение выражает вероятность прохождения одного бита информации через канал утечки. При этом не обсуждаются такие характеристики информации, как ее качество, количество, скорость передачи. Для последней характеристики — скорости передачи — можно ввести понятие эффективности канала утечки в единицу времени. Однако оно будет сильно отличаться от используемого в системах связи, так как будет неспособно характеризовать важное для обычного коммерческого потребителя качество связи. Но такое общее определение не всегда приемлемо для оценки эффективности конкретного канала утечки. Например, при оценке речевых каналов необходимо использовать более подходящие количественные приближения.

Существует несколько методов оценки эффективности каналов утечки конфиденциальной речевой информации, которые условно можно разделить на смысловые (субъективные) и физические (объективные) методы.

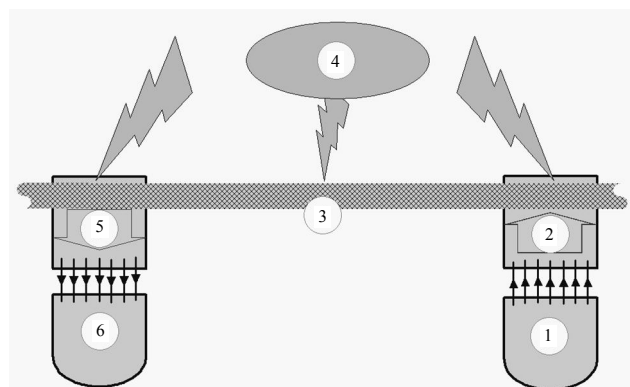


Рис. 1. Структура и технические средства разведки обобщенного канала утечки информации:

1 — источник, обладатель конфиденциальной информации: данные, изображение, речь и др.; 2 — передатчик, устройство ввода информации в канал утечки: модулятор, регистрация и преобразование информации в удобный для передачи вид; 3 — канал связи, среда через которую происходит передача полученной информации: окружающая среда, специальный волновод и т. д.; 4 — шумы, случайные воздействия на передатчик, канал связи и приемник, связанные с преобразованием, передачей и регистрацией информации; 5 — приемник, устройство вывода информации: демодулятор, преобразование принятой информации в требуемый вид; 6 — адресат, злоумышленник, получатель информации

Смысловые методы основаны на восприятии человеком отдельных частей речевой информации. Однако при их осмыслении может теряться эмоциональная информативность речи, но это не критично для анализа полученной информации. К смысловым относится артикуляционный метод, используемый для оценки качества телефонной связи между абонентами [10–12]. В простейшей интерпретации эффективность канала утечки можно определить как

$$\eta_0 \approx W = \frac{N_x}{N_0} \cdot 100\%,$$

где N_0 — число слов, фраз на входе речевого канала утечки;

N_x — число слов, фраз на выходе канала утечки, понятых потребителем (злоумышленником) из общего числа слов.

К преимуществам артикуляционного метода можно отнести наглядность проводимых исследований, простоту получения количественной оценки, возможность ее использования для определения опасности и ряд других особенностей. Однако данный метод обладает и существенными недостатками. Во-первых, он не позволяет определить, каким образом проводить нейтрализацию канала утечки и какие параметры технических средств защиты речевой информации наиболее эффективны. Во-вторых, артикуляционный метод отличается субъективностью и зависит, например, от слуховой восприимчивости злоумышленника, от его компетентности в обсуждаемых вопросах конфиденциального разговора.

Объективными являются методы, оценивающие физические характеристики канала утечки. Данные методы зависят от среды, внешних шумов, способов модуляции и демодуляции и т. д. Поэтому в дальнейшем конкретизируем канал утечки — рассмотрим акусто-оптоволоконный.

Наиболее информативен дифференциальный подход, в котором с помощью спектральных методов анализа изучается отклик на простейшие сигналы. Разложение сигнала на гармоники и рассмотрение его прохождения через канал утечки на этапах акустического воздействия, модуляции, демодуляции и приема позволяет получить объективное представление об эффективности самого канала. В случае акусто-оптоволоконного канала утечки на выходе имеем световой поток, промодулированный звуком. Обозначим интенсивность принимаемого немодулированного зондирующего оптического излучения I_0 , а интенсивность модулированной составляющей света на акустической частоте f как I_f . Тогда физический, объективный метод определения коэффициента эффективности акустического (речевого) канала утечки по спектральному коэффициенту передачи сигнала на частоте f монотонного звукового сигнала при фиксированном среднем звуковом давлении в месте съема речевой информации L сводится к соотношению

$$\eta_1 \approx k_f = \frac{I_f}{I_0} \cdot 100\%.$$

Коэффициент k_f при $L = \text{const}$ показывает, каков вклад на фиксированной частоте модуляционной составляющей в общий сигнал, а сама зависимость от частоты дает представление, на каких частотах передача проходит наиболее эффективно. Набор кривых при L 40–100 дБ позволяет получить дополнительную информацию об опасностях утечки при переговорах.

Измерение коэффициента k_f при $L = \text{const}$ возможно проводить при воздействии акустического тонового сигнала на частоте f или при воздействии шумового сигнала белого или розового спектра и выделении в регистрируемом сигнале спектральной составляющей. Трудность метода тонового воздействия заключается в необходимости контроля над уровнем звукового давления на фиксированной частоте, которое не всегда просто осуществить из-за акустических резонансов в изучаемой системе. Создание тонового сигнала просто реализуется, но в реальной акустической системе вместе с ним формируются гармоники, а сам сигнал расплывается вследствие резонансов, что несколько затрудняет выполнение точных измерений. Использование белого шумового сигнала позволяет создать равномерное случайное акустическое поле по спектру и уровню на достаточно продолжительное время, что позволяет провести надежные из-

мерения без привлечения сложной измерительной техники.

Наиболее просто и объективно оценить эффективность канала утечки можно по интегральному коэффициенту модуляции зондирующего излучения при воздействии звукового сигнала со средним уровнем давления L

$$\eta_2 \approx k_x = \frac{I_x}{I_0} \cdot 100\%,$$

где I_0 — интенсивность зондирующего оптического излучения;

I_x — интегральная интенсивность оптического излучения со звуковой модуляцией по всему спектру акустического сигнала.

Интегральный метод показывает общую эффективность воздействия звука на волоконно-оптический канал. Повысить объективность измерений можно применением акустического воздействия со спектром белого шума, что позволяет более продолжительное время поддерживать и точнее контролировать уровень звукового давления, тем самым избегая существенного влияния спектральных составляющих речи.

К преимуществам физических методов оценки эффективности канала утечки можно отнести отсутствие субъективности оператора при измерениях. Коэффициенты физических методов позволяют также установить, какую систему виброакустической защиты следует применить для того, чтобы нейтрализовать канал утечки. Например, уровень шумления канала связи должен быть не меньше, чем интегральный коэффициент k_x . К недостаткам физических методов относится отсутствие наглядности, что может быть компенсировано артикуляционными измерениями.

Эксперимент по оценке эффективности акусто-оптоволоконного канала утечки

Практическая апробация предложенных методик по оценке эффективности канала утечки речевой информации на основе волоконно-оптических коммуникаций является наиболее актуальным выбором, что связано с отсутствием каких-либо нормативных документов по предотвращению подслушивания на основе акусто-оптоволоконного канала утечки. Физические принципы и техническая реализация такого канала понятны, и в последнее время активно исследуются [6–9]. В связи с этим возникает проблема объективной оценки опасности утечки на практике и для дальнейших исследований.

Общая структура стенда по оценке эффективности канала утечки представлена на фотографии (рис. 2) и содержит элементы волоконно-оптической линии, акустическую систему и технические средства имитации акустической разведки. Все элементы стенда являются стандартными со-

ставляющими волоконно-оптической линии связи, бытовой акустики и измерительных приборов.

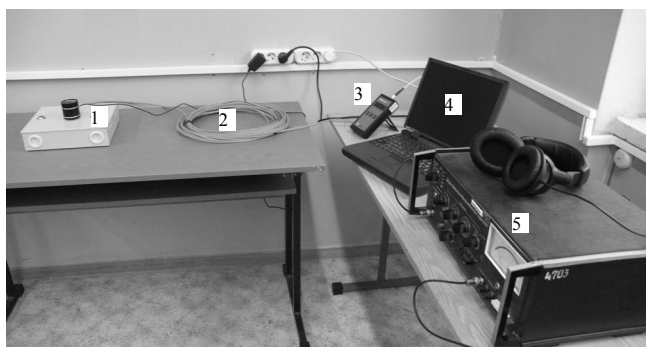


Рис. 2. Экспериментальная установка (стенд) по изучению акусто-оптоволоконного канала утечки акустической информации:

- 1 — оптический кросс с микрофоном и вибродинамиком;
- 2 — оптический кабель; 3 — источник оптического излучения;
- 4 — компьютер; 5 — селективный усилитель (нановольтметр)

В качестве пассивных элементов волоконно-оптического канала использовался сдвоенный многомодовый оптический кабель для прокладки внутри помещений диаметром 3 мм в оболочке, длиной более 25 м, с SC-коннектором. В роли обобщенного пассивного элемента кабельной системы применялся оптический кросс, используемый для коммутационной разводки сети. Сдвоенный оптический кабель в оптическом кроссе (рис. 3) замыкался монтажным шнуром длиной 1,5 м через соединительные розетки SC-SC типа, вставленные в соответствующие панельки-держатели. Монтажный оптический шнур фиксировался внутри, соприкасаясь со стенками кросса. Таким образом, данная конструкция модельной кабельной системы содержит все основные пассивные элементы сети, которые соответствуют базовым каналам утечки [6–8] — на механических соединениях (тип А), на свободном волокне (тип В) и на контактах с элементами конструкции (тип С). Конструктивно оптический кросс и кабель размещались на одном столе, что в реальной ситуации соответствовало воздействию звука на все элементы волоконно-оптического канала в данном помещении.

Световой поток в канале связи создавался стандартными источниками излучения, применяемыми для проверки линий связи. В частности, использовались источники излучения типа "Рубин" на длинах волн 650, 850, 1310 и 1550 нм мощностью порядка 6 дБм и менее с выходным FC-разъемом, а также гелий-неоновый лазер на длине волны 632,8 нм той же мощности и оптическим входом. Немодулированное излучение вводилось в одно волокно кабеля, проходило через всю линию с пассивными элементами и возвращалось по другому волокну, которое соединялось с фотоприемником. В качестве фотоприемного устройства использовался кремниевый фотодиод для регистрации из-

лучения в области длин волн 650 (632,8), 850 и 1310 нм. На длине волны 1550 нм с помощью волоконно-оптического тестера контролировалась только средняя мощность излучения. Несмотря на то, что длина волны 1310 нм попадает в край области спектральной чувствительности кремниевого диода, световой поток уверенно регистрировался, а относительное значение интенсивности позволяло получить достоверное значение о глубине модуляции, которое имело малое значение и поэтому, обсуждение результатов этих измерений не проводилось.

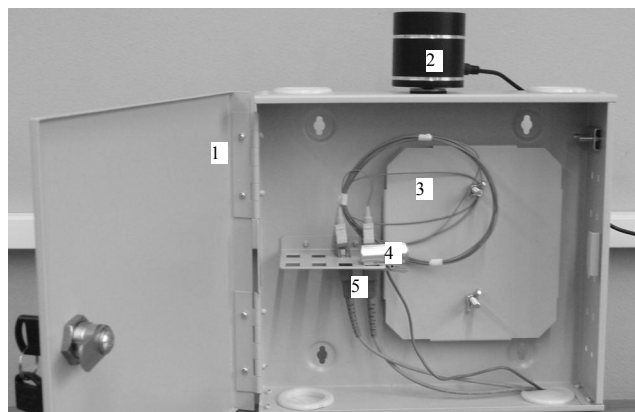


Рис. 3. Оптический кросс (1) с элементами волоконно-оптического канала (3 — оптический шнур, 5 — оптический кабель), системой возбуждения (2 — вибродинамик) и контроля (4 — микрофон) звукового воздействия

Основными чувствительными к акустическим колебаниям элементами конструкции кабельной системы являются полости типа лотков и кроссов, через которые проходит кабель. В нашем случае таким элементом выступала коробка кросса, воздействие звука на нее приводило к многочисленным резонансам и усиливало модуляцию света в волокне (см. рис. 3). Моделирование акустического воздействия осуществлялось на основе вибродинамика, располагаемого на коробке оптического кросса. Это позволяло локализовать акустическое воздействие только на исследуемых элементах и значительно сократить влияние звука на другие элементы стенда, а также провести исследования в реальных условиях без звукового изолирования стенда.

Особенностью использования вибродинамика является то, что для создания даже очень значительных звуковых давлений не требуется мощной акустической системы. Достижимые внутри коробки кросса звуковые давления превышали критические значения, не оказывая значительного влияния на исследования. Еще одна особенность применения вибродинамика состоит в том, что для акустического зашумления конструкций зданий для предотвращения подслушивания используются такие же пьезоэлектрические излучатели. Таким обра-

зом, данная конструкция ввода звука может быть использована и для предотвращения подслушивания через волоконно-оптические волокна коммуникации.

Контроль звукового воздействия на волоконно-оптическую линию проводился с помощью обычного конденсаторного микрофона без питания, что обеспечивало чувствительность порядка 10 мВ/Па. В эксперименте требовалось получить качественный контроль звукового давления внутри кросса и помещения, а для этого было вполне достаточно возможностей аудиокарты ноутбука. Получаемая точность составляла ± 5 дБ звукового давления, достичь лучшего значения в обычной комнате без звукоизоляции трудно. На нестабильность звукового давления существенное влияние оказывал звуковой фон комнаты, который составлял порядка 40–50 дБ. В качестве акустического воздействия использовались следующие сигналы: речь, сформированная на компьютере стандартными звуковыми движками; тоновый сигнал на различных частотах; белый и розовый шумы, генерируемые программным способом на компьютере.

Демодуляция звукового сигнала и простейшая его обработка проводились на селективном нановольтметре и интегрирующем вольтметре. Величина напряжения фотодиода пропорциональна интенсивности светового потока, выделение переменной составляющей позволяет регистрировать звуковое воздействие. С помощью селективного нановольтметра получали спектр слабого звукового сигнала во всей полосе спектра речи человека шириной 0, 25 и 40 дБ октавной полосы. Интегрирующий вольтметр использовался для измерения усредненного светового потока непрерывного по интенсивности и модулированного звуком излучения.

Значение напряжения сильно изменялось со временем вслед за колебаниями уровня звукового давления. Усреднение значений проводилось как программным способом путем увеличения времени наблюдения, так и качественно по наблюдаемому размаху общих изменений напряжений при характерных значениях уровня звукового давления. На точность измерения влияет использование для акустического воздействия белого шума, спектр которого однороден, что позволяет более надежно поддерживать стабильный уровень звукового давления и не учитывать в первом приближении акустические резонансы.

По величинам напряжений можно определить глубину модуляции светового потока звуком для спектральной составляющей

$$\eta_1 \approx k_f = \frac{U_f}{U_0} \cdot 100\%,$$

где U_f — напряжение селективного нановольтметра в полосе частот шириной 25 дБ от октавной полосы с центральной частотой f ;

U_0 — общее напряжение на фотодиоде, и для усредненной (интегральной) составляющей

$$\eta_2 \approx k_x = \frac{U_x}{U_0} \cdot 100\%,$$

где U_x — напряжение интегрирующего вольтметра;

U_0 — общее напряжение на фотодиоде.

Коэффициенты k_f и k_x позволяют объективно оценить эффективность канала утечки, так как показывают глубину модуляции информационным акустическим полем светового потока в оптическом волокне.

При проведении эксперимента вначале была определена эффективность канала утечки артикуляционным методом по значению разборчивости речи, принятой техническими средствами. В акустической системе создавался речевой сигнал различного уровня. Для контроля выбирался уровень громкости речи порядка 65 дБ. При зондировании излучением от гелий-неонового лазера разборчивость речи превышала 80 %.

Применение полупроводникового лазера на длинах волн 850 и 1310 нм не позволяло услышать речь. Такое существенное различие можно объяснить особенностями формирования канала утечки в волоконно-оптическом канале. В случае гелий-неонового лазера имеем фазовую модуляцию светового излучения звуком, а для полупроводниковых лазеров фазовая модуляция незначительна и преобладает амплитудная модуляция. Различие связано с существенным отличием длин когерентности гелий-неонового (несколько метров) и полупроводникового (несколько миллиметров) лазеров. В дальнейшем эти значения разборчивости использовались для сравнения методов оценки эффективности канала утечки. В результате проведенных исследований были получены зависимости коэффициента k_f от частоты при различных уровнях звукового давления (рис. 4) и зависимости коэффициента k_x от уровня звукового давления для двух длин волн (рис. 5).

В спектральной зависимости коэффициента преобразования k_f выделена область спектра с наибольшей информативностью для речи от 1 до 5 кГц. Как видно из зависимости (см. рис. 4) с ростом уровня звукового давления растет вклад на частоте 3 кГц. Нелинейность передачи спектра определяется сложным перераспределением акустических колебаний в коробке кросса и появлением резонансов. Такая зависимость строго индивидуальна и зависит от многих параметров, в частности, при смещении места расположения вибродинамика на крышке кросса происходят значительные изменения и в спектре возбуждения звуковых колебаний, что проявляется в k_f . Поэтому эксперимент проводился при фиксированном положении динамика. На величину модуляции ока-

зывают влияние не только части, расположенные внутри кросса, но и оптический кабель вне его, что проявляется в зависимости коэффициента от положения бухты кабеля относительно излучателя звука и внешних фоновых звуков.

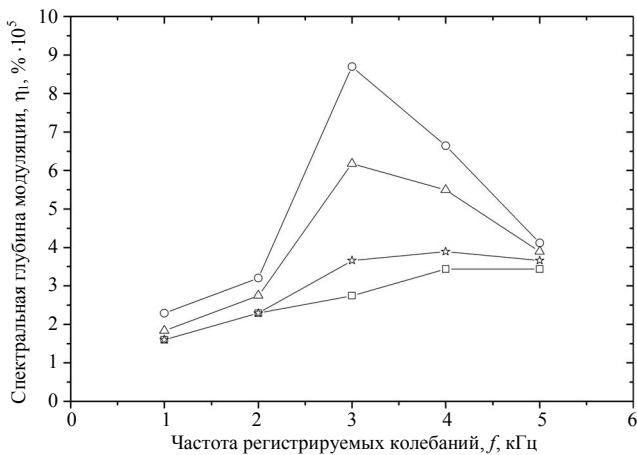


Рис. 4. Спектральная зависимость глубины амплитудной модуляции потока света в многомодовом оптическом волокне при облучении белым шумом различного звукового давления при длине волны зондирующего излучения 850 нм:
 □ – 50 дБ; * – 65 дБ; Δ – 80 дБ; ○ – 90 дБ

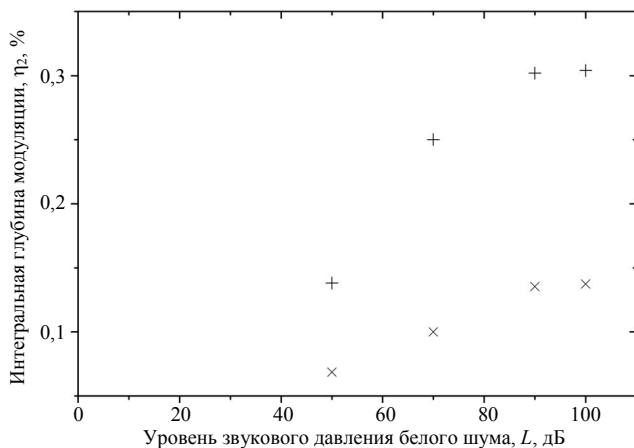


Рис. 5. Интегральная глубина амплитудной модуляции потока света в многомодовом оптическом волокне при облучении белым шумом различного звукового давления для различных длин света при длине волны зондирующего излучения:
 × – 850 нм; + – 632,8 нм

Исследования интегрального коэффициента k_x (см. рис. 5), определяющего глубину модуляции светового потока при воздействии белого шума, позволяют получить ценную информацию о канале утечки. Например, в нашем случае получено, что глубина модуляции в зависимости от уровня звукового давления растет линейно только в области малых и средних значений, а затем испытывает насыщение. Такое поведение может быть связано с особенностями конструкции, так же как и при

спектральных исследованиях. Большая часть акустической энергии уходит в окружающее пространство и не создает воздействия на волокно.

Еще одна важная особенность, следующая из зависимости k_x от длины волны зондирующего излучения, состоит в росте общей глубины модуляции с уменьшением длины волны. В нашем случае эффективная глубина модуляции достигает 0,3 % на длине волны 632,8 нм при зондировании гелий-неоновым лазером, и падает в два раза до 0,15 % при использовании полупроводникового лазера с длиной волны излучения 850 нм и становится еще на порядок меньше для полупроводникового лазера с длиной волны излучения 1310 нм. В работе не проводилось разделение по физическим принципам звуковой модуляции светового потока, поэтому трудно определить, какая модуляция — фазовая или амплитудная — формирует сигнал в каждом конкретном случае. Но сравнение близких по когерентности источников света на 850 и 1310 нм показывает существенное влияние длины волны на глубину модуляции. В последних случаях основной вклад дает амплитудная модуляция, связанная с изгибными колебаниями волокна. При использовании гелий-неонового лазера с большой длиной когерентности (несколько метров) для зондирования, звуковой сигнал утечки формируется в большей степени за счет интерференционных процессов, что и создает значительную интегральную модуляцию и позволяет достичь высокой разборчивости речи при артикуляционных измерениях.

Анализ экспериментальных исследований и рекомендации по их применению

Проводя общий анализ теоретических и практических исследований по использованию физических методов оценки эффективности канала утечки можно утверждать, что предлагаемые методы более объективны и более информативны, чем, например, артикуляционный метод. На их основе можно предложить, какие защитные меры и технические средства необходимо применить, чтобы нейтрализовать канал утечки. Однако это не понижает значимость других методов оценки. Для эффективного противодействия необходимы комплексные исследования конкретной структурированной кабельной системы на возможные каналы утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации.

На основе простейших исследований по предлагаемой методике можно сделать ряд рекомендаций по функционированию акусто-оптоволоконного канала утечки информации. Спектральные исследования показывают, что, во-первых, эффективность модуляции светового потока сильно зависит от особенностей конструкции исследуемых элементов и имеет нелинейный характер как по частоте, так и по уровню звукового давления. Наибольшего

значения коэффициент k_f на некоторых частотах может достигать при средних уровнях звукового давления. Во-вторых, на глубину модуляции оказывает влияние вся кабельная система, подверженная акустическому воздействию. На основе интегральных исследований можно сделать следующие выводы: первый — эффективность модуляции зависит от свойств зондирующего излучения — длины волны, когерентности, второй — эффективность модуляции испытывает насыщение с ростом уровня звукового давления.

Общий анализ показывает существенное влияние на эффективность канала утечки параметров зондирующего излучения, в частности, длины когерентности. Сложные интерференционные явления могут существенно повысить эффективность канала утечки. Амплитудная модуляция связана главным образом с виброакустическим воздействием на волоконно-оптический канал и может легко контролироваться по механическому контакту с конструктивными элементами кабельной системы, такими как коробка оптического кросса.

В качестве защитных систем можно предложить устройства активной защиты путем зашумления штатного канала связи [13–15]. Сущность предлагаемого технического решения по защите состоит в том, что для нейтрализации акусто-оптоволоконного канала утечки в штатный волоконно-оптический канал передачи информации вводится оптическое излучение на акустических частотах с шумовым или другим специальным спектром, которое зашумляет/маскирует информационный световой поток в сети. Таким образом, происходит зашумление/маскировка любой акустической информации, которая может несанкционированно передаваться по волоконно-оптическим коммуникациям вместе с трафиком информационной сети или вместо него с помощью внешнего источника света. Физические методы исследования данного канала позволяют фиксировать параметры систем защиты по максимальной глубине интегральной модуляции оптического излучения внешним случайным акустическим полем. В нашем случае это значение соответствует 0,3 % на длине волны гелий-неонового лазера, следовательно, порядок величин зашумления должен соответствовать этому значению.

Представленные результаты позволяют предложить схему оценки канала утечки, которая может быть проведена следующим образом. Сначала проводятся исследования физическими способами, а затем артикуляционным методом устанавливается реальная эффективность канала утечки. Далее — выбор системы виброакустической защиты по физическим результатам исследований. Проведение защитных мероприятий завершается повторными исследованиями и по ним принимается решение о

степени защищенности помещения с волоконно-оптическими элементами структурированных кабельных систем.

Заключение

В данной работе обсуждаются субъективные и объективные методы оценки эффективности акусто-оптоволоконного канала утечки; на основе практической реализации рассматриваются особенности, преимущества и недостатки каждого из методов. Выведены зависимости эффективности канала от конкретных физических параметров оптического излучения в волоконно-оптическом канале связи. Проведенные экспериментальные исследования позволяют дать практические рекомендации по предотвращению прослушивания по штатным волоконно-оптическим коммуникациям.

*Авторы выражают благодарность сотрудникам
ЗАО НПЦ Фирма "НЕЛК" (Москва)
О. Е. Балцату, Е. И. Кубову, М. С. Сталенкову
за обсуждения результатов и некоторые
замечания, учтенные при подготовке статьи.*

Литература

1. Семенов А. Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. — М.: Академия АИТи: ДМК Пресс, 2007. — 632 с.
2. Свинцов А. Г. ВОСП и защита информации // Фотон-Экспресс. 2000. № 18. С. 16–20.
3. Карпуков Л. М., Щекотихин О. В., Сметанин И. Н. Методы защиты информации в ВОЛС // Там же. 2009. № 4(76). С. 34–36.
4. Гришачев В. В., Халятин Д. Б., Шевченко Н. А. Проблемы информационной безопасности в волоконно-оптических технологиях связи // Там же. № 6(78). С. 132, 133.
5. Гришачев В. В., Кабашкин В. Н., Фролов А. Д. Анализ каналов утечки информации в волоконно-оптических линиях связи: нарушение полного внутреннего отражения // Научно-практический журнал "Информационное противодействие угрозам терроризма". 2005. № 4. С. 194–204. <http://www.contrterror.tsure.ru/site/magazine4/06-35-Grishachev-Kabashkin-Frolov.htm>
6. Гришачев В. В., Халятин Д. Б., Шевченко Н. А. Анализ угроз утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации // Вопросы защиты информации. 2008. № 4. С. 12–17.
7. Гришачев В. В., Халятин Д. Б., Шевченко Н. А., Мерзликин В. Г. Новые каналы утечки конфиденциальной речевой информации через волоконно-оптические подсистемы СКС // Специальная техника. 2009. № 2. С. 2–9.
8. Гришачев В. В., Халятин Д. Б., Шевченко Н. А. Угрозы несанкционированного съема конфиденциальной речевой информации с волоконно-оптических элементов структурированных кабельных систем // Безопасность информационных технологий. 2009. № 2. С. 88–93.
9. Гришачев В. В., Халятин Д. Б., Шевченко Н. А. Волоконно-оптический телефон в акусто-оптоволоконном канале утечки конфиденциальной речевой информации // Вопросы защиты информации. 2009. № 3. С. 22–30.

10. Покровский Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи. — М.: Связьиздат, 1962. — 392 с.

11. ГОСТ 16600—72. Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений.

12. Цыбулин М. К., Бочаров М. О. Анализ методов оценки качества передачи речевой информации по каналу связи различной структуры // Электросвязь. 2008. № 11. С. 46—48.

13. Гришачев В. В., Халятин Д. Б., Шевченко Н. А. Способ и устройство активной защиты конфиденциальной речевой информации от утечки по акусто-оптоволоконному каналу на

основе внешнего оптического зашумления // Заявка на изобретение РФ №2009115677 от 2009.04.27.

14. Гришачев В. В., Халятин Д. Б., Шевченко Н. А. Способы и устройства активной защиты речевой информации от прослушивания по акусто-оптоволоконному каналу утечки // Заявка на изобретение РФ №2009115675 от 2009.04.27.

15. Гришачев В. В., Халятин Д. Б., Шевченко Н. А. Внешнее оптическое зашумление волоконно-оптического канала СКС для предотвращения подслушивания по акусто-оптоволоконному каналу утечки речевой информации // Специальная техника. 2009. № 3. С. 2—8.

The practical estimation of convert audio (voice) channel efficiency from fiber-optic communications

V. V. Grishachev, O. A. Kosenko

The Institute of Information Sciences and Security Technologies, RSUH, Moscow, Russia

In work the comparative analysis of practical estimation methods of convert voice channel efficiency on the basis of recognition of the speech and physical parameters of the transmitted signal is presented. It is shown that methods mutually supplement each other, raise objectivity of danger estimation of the convert voice channel and a choice of the protection means.

Keywords: fiber-optic communications, convert voice channel, audio (voice) information security.

Гришачев Владимир Васильевич, доцент.

Тел./факс: 8 (495) 387-20-18. E-mail: grishachev@mail.ru

Косенко Оксана Александровна, студентка.

Тел./факс: 8 (495) 387-20-18. E-mail: ksasha88@bk.ru