

Анализ волоконно-оптических каналов утечки речевой информации по физическим параметрам информационного сигнала

В. В. Гришачев, канд. физ.-мат. наук; *Ю. Д. Калинина*;

А. А. Тарасов, д-р техн. наук; *О. А. Шашкова*

Институт информационных наук и технологий безопасности Российского государственного гуманитарного университета, Москва, Россия

Представлены результаты артикуляционных измерений и исследований физических параметров информативного сигнала в волоконно-оптическом канале утечки речевой информации. С помощью адаптера типа SC-SC обнаружена высокая чувствительность таких структурных неоднородностей оптических сетей, как разъемные соединения оптического кабеля, к акустическим паразитным модуляциям и наводкам. Установлено, что чувствительность к воздействию информационному акустическому полю при использовании стандартного оборудования была сравнима с чувствительностью обычного микрофона. На основе экспериментальных данных сделано заключение о необходимости совершенствования соответствующих нормативно-методических документов и разработки новых эффективных средств защиты.

Ключевые слова: защита речевой информации, оптические кабельные системы, волоконно-оптический канал утечки речевой информации, паразитные акустооптические модуляции и наводки.

Речевые каналы утечки информации

Защита конфиденциальных переговоров всегда играет важную роль в обеспечении безопасности объекта информатизации. Особое значение имеет выявление новых технических каналов утечки акустической (речевой) информации, определение их параметров, оценка возможных угроз.

Угрозы речевой информации на объекте можно разбить на два класса, связанных с прямой и косвенной регистрацией акустических сигналов [1]. К первому можно отнести технические каналы утечки информации (ТКУИ) на основе информативных сигналов акустической природы — это воздушный (акустический) ТКУИ, в котором речь передается посредством акустических волн в воздушной среде, и структурный (вибрационный) ТКУИ, в котором речь передается посредством акустических волн в окружающих твердых средах

(конструкциях зданий). Ко второму — ТКУИ, в которых переносчиком речевой информации являются информативные сигналы не акустической природы — электрические, оптические и другие сигналы, вызванные паразитными акустическими модуляциями и наводками в соответствующих средах (акустоэлектрические, параметрические, акустооптические и другие ТКУИ).

Основным способом оценки эффективности реализации акустического ТКУИ являются артикуляционные методы [2], применяемые для оценки телефонных систем связи. Их суть заключается в определении разборчивости речи перехваченного информативного сигнала техническими средствами разведки (ТСР), т. е. если на входе канала утечки в переговорах информационный сигнал содержит N_0 слов, а на выходе канала утечки в информативном сигнале с помощью ТСР распознается N слов, то за эффективность ТКУИ принимается словесная разборчивость речи, определяемая как

$$W = (N/N_0) \times 100 \%$$

Подобная оценка носит субъективный характер, зависящий от оператора, требует сложной организации при реализации на практике, не позволяет автоматизировать процесс анализа, не позволяет проводить измерения оперативно в реальном времени.

Вообще говоря, использование артикуляционных измерений для оценки эффективности ТКУИ в виде методов, применяемых для телефонных систем связи, в некотором смысле являются избы-

Гришачев Владимир Васильевич, доцент.

Тел. 8 (495) 387-20-18.

E-mail: grishachev@mail.ru

Калинина Юлия Дмитриевна, аспирантка.

Тел. 8 (495) 387-20-18.

E-mail: abarakedavra@gmail.com

Тарасов Александр Алексеевич, профессор, директор.

Тел. 8 (495) 388-08-88.

E-mail: aa_tarasov@list.ru

Шашкова Ольга Александровна, студентка.

Тел. 8 (495) 387-20-18.

E-mail: frauderillusionen@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 10 июля 2015 г.

© Гришачев В. В., Калинина Ю. Д., Тарасов А. А., Шашкова О. А., 2015

точными. Уже само существование паразитных акустических модуляций и наводок с нулевой разборчивостью информативного сигнала создает значительную угрозу, так как применение аналоговых и/или цифровых систем шумоочистки может повысить разборчивость в реальном времени до неприемлемого уровня. Отсюда следует целесообразность упрощения артикуляционных методов для повышения оперативности оценки эффективности ТКУИ. Например, упрощение возможно при использовании трехуровневой схемы оценки, предложенной в [3], когда оператором определяется уровень угрозы следующим образом: речь на фоне шумов прослушивается и распознается (1-й уровень опасности), речь на фоне шумов прослушивается, но не распознается (2-й уровень опасности), речь на фоне шумов не прослушивается (3-й уровень опасности).

Упрощенные артикуляционные измерения уже позволяют проводить автоматизацию оценки эффективности ТКУИ, по крайней мере, можно разработать технические решения по разделению 2-го и 3-го уровней опасности по наличию речевых формант. Но такое упрощение не позволяет проводить объективную оценку потенциальной опасности канала утечки, т. е. осуществить выявление перспективных возможностей исследуемого ТКУИ. Это можно реализовать только путем сравнения физических методик измерения параметров информативного сигнала с параметрами информационного сигнала.

В данной работе обсуждается проблема объективной оценки эффективности ТКУИ по физическим параметрам сигналов. Демонстрируется возможность сравнения артикуляционных и физических измерений в волоконно-оптическом канале утечки речевой информации, и на их основе обсуждается опасность обхода современных технических средств защиты информации (ТСЗИ).

Лабораторное моделирование волоконно-оптического речевого канала утечки информации

К каналам утечки с косвенной регистрацией акустических сигналов относится волоконно-оптический канал утечки речевой информации — это достаточно новый канал утечки, мало исследованный как техническими, так и физическими методами [3, 4]. Физические принципы функционирования канала утечки (рис. 1) заключаются в том, что информационный сигнал при конфиденциальных переговорах вблизи штатной оптической кабельной системы объекта информатизации приводит к паразитным акустическим модуляциям и

наводкам параметров света в волокнах кабеля. Информативный сигнал в виде модулированного акустическим полем света может выходить по кабельным системам далеко за пределы контролируемой зоны, где детектируется ТСП нарушителя.

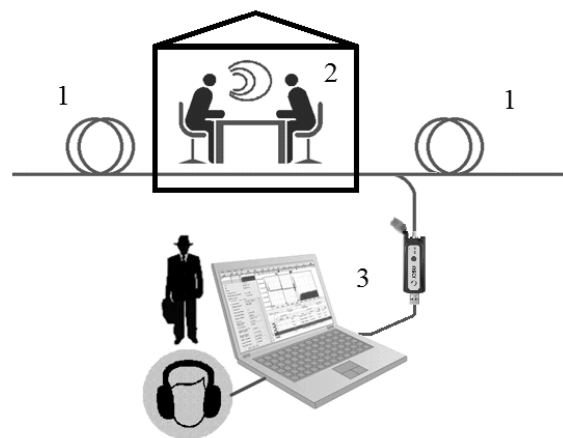


Рис. 1. Обобщенная схема подслушивания через оптическую кабельную сеть (1) переговоров (2) нарушителем (3) с помощью технических средств разведки

Таким образом, в данном ТКУИ средой распространения является волокна оптического кабеля, информативным сигналом — модулированный акустическим полем речи световой поток в оптическом кабеле, ТСП — фотоприемное устройство. Основную часть канала утечки представляет элемент оптической кабельной системы, который вызывает паразитные акустические модуляции и наводки в световых потоках в кабеле. Эффективность акустооптической модуляции в волокне кабеля (амплитуда модуляции параметров света) определяет эффективность всего ТКУИ. Основным параметром модуляции является интенсивность света, проявляющаяся в изменении потерь. В стандартном волокне потери равномерно распределены по волокну и составляют малую величину, достигая значений менее 0,5 дБ/км (вплоть до 0,16 дБ/км на длине волны 1,6 мкм). Чем меньше потери, тем меньше эффективность ТКУИ.

В оптической кабельной сети штатно размещаются локализованные неоднородности, такие как места сварных соединений волокон, разъемные соединения, разветвители и объединители, скрутки и изгибы волокон и др., в которых потери локализованы и превышают стандартные значения потерь. Например, оптические разъемные соединения, широко используемые для масштабирования сети и размещаемые вблизи пользователя, вносят дополнительные потери до 0,3 дБ на разъем. Воздействие акустических полей на разъем может вызвать паразитную модуляцию интенсив-

ности вплоть до максимального значения, причем данная модуляция проявляется как в проходящем, так и в отраженном оптическом излучении. Такие неоднородности легко регистрируются и идентифицируются методами оптической рефлектометрии [5]. Расположение такой неоднородности вблизи источника речевой информации создает серьезную угрозу, что требует тщательного исследования таких каналов утечки.

Проведение исследований параметров волоконно-оптического канала утечки речевой информации требует разработки физической модели (см. рис. 1) и создания экспериментальной установки (стенда). Основным элементом физической модели является оптический кабель с выделенным элементом исследования, в качестве которого использовался оптический адаптер разъёмного соединения типа SC-SC. Длина оптического кабеля минимизировалась до соединенных адаптерами между собой нескольких кусков общей длиной около 5 м, что связано с незначительностью оптических потерь в волокне. Источник и приемник света выбирались исходя из исследовательских задач по изучению влияния интенсивности, длины волны, когерентности и т. д.

Выбор акустического сигнала и способа воздействия на волокна связан с необходимостью реализации в модели компактности расположения всех элементов. С этой целью использовалась портативная акустика, подключаемая к компьютеру с генератором или записью акустических сигналов. Для локализации акустического воздействия на исследуемом волоконно-оптической элементе сети его помещали вблизи динамиков внутри малогабаритной акустической камеры, звукоизолированной от окружающей среды и других элементов оптической сети. Подобная компоновка позволяла использовать, с одной стороны, маломощную акустику для формирования информационного акустического сигнала требуемой мощности, а с другой — исключить влияние на работу других элементов сети и регистрирующую аппаратуру, выполняющую роль ТСП.

Блок-схема экспериментальной установки (стенда), моделирующей волоконно-оптический технический канал утечки речевой информации, представлена на рис. 2. В структуре установки выделяется три части:

А. Компьютер — система управления, предназначенная для генерации тестовых акустических сигналов с помощью портативной акустической системы (1), контроля уровня звукового давления (SPL) с помощью микрофона (2) и регистрации информативного сигнала.

В. Малогабаритная акустическая камера, предназначенная для звукоизоляции акустического сигнала от всех элементов, внутри которой размещается акустическая система (2), микрофон (1) и исследуемый волоконно-оптический элемент — адаптер типа SC-SC (3), соединяющий два оптических кабеля (4).

С. Оптический блок, включающий источник света (5, 6), приемник света (7) с селективным усилителем (8) и выходом на наушники (9) и систему управления, все элементы которого имитируют работу ТСП.

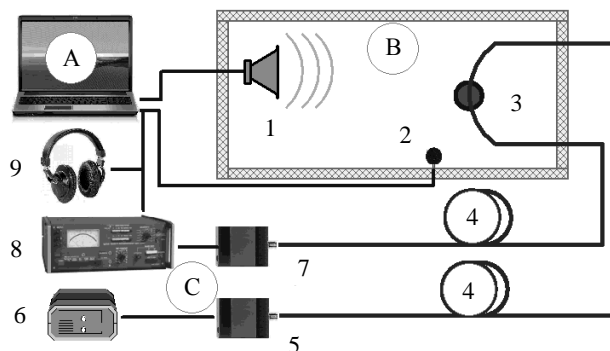


Рис. 2. Демонстрационно-лабораторный стенд акустооптического ТКUI через волоконно-оптические коммуникации:

- А — управляющий компьютер; В — акустометрическая камера; С — оптический блок;
- 1 — акустическая система; 2 — измерительный микрофон контроля уровня звука в камере; 3 — волоконно-оптический элемент; 4 — оптический кабель; 5 — лазер с волоконно-оптическим выходом; 6 — блок управления лазером;
- 7 — фотоприемное устройство с волоконно-оптическим входом; 8 — селективный усилитель (нановольтметр);
- 9 — головная гарнитура оператора

С помощью экспериментальной установки, моделирующей ТКUI, формировался информационный акустический сигнал с уровнем звукового давления от 30 до 80 дБ, причем минимальное предельное значение сильно зависело от окружающего фона и от вида сигнала. Акустическая система не позволяла формировать речевой сигнал менее 40 дБ, определяемый величиной окружающего фона. При ограничении акустического фона вокруг установки можно было достичь минимума чуть менее 40 дБ. Формирование максимального значения приводило к искажениям акустического сигнала. Применение малогабаритной акустической камеры значительно искажало подаваемый сигнал на некоторых частотах вследствие собственных механических резонансов. В качестве источника информационного акустического сигнала использовался компьютерный генератор белого шума или запись воспроизводимого на компьютере текста, что позволило добиться высокой

повторяемости параметров информационного сигнала. Контроль уровня звукового давления в камере проводился стандартным компьютерным электретным микрофоном, что позволяло контролировать не только SPL , но и саму речь.

В качестве источника света использовался гелий-неоновый лазер ЛГ-72 на длине волны 632,82 нм, с длиной когерентности 30 см и мощностью порядка 2 мВт. Система регистрации состояла из фотодиода типа ФД-21КП в вентиляционном режиме, размещенного внутри экранированного корпуса и соединенного с селективным нановольтметром типа UNIPAN-232В через предусилитель *type 5*. Полоса усиления составляла 150 Гц...5 кГц, постоянная времени — 0,3 с, собственные шумы системы регистрации соответствовали 7 нВ. Сигнал с селективного нановольтметра поступал на аудиовход компьютера для записи/анализа или непосредственно на наушники для оперативного контроля информативного сигнала на слух. Среднеквадратичная амплитуда переменного напряжения фотодиода и аналоговый электрический сигнал на выходе нановольтметра прямо пропорциональны мощности оптического излучения на входе фотодиода, что позволяет регистрировать акустические паразитные модуляции и наводки на изучаемом волоконно-оптическом элементе.

Моделирование волоконно-оптического технического канала утечки речевой информации позволяет рассматривать реализуемую схему канала утечки как волоконно-оптический микрофон и использовать для описания его параметров такие характеристики, как собственные шумы, коэффициент искажений, чувствительность и др.

Практическое исследование параметров канала утечки

Задача экспериментальных исследований волоконно-оптического технического канала утечки речевой информации состояла в комплексе измерении параметров артикуляционным и физическим методами с целью последующего сравнения, а также выявления его особенностей. Проведенные исследования включают измерение словесной разборчивости (W) и амплитуды напряжения на выходе фотодиода (U) в зависимости от уровня звукового давления (SPL) в акустической камере для речевого сигнала, а также амплитуды напряжения на выходе фотодиода (U) в зависимости от уровня звукового давления (SPL) в акустической камере для сигнала со спектром близкого к спектру белого шума. Экспериментальные результаты представлены на рис. 3 в виде зависимостей $W(SPL)$ и $U(SPL)$. При анализе необходимо обра-

тить внимание на корреляцию зависимостей разборчивости речи и амплитуды модуляции для речи, а также между амплитудой модуляции для речевого сигнала и белого шума. Из графиков зависимостей $W(SPL)$ и $U(SPL)$ для речи и белого шума видно, что в области уровня звукового давления 60 дБ начинают проявляться изменения как в разборчивости речи (выше разборчивость падает), так и в амплитуде модуляции (при экспоненциальном росте начинается расхождение по глубине модуляции для речи и шума).

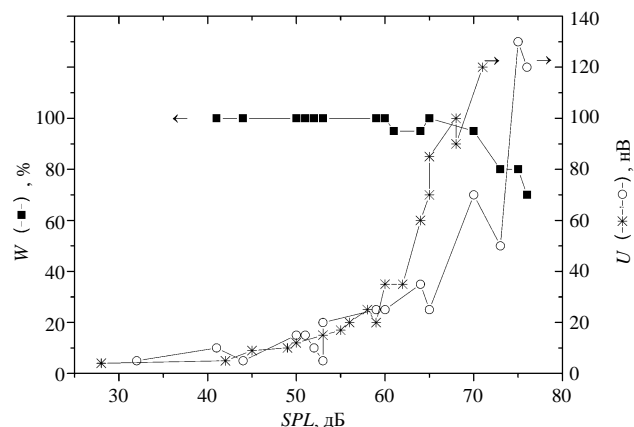


Рис. 3. Экспериментальные зависимости разборчивости речи (\blacksquare , W) и амплитуды модуляции (\circ , U) информативного сигнала от уровня звукового давления информационного акустического поля (SPL), создаваемого речевым сигналом вблизи исследуемого объекта, а также зависимость амплитуды модуляции (\ast , U) информативного сигнала от уровня звукового давления информационного акустического поля в дБ, создаваемого сигналом со спектром белого шума вблизи исследуемого объекта

Экспоненциальный рост амплитуды модуляции информативного сигнала с ростом уровня звукового давления, которое выражается в дБ, т. е. в логарифмическом масштабе, позволяет сделать вывод о линейном росте амплитуды с ростом акустического давления сигнала. Переход от логарифмического масштаба к линейному в зависимостях $U(SPL)$ представлен на рис. 4, где SPL выражается в Паскалях. Обработка результатов зависимостей $U(SPL)$ проводилась методом наименьших квадратов при линейной аппроксимации, т. е. функцией

$$U(SPL) = U_0 + \eta \cdot SPL,$$

где η определяет чувствительность данного ТКУИ с выбранными ТСП, которое выражается в нВ/Па, как для стандартного микрофона. Результаты линейной регрессии сведены в табл. 1. Коэффициент корреляции для обеих зависимостей близок к 100 %, что подтверждает линейную

зависимость среднеквадратичной амплитуды глубины модуляции мощности светового потока от акустического давления сигнала как для речевого сигнала, так и белого шума.

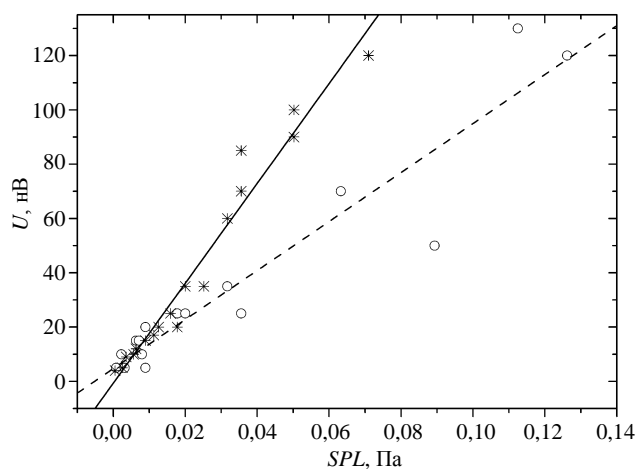


Рис. 4. Экспериментальные зависимости амплитуды модуляции (\circ , U) информативного сигнала от уровня звукового давления информационного акустического поля (SPL), создаваемого речевым сигналом вблизи исследуемого объекта, а также зависимость амплитуды модуляции ($*$, U) информативного сигнала от уровня звукового давления информационного акустического поля, создаваемого сигналом со спектром белого шума вблизи исследуемого объекта

Таблица 1

Результаты обработки экспериментальных зависимостей $U(SPL) = U_0 + \eta \cdot SPL$ методом линейной регрессии

Вид сигнала	U_0 , нВ	η , нВ/Па	r
Речь	$4,7 \pm 3,8$	902 ± 75	0,95
Белый шум	$-0,66 \pm 2,8$	1839 ± 94	0,98

Примечания: U_0 — амплитуда модуляции при отсутствии информационного сигнала; η — чувствительность ТСП; r — коэффициент корреляции.

Чувствительность системы регистрации к белому шуму превышает в два раза чувствительность к речевому сигналу, что может быть связано с колебательными свойствами механической системы, какой является адаптер SC-SC. Как всякая механическая колебательная система, адаптер обладает своими резонансными откликами на внешнее механическое воздействие, каким является внешняя звуковая волна. Воздействие звука на адаптер дает различные отклики на различных частотах, таким образом можно выявить резонансные частоты системы. Результаты экспериментального исследования отклика адаптера на воздействие акустического поля со спектром, близким к спектру белого шума, представлены на рис. 5 в виде зависимости амплитуды модуляции U

от частоты F . Спектральные измерения амплитуды модуляции проводились при воздействии белого шума с уровнем 65 дБ при селективности 36 дБ на октаву UNIPAN 232 в области частот от 50 Гц до 15 кГц и на диапазоне с чувствительностью 300 мкВ. Нормировка глубины модуляции осуществлялась на среднеквадратичное значение амплитуды модуляции по всему спектру, полученное при селективности 0 дБ на октаву, т. е. во всей полосе частот, которое было равно 3 мВ. Как видно из графика $U(F)$, основной отклик наблюдается в области частот от 15 Гц до 5 кГц с ярко выраженными резонансами на частотах около 500 Гц и 3,5 кГц и общим превышением чувствительности на порядки относительно других участков спектра. Такая высокая чувствительность в области частот, соответствующих речевому диапазону, проявляется в микрофонном эффекте, который наблюдался при моделировании канала утечки.

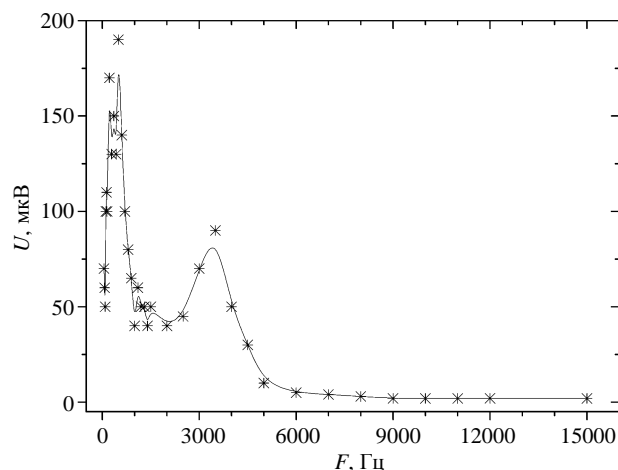


Рис. 5. Экспериментальные зависимости спектра информативного сигнала при воздействии акустическим сигналом со спектром белого шума

Различие в отклике на белый шум и речь связывается с различием их спектров — спектр белого шума равномернее охватывает область спектра с максимальной чувствительностью, чем речевой сигнал, форманты которого смещены от резонансных частот. Таким образом, усредненная по спектру амплитуда паразитных модуляций и наводок для речи оказывается значительно ниже, чем для белого шума, у которого возбуждаются колебания в более широком диапазоне. Данный эффект накладывает определенные ограничения на применяемые адаптеры. Для обеспечения большей защищенности переговоров необходимо использовать адаптеры с подавленными резонансными свойствами в речевом диапазоне.

Особенностью моделированного канала утечки является возможность прослушивать речевые сиг-

налы в камере самых низких доступных в эксперименте уровней, в данном случае не менее 40 дБ. Прослушивание меньших уровней не позволяла принятая экспериментальная модель (уровень акустического фона в нем не мог быть менее 40 дБ, что приводило к высокому шуму в системе регистрации). Также на прослушивание влияли собственные шумы фотодиода и нановольтметра. В проведенных экспериментах с помощью регистрирующей аппаратуры прослушивались сигналы, которые не воспринимались на слух в лаборатории. Так, при прослушивании белого шума отчетливо была слышна работа дисковой пилы на соседней стройке на расстоянии более 500 м по прямой или движение поезда метро под землей еще на большем расстоянии. Такие возможности связаны с повышенной чувствительностью на частоте 200 Гц (см. рис. 5) и снижением влияния инерционности частей адаптера и демпфирования колебаний при наложении более слабых возмущений от неслышимых дальних звуков на систему, уже совершающую колебания под действием сигнала белого шума. Влияние слабых вибраций на резонансной частоте адаптера при его собственных колебаниях показывает высокую чувствительность к виброакустическому воздействию.

Подтверждением сверхвысокой чувствительности адаптера к акустическому воздействию через воздушную среду и тем более через вибрационное воздействие по конструкциям зданий является то, что при уменьшении акустического давления до уровня фона, т. е. при прекращении подачи акустического сигнала, амплитуда модуляции U_0 находится в пределах шумов системы регистрации (около 7 нВ). Причем для речевого сигнала она больше нуля, а для белого шума чуть меньше нуля. Такая аппроксимация зависимостей показывает, что наблюдаемое ограничение уровня прослушиваемого сигнала 40 дБ не является физическим ограничением канала утечки, а связано исключительно с техническими возможностями ТСР. Использование более чувствительной аппаратуры (т. е. маломушьящего фотодиода и усилителя) позволит прослушивать сигналы на уровне шепота или виброакустические сигналы, которые изначально имеют малую амплитуду механических колебаний.

Как отмечалось выше, физические параметры информативного сигнала можно использовать для исследования технического канала утечки речевой информации наравне с артикуляционными измерениями. В проведенных исследованиях показана связь между чувствительностью ТСР и разборчивостью речи. На рис. 6 представлена зависимость чувствительности системы регистрации для каж-

дого измерения от уровня звукового давления η (SPL) при воздействии речевого сигнала и белого шума. На графике наблюдается падение чувствительности с ростом SPL , причем при малых уровнях звукового давления в 5 раз больше, чем при высоких. Положение экспериментальных точек в начале графика определяется уровнем шумов установки, которые сравнимы с полезным сигналом, и ими можно пренебречь.

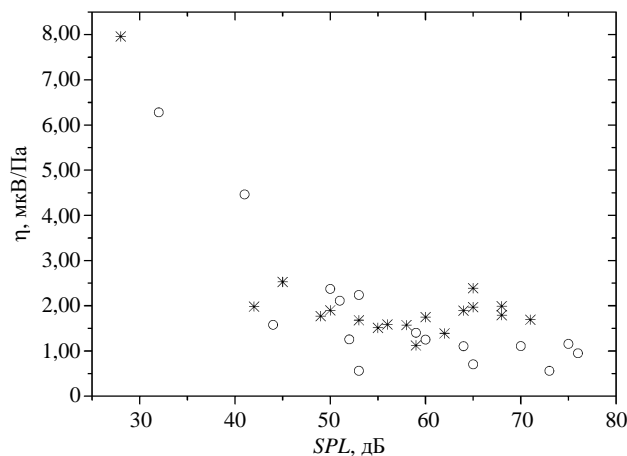


Рис. 6. Экспериментальные зависимости чувствительности системы регистрации информативного акустического сигнала в мкВ/Па в зависимости от уровня звукового давления в дБ при воздействии речевым (○) и шумовым (✱) информационным акустическим сигналом

Для выявления поведения чувствительности с ростом SPL при переходе обнаруженного ранее критического уровня в 60 дБ было рассчитано среднее значение на некоторых участках зависимости, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сведенные результаты по измерению средней чувствительности η системы регистрации информативного акустического сигнала на отдельных участках уровня звукового давления информационного акустического сигнала

Участок SPL усреднения, дБ	Речевого сигнала η , мкВ/Па	Сигнал белого шума η , мкВ/Па
30—45	$< 4,70 \pm 1,00$	$< 5,00 \pm 3,00$
45—60	$1,70 \pm 0,30$	$1,70 \pm 0,15$
60—75	$1,00 \pm 0,10$	$1,90 \pm 0,10$
30—75	$2,10 \pm 0,45$	$2,14 \pm 0,35$

Из табл. 2 и рис. 6 видно общее снижение чувствительности с ростом SPL , причем чувствительность для речевого сигнала снижается быстрее, чем для сигнала белого шума, их пересечение происходит при 60 дБ. Если чувствительность при речевом сигнале падает в два раза, то при сигнале

со спектром белого шума она даже немного возрастает при переходе из области уровней 45—60 в 60—75 дБ. Средние значения чувствительности по всей области измерений совпадают между собой для разных типов сигналов, но отличаются от измеренных методом наименьших квадратов значений.

Подобное поведение зависимости η (*SPL*) связывается с тем, что при уровнях в 60 дБ начинают сказываться нелинейные искажения речевого сигнала на частотах формант, которые и вызывают снижение разборчивости речи. Для сигнала белого шума, охватывающего более широкую часть спектра, искажения не сказываются на чувствительности, перераспределяя энергию воздействия, сигнал продолжает расти с прежними значениями. Надо отметить, что при дальнейшем росте *SPL* выше 80 дБ должно наблюдаться насыщение амплитуды колебаний вследствие ограниченности механических смещений волокон внутри адаптера. Такое поведение для данного разъёмного соединения и при исследовании тем же лазером отмечалось ранее (см. [6]), где обнаружено насыщение глубины модуляции до 0,3 % при превышении *SPL* значения 90 дБ. При таких значениях уровня речи в регистрирующей системе речь не прослушивалась.

Незащищенность объекта современными ТСЗИ

Представленные результаты экспериментального моделирования волоконно-оптического технического канала утечки речевой информации подтверждают:

- высокую чувствительность структурных неоднородностей оптической сети (таких как разъёмное соединение) к акустическим паразитным модуляциям и наводкам, которая сравнима с параметрами стандартных микрофонов;
- исключительную чувствительность к вибрационным паразитным модуляциям и наводкам речевого диапазона, сопровождающим акустические волны в воздушной среде от переговоров.

Это позволяет предложить наличие физических путей обхода существующих ТСЗИ, в том числе рекомендованных ФСТЭК России, таких как ОРУ-1, ОРУ-2, Фотон-М. Современные технические средства защиты речевой информации от прослушивания через штатные волоконно-оптические коммуникации строятся на основе оптического разделения защищаемого участка от всей остальной структуры (рис. 7). В разделяющем на два участка оптической сети устройстве защиты информационный сигнал с цифровой модуляцией испытывает двукратное преобразование — из оптического в электрический и обратно в оптиче-

ский. С одной стороны, подобное преобразование полностью исключает прохождение нештатных оптических излучений через устройство, что не позволяет нарушителю осуществить оптическое зондирование защищаемого участка сети. С другой стороны, подобное преобразование выступает фильтром любых паразитных модуляций и наводок на проходящие штатные излучения, которые при прохождении устройства защиты восстанавливают параметры цифрового сигнала.

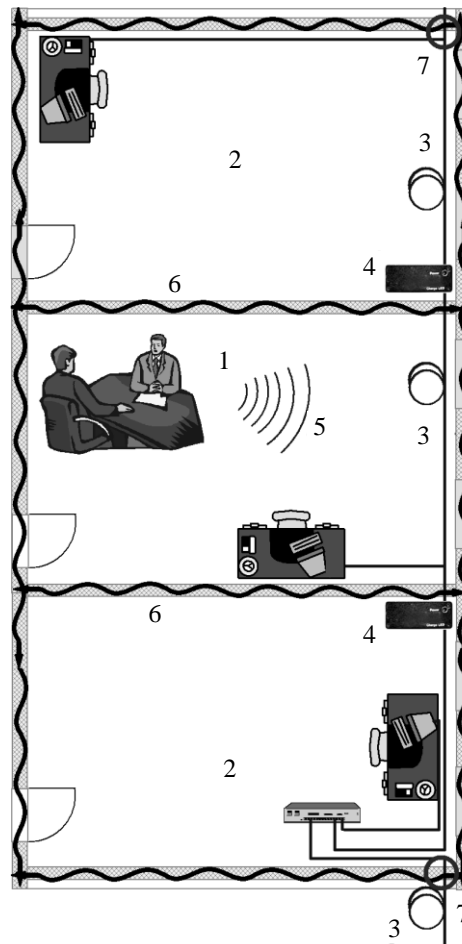


Рис. 7. Структурная схема формирования канала утечки речевой информации из защищаемого помещения в контролируемой зоне объекта информатизации:

1 — выделенное помещения для проведения конфиденциальных переговоров; 2 — вспомогательное помещение вблизи защищаемого помещения; 3 — штатные волоконно-оптические коммуникации объекта информатизации; 4 — устройство защиты от утечки акустической информации через волоконно-оптические коммуникации, типа "Фотон-М", "ОРУ-1,2"; 5 — информационный акустический сигнал (речь переговорщиков); 6 — акустические (структурные) волны в конструкциях здания; 7 — элементы конструкции здания виброакустического контакта с волоконно-оптическими коммуникациями

Например, применение "Фотон-М" [7] для защиты конфиденциальных переговоров предполагает размещение устройства перед выделяемым помещением в случае терминальной сети и на

входе и выходе из выделяемого помещения в случае проходящей сети. При таком размещении устройства защиты "Фотон-М" все акустические паразитные модуляции и наводки на световые потоки от переговорщиков не выходят из защищаемого участка сети, выделенное помещение полностью защищено как от воздушного (акустического), так и от структурного (виброакустического) канала утечки, которые формируются при воздействии на участок оптической сети между устройствами защиты.

В структуре данной схемы ТСЗИ не предполагается, что виброакустический канал утечки охватывает не только защищаемый участок оптической сети, но и участок сети за пределами действия устройства защиты. Виброакустические колебания по конструкциям здания могут выходить за пределы выделенного помещения (см. рис. 7). В рекомендациях по применению "Фотон-М" предлагается размещать его вблизи выделенного помещения, иначе требуется выделять и соседние помещения. При подобном размещении устройства защиты информативные сигналы в виде виброакустических волн могут воздействовать на элементы оптической сети за устройствами защиты, что создает угрозу подслушивания.

Реализация возможной угрозы представляется в виде использования средств оптической рефлектометрии незащищаемого участка сети с настройкой на структурные неоднородности, такие как разъемное соединение к защитному устройству, изгибы оптического волокна и т. д. Незащищаемые участки размещаются вблизи конструкций зданий, которые имеют виброакустический контакт с выделенным помещением, и, таким образом, учитывая высокую чувствительность неоднородностей оптической сети к виброакустическим волнам, формируется реальный канал утечки речевой информации. Описанная выше экспериментальная модель демонстрирует такую возможность, только в отличие от предлагаемого ТКUI использовалось оптическое зондирование на прохождение, но установка могла функционировать и на отражение. Использование зондирования на прохождение связано исключительно с целью уменьшения числа оптических элементов, которые могли внести собственные паразитные модуляции и наводки. В схеме на отражение предполагается использование волоконно-оптического разветвителя, звукоизоляция которого требует сложного исполнения.

Таким образом, описанный волоконно-оптический технический канал утечки речевой информации позволяет обходить современные речевые ТСЗИ. В качестве предложений по усовершен-

ствованию систем защиты могут выступать следующие решения:

- звукоизоляция кабельного канала за пределами устройств защиты является малоэффективным и ограниченным средством защиты, что определяется характеристиками данного канала утечки;
- применение мониторинга состояния сети на наличие возможных угроз (см. патент РФ № 2428798);
- применение систем постановки помех в оптических сетях (см. патенты РФ № № 2416166, 2416167 и 2551802).

Заключение

Анализ физических параметров и артикуляционных измерений волоконно-оптического технического канала утечки речевой информации показал уязвимость выделенных помещений для прослушивания конфиденциальных переговоров при использовании существующих технических средств защиты информации. Возможность обхода ТСЗИ связана с объединением в одном ТКUI нескольких преобразований по общей схеме: информативный акустический сигнал (речь) в воздушной среде выделенного помещения → виброакустическая (структурная) волна в конструкциях выделенного помещения и здания → акустические паразитные модуляции и наводки в волоконно-оптических элементах штатной сети за пределами ТСЗИ → детектирование наведенных акустооптических модуляций в сети далеко за пределами выделенного помещения и контролируемой зоны. Сложное многоступенчатое преобразование информативного сигнала из акустического в вибрационный и затем в оптический информативный сигнал не позволяет нейтрализовать образованный ТКUI современными ТСЗИ, обеспечивающими требования действующих нормативно-методических документов. Это определяет, во-первых, необходимость совершенствования таких документов, во-вторых, разработку новых эффективных средств защиты.

Литература

1. Хорев А. А. Технические каналы утечки акустической (речевой) информации // Специальная техника. 2009. № 5. С. 12—26.
2. Козлачков С. Б. Методические аспекты оценки защищенности речевой информации // Спецтехника и связь. 2011. № 2. С. 44—47.
3. Гришачев В. В., Калинина Ю. Д., Тарасов А. А. Артикуляционный анализ акустических каналов утечки информации

на основе оптических кабельных систем // Вопросы защиты информации. 2015. № 1. С. 48—55.

4. Гришачев В. В., Халятин Д. Б., Шевченко Н. А. Анализ угроз утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации // Там же. 2008. № 4. С. 12—17.

5. Листвин А. В. Листвин В. Н. Рефлектометрия оптических волокон. — М.: ЛЕСАРарт, 2005. — 208 с.

6. Гришачев В. В., Косенко О. А. Практическая оценка эффективности канала утечки акустической (речевой) информации через волоконно-оптические коммуникации // Вопросы защиты информации. 2010. № 2. С. 18—25.

7. Рындин А. С. Проблема защиты акустической речевой информации от ее утечки по волоконно-оптическим системам передачи // Защита информации. Инсайд. 2014. № 1. С. 36, 37.

Analysis of the fiber optical channel speech information leakage of the physical parameters of the information signal

V. V. Grishachev, Yu. D. Kalinina, A. A. Tarasov, O. A. Shashkova

Institute for Information Sciences and Security Technologies of Russian State University of the Humanities, Moscow, Russia

In this paper presents the results of articulator measurements and the research of physical parameters of informative signal in the fiber optical channel speech information leakage. With the adapter type SC-SC a high sensitivity detected to a parasitic acoustooptic modulation and crosstalk, such structural heterogeneity of optical networks as plug-in connections of optical cable. It was found that the sensitivity to the acting information acoustic field by using standard equipment was comparable with a conventional microphone sensitivity. On the basis of experimental data, it was concluded about the need for the perfection of appropriate regulatory and methodological documents and the development of new effective means of protection.

Keywords: protection of speech information, fiber optic cable systems, fiber optical channel speech information leakage, parasitic acoustooptic modulation and crosstalk.

Bibliography — 7 references.

Received July 10, 2015