

# ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

1  
(120)

Москва  
2018

Основан  
в 1974 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

#### Управление доступом

*Чаус Е. А.* Новый метод защиты зашифрованных сетевых соединений от атак, использующих технологии глубокого анализа сетевого трафика ..... 3

*Каннер А. М.* Требования гарантии выполнения функций защиты встраиваемых средств разграничения доступа к данным в операционных системах ..... 7

*Каннер Т. М.* Адаптация существующих способов верификации для программно-аппаратных СЗИ ..... 13

*Осадчая Т. С., Щеглов А. Ю.* Возможности защиты от инсайдерских атак со стороны системного администратора ..... 20

*Любушкина И. Е., Панасенко С. П., Сырчин В. К.* Проблема обеспечения высокой пропускной способности автоматизированных систем на базе архитектуры "тонкого клиента" ..... 28

#### Доверенная среда

*Сулаво А. Е.* Архитектура перспективных нейронов для обработки биометрических данных с высокой взаимной корреляционной зависимостью (*Обзор*) ..... 35

*Гришачев В. В., Казарин О. В., Калинина Ю. Д.* Демонстрационная модель угрозы утечки акустической (речевой) информации через волоконно-оптические коммуникации ..... 49

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ И ОБЪЕКТОВ

*Скворцов В. Э., Василец В. И.* Структуризация проблемы обеспечения информационной безопасности материальных носителей информации ограниченного доступа на стадиях их жизненного цикла ..... 59

*Новиков В. К., Рекунков И. С., Жукель А. А.* Классификация средств и технологий информационно-технических воздействий на информационно-технические объекты ..... 66

*Тараскин М. М., Захаров Д. Н., Козловский А. Т., Марков Д. В.* Обоснование степени автоматизации поддержки выработки решения должностного лица при распознавании ситуаций (состояний) системы защиты информации (*Обзор*) ..... 71

**Главный редактор В. Г. Матюхин**,  
д-р техн. наук, первый заместитель генерального  
директора, научный руководитель ОАО "НИИАС"

**Заместитель главного редактора В. А. Коняевский**,  
д-р техн. наук, акад. РАЕН, зам. директора  
по НИР ФГУП "ВНИИПВТИ"

**Ответственный секретарь К. В. Трыкина**,  
начальник отдела научных и информационных  
изданий ФГУП «НТЦ оборонного комплекса  
«Компас»

#### Редакционный совет:

**А. Л. Бальбершин**, канд. эконом. наук, зам. директора  
Административного департамента аппарата  
Правительства РФ; **Ю. Н. Лаврухин**, канд. техн.  
наук, зам. генерального директора службы корпоративной  
защиты ОАО "Газпром"; **М. П. Сычёв**,  
д-р техн. наук, проф., дир. РУНЦ "Безопасность"  
МГТУ им. Н. Э. Баумана

#### Редакционная коллегия:

**М. М. Грунтович**, канд. физ.-мат. наук, доц.,  
руководитель обособленного подразделения  
ОКБ "Сапр"; **С. В. Дворянкин**, д-р техн. наук,  
проф., акад. РАЕН, декан факультета кибернетики  
и информационной безопасности МИФИ; **И. Г. Назаров**,  
канд. техн. наук, советник директора ОКБ "Сапр";  
**С. П. Панасенко**, канд. техн. наук, зам.  
генерального директора по науке и системной  
интеграции ООО Фирмы "АНКАД"; **Г. В. Росс**,  
д-р техн. наук, д-р эконом. наук, проф., зам.  
директора по учебно-методической работе  
ФГУП "ВНИИПВТИ"; **А. А. Стрельцов**, д-р техн.  
наук, д-р юр. наук, начальник департамента  
аппарата Совета безопасности РФ; **А. Ю. Стусенко**,  
канд. юр. наук, зам. директора по безопасности,  
ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас»;  
**А. М. Сычёв**, канд. техн. наук, доц., зам.  
начальника Главного управления безопасности  
и защиты информации ЦБ РФ; **Ю. С. Харин**,  
д-р физ.-мат. наук, чл.-кор. НАН Беларуси,  
директор НИИ прикладных проблем математики  
и информатики БГУ; **И. Б. Шубинский**, д-р  
техн. наук, проф., генеральный директор ЗАО  
"ИБТранс", советник генерального директора  
ОАО "НИИАС".

## Демонстрационная модель угрозы утечки акустической (речевой) информации через волоконно-оптические коммуникации

*В. В. Гришачев*, канд. физ.-мат. наук; *О. В. Казарин*, д-р техн. наук; *Ю. Д. Калинина*  
Институт информационных наук и технологий безопасности Российского государственного гуманитарного университета, Москва, Россия

*Демонстрационное моделирование физических принципов функционирования каналов утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации вследствие паразитных акустических модуляций и наводок на оптические потоки реализовано в условиях стандартной аудитории для учебно-методических целей. Демонстрационная модель отдельно показывает воздушный, структурный и воздушно-структурный каналы формирования утечки речевой информации с возможностью демонстрации методов технической защиты и исследования принципов функционирования. Демонстрационный эксперимент создан на основе стандартного общедоступного малобюджетного оборудования, что позволяет осуществить демонстрацию в условиях любой учебной лаборатории. Простота реализации в полной мере показывает физические принципы функционирования и уровень опасности волоконно-оптического канала утечки речевой информации.*

*Ключевые слова:* демонстрационная модель угрозы утечки информации, волоконно-оптические технологии, волоконно-оптический канал утечки речевой информации, паразитные акустические модуляции и наводки.

Построение модели угроз информации и разработка нормативно-методических рекомендаций и документов по защите объекта информатизации требуют тщательного предварительного изучения отдельных технических каналов утечки информации (ТКУИ), основой которого является практическая работа с объектами, максимально приближенными к реальности. Экспериментальные исследования сводятся к лабораторным исследованиям, демонстрационному моделированию и натурным испытаниям. Каждое из исследований имеет свое назначение и проводится со своими особенностями. В частности, лабораторные исследования проводятся в целях изучения особенностей функционирования отдельных участков ТКУИ. Выявляются принципы и характеристики элементов канала, такие, как эффективность формирования информативных сигналов, их параметры распространения в среде канала и т. д. Для лабораторных исследований создается стенд с управляемыми и контролируемыми условиями проведения эксперимента. На основе результатов многих лабораторных исследований составляются рекомендации

по противодействию данному каналу утечки. Продолжением практической работы является подтверждение составленных рекомендаций по защите информации от утечки по изучаемому каналу на реальных объектах в естественных условиях функционирования, т. е. натурные испытания.

### Методические аспекты построения модели угроз информации

В рассматриваемой системе практических работ особая роль отводится демонстрационному моделированию [1], выполняющему промежуточную функцию между лабораторными исследованиями на стенде и натурными испытаниями на реальном объекте. Задача демонстрационного эксперимента состоит в создании наглядного образа изучаемого ТКУИ, что очень важно для правильного научно обоснованного понимания и раскрытия принципов функционирования канала утечки. В соответствии с понятием ТКУИ в демонстрационной модели канала утечки необходимо ясно выделить источник информации, убедительно показать физические принципы формирования информативного сигнала и его распространения в среде канала утечки, а также подобрать устройства, однозначно моделирующие средства технической разведки. Особенно важную роль играет показ принципов функционирования отдельных частей для демонстрации новых, не изученных ТКУИ.

Демонстрационная модель является мощным средством в осознании уровня и возможного развития угрозы, в обучении реальному противодей-

---

**Гришачев Владимир Васильевич**, доцент.

E-mail: grishachev@mail.ru

**Казарин Олег Викторович**, заведующий кафедрой "Комплексная защита информации".

E-mail: okaz2005@yandex.ru

**Калинина Юлия Дмитриевна**, аспирантка.

E-mail: abarakedavra@gmail.com

---

Статья поступила в редакцию 19 декабря 2017 г.

© Гришачев В. В., Казарин О. В., Калинина Ю. Д., 2018

ствию каналу утечки. При создании демонстрационной модели ТКУИ необходимо выполнить определенные методические требования: максимальная приближенность к реальному каналу специально изготовленного стенда; конструкция стенда должна состоять из простых приборов с понятным расположением и назначением отдельных устройств без использования спецтехники; демонстрация должна составлять единое целое с изложением принципов функционирования канала; сложный опыт необходимо разбить на простые составные элементы, а сам опыт должен быть достоверным, однозначным, убедительным, надежным и проходить без сбоев.

Основным условием при создании демонстрационной модели и разработке конструкции стенда речевых ТКУИ является возможность прямого восприятия перехватываемого информативного сигнала на слух слушателями в аудитории после преобразования с помощью аудиосредств — наушников, динамиков. На эффективность проведения опыта при демонстрации речевых каналов утечки оказывает влияние фоновый акустический шум, звуки, исходящие от слушателей в аудитории. Решение подобных проблем определяется мастерством исполнителей и осуществляется на основе экономически обоснованных технических решений, средств и методов.

Авторами предлагается физически, технически и экономически обоснованная демонстрационная модель нового канала утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации объекта информатизации вследствие паразитных акустических модуляций и наводок, которая должна показать высокую степень угрозы безопасности данного типа информации.

#### **Демонстрационная модель канала утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации**

Многие составляющие современных информационных систем переходят на фотонные технологии. В частности, кабельные системы связи строятся на основе волоконно-оптических технологий [2]. К ним относятся волоконно-оптические системы передачи информации и измерения, в которых используются технологии пассивных оптических сетей (ПОС), структурированных кабельных систем (СКС), распределенных волоконно-оптических измерительных сетей. Интенсивное внедрение волоконной оптики на объекте информатизации формирует новые угрозы безопасности информации [3], одной из которых является возможность утечки речевой информации [4]. Суть волоконно-оптического канала утечки речевой информации

состоит в том, что информационный речевой сигнал в выделенных помещениях, распространяясь в воздушной среде, конструкциях здания, воздействует на элементы штатной оптической сети и вызывает паразитные акустические модуляции световых потоков в оптической кабеле и наводки в активном оборудовании оптической сети. Информативный сигнал в виде модулированного речевым сигналом светового потока, распространяясь по оптическим кабельным системам, выходит за пределы контролируемой зоны, где преобразуется в электрический импульс, а затем в звуковой сигнал.

Первичным информативным сигналом в волоконно-оптическом канале утечки речевой информации является воздушный и структурный звук, который формирует вторичный информативный оптический сигнал в оптических кабельных сетях. Основной средой распространения информативного сигнала является штатная оптическая сеть, а для его регистрации используется фотоприемное устройство. Формирование информативного оптического сигнала можно проводить путем зондирования оптическим излучением сети по схеме на прохождение или на отражение от мест оптической неоднородности сети. В качестве зондирующего излучения можно использовать как штатные оптические потоки, так и специально вводимые излучения. Эффективное функционирование канала утечки достигается при прямом подключении к штатной оптической сети объекта. Еще одним важным требованием является наличие оптической неоднородности, чувствительной к паразитным акустическим модуляциям и наводкам, что связано с тем, что в области оптической неоднородности наблюдаются резко возрастающие оптические потери на фоне незначительного ослабления общей мощности, которые повышают мощность информативного оптического сигнала.

Из приведенного описания структуры канала утечки можно выделить основные части, которые необходимо отразить, и элементы, выбор которых необходимо обосновать при формировании демонстрационной модели.

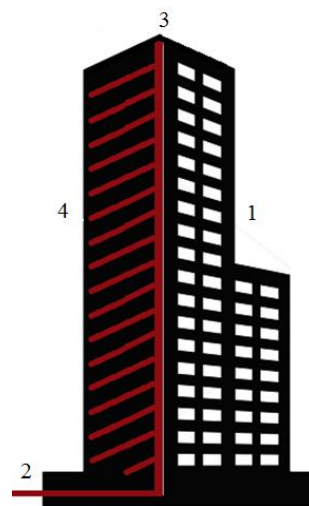
*Моделирование источника речевой информации.* Предметом разведки являются переговоры в выделенных служебных помещениях объекта информатизации [5]. Параметры информационного сигнала соответствуют звуку в закрытом помещении с диапазоном частот от 100 до 3400 Гц и уровнями звукового давления от 40 до 70 дБ. На его основе формируется информативный акустический сигнал в виде звука в воздухе, структурного звука в конструкциях здания. Вследствие слабого поглощения акустических волн на низких частотах воздухом и строительными материалами информативный акустический сигнал может распространиться

далеко от источника. Высокая чувствительность световых потоков в оптическом волокне к акустическому воздействию формирует широкую зону разведдоступности для средств технической разведки. Особую опасность несет структурный канал утечки, который расширяет зону разведдоступности практически на весь объект информатизации. Воздушный канал утечки остается очень эффективным на малых расстояниях от источника, что связано с возможностью эффективного контроля свободного прохождения воздушных потоков в здании. Демонстрационная модель не допускает смещения и требует убедительного и однозначного разделения данных каналов, поэтому необходимо отделить воздушное акустическое воздействие от воздействия структурного звука на элементы оптической сети. Успешная демонстрация возможна при надежной воспроизводимости условий эксперимента и повторяемости результатов.

В качестве источника информации нужно использовать системы воспроизведения звука с неизменными параметрами речевого сигнала для разных сред распространения звуковой волны: воздух, твердые конструкции. Формирование информационного звукового сигнала в воздухе надежнее осуществляется с помощью компьютерных колонок, воспроизводящих заданный звуковой файл, что позволяет достичь высокой степени повторяемости параметров сигнала. Положение колонок фиксируется перед оптическим кроссом в той же аудитории или в соседней со смежной стеной для имитации реального подслушивания переговоров через стену здания. Для прямого формирования структурного звука в стене могут быть использованы компьютерные виброакустические динамики, прикрепленные на противоположной стороне от оптического кросса стены в соседней аудитории. Контроль параметров воздушного звукового сигнала осуществляется с помощью компьютерного микрофона, а виброакустического сигнала — с помощью пьезодатчика, например звукоснимателя для музыкальных инструментов. С помощью компьютерного микрофона можно проводить оценку абсолютных значений уровня звукового давления внутри кросса, а с помощью пьезодатчика — качественные оценки уровня структурного звука. Этого вполне достаточно не только для демонстрации, но и для качественных исследований принципов функционирования канала утечки речевой информации.

*Модель штатной оптической сети.* На объектах информатизации применяются сети, выполненные на основе пассивных волоконно-оптических технологий [2, 6], в которых оптический кабель с пассивными коммуникационными элементами используется для передачи информации от провайдера до абонента без промежуточных активных

элементов и преобразования носителя. Оптические сети выполняют функции локальных систем связи, а также информационных систем внутри объекта, таких, как сети систем видеонаблюдения, систем пожарной безопасности, систем охраны периметра и т. д. Все системы связаны между собой и образуют единую информационную систему объекта (рис. 1). Соединение между подсистемами может быть реализовано по технологии ПОС.

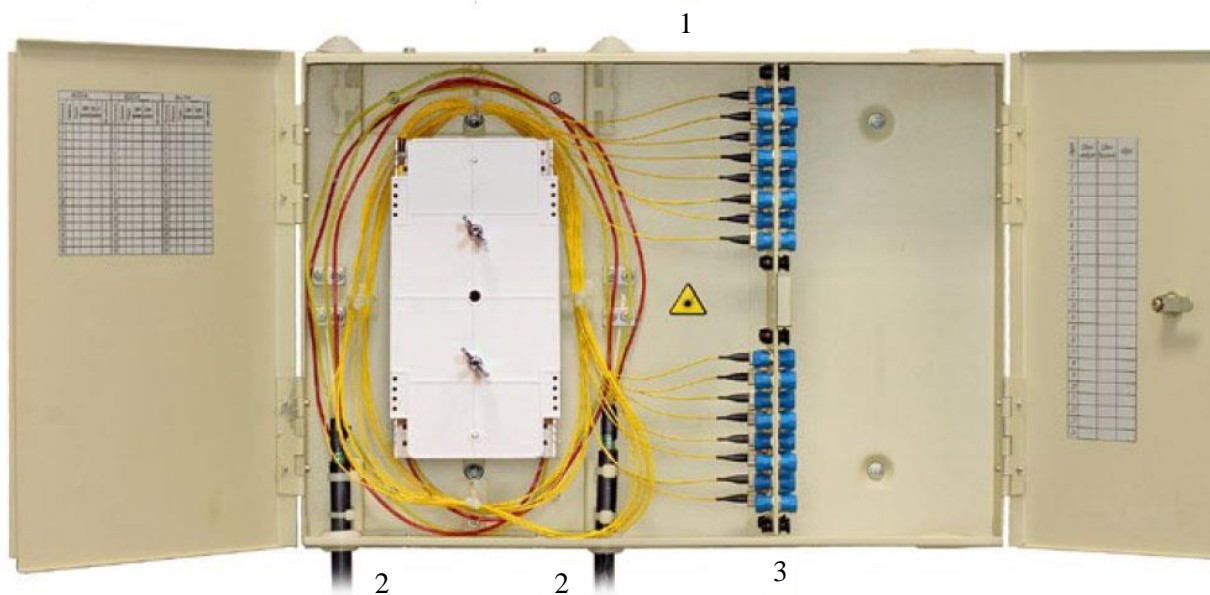


**Рис. 1. Модель волоконно-оптической подсистемы структурированной кабельной системы объекта информатизации:**

1 — здание, 2 — магистральная подсистема, 3 — вертикальная подсистема, 4 — горизонтальная подсистема локальной системы связи (сети).

Размещение на объекте кабельных каналов и прокладка кабеля стандартизуются по технологии структурированных кабельных систем, где можно выделить три основные составляющие: магистральные, вертикальные и горизонтальные подсистемы, отличающиеся назначением и требованиями к эксплуатации. Подсистемы могут объединяться без активных элементов, т. е. по технологии ПОС, с помощью пассивных соединительных (оптические разъемы, адаптеры) и коммутационных (оптические ответвители и разветвители) элементов, которые размещаются в защитных конструкциях (оптические муфты, кроссы). Непосредственный доступ представляется в виде оптических розеток внутри помещений с информационными системами абонентов.

В частности, одним из наиболее часто применяемых элементов СКС является настенный оптический кросс, используемый, например, для формирования горизонтальной кабельной системы на этаже здания путем отвода части волоконно-оптических каналов от вертикальной кабельной системы (рис. 2).



**Рис. 2. Пример конструкции смонтированного распределительного оптического настенного кросса:**  
1 — кросс ШКОН-СТ 32SC/UPC; 2 — кабель; 3 — адаптеры

Реализация отвода части волокон в горизонтальную из вертикальной СКС может осуществляться с помощью разъемных соединений.

Вся волоконно-оптическая подсистема распределяется по всему объекту информатизации по кабельным каналам, охватывая все помещения. С источником речевой информации оптический кабель может иметь как прямой воздушный акустический контакт для кабельных каналов внутри помещений, так и вибрационный акустический контакт через кабельные каналы со стенами здания, что позволяет сформировать воздушный и структурный каналы утечки в зависимости от задач и возможностей нарушителя.

*Моделирование средств технической разведки.* Техника зондирования оптической сети содержит источник и приемник оптического излучения с волоконно-оптическими входами [4, 5], включаемые по оптической схеме на прохождение или на отражение, в которых могут использоваться как штатные, так и внешние нештатные оптические излучения. В демонстрационных целях зондирование проще проводить по схеме на прохождение непрерывного оптического излучения.

Использование техники зондирования по схеме на отражение (методы оптической рефлектометрии) значительно усложняет демонстрацию и восприятие физических принципов появления паразитных акустических модуляций и наводок в зондирующем излучении, так как она относится к цифровой системе управления и обработки информативного сигнала при импульсном зондировании. Также оптическая рефлектометрия требует более

сложной настройки всей системы регистрации в условиях небольшой аудитории. При небольших длинах оптического кабеля она становится предпочтительной только при натурных испытаниях, когда требуется показать все возможности канала утечки.

Подбор подходящих для демонстрации приборов связан с повышением характеристик информативного сигнала, главным образом оптической мощности, необходимой для уверенного снятия паразитной модуляции. Кроме того оборудование должно быть аналоговым с простейшими функциями. По результатам ранее проведенных исследований [6] можно рекомендовать использование обычного волоконно-оптического телефона с аналоговой модуляцией типа Рубин-021, в котором присутствуют источник оптического излучения и приемник с преобразованием в электрический сигнал речевого диапазона.

Устройство компактно, высокочувствительно к модуляциям света, но не обладает возможностями изменения параметров. Фотоприемник настроен на работу с инфракрасными источниками оптического излучения и имеет пониженную чувствительность в видимом диапазоне. Для демонстрации наиболее подходит оптический источник в красном диапазоне световых длин волн. Во-первых, он позволяет показывать аудитории прохождение света в оптическом кабеле от источника до объекта исследования и приемника. Во-вторых такие источники широко используются в технике контроля оптической сети (например, визуализаторе дефектов VLF-250) и для них существует широкий набор высокочув-



ствительных фотоприемников. Недостатком визуализаторов является малая длина когерентности излучения (менее миллиметра), которая снижает эффективность модуляции световых потоков в интерференционных схемах. Систему регистрации модуляций оптического излучения наиболее эффективно можно реализовать с помощью обычного фотодиода, включенного в фотовольтаическом режиме с малошумящим усилителем, что позволяет на звуковых частотах уменьшить собственные шумы фотодиода.

*Объект исследования.* Основным элементом волоконно-оптического канала утечки речевой информации является оптическая неоднородность штатной сети с повышенной чувствительностью к паразитным акустическим модуляциям, поэтому при демонстрационном моделировании необходимо выделять такие участки оптической сети. К наиболее распространенным неоднородностям можно отнести разъемные соединения, позволяющие оперативно изменять структуру сети, производить её наращивание [2, 6]. Применяемые разъемные соединения, такие, как FC, ST, SC, LC и другие, обладают различной чувствительностью к акустическому воздействию. Для демонстрации необходимо выбрать разъемное соединение с максимальной чувствительностью. К такому типу относится разъемное соединение двух кабелей, оконцованных малогабаритными коннекторами типа LC и соединенных адаптером LC-LC (рис. 3). Все элементы соединения, такие, как корпус, держатели, защелки и т. д., изготавливаются из материалов (пластмасс) с высокими упругими свойствами, что снижает частоты собственных механических резонансов конструкции в область спектра речевого сигнала. Таким образом, на основе представленного описания оптической сети и элементов волоконно-оптического канала утечки речевой информации можно дать рекомендации по созданию обобщенной демонстрационной модели, удовлетворяющей всем перечисленным требованиям. В качестве модели штатной оптической сети с элементом, подвергаемым акустическому воздействию, можно выбрать оптический кабель вертикальной системы с отводом в горизонтальную систему с помощью разъем-

ного соединения на базе адаптера типа LC-LC, которые размещаются в настенном оптическом кроссе, жестко прикрепленном к стене. Выбор длины оптического кабеля не принципиален для аудиторной демонстрации: оптические потери в волокне не превышают 0,5 дБ/км, поэтому показать влияние размеров оптической сети в аудиторных условиях не представляется возможным. Современные стандарты реализации по технологии пассивных оптических сетей превышают длины кабеля в 20 км с разветвлением на 32 и более абонента. С другой стороны, длинный оптический кабель собирает все паразитные акустические модуляции и наводки на световые потоки при зондировании нахождение, что затрудняет контроль воздействия информативного сигнала и увеличивает долю шумов от неконтролируемых источников. Модель оптической сети можно свести к двум оптическим кабелям внутренней прокладки длиной не более 2 м, с одной стороны оконцованным коннектором типа LC, а с другой — коннекторами для присоединения к выбранному источнику и приемнику оптического излучения.

В качестве системы зондирования рекомендуется применять источник оптического излучения красной области длин волн, что позволит продемонстрировать аудитории прохождение оптического излучения от источника до приемника. Для регистрации подходит малошумящий фотодиод оптического диапазона, подключаемый к малошумящему усилителю с выходом на наушники. Стабильный источник звукового сигнала и система контроля могут быть созданы без применения специальной техники путем использования стандартной компьютерной мультимедиа техники, что позволит значительно снизить экономические затраты на создание демонстрационного стенда.

На основе изложенного было реализовано демонстрационное моделирование волоконно-оптического канала утечки речевой информации в условиях учебной аудитории при минимальных затратах с использованием стандартного общедоступного оборудования, а применение аналоговых схем зондирования позволило наглядно показать принципы функционирования канала утечки.



Рис. 3. Разъемное оптическое соединение двух кабелей (1), оконцованных малогабаритными коннекторами типа LC (2) и соединенных адаптером LC-LC (3)

## Конструкция стенда по демонстрационному моделированию

Проведение демонстрационного эксперимента требует использования двух аудиторий, разделенных общей стеной. Одна аудитория играет роль вспомогательного помещения, в котором размещаются наблюдатели, она звукоизолирована от улицы и других помещений здания. В этой же аудитории размещаются все основные элементы стенда: модель оптической сети, источники речевой информации, системы зондирования. Соседняя аудитория выполняет роль защищаемого помещения, в котором циркулирует конфиденциальная информация и которое также имеет максимальную звукоизоляцию от первой аудитории, улицы и других помещений здания. Согласно результатам практических работ фоновый уровень акустического шума в первой аудитории может достигать 50 дБ, а в соседней — не более 40 дБ. В противном случае некоторые каналы утечки не могут иметь эффективность по разборчивости речи более 60—70 %.

Конструкция стенда предусматривает использование двух стандартных аудиторий, разделенных стеной, к которой крепятся все элементы (рис. 4). Выбор разделительной стены важен для реализа-

ции канала утечки, так как в ней формируется информативный сигнал в виде структурного звука. Выбор легкой перегородки не соответствует принципу структурного канала утечки. В нашем случае использовалась монолитная бетонная несущая стена толщиной 40 см. Аудитория для демонстраций должна быть достаточно звукоизолированной от остальных помещений. В противном случае может наблюдаться значительное зашумление информативного сигнала при упрощенной системе зондирования без сложной системы селекции шумов.

Моделирование оптической сети осуществлялось с помощью настенного кросса ШКОН-8, в котором размещалось оптическое соединение, моделирующее реальные оптические сети с пассивными элементами (см. рис. 5). Через кросс проходил полностью диэлектрический оптический симплексный кабель комнатной прокладки с одномодовым оптоволоконном 9/125 мкм длиной 2 м, оконцованный коннектором FC со стороны источника света и LC со стороны кросса. В кроссе он соединялся с другим таким же кабелем с помощью адаптера LC-LC, второй конец которого имел коннектор ST и соединялся с фотоприемником. Объектом исследования являлся оптический адаптер LC-LC разъемного соединения внутри кросса.

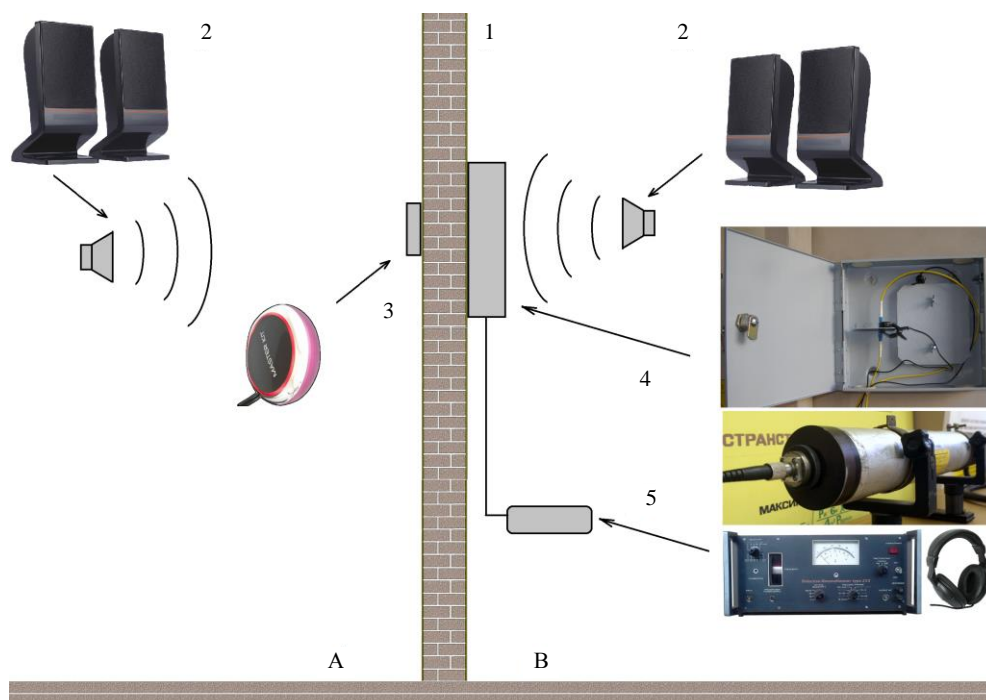


Рис. 4. Структура стенда по демонстрационному моделированию волоконно-оптического канала утечки речевой информации:

- 1 — несущая бетонная стена толщиной 40 см, разделяющая защищаемую (А) от вспомогательной (В) аудитории;
- 2 — источник воздушного звука (динамик); 3 — источник структурного звука (вибродинамик);
- 4 — оптический кросс с разъемным соединением и микрофоном контроля;
- 5 — система оптического зондирования (гелий-неоновый лазер, фотодиод, усилитель и наушники)



**Рис. 5. Оптический кросс (1) с оптическими кабелями (3), соединенными адаптером (2), и системой акустического контроля в составе микрофона (4) и пьезодатчика (5)**

Система контроля воздушной и вибрационной акустической обстановки в кроссе строилась на основе обычного компьютерного микрофона типа Genius MIC-01C или Dialog-100 B, с помощью которого оценивался уровень звукового давления. Контроль вибраций осуществлялся с использованием прикрепленного к корпусу кросса пьезоэлектрического гитарного звукоснимателя (пьезодатчика) Musedo CP-63 или Cherub WCP-55, с помощью которого качественно оценивались существование и уровень структурного звука. Разделение воздействий воздушного (прямого) и структурного звука на оптический разъем связано с определенными трудностями. Кросс с закрытой крышкой играет роль акустического резонатора, и любой структурный звук возбуждает звук в воздушной среде кросса. Поэтому существует возможность одновременного их воздействия. Разделение в демонстрации двух способов формирования паразитных акустических модуляций осуществлялось путем одновременного контроля звука в воздухе (микрофон) и в корпусе (пьезодатчик) кросса.

*Источник речевого сигнала.* Воздушный акустический канал утечки моделировался с помощью маломощных (порядка 4 Вт) компьютерных колонок, размещаемых вблизи оптического кросса на расстоянии порядка 1 м. Такое размещение колонок полностью перекрывало диапазон предельных значений уровней звукового давления, которые не превышали 80 дБ. Повышение уровня свыше 70 дБ вызывало нелинейные искажения демодулированного звукового сигнала, поэтому такие мощности колонок были избыточными.

Для формирования структурного канала утечки использовался бытовой вибродинамик

KIT MT6030 (Goodfon) с диапазоном воспроизводимых частот от 150 Гц до 18 кГц, отношением сигнал/шум не менее 60 дБ, полным гармоническим искажением менее 0,5 %, выходной мощностью порядка 3 Вт, габаритами 80,7 мм (диаметр) на 44 мм (высота), который монтировался на противоположной стороне стены в соседней аудитории напротив оптического кросса. С одной стороны, подобное расположение упрощало формирование структурного звука достаточной для демонстрации мощности, а с другой — формируемый вибродинамиком уровень звукового давления в вспомогательной аудитории не превышал 40 дБ, что не мешало демонстрации.

В целях прямой демонстрации канала утечки, когда информативный сигнал в виде структурного звука в стене формируется не с помощью вибродинамика, а непосредственно источником звука в воздухе, в соседней аудитории размещались компьютерные колонки, которые формировали речевой сигнал, а от него — структурный звук в стенах. В центре аудитории размещались колонки, генерирующие речевой сигнал мощностью не более 70 дБ, которой было достаточно для демонстрации реального канала утечки.

Оптическая схема зондирования строилась на прохождении лазерного излучения через оптическое соединение волокон. Средства технической разведки моделировались непрерывным He-Ne-лазером типа ЛГ-72 с модифицированным выходом под волоконно-оптический разъем FC мощностью менее 0,5 мВт на длине волны излучения 632,85 мкм с длиной когерентности порядка 0,2 м. Лазерное излучение вводилось в оптический кабель, соединенный через адаптер LC-LC с другим таким же кабелем, на конце которого размещался фотоприемник ФД-21КП, подключенный в фотovoltaическом режиме к селективному нановольтметру UNIPAN-233. Нановольтметр выполнял роль измерителя и усилителя, сигнал с него поступал на наушники для артикуляционного контроля эффективности речевого канала утечки по степени словесной разборчивости.

Для волоконно-оптического входа фотоприемника ФД-21КП использовался адаптер ST-ST, конструкция и размеры которого позволяли зафиксировать фотоприемник внутри адаптера. Использование высокочувствительного нановольтметра типа UNIPAN приводило к значительному влиянию внешних электромагнитных полей, которые формировали дополнительные шумы системы регистрации. Уменьшение вклада побочных электромагнитных излучений и наводок на электронику системы регистрации производилось путем экрани-



ровки фотоприемника и уменьшения длины коаксиального кабеля до 20 см для присоединения к нановольтметру.

В демонстрации использовалась оптическая схема на прохождение объекта исследования постоянным по мощности излучением. Оптическая схема зондирования на отражение от разъемного соединения вполне функциональна, но она требует пониженного уровня акустического шума в аудитории. На контролируемый информативный сигнал накладываются другие паразитные акустические модуляции и наводки в других составляющих элементах системы зондирования. Одним из дополнительных источников шума является разветвитель/объединитель световых потоков 2X1, используемый для подсоединения источника и приемника оптического излучения через два входа, а также выход к зондируемой сети (двум последовательно соединенным оптическим кабелям). Поэтому усложнение структуры канала утечки введением разветвителя/объединителя 2X1 является только дополнительной демонстрацией схемы зондирования на отражение.

Прослушивание информативного звукового сигнала производилось с помощью наушников, согласованных с выходом нановольтметра. Использование высокоомных наушников типа ТОН-2М (6000 Ом) или ТА-56М (1600 Ом) при прямом подключении к аналоговому выходу позволяло значительно уменьшить уровень шумов в наушниках при малом уровне громкости. Переход на бытовые низкоомные наушники с импедансом 32 Ом (например, наушники Defender HN-899) сопровождался ростом уровня громкости вместе с уровнем шума. Для уменьшения шумов на низкоомной нагрузке использовался усилитель мощности для наушников из обычных активных компьютерных колонок, которые имеют более высокий входной импеданс по сравнению с наушниками. В этом случае уровень шумов значительно снижался, что даже позволяло использовать компьютерные колонки для озвучивания информативного сигнала на всю рабочую аудиторию в сторону от оптического кросса для исключения создания обратной связи на оптический кросс.

Система управления стендом включала мультимедийный компьютер со стандартной аудиокартой. Программное обеспечение включало спектроанализатор, измеритель уровня звукового давления, генератор шума, воспроизведение/запись звука. Выбор структуры демонстрационного стенда, оборудования всех элементов строился на основе продолжительных лабораторных исследований принципов функционирования канала утечки

[4, 7—13], поэтому обоснование его состоятельности подтверждается экспериментом.

### **Возможности по демонстрационному моделированию**

Проведенные исследования показали существование паразитной акустической модуляции световых потоков как при прямом воздействии звуковой волны через воздух, так и при возбуждении структурного звука. Разборчивость составляла порядка 100 %, начиная с минимальных уровней звука как воздушного, так и вибрационного возбуждения. При этом даже незначительное повышение уровня громкости при воздушном воздействии выводило систему регистрации в состояние насыщения с высоким уровнем шума. В целом чувствительность системы была такова, что легко прослушивались шаги и речь в коридоре за закрытыми дверями, хотя сама речь оставалась неразборчивой.

*Демонстрация воздушного (прямого) канала утечки.* Одним из наиболее опасных при защите речевой информации является прямой воздушный способ формирования паразитных акустических модуляций и наводок на световые потоки в волоконно-оптических коммуникациях. Демонстрация канала осуществляется прямым воздействием звукового сигнала на оптическое соединение в кроссе непосредственно в рабочей аудитории с помощью акустических колонок, расположенных на расстоянии порядка 1 м от кросса с открытой крышкой. С управляющего компьютера запускается унифицированный аудиофайл. Уровень звукового давления устанавливается порядка 60—70 дБ по микрофону контроля, что превышает уровень фона аудитории. Данное условие позволяет уверенно формировать информативный оптический сигнал, который преобразуется фотодиодом в электрический сигнал с амплитудой менее 1 мВ. После усиления сигнал с помощью нановольтметра выводится на наушники для индивидуального прослушивания и оценки качества канала утечки. Использование селективного нановольтметра типа UNIPAN позволяет осуществлять простейшую аналоговую селекцию информативного сигнала на фоне шума по полосе частоты пропускания усилителя, что показывает перспективу повышения эффективности обработки сигнала более сложными цифровыми методами.

Результатом демонстрации является 100%-ная словесная разборчивость в широком диапазоне уровней звукового давления речевого сигнала при низком уровне шума в аудитории. Увеличение уровня звукового давления выше 65—70 дБ вызы-

вает рост искажений в восприятии информативного сигнала слушателями. На качество информативного сигнала влияют шумы в соседних аудиториях и коридоре. Данная демонстрация отчетливо показывает высокую опасность канала утечки.

*Демонстрация структурного канала утечки.* Распространение информативного структурного звука происходит без существенных потерь мощности во многих материалах строительных конструкций как вследствие малого коэффициента потерь материала, так и вследствие волноводного распространения в стенах и других конструкциях здания. Данные свойства структурного звука формируют значительную зону мест размещения средств технической разведки, т. е. зону разведдопустности, что увеличивает угрозу утечки. Демонстрация канала осуществляется прямым воздействием структурного звукового сигнала на оптическое соединение в кроссе непосредственно через стену соседней с рабочей аудиторией с помощью вибродинамика, который соединен с управляющим компьютером в рабочей аудитории с помощью аудиокабеля через закрытое отверстие в стене. Крышка оптического кросса закрывается для уменьшения влияния звуков из рабочей аудитории от слушателей и фонового шума. Контроль уровня мощности информативного сигнала в виде структурного звука в стене производится по качественному восприятию слушателей в соседней (защищаемой) и рабочей аудиториях. В соседней аудитории с вибродинамиком уровень звукового давления не превышает тихого разговора (около 40 дБ), что определяется малой мощностью вибродинамика и массивностью стены. Практически вся мощность генерируемого вибродинамиком звука уходит в структурный звук в массивной стене, и лишь незначительная ее часть — в аудитории, в том числе в рабочую аудиторию со слушателями. При малых уровнях мощности вибродинамика услышать звук в рабочей аудитории возможно только при отсутствии слушателей, закрытых окнах и двери, а при проведении демонстрации он практически не слышен.

Результатом демонстрации является 100%-ная словесная разборчивость практически во всех диапазонах воспроизводимого в соседней аудитории речевого сигнала. Сигнал воспринимается с меньшими шумами по сравнению с воздушным каналом, когда в рабочей аудитории фиксируется тишина на уровне менее 40 дБ. Коэффициента усиления нановольтметра с избытком хватает для демонстрации, а выбор полосы усиления дополнительно позволяет снизить шумы. В некоторых случаях достигается микрофонный эффект, т. е. ин-

формативный сигнал прослушивается практически без шумов. Одновременное использование двух датчиков акустических полей в воздухе (микрофон) и на корпусе кросса (пьезодатчик) позволяет убедительно разделить в демонстрации воздушный и структурный каналы утечки друг от друга. Уменьшение мощности вибродинамика позволяет получить состояние, при котором микрофон регистрирует только фоновый шум, а пьезодатчик — плохо разборчивую речь, в то время как демонстрируемый канал утечки обеспечивает 100%-ную разборчивость.

*Демонстрация воздушно-структурного канала утечки.* Воздушно-структурный канал утечки наглядно демонстрирует возможность формирования информативного оптического сигнала в кабелях оптической сети, но наиболее эффективна демонстрация реального канала утечки, которая возможна в условиях демонстрационного стенда. С этой целью в моделирующей защищаемое помещение аудитории размещаются компьютерные колонки, через которые воспроизводится аудиофайл с записью речи. Задача сводится к тому, чтобы на модельном оборудовании оптической сети и средств технической разведки, размещаемых за стеной защищаемого помещения, произвести подслушивание воспроизводимой речи. Таким образом, на данном стенде демонстрируется возможность регистрации в стенах защищаемого помещения информативного структурного звука, сформированного информационным звуковым сигналом от компьютерных колонок в самом защищаемом помещении.

Результатом является демонстрация возможности регистрации информативного сигнала с низкой разборчивостью (не более 50 % при уровне звукового давления информационного речевого сигнала порядка 65—70 дБ в соседней аудитории).

*Демонстрация системы виброакустической защиты.* Одной из функций демонстрационного стенда является показ возможности заглушения информативного сигнала сигналом от виброакустического излучателя шума. С этой целью во время демонстрации воздушно-структурного канала утечки включаются вибродинамики с сигналом белого шума, что позволяет снизить разборчивость речи в демонстрационном канале утечки.

*Исследовательские возможности стенда.* Кроме демонстраций, стенд позволяет проводить практические исследования волоконно-оптического канала утечки акустической (речевой) информации, которые состоят в изучении влияния параметров зондирующего излучения на эффективность канала и оценке чувствительности отдельных

элементов оптической сети к паразитным акустическим модуляциям и наводкам. В частности, в условиях пониженного уровня фонового шума регистрировались звуки, исходящие от удаленных источников.

### Заключение

Разработанная демонстрационная модель волоконно-оптического канала утечки речевой информации убедительно показывает возможности формирования паразитных модуляций световых потоков как по воздушному, так и по структурному каналам утечки, а также позволяет производить широкий набор экспериментальных исследований в этом направлении. Демонстрационный эксперимент показывает высокий уровень угроз безопасности речевой информации от противоправного применения волоконно-оптических технологий. При этом создание демонстрационного стенда возможно на основе малобюджетного оборудования, которое доступно для любой лаборатории, в том числе для учебных заведений.

### Литература

1. Грабовский М. А., Млодзеевский А. Б., Телеснин Р. В., Шаскольская М. П., Яковлев И. А. Лекционные демонстрации по физике / под ред. Ивероновой В. И. — М.: Наука, 1972. — 640 с.
2. Семенов А. Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. — М.: Академия АйТи: ДМК Пресс, 2007. — 632 с.
3. Шубин В. В. Информационная безопасность волоконно-оптических систем. — Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2015. — 257 с.
4. Гришачев В. В., Халяпин Д. Б., Шевченко Н. А. Анализ угроз утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации // Вопросы защиты информации. 2008. № 4. С. 12—17.
5. Халяпин Д. Б. Защита информации. Вас подслушивают? Защищайтесь. — М.: НОУ ШО «БАЯРД», 2004. — 431 с.
6. Иванов А. Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. — М.: САЙРУС СИСТЕМС, 1999. — 671 с.
7. Гришачев В. В., Казарин О. В., Калинина Ю. Д. Физические методы оценки эффективности угроз утечки речевой информации через технические каналы на объекте информатизации // Вопросы защиты информации. 2017. № 4. С. 44—54.
8. Гришачев В. В. Защита от утечки речевой информации в оптических сетях // Первая миля. 2017. № 5. С. 44—48.
9. Гришачев В. В. Модель угроз конфиденциальности речевой информации в современном офисе на основе конвергенции функций оптических сетей // Фотоника. 2017. № 2 (62). С. 90—103.
10. Гришачев В. В., Калинина Ю. Д., Тарасов А. А. Оценка глубины паразитной модуляции света в оптической кабельной системе с неоднородностями // Вопросы защиты информации. 2016. № 1. С. 62—73.
11. Гришачев В. В., Калинина Ю. Д., Тарасов А. А., Шашкова О. А. Анализ волоконно-оптических каналов утечки речевой информации по физическим параметрам информационного сигнала // Вопросы защиты информации. 2015. № 4. С. 34—42.
12. 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.
13. Гришачев В. В. Канал утечки информации на основе паразитных наводок (модуляций) в оптическом волокне // Фотоника. 2014. Ч. 1. № 6. С. 44—55; 2015. Ч. 2: № 1. С. 70—81.

## Demonstration threat model of acoustic (speech) information leakage through fiber-optic communications

V. V. Grishachev, O. V. Kazarin, Ju. D. Kalinina

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

*Demonstration modeling of the physical principles of functioning of a speech information leakage through fiber-optic communications due to spurious acoustic modulations and crosstalk on optical flows realized in the conditions of a standard lecture room for educational and methodological purposes. The demonstration model separately shows air, structural and air-structural channels formation leak of speech information with the possibility of demonstrating methods of technical protection and research of the principles of functioning. Demonstration experiment is created on the basis of standard available low-budget equipment, which allows demonstration in the conditions of any training laboratory. The ease of implementation fully demonstrates the physical principles of functioning and the level of danger of the fiber-optic channel of speech information leakage.*

**Keywords:** demonstration threat model of information leakage, fiber-optic technology, fiber-optic channel of speech information leakage, parasitic acoustic modulation and crosstalk.

Bibliography — 13 references.

Received December 19, 2017

