

# ВЫЯВЛЕНИЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОЗМОЖНОЙ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056

## Анализ угроз утечки конфиденциальной речевой информации через волоконно-оптические коммуникации

В. В. Гришачев, канд. физ.-мат. наук;

Д. Б. Халяпин, канд. техн. наук;

Н. А. Шевченко

*Показано, что распространение волоконно-оптических коммуникаций требует всестороннего исследования не только по безопасности передачи информации посредством оптического сигнала, но и по защите акустики помещений от утечки конфиденциальной акустической (речевой) информации через волоконно-оптический кабель, проходящий по этим помещениям. Опасность появления каналов утечки акустической информации связана с особенностями воздействия сигнала на пассивные элементы волоконно-оптических коммуникаций. Представлены результаты экспериментальных исследований, которые показали реальность возникновения таких каналов и высокую опасность утечки по ним конфиденциальной акустической (речевой) информации в современных условиях.*

### Возможности волоконно-оптических технологий

Современные волоконно-оптические коммуникации находят все большее распространение в системах передачи информации на расстояния более 1 км. Это внутригородские, региональные и межрегиональные линии связи [1]. Несколько медленнее оптическое волокно приходит в офис, дом, что связано с высокими затратами, но необходимость обеспечить высокий трафик обмена информацией, приходящий на каждого пользователя, и здесь дает значительные преимущества оптоволокну.

Увеличение трафика связывается с передачей речи, внедрением телевидения высокой четкости, расширением возможностей Интернета, использованием многих интерактивных информационных услуг. В современной компании непрерывно растет объем трафика как внутри офиса, так и во внешних каналах обмена данными, что связано с переходом на безбумажную документацию, внедрением информационных технологий во все области деятельности компании. Все это неизбежно приводит к замене традиционных медных кабелей на волоконно-оптические при подключении отдельных офисных компьютеров. Приход к отдельному пользователю оптоволокну создает принципиально новые угрозы коммерческой деятельности компаний, которые связаны с новыми принципами формирования каналов утечки информации.

Особое внимание стоит уделить ведению конфиденциальных переговоров внутри специальных,

защищенных от утечки информации, комнат. Оптоволокну значительно увеличивает возможности таких переговоров, давая новые способы проведения конфиденциальных интернет-конференций, а также подключения к переговорам сотрудников офиса без приглашения в комнату переговоров, получения любых объемов информации в реальном времени и другие возможности, без которых невозможно полноценное ведение деловых переговоров. В этом случае компьютер в комнате переговоров, офисе, соединенный с окружающим миром посредством волоконно-оптического кабеля, является необходимостью.

Угрозы утечки информации могут быть связаны как с потоками данных, передаваемых по линиям связи, так и с использованием самих линий для доступа к речевой конфиденциальной информации.

Вопросы защиты информации, передаваемой по волоконно-оптическим коммуникациям, обсуждались ранее [2, 3]. В настоящее время существуют и разрабатываются новые технические средства, с помощью которых обнаруживаются подобные каналы утечки [4]. Разработаны нормативные документы по защите волоконно-оптических систем передачи для государственных учреждений [5, 6]. Однако в открытой печати не представлен даже анализ каналов утечки акустической (речевой) информации с использованием оптоволокну. В данной работе проведен такой анализ, подкрепленный экспериментальными исследованиями.

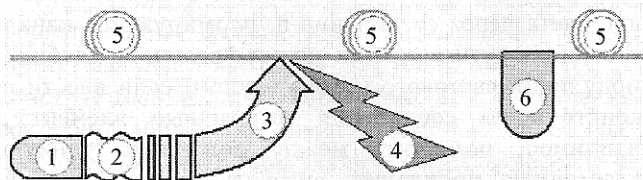
## Акусто-оптоволоконный технический канал утечки информации

Технический канал утечки информации представляет совокупность объекта защиты (источника конфиденциальной информации), физической среды и технических средств разведки (промышленного шпионажа) (ТСР), которыми добываются разведывательные данные [7, 8].

Источник конфиденциальной информации — это материальный объект или субъект, способный накапливать, хранить, преобразовывать и выдавать конфиденциальную информацию в виде сообщений или сигналов различной физической природы, в нашем случае — это источник акустических (речевых) сигналов.

Возникновение технических каналов утечки информации может быть обусловлено физическими полями, химическими, биологическими и другими средами, сопутствующими работе объекта, или специально созданными злоумышленником техническими средствами разведки [9–13]. Так, обсуждение, передача, обработка информации и создание информации связаны с возникновением соответствующих физических полей (в нашем случае акустических), а также гидроакустических, электромагнитных, магнитных и т. п. полей (в других случаях) и сред, которые являются источником утечки информации, в том числе конфиденциальной.

Особый интерес представляет физическая среда распространения информативного сигнала. В рассматриваемом случае это комбинация из воздушной среды и оптического волокна (рис. 1).



**Рис. 1. Структура виброакустического канала утечки информации через волоконно-оптический кабель (акусто-опто-волоконный канал утечки):** 1 — акустический источник конфиденциальной информации; 2 — воздушная среда; 3 — вибрационные (структурные) волны; 4 — акустические помехи; 5 — волоконно-оптический кабель; 6 — ТСР конфиденциальной информации

Распространяющийся в воздушной среде информативный звуковой сигнал воздействует на оптическое волокно с передаваемым оптическим сигналом [14, 15]. Акустическая волна как волна механическая воздействует на все элементы технических конструкций (в том числе и на волоконно-оптические коммуникации), расположенные на ее пути, что приводит к модуляции интенсивности оптического излучения в канале связи звуковым сигналом. Это может вызвать утечку информативного речевого сигнала на большие расстояния от места его появления.

Функционирование обсуждаемого канала утечки речевой информации возможно в следующих условиях:

а — в режиме активного состояния сетевого оборудования, когда используются потоки оптического сигнала в волоконно-оптическом канале для переноса речевой информации. Формирование канала утечки возможно путем модуляции на звуковой частоте интенсивности света части трафика и последующего проведения акустической демодуляции за пределами систем защиты;

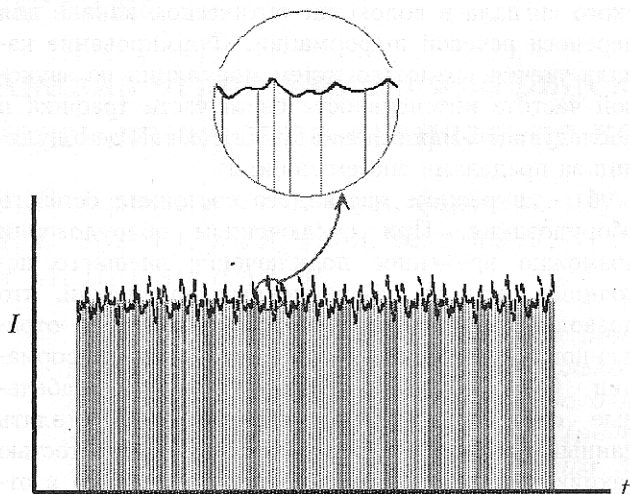
б — в режиме пассивного состояния сетевого оборудования. При отключенном оборудовании возможно временное подключение внешнего источника света из незащищенных помещений, что позволяет активировать канал утечки и по отраженному излучению производить съем информации. Существующие структурированные кабельные системы дают возможность осуществлять данный канал утечки, что связано с развитостью техники монтажа, возможностью соединения и ответвления оптических волокон.

Каждый режим имеет свои особенности и требует отдельного обсуждения, но физические принципы остаются неизменными, причем переход с одного режима на другой не предусматривает необходимости конструктивных изменений в месте акустической модуляции. Более подробно обсудим первый вид канала утечки, который может быть связан с закладными устройствами или использованием особенностей волоконно-оптического коммуникационного оборудования.

Обычно локальная волоконно-оптическая информационная сеть работает на скоростях передачи данных, превышающих 100 Мб/с, что соответствует частотам модуляции порядка 100 МГц. В этом случае заполнение волоконно-оптического канала связи при обычных объемах передачи информации для частот звукового диапазона порядка 10 КГц представляется в виде сплошного потока света с небольшими разрывами между пакетами данных. При повышении объемов трафика поток света становится практически непрерывным (рис. 2). В регистрирующей аппаратуре происходит разделение сигналов по битам в зависимости от способа модуляции.

При амплитудной модуляции, наиболее часто используемой в локальных сетях, регистрируются разные уровни нулевого и единичного сигналов или направление перехода (рост и падение). Различие уровней значительное, малое изменение интенсивности света воспринимается регистрирующей аппаратурой как шумы. При фазовой модуляции интенсивность не меняется, регистрируется только изменение фазы между битами. Наложение акустического сигнала на информационный оптический сигнал в оптическом волокне при значениях, меньших заложенных в аппаратуре как возможных отклонениях, связанных с шумами,

может быть не зафиксировано. В этом случае информационный оптический сигнал будет переносить вместе с данными пользователей и дополнительную речевую информацию, не регистрируемую коммуникационным оборудованием сети.



**Рис. 2. Модуляция интенсивности информационного светового потока в волоконно-оптическом канале связи акустическим сигналом:**

$I$  — интенсивность света в оптоволокне;  $t$  — время

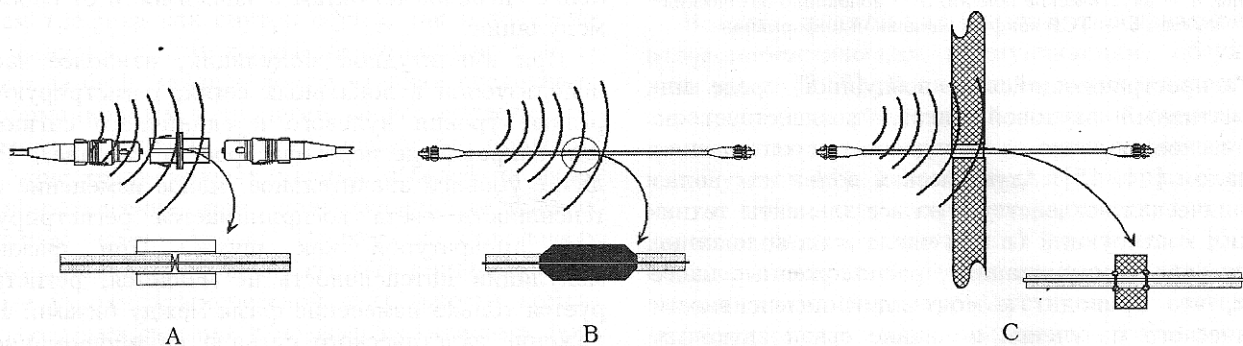
Вывод дополнительной конфиденциальной речевой информации может быть осуществлен специальными методами или изменением параметров работы коммуникационного оборудования. В первом случае требуются установка в незащищенных помещениях рядом с источником речевой информации специального считывающего акустического устройства, а также создание отдельного канала передачи данных за пределы комнаты или ее накопление на месте считывания. Во втором случае необходимо провести перепрограммирование активного сетевого оборудования, а для передачи данных может быть использована та же самая локальная информационная сеть с выходом на незащищенный участок, где информация накапливается и забирается нарушителем.

Проведем анализ и выделим наиболее опасные участки волоконно-оптических коммуникаций на возможность модуляции потока света акустическими колебаниями (речью). По типу пассивного волоконно-оптического оборудования и конструктивным особенностям прокладки кабеля в помещениях [1–4, 16, 17] все каналы утечки можно разделить на три типа, которые обозначим буквами А, В, С (рис. 3).

#### **А. Механические контакты и соединения оптического волокна**

Современное пассивное волоконно-оптическое оборудование включает большой набор различного вида коннекторов, розеток, переходников, разветвителей, аттенуаторов, муфт, шнуров, патч-кордов, сборок и других элементов, которые обеспечивают удобную прокладку локальных волоконно-оптических сетей. Одним из важных элементов являются коннекторы, с помощью которых осуществляется механическое соединение оптических волокон с высокой эффективностью без их сварки. В зависимости от типа коннектора обеспечивается более 1000 соединений при вносимых потерях порядка 0,2 дБ. Величину вносимых потерь в пределах, не превышающих максимальных значений, модулируют упругие воздействия на оптический контакт волокон (см. рис. 3, А).

Конструкция коннектора включает втулку по размеру волокна, в которую вставляются волокна с обработанными концами. Механическое соприкосновение фиксируется различными типами креплений типа FC, ST, SC и др. В любом случае при воздействии звука на соединение происходят различного типа колебания, влияющие на прохождение света через соединение и формирующие канал утечки. Злоумышленник может увеличить глубину модуляции светового потока звуком, если внести в конструкцию соединения эластичные элементы, например, поместить между волокнами тонкую эластичную прокладку; сместить контакт по оси или поперек волокон; специально обработать концы соединяемых волокон и другие действия, увеличивающие упругие свойства соединения.



**Рис. 3. Принципы формирования канала утечки речевой информации (А, В, С) на отдельных участках волоконно-оптической структурированной кабельной системы**

## В. Свободные участки волоконно-оптического кабеля с уплотнительными элементами

Оптоволокно обладает высокой чувствительностью к механическим воздействиям, даже небольшие колебания вызывают изменение условий прохождения света и, соответственно, интенсивности оптического потока. В волоконно-оптических локальных сетях для соединения компьютеров используют оптические кабели, содержащие от одного или двух волокон и более в сборках в зависимости от решаемых задач. Оптические волокна в кабеле защищают от внешнего воздействия специальные наполнители и кожух (внешняя оболочка), которые значительно уменьшают влияние вибраций, звука.

Злоумышленник может повысить чувствительность волокна к звуковым колебаниям путем внесения под внешнюю оболочку кабеля специальных твердых включений, а также специальных зажимов кабеля и других приспособлений, обеспечивающих акустический контакт оптического волокна с окружающей воздушной средой (см. рис. 3, В). Причем формирование акустического контакта может быть произведено в любом месте оптического кабеля, а размер области контакта может не превышать нескольких миллиметров. Обнаружение подобных изменений в кабеле затруднено, так как они могут выглядеть как естественные состояния кабеля.

## С. Места крепления волоконно-оптического кабеля к элементам несущих конструкций здания

Еще одним местом, потенциально опасным для формирования канала утечки, являются любые фиксированные контакты оптического шнура с конструкцией здания, коробками для соединения волокон, кабельными лотками (см. рис. 3, С), например, волокно, проходящее через отверстие в стене, крепление волокна для фиксации изгиба стены и другие особенности проводки кабеля.

Особое внимание необходимо обратить на кабельные коробки для прокладки оптических шнуров, так как в них легко обеспечить скрытый акустический контакт с поверхностью короба; они являются мембраной, обеспечивающей хороший акустический контакт как с волокном, так и с окружающей средой.

Представленный анализ показывает высокую опасность формирования утечки речевой информации через оптическое волокно практически по всей его длине в линии связи. Оценить опасность создаваемого каждым из рассмотренных типов каналов утечки только на основе теоретических расчетов очень трудно из-за влияния многих факторов, поэтому наиболее эффективными могут быть экспериментальные исследования.

## Экспериментальное моделирование канала утечки речевой информации

Экспериментальную оценку эффективности утечки речевой информации для различных типов каналов проводили на макете волоконно-оптической системы передачи с основными опасными для защиты информации пассивными элементами (рис. 4). Макет включал источник света, волоконно-оптическую линию и приемник оптического излучения (фотодиода). В качестве источника света использовали непрерывный гелий-неоновый лазер на длине волны 633 нм мощностью порядка 10 мВт, излучение которого вводилось в волокно. Линия связи составлялась из патч-кордов с одно- и многомодовым волокном длиной 2, 3, 5 м, соединенных коннекторами нескольких типов (чаще всего применялась соединительная розетка типа FC-FC). Интенсивность оптического излучения регистрировалась кремниевым фотодиодом, электрический сигнал с которого подавался на селективный усилитель. Далее электрический сигнал звукового диапазона частот выводился на наушники и анализировался в реальном времени или поступал на аудиокарту компьютера поста съема информации и регистрировался на жестком диске компьютера для последующей обработки.

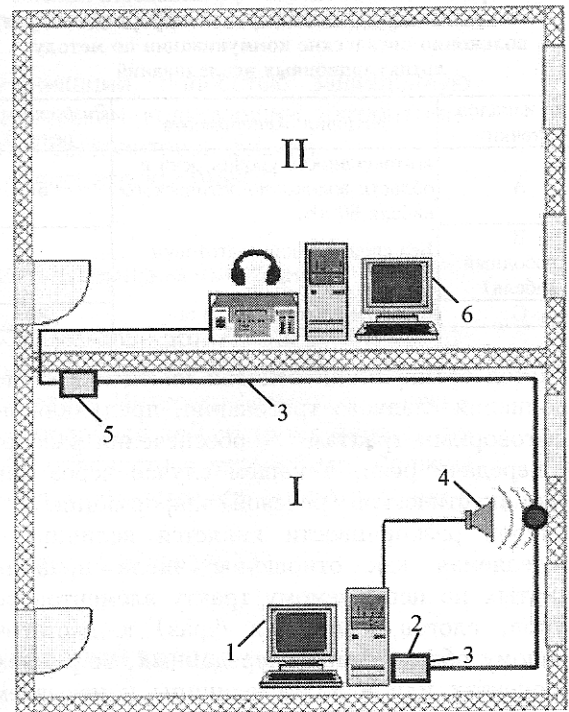


Рис. 4. Экспериментальный стенд по моделированию акусто-оптоволоконного канала утечки конфиденциальной речевой информации:

I, II — акустически изолированные комнаты; 1 — компьютерный пост управления акустическим воздействием и оптоволоконной связью; 2 — источник непрерывного оптического излучения (лазер/светодиод); 3 — оптическое волокно с элементами акустического воздействия; 4 — акустическая система; 5 — приемник оптического излучения; 6 — пост съема речевой информации (ТСР), включающий селективный усилитель

Моделирование конфиденциальных переговоров проводилось с помощью специальной программы чтения текстов с компьютера поста управления. Озвучивание с постоянным уровнем громкости проводилось вблизи от модельных каналов утечки. Моделировались каналы утечки речевой информации с помощью участков оптоволоконна с механическим контактом (канал утечки типа А), оптоволоконно в защитной оболочке кабеля (канал утечки типа В) и зажатый между твердыми плоскими поверхностями кабель (канал утечки типа С). Волоконно-оптическую линию с элементами акустического воздействия размещали в соседней комнате от компьютера поста съема информации, которая была акустически изолирована.

Как показывают экспериментальные исследования, все три типа каналов утечки позволяют проводить несанкционированный съем информации. Эффективность канала зависела от степени обработки оптоволоконна, материалов и других параметров. Для определения степени опасности возникающих каналов использовался метод артикуляционных исследований. В качестве тестового сигнала применяли набор слов из тестов Покровского [18]. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице.

**Экспериментальные оценки эффективности каналов утечки конфиденциальной речевой информации через волоконно-оптические коммуникации по методу артикуляционных исследований**

Тип каналов утечки	Условия эксперимента	Разборчивость речи, %
А	Интенсивность уровня речи в области волоконно-оптического кабеля 60 дБ.	50
В (свободный кабель)	Без специальной подготовки кабеля.	30
С	Без шумочистки сигнала	80

Метод артикуляции основан на оценке степени выполнения главного требования, предъявляемого к разговорным трактам, — обеспечения разборчивой передачи речи, в нашем случае через канал утечки акустической (речевой) информации.

Мерой разборчивости является величина  $W$ , определяемая как отношение числа правильно принятых по испытуемому тракту элементов речи (звуков, слогов, слов или фраз) к достаточно большому общему числу переданных, выражаемая в процентах или в долях единицы и называемая разборчивостью речи.

В зависимости от полученной величины  $W$  обеспечивается качество акустической защиты элементов помещения или помещения в целом, например:

- число правильно понятых слов обеспечивает составление подробной справки (доклада) о содержании переговоров. Практический опыт показывает, что составление подробной справки о со-

держании перехваченных переговоров невозможно при словесной разборчивости менее 60–70 %;

- отдельные слова не воспринимаются, однако перехваченное сообщение позволяет составить краткую справку, отражающую предмет, проблему и общий смысл перехваченного разговора при словесной разборчивости менее 40–50 %;

- перехваченное речевое сообщение содержит отдельные, правильно понятые слова, позволяющие установить предмет разговора (20–30 %);

- голос говорящего не идентифицируется, тема разговора не определяется, анализ перехваченного сообщения позволяет определить только факт наличия речи (менее 20 %).

Рекомендованная ФСТЭК России методика расчета словесной разборчивости речи для оценки и контроля защищенности речевой информации позволяет рассчитать и дать достаточно точную оценку допустимой разборчивости речи в зависимости от октавных уровней защищаемого речевого и акустического (вибрационного) шумового сигнала.

В соответствии с экспериментом оценка словесной разборчивости  $W$  варьируется от 30 до 80 % в зависимости от типа канала утечки при отсутствии специальной обработки кабеля или коннекторов, что позволяет говорить о высокой опасности утечки конфиденциальной речевой информации. Высокое значение разборчивости речи наблюдалось при зажиме оптического кабеля между твердыми поверхностями, что связано с большой плоскостью взаимодействия акустической волны и участка волокна. Фактически данная структура канала утечки работала как хороший микрофон.

## Заключение

Проведенные экспериментальные исследования показали реальность возникновения каналов утечки конфиденциальной акустической (речевой) информации через проходящие по этим помещениям волоконно-оптическим линиям. Опасность появления таких каналов утечки акустической информации связана с особенностями воздействия акустического сигнала на оптическое волокно и элементы, соединяющие волоконно-оптические коммуникации. Выявлены наиболее опасные участки волоконно-оптических коммуникаций.

Уменьшение величины меры разборчивости речи до уровня, обеспечивающего требования защиты акустической информации пассивными и активными способами защиты, будет рассмотрено в последующих работах.

## Литература

1. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика: теория и практика: Пер. с англ. — М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2008. — 320 с.
2. Яковлев А. В. Волоконно-оптическая система передачи конфиденциальной информации // Электросвязь. 1994. № 10.

3. *Гришачев В. В., Кабашкин В. Н., Фролов А. Д.* Анализ каналов утечки информации в волоконно-оптических линиях связи: нарушение полного внутреннего отражения // Науч.-практич. журнал "Информационное противодействие угрозам терроризма". 2005. № 4. <http://www.contrterror.tsure.ru/site/magazine4/06-35-Grishachev-Kabashkin-Frolov.htm>.

4. *Свинцов А. Г.* Оптимизация параметров оптического рефлектометра для обнаружения неоднородности при попытке несанкционированного доступа в ВОСП // Фотон-Экспресс. 2006. № 6.

5. Специальные и общие технические требования, предъявляемые к защищенным волоконно-оптическим системам передачи информации (СОТТ-ВОСП). ФСТЭК России.

6. Сб. нормат.-методич. документов по технич. защите информации в волоконно-оптических системах передачи (НМД по ТЗИ ВОСП): Приказ ФСТЭК России от 15.11.2005.

7. *Халяпин Д. Б.* Защита информации. Вас подслушивают? Защищайтесь. — М.: НОУ ШО "БАЯРД", 2004.

8. *Хорев А. А.* Технические каналы утечки акустической (речевой) информации // Специальная техника. 2004. № 3—5.

9. *Дворянкин Р. В., Козлачков С. Б., Харченко Л. А.* Оценка защищенности речевой информации с учетом современных технологий шумочистки // Вопросы защиты информации. 2007. № 2.

10. *Анищенко А. В., Морозов А. А., Пискунов К. П., Фурсов В. М.* Моделирование колебаний оконных стеклопакетов в задачах технической защиты речевой информации от средств лазерно-акустического подслушивания // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2007. Т. 5. № 9.

11. *Терентьев Е. Б., Халяпин Д. Б.* Защита речевой информации от утечки через извещатели охранно-пожарной сигнализации // Технологии техносферной безопасности. 2007. № 5. <http://www.ipb.mos.ru/ttb/2007-5/2007-5.html>.

12. *Королев М.* Гибкая стратегия защиты слова // Безопасность, Достоверность, Информация. (БДИ). 2006. № 3.

13. *Федоров И. С., Орехов И. Н., Краснобородько Э. В.* Особенности утечки информации по акустическим и виброакустическим каналам // Безопасность информационных технологий МИФИ. М., 2004. № 1.

14. Акустика. Справочник / Под общей ред. М. А. Сапожкова. — М.: Радио и связь, 1989. — 336 с.

15. *Кульчин Ю. Н.* Распределенные волоконно-оптические измерительные системы. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 272 с.

16. *Гребнев А. К., Гридин В. Н., Дмитриев В. П.* Оптоэлектронные элементы и устройства. — М.: Радио и связь, 1998. — 336 с.

17. *Свинцов А. Г.* Оптические соединители в ВОСП // Вестник связи. 2002. № 11.

18. *Покровский Н. Б.* Расчет и измерение разборчивости речи. — М.: Связьиздат, 1962. — 390 с.