

**Учебный курс
«ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

Тема :

**Волоконно-оптические (технические)
каналы утечки информации**

Модуль 2:

**Сбор информации (НСИ) через штатные
волоконно-оптические коммуникации**

Лектор:

кфмн, доцент Гришачев Владимир Васильевич

Программа 2 модуля курса

ЛЕКЦИИ

- I. Сценарии утечки информации и их анализ
- II. Способы и техника сбора акустической информации
- III. Методы защиты информации от утечки по техническим каналам
- IV. Коллоквиум

Лекция 13-14

«Способы и техника сбора акустической информации»

1. Акустический информативный сигнал;
2. Паразитные акустические модуляции и наводки в оптическом кабеле;
3. Методы формирования технического канала утечки акустической (речевой) информации через штатные оптические кабельные сети;
4. Оптические схемы реализации речевого технического канала утечки информации, роль топологии и архитектуры, методы повышения чувствительности оптического кабеля к акустическим воздействиям;
5. Штатное волоконно-оптическое оборудование в речевом техническом канале утечки информации;
6. Принципиальные схемы формирования речевого технического канала утечки информации и их реализация.

1. Акустический информативный сигнал

○ Угроза конфиденциальности переговоров

❖ информативность речи – одна из трех (данные, видео и аудио) наиболее высоких и опасных для получения нарушителем, её рассматривают как один из важных элементов защищаемой информации на объекте информатизации, для чего создаются технические системы направленные на защиту речевой информации (ТСЗИ) путем

- ✓ создания выделенных помещений, комнат переговоров;
- ✓ защиты переговоров по техническим каналам речевой связи;
- ✓ выявления технических каналов утечки речевой информации;
- ✓ и другие технические работы и мероприятия

одним из технических каналов утечки акустической (речевой) информации является возможность подслушивания переговоров проходящих вблизи штатных оптических кабельных каналов и систем путем детектирования (демодуляции) паразитных акустооптических модуляций и наводок в оптоволокне, вызванных речью переговорщиков

1. Акустический информативный сигнал

○ Информативный сигнал – акустическая волна

- упругая волна в газах, жидкостях и твердых телах, воспринимаемая человеком в диапазоне частот от 16 Гц до 20 000 Гц – называется звуком, акустические волны частотой ниже 16 Гц – инфразвук, выше 20 кГц – ультразвук, а выше 1 ГГц - гиперзвук.

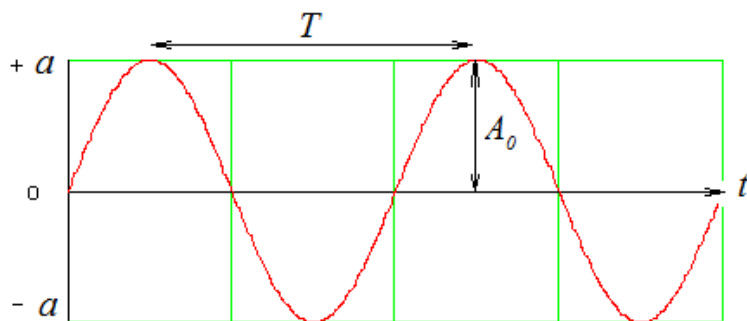


- источником звука являются механические колебания/напряжения тел (вибрации), вызывающие возмущение в окружающих их упругих средах
 - в газах и жидкостях – это продольная волна сжатия-расширения среды;
 - в твердых телах – это продольная или поперечная волна продольных или поперечных упругих деформаций/напряжений среды;
- в любых средах в акустической волне изменяется плотность среды;

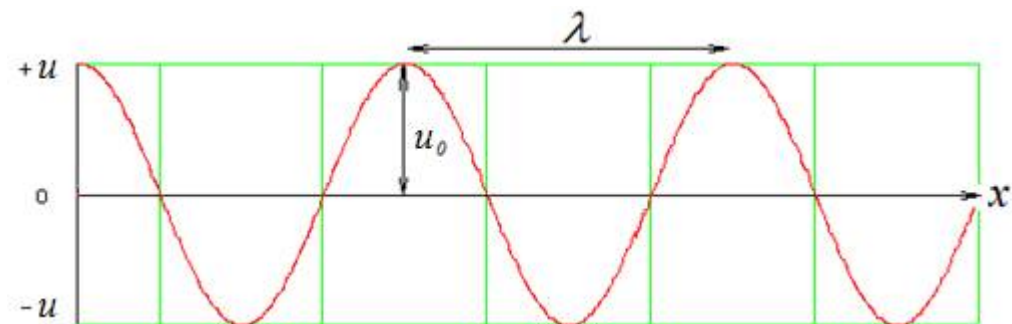
1. Акустический информативный сигнал

○ Информативный сигнал – физические параметры акустической волны

- ❖ звуковая волна характеризуется следующими параметрами
- ✓ a – смещение частиц в упругой волне и A – амплитуда смещения;
- ✓ u – колебательная скорость движения частичек среды в упругой волне и u_0 – амплитуда скорости;
- ✓ V – скорость (фазовая) распространения волны; в поперечной волне: $u \perp V$, в продольной волне: $u \parallel V$;
- ✓ F – частота (период $T=1/F$, циклическая частота $\Omega=2\pi F$) и Λ – длина волны (волновое число $K=2\pi/\Lambda$): $\Lambda F=V$ и $u_0=A\Omega$;



$$a(x, t) = A \sin(\Omega \cdot t - k \cdot x + \varphi_0)$$

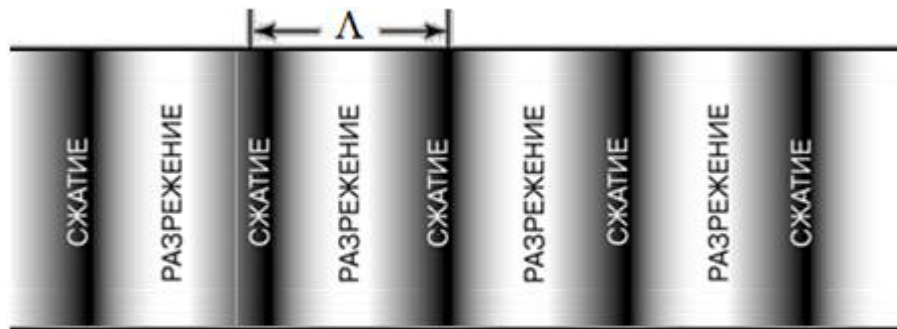


$$u(x, t) = u_0 \cos(\Omega \cdot t - k \cdot x + \varphi_0)$$

1. Акустический информативный сигнал

○ Информативный сигнал – физические параметры акустической волны

- ❖ в воздухе звуковая волна характеризуется следующими параметрами
- ✓ p_a – акустическое давление в волне, это избыточное давление в среде, обусловленное волновым движением частичек среды, p_0 – амплитуда акустического давления,
- ✓ ρ – плотность среды, $Z_a = \rho V$ – удельное акустическое сопротивление среды



Λ : в воздухе от 33 м (10 Гц) до 1,7 см (20 кГц)

- ✓ уровень звукового давления (sound pressure level, SPL) определяется десятичным логарифмом отношения амплитуды звукового давления p_0 (или интенсивности I) к пороговому значению давления $p_{lim} = 2 \cdot 10^{-5}$ Па (или интенсивности $I_{lim} = 10^{-12}$ Вт/м²) выраженному в децибелах ($P_{atm} = 101$ кПа).

$$p_0 = \rho V \Omega A = Z_a u_0 = Z_a A \Omega$$

$$p_a(x, t) = p_0 \cos(\Omega \cdot t - K \cdot x + \varphi_0)$$

$$SPL = 10 \lg \left(\frac{I}{I_{lim}} \right) = 20 \lg \left(\frac{p_0}{p_{lim}} \right), dB$$

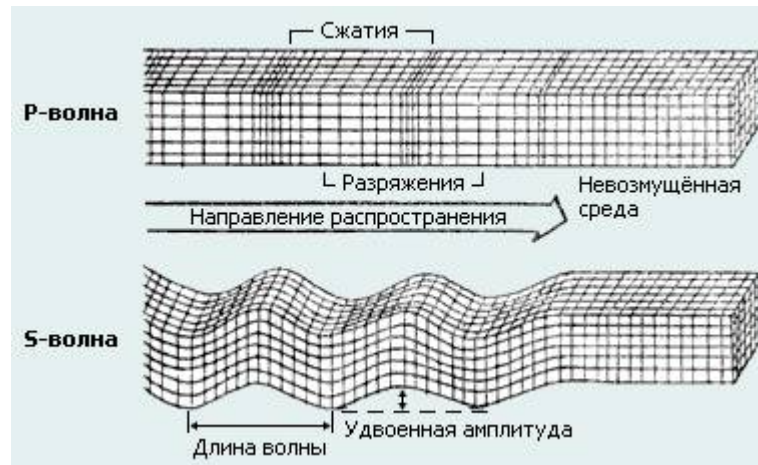
1. Акустический информативный сигнал

○ Информативный сигнал – физические параметры акустической волны

❖ акустические волны (АВ) в твердых телах (в объеме)

— объемные (ОАВ) распространяются во всем объеме твердого тела,

- по волновому фронту они могут быть плоскими, сферическими, цилиндрическими и с более сложной формой поверхности фронта, как в газах и жидкостях;
- по направлению упругих смещений они могут быть продольными, поперечными, а также иметь направления близкие к ним квазипродольными и квазипоперечными (т.е. почти вдоль или поперек скорости волны);
- в объемной волне происходят волновые возмущения плотности среды $\Delta\rho_a$, механических деформаций среды ξ_a , механических напряжений σ_a



$$\Delta\rho_a(x,t) = \Delta\rho_0 \cos(\Omega \cdot t - K \cdot x + \varphi_0)$$

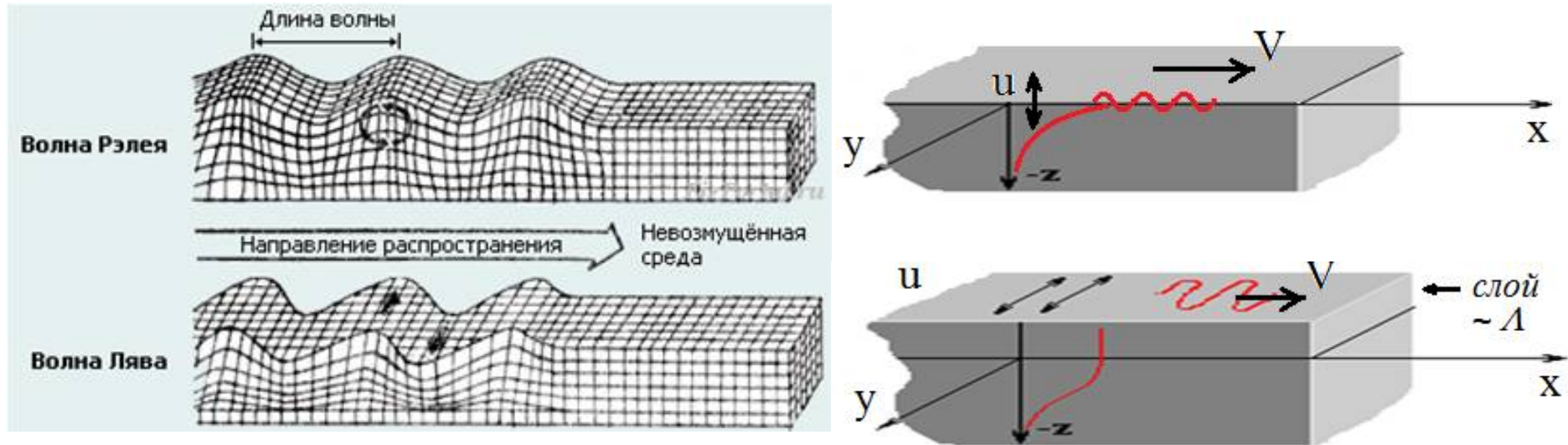
$$\xi_a(x,t) = \xi_0 \cos(\Omega \cdot t - K \cdot x + \varphi_0)$$

$$\sigma_a(x,t) = \sigma_0 \cos(\Omega \cdot t - K \cdot x + \varphi_0)$$

1. Акустический информативный сигнал

○ Информативный сигнал – физические параметры акустической волны

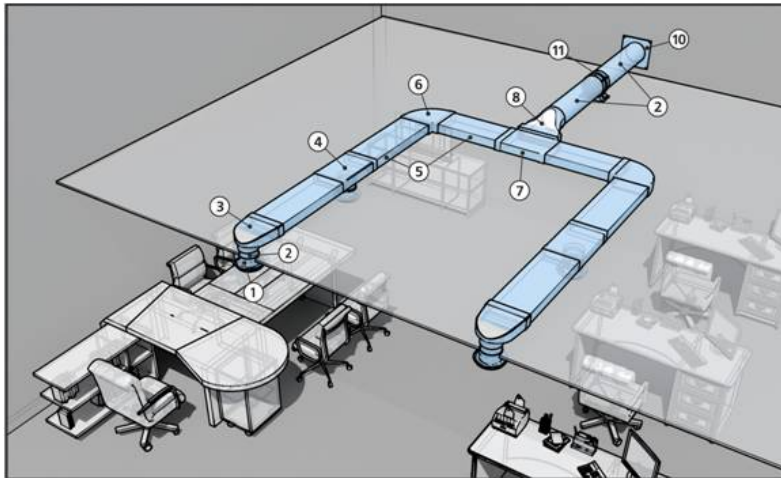
- ❖ акустические волны (АВ) в твердых телах (на поверхности)
 - поверхностные (ПАВ) распространяются вблизи свободной поверхности твердого тела, либо вблизи поверхности раздела двух различных сред, фазовая скорость ПАВ направлена параллельно этой поверхности, а интенсивность быстро убывает с глубиной проникновения в объем твердого тела;
 - ПАВ на границе с воздухом (Рэлея) и в слое толщиной длины волны (Лява)



1. Акустический информативный сигнал

○ Информативный сигнал – физические параметры акустической волны

- ❖ акустические волны (АВ) в волноводах (твердых, жидкостных, газовых)
 - волноводные АВ могут существовать в стержнях и тонких слоях, образующих волноводы, т.е. участки упругой среды ограниченной в одном или двух направлениях стенками или другими средами, что приводит к уменьшению расхождения волн в стороны от волновода, в результате волна распространяется вдоль волновода с меньшим ослаблением;



- каналируемые АВ распространяются в выступах или канавках различного профиля на поверхности твердого тела - как в каналах.

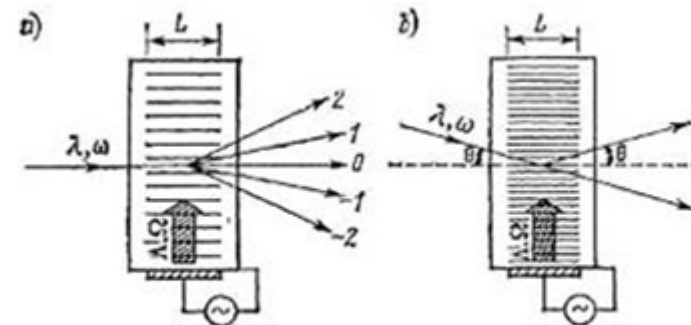
1. Акустический информативный сигнал

○ Информативный сигнал – оптико-акустические преобразования

- ❖ фотоупругость – изменение показателя преломления в твердых оптически прозрачных средах под действием упругих механических напряжений σ_j , описываемое тензором фотоупругости p_{ij} : $\Delta(1/n_i^2) = \sum_j p_{ij} \sigma_j$
- с фотоупругостью связаны пьзооптический (или упругооптический) эффект и акустооптический эффект: при распространении в оптически прозрачных веществах с эффективной фотоупругостью p под действием упругих механических напряжений σ_a , вызванных акустической волной, изменяется показатель преломления Δn_a по волновому закону с циклической частотой Ω , волновым числом K и амплитудой показателя преломления Δn_0

$$\Delta n_a(x, t) = \Delta n_0 \cos(\Omega \cdot t - K \cdot x + \varphi_0)$$

$$\Delta n_0 = \frac{1}{2} n^3 p \sigma_a$$



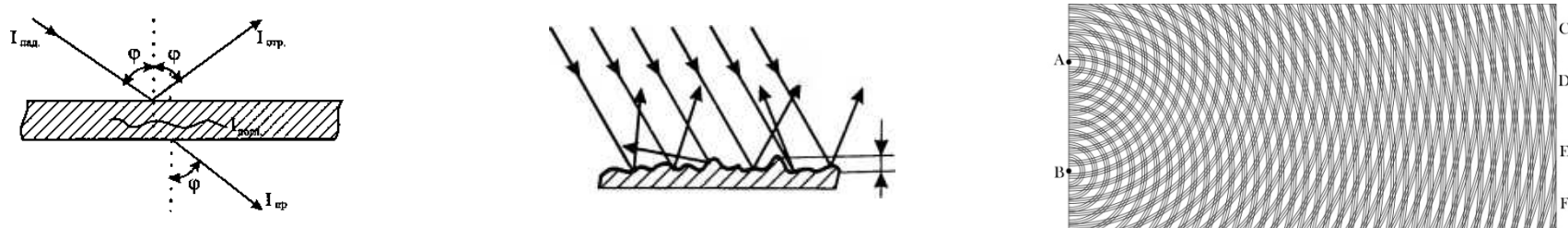
Дифракция Рамана — Ната (а) и Брэгга (б)
при акустооптическом эффекте
1, 2, 0, -1, -2 – порядок дифракция

1. Акустический информативный сигнал

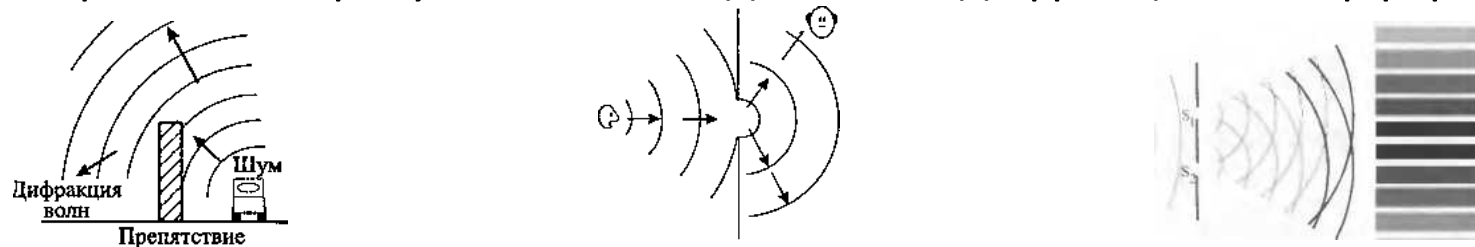
○ Информативный сигнал – взаимодействие акустической волны с телами

характерная длина звуковой волны в воздухе: $\lambda = 0,331$ м на частоте $F = 1000$ Гц

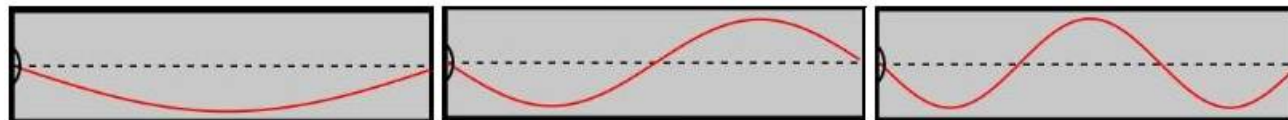
- ❖ размеры тел $L \gg \lambda$ результат взаимодействия: отражение, преломление, рефракция, поглощение, рассеяние, интерференция, реверберация



- ❖ размеры тел $L < \lambda$ результат взаимодействия: дифракция, интерференция



- ❖ размеры тел $L \sim \lambda$ результат взаимодействия: виброакустический и акустический резонаторы, образование стоячих акустических волн



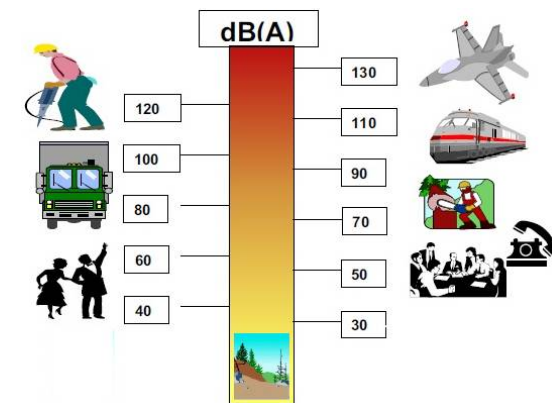
1. Акустический информативный сигнал

○ Информативный сигнал – физические параметры речевого сигнала

- ❖ форма речевого сигнала $p_a(t)$
- ❖ уровень звукового давления, SPL
речь от 30 дБ (шепот) до 70 дБ (крик)
- ❖ спектр речевого сигнала



- тон – монохроматическая звуковая волна на фиксированной частоте
- гармоники – звуковые волны на кратных основному тону частотах
- формантные частоты – составляющие речь звуковые волны на частотах усиленных по отношению к другим частям спектра



1. Акустический информативный сигнал

○ Информативный сигнал – акустические свойства веществ

Вещество	Скорость волн V , $1 \cdot 10^3$ м/с		Плотность ρ , $1 \cdot 10^3$ кг/м ³	Волновое сопротивление Z_a , $1 \cdot 10^6$ Па·с/м	Коэффициент затухания на 2,5 МГц δ , Нп/м
	продольных	поперечных			
Сталь углеродистая	5,90...5,94	3,22...3,25	7,7...7,9	45,9...46,3	0,1...10
Чугун	3,5...5,6	2,2...3,2	7,2...7,6	26...42	0,3...50
Бетон	2,1...5,2	-	1,8...2,8	6...9,5	-
Кварц плавленный	5,95	3,75	2,2	13,1	0,31
Полистирол	2,35	1,13	1,06	2,5	10...13
Резина	1,4...2,3	-	0,9 1,6	2...3	30...60
Стекло оконное	5,1...6,2	3,1...3,6	2,1...2,6	11...15	0,4...0,7
Стекло органическое	2,7...2,75	1,12...1,13	1,17...1,19	3,0...3,3	20...30
Текстолит	2,4...2,8	1,1...1,4	2,3...2,5	6...6,4	80...120
Фарфор	5,2...6,8	3,1...4	2,3...2,6	15...20	0,1...0,4
Фторопласт	1,35	-	2,2	30	160
Эбонит	2,4	-	1,2	2,9	90
Вода	1,484	-	1,0	1,5	-
Воздух (н.у.)	0,3315	-	0,0012	0,000417	-

2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

○ **Общая характеристика паразитных акустических наводок**

- ❖ акустическая волна речевого диапазона частот распространяясь в воздухе взаимодействует с объектами на своем пути и вызывает (оказывает)
 - механические напряжения и деформации в твердых телах, жидкостях;
 - давление на границу раздела двух сред;
 - колебания (вибрации) твердых тел;
 - вторичные акустические волны внутри пограничных сред (отраженные, преломленные, поверхностные волны, объемные волны и др.)
 - механические напряжения и деформации в твердых телах и жидкостях, граничащих со средой распространения (воздухом);

- ❖ данные действия для объектов оптической сети являются случайными во времени, по характеру и проявляются в виде шумового воздействия на световые потоки в них

2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

○ Воздействие звука на волокно

акустическая волна (звук) - волна сжатия-расширения

в воздухе

давления

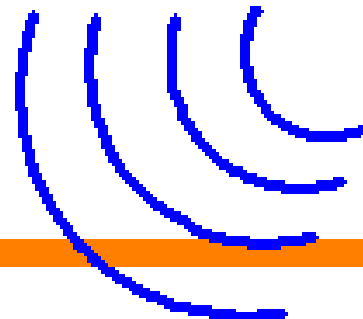
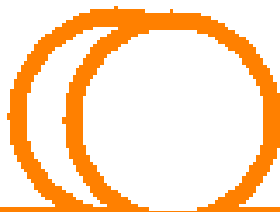
в твердых и жидких средах

деформаций

частотой

10 Гц ÷ 20000 Гц

длиной 36 м ÷ 0,018 м (в воздухе)



воздействие на оптоволокно – механическое

вызывает модуляцию проходящего по волокну потока света по

амплитуде

фазе

поляризации

частоте

2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

○ Воздействие звука на волокно – каналы утечки

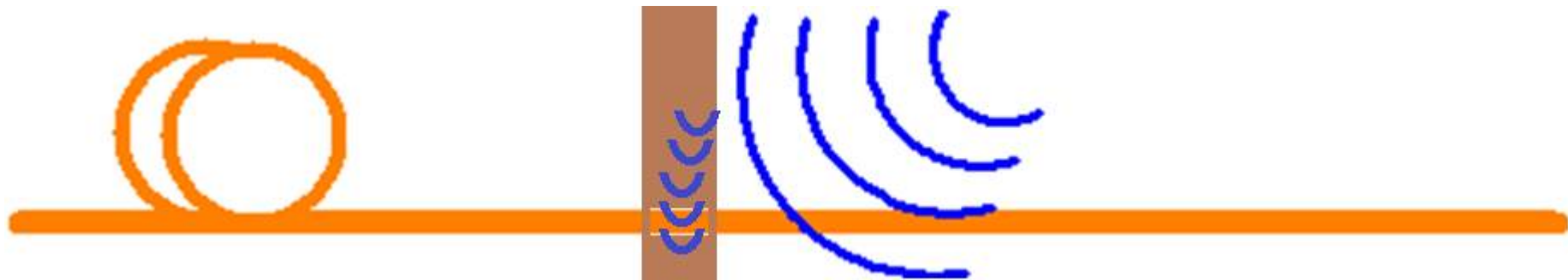
❖ акустический (воздушный) канал утечки

формируется путем прямого воздействия акустического поля (речь, звуки и др.) через воздух на оптический кабель волокно



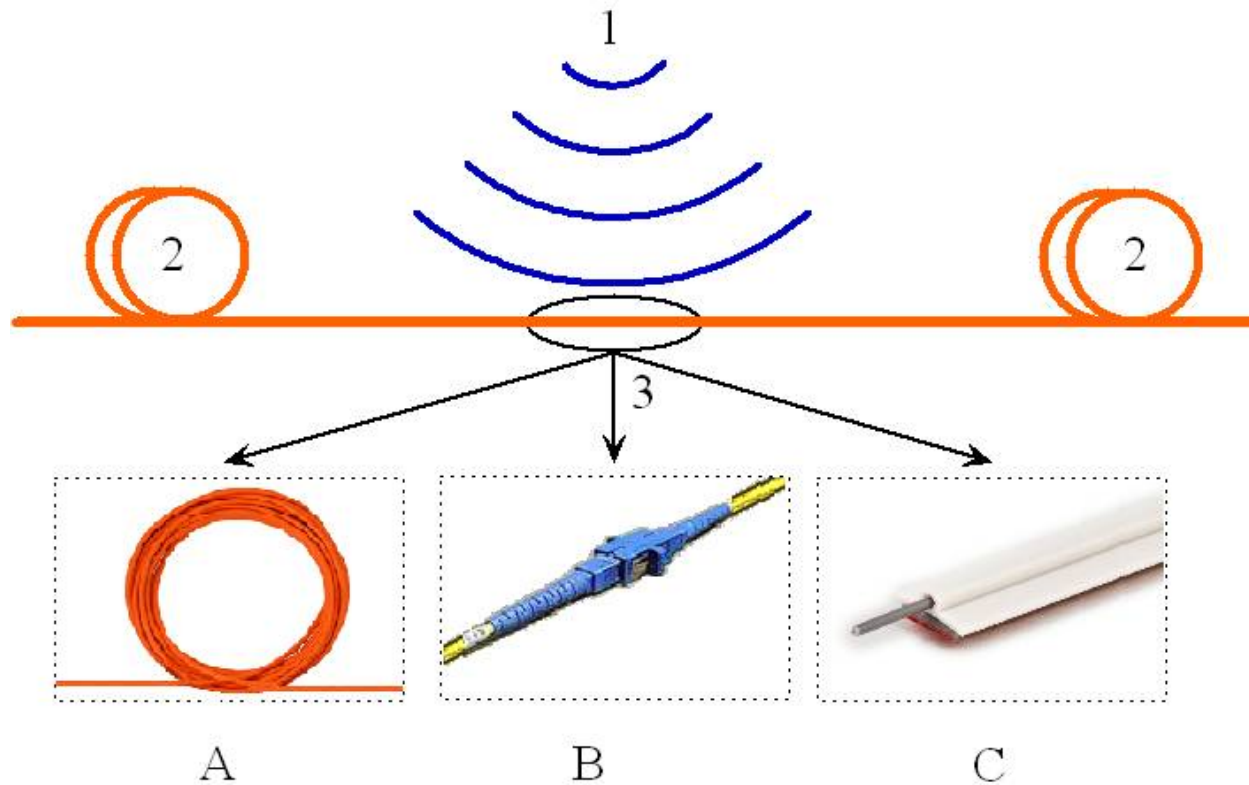
❖ виброакустический канал утечки

формируется путем воздействия акустического поля (речь, звуки и др.) на элементы конструкции кабельного канала, оптический кабель, создавая вибрации конструкций, акустические поля внутри них, которые и оказывают воздействие на прохождение света в оптическом волокне



2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

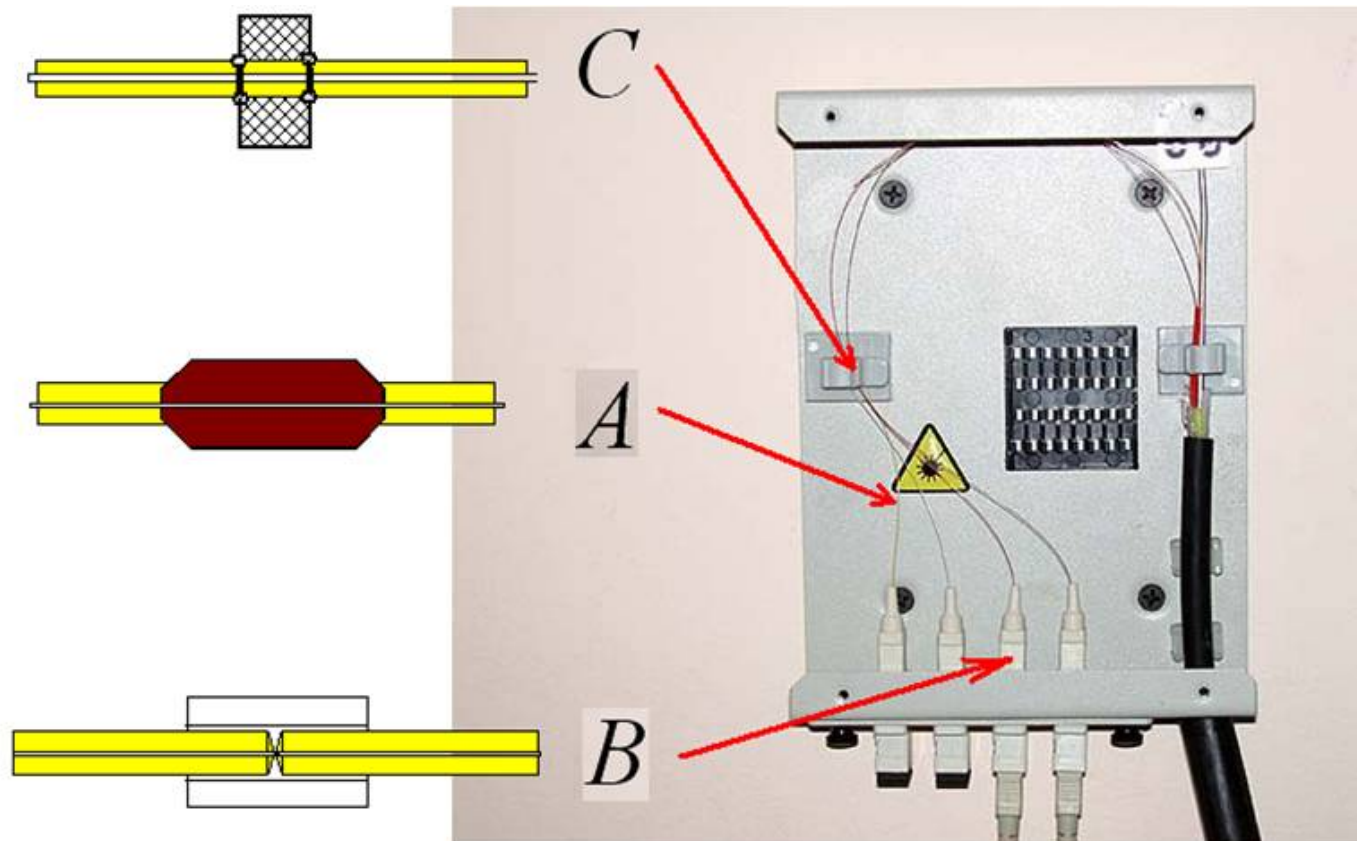
- **Воздействие звука на волокно: объекты воздействия**



1 – источник звука, 2 – оптический кабель, 3 – элемент оптической кабельной системы подвергаемый звуковому воздействию, включающие свободный оптический кабель (А), разъемное оптическое соединение (В), кабель с виброакустическим контактом с конструкциями здания (С).

2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

- **Воздействие звука на волокно: объекты воздействия**

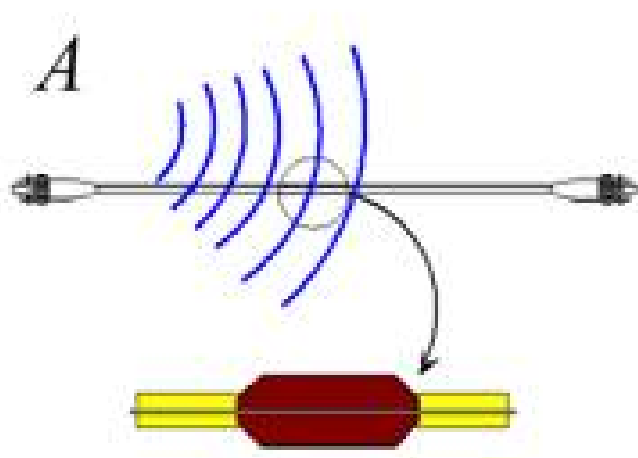


А – свободное оптоволокно; В – разъемные соединения; С – места контакта с конструкциями здания

2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

- **Воздействие звука на волокно: объекты воздействия**

A – свободное волокно

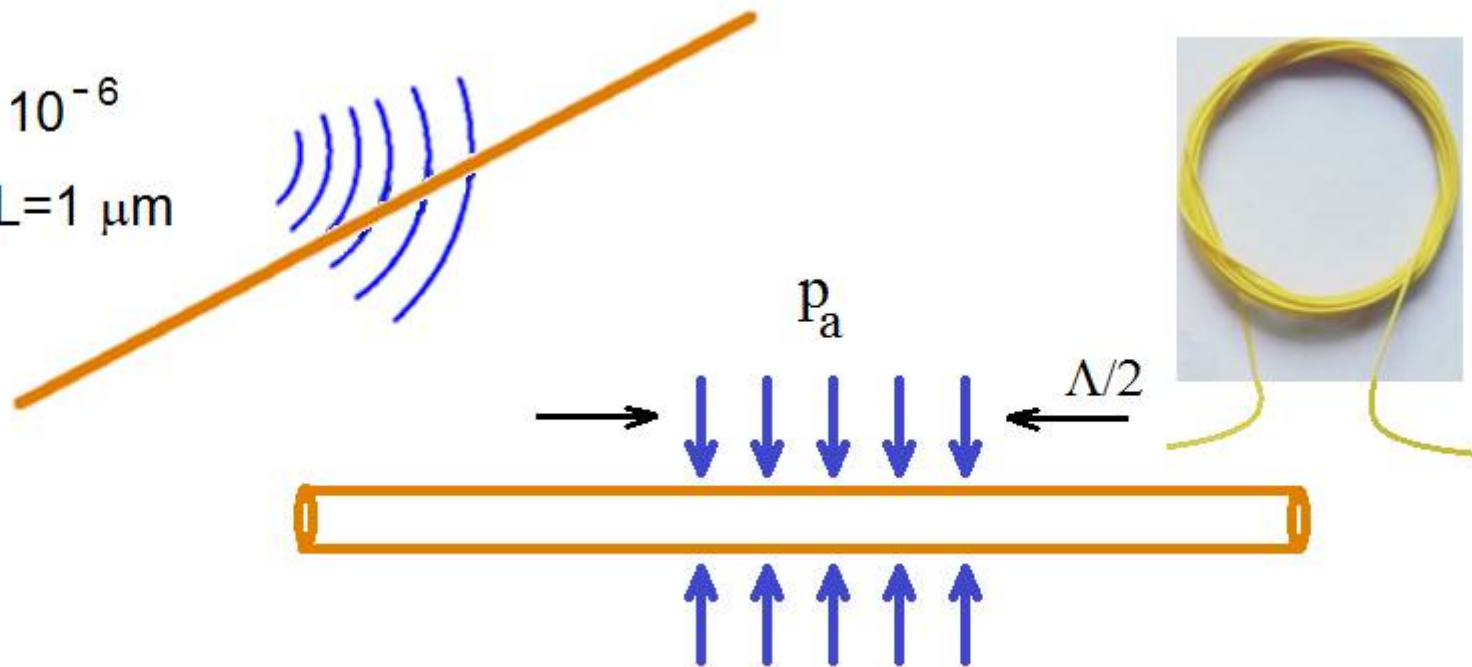


2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

○ Воздействие звука на волокно: оптическое волокно (А)

$$(\Delta L/L) \approx 10^{-6}$$

$$L=1 \text{ м} \quad \Delta L=1 \text{ мкм}$$

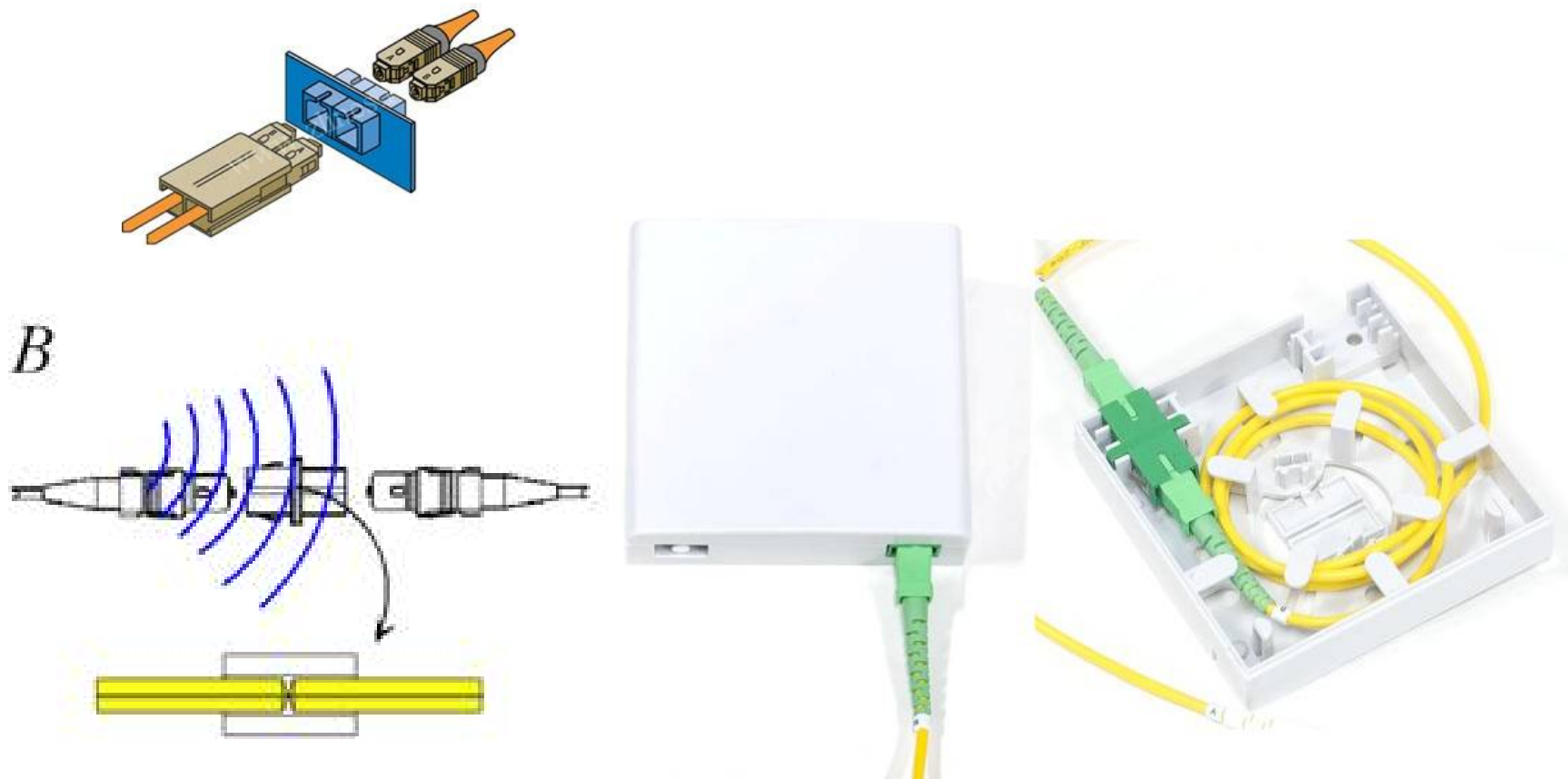


под действием акустического давления p_a волны на участке в полдлины $\Lambda/2$ акустической волны оптоволокно испытывает поперечное сжатие-растяжение, что приводит к сжатию-растяжению оптоволокна, изменению показателя преломления (фотоупругий эффект) и, следовательно, модулирует амплитуду, фазу, поляризацию и частоту оптического излучения в оптоволокне.

2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

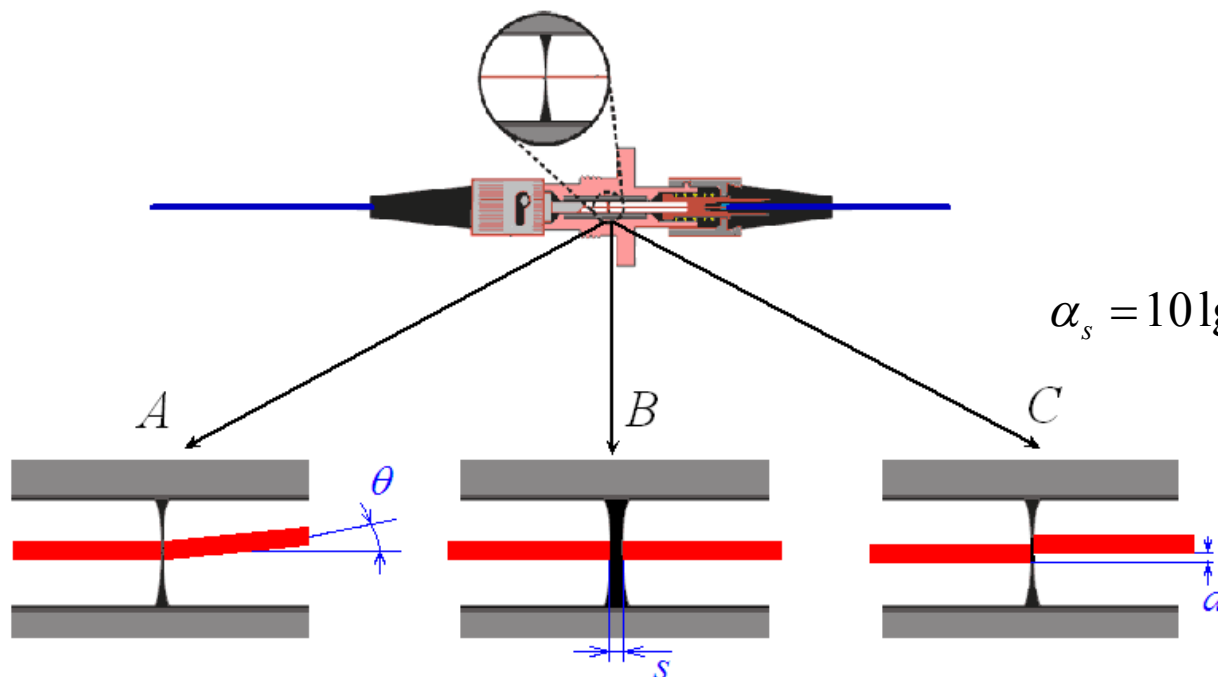
- **Воздействие звука на волокно: объекты воздействия**

В – разъемное соединение



2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

○ Воздействие звука на волокно: оптический разъем (В)



потери на прохождение

$$\alpha_{\Theta} = 10 \lg \left(1 - \frac{2\Theta n_0}{\pi \cdot NA} \right) : (A)$$

$$\alpha_s = 10 \lg \left(1 + \frac{s}{a} \operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{NA}{n_0} \right) \right) : (B)$$

$$\alpha_d = 10 \lg \left(1 - \frac{2d}{\pi a} \right) : (C)$$

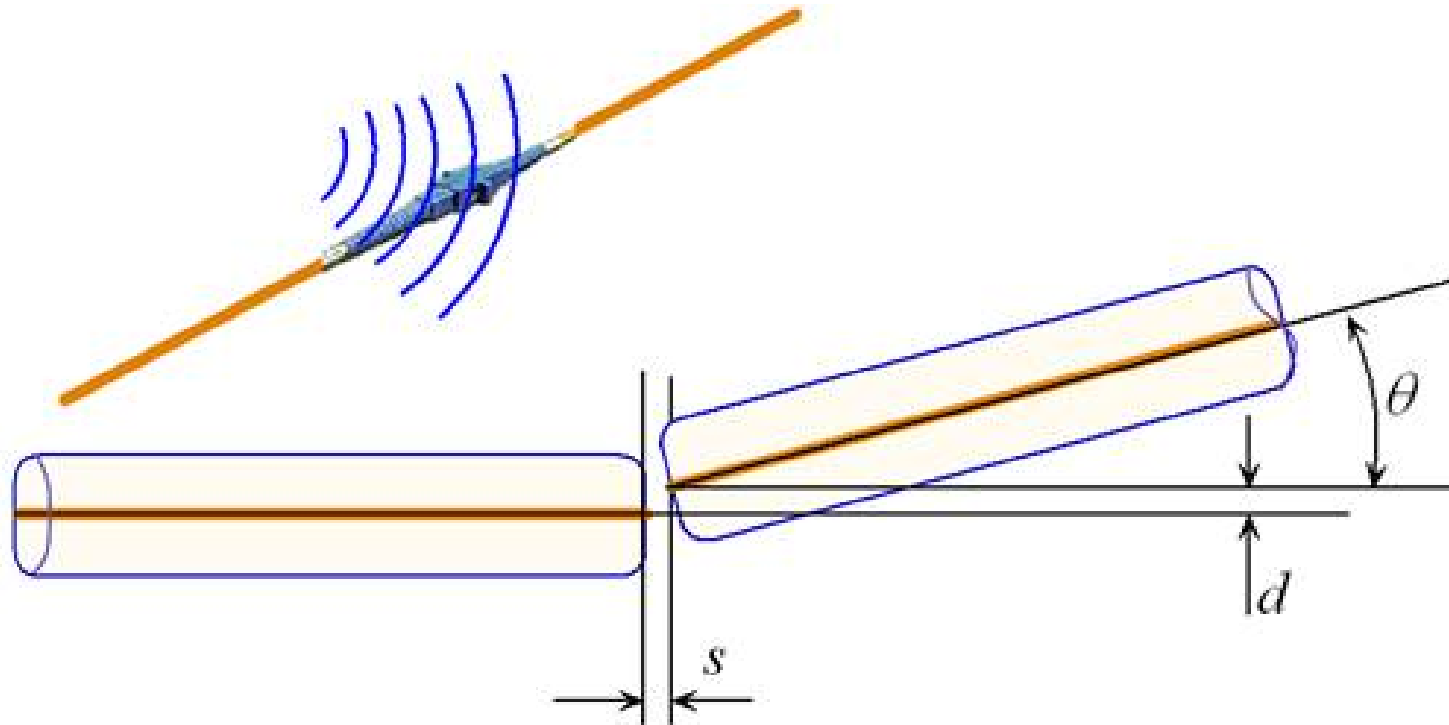
схематическое изображение не идеальности соединения в механическом разъеме для волокон с диаметром сердцевины a , числовой апертурой NA и показателя преломления иммерсионного слоя n_0 между волокнами.

A – угловое рассогласование с углом Θ , B – неплотное соединение с расстоянием между волокнами s , C – радиальное смещение на расстояние d .

2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

○ Воздействие звука на волокно: оптический разъем (В)

разъемные соединения с амплитудной модуляцией

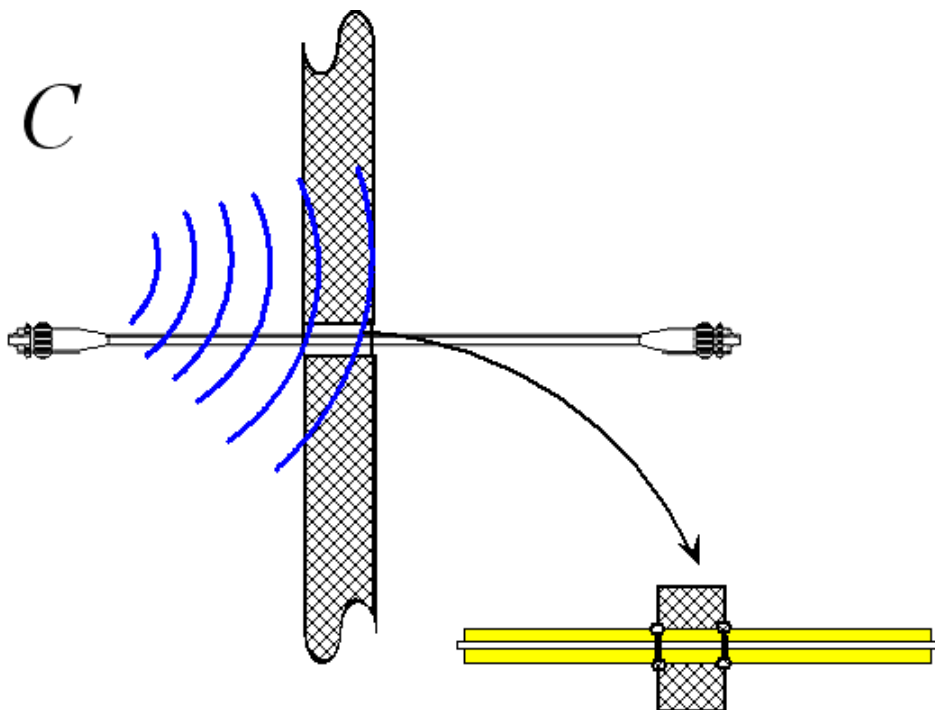


вызываемые акустической волной одновременные механические деформации волоконно-оптического разъема, приводящие к осевым (s), радиальным (d) и угловым (θ) относительным смещениям волокон.

2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

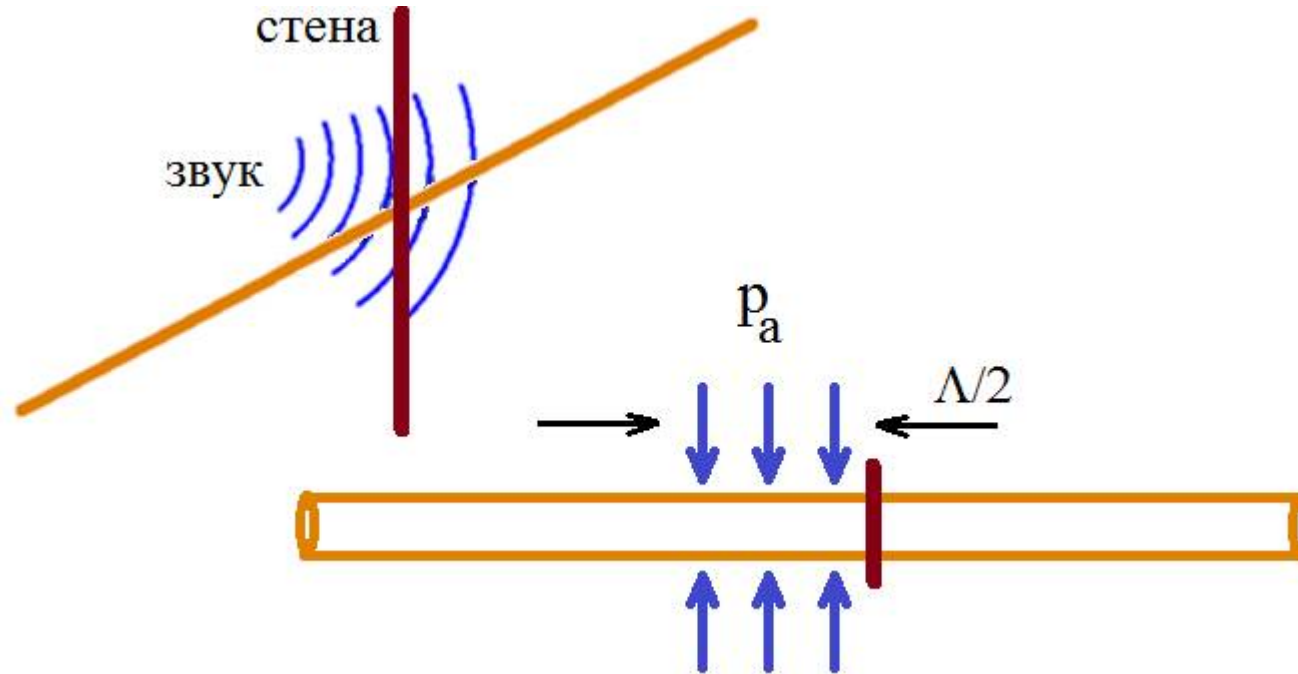
- **Воздействие звука на волокно: объекты воздействия**

С – места соединения с конструкцией здания



2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

- **Воздействие звука на волокно: виброакустический контакт (С)**



акустическое давление p_a волны на участке в полдлины $\Lambda/2$ волны вблизи стены оказывает виброакустическое воздействие на оптоволокно, вызывая колебания всего волокна относительно конструкций здания (стены), положения которых фиксированы и не изменяются, что создает оптические неоднородности в оптоволокне

2. Паразитные акустические наводки в оптическом кабеле

○ Выводы

- ❖ воздействия звуковой волна на элементы оптического кабеля, такие как разъем, механические контакты с конструкциями зданий, оптический кабель вызывают модуляции проходящего излучения с параметрами звуковой волны;
- ❖ вызываемые модуляции имеют по своей природе характер шума, т.е. являются паразитными модуляциями для световых потоков в кабеле и вызывают паразитные наводки на параметры оптического кабеля;
- ❖ паразитные модуляции и наводки вызываемые звуковой волной формируют информативный оптический сигнал, переносящий речевую информацию звуковой волны;
- ❖ каждый вид неоднородности оптической сети имеет свои физические особенности описания и требует своего анализа на эффективность паразитной модуляции по каждому из параметров (амплитуде, фазе, частоте, поляризации);

3. Методы формирования ТКУИ через штатные ВОК

○ **Модель угроз**

- угроза подслушивания переговоров через волоконно-оптические коммуникации объекта информатизации заключается в том, что
 - ✓ звуковые волны исходящие от переговорщиков (информативный сигнал речь) достигает оптических коммуникаций;
 - ✓ звуковые волны воздействует на параметры оптического волокна, такие как пропускание, отражение, рассеяние и др., тем самым модулирует их с параметрами информационного сигнала;
 - ✓ нарушитель зондируя оптические волокна, модулированные речью, формирует информативный сигнал - оптическое излучения;
 - ✓ информативное оптическое излучение выходит далеко за пределы выделенного помещения и нарушитель детектирует (демодулирует) оптическое излучение и получает доступ к конфиденциальным переговорам.

3. Методы формирования ТКУИ через штатные ВОК

○ **Сценарий угроз**

- I. выявление топологии кабельной инфраструктуры относительно источников информации;
- II. определение типа оптического кабеля, волокна и выявление характерных неоднородностей кабельной системы – мест сварки, разъемных соединений, расположения коммутационных элементов;
- III. **определение измерительных возможностей оптической кабельной системы – т.е. чувствительности к акустическому полю;**
- IV. выбор способа подключения к оптическому кабелю и реализация подключения;
- V. **проведение мероприятий по повышению эффективности канала утечки информации – путем установления акустического контакта источника информации с оптической кабельной системой;**
- VI. регистрация сигнала утечки информации.

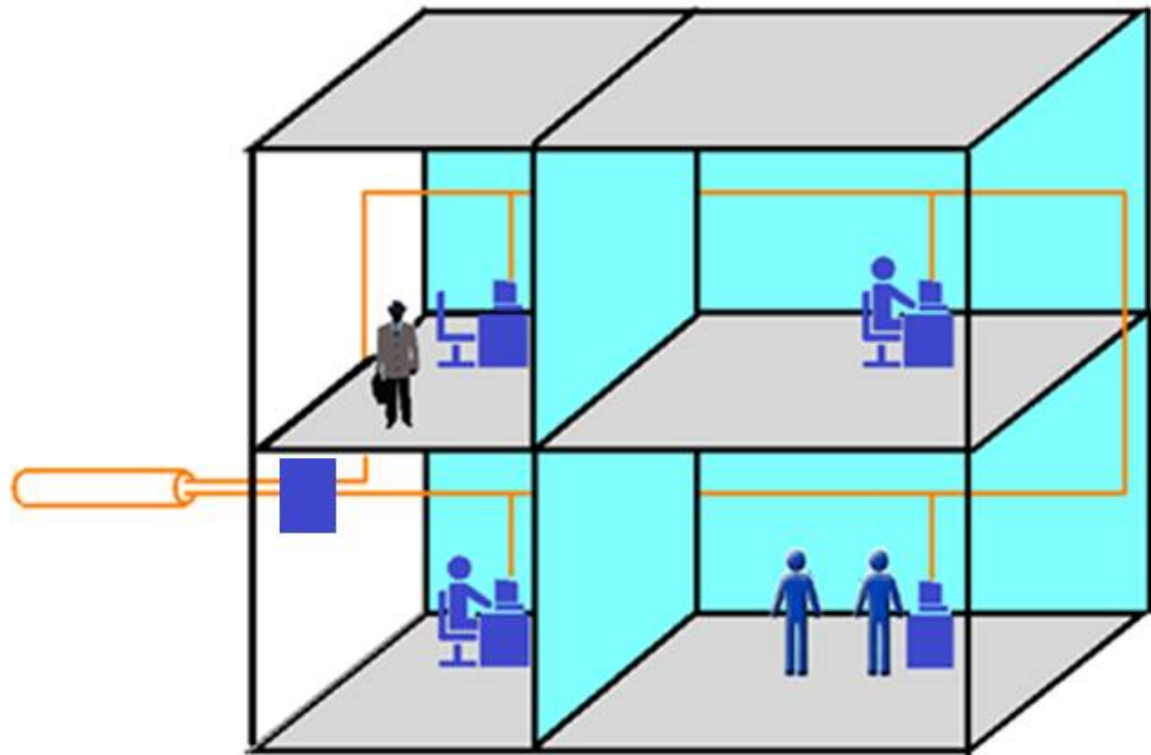
3. Методы формирования ТКУИ через штатные ВОК

- **Сценарий угроз**

принципиальная схема канала утечки конфиденциальной акустической (речевой) информации через волоконно-оптические коммуникации

основная угроза от внутреннего нарушителя

требуется
акустический контакт
источника информации (ИИ)
с волоконно-оптическими
коммуникациями (ВОК) и
выход нарушителя на
оптическую сеть



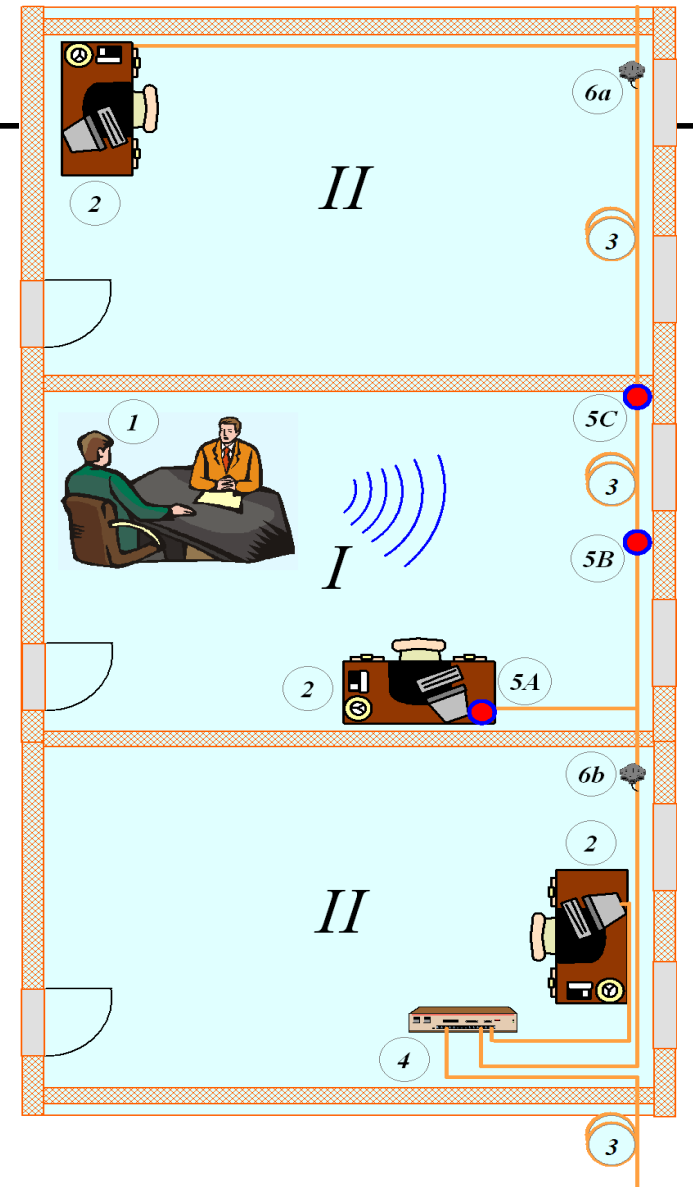
3. Методы формирования ТКУИ через штатные ВОК

○ **Сценарий угроз**

принципиальная схема канала утечки конфиденциальной акустической (речевой) информации через волоконно-оптические коммуникации:

I – комната переговоров, кабинет руководителя, служебная комната;
II – вспомогательное помещение;

- 1 – место переговоров,
- 2 – рабочее место с компьютером,
- 3 – волоконно-оптические коммуникации,
- 4 – активное волоконно-оптическое оборудование,
- 5 – участки волоконно-оптического кабеля наиболее подверженные акустическому воздействию (каналы утечки *A, B, C*),
- 6 – технические средства разведки (ТСР)



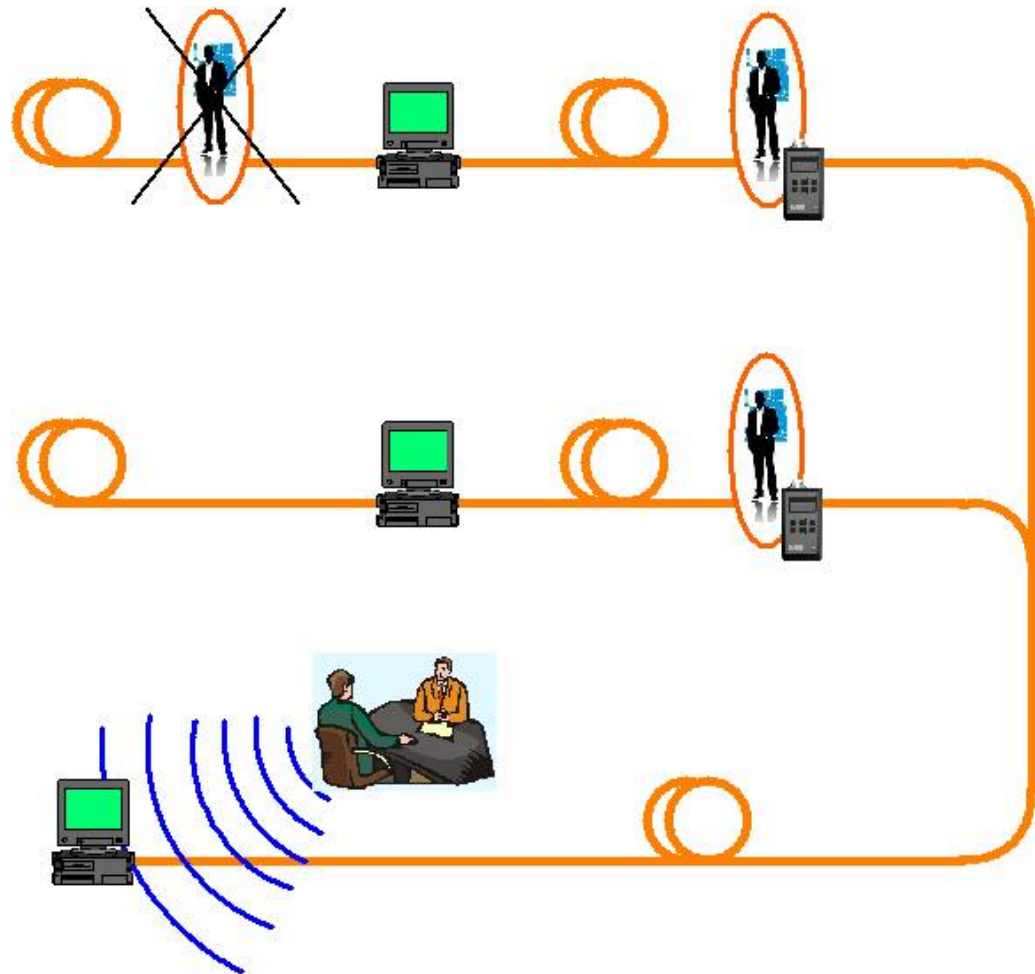
3. Методы формирования ТКUI через штатные ВОК

- **Влияние архитектуры и топологии**

роль топологии оптической сети

возможность
подслушивания
через участки с разветвлением
сети на пассивных ответвителях

невозможность
подслушивания
через участки с активным
оборудованием в оптической
сети



3. Методы формирования ТКУИ через штатные ВОК

○ **Повышение чувствительности и обработка сигнала**

- ❖ разработка новых методов повышения чувствительности является важной задачей для нарушителя, а для служб безопасности имеет важное значение для разработки и проведения мероприятий по защите конфиденциальной речевой информации от несанкционированного доступа и съема;
- ❖ другое важное направление для получения эффективного доступа к конфиденциальной речевой информации состоит в использовании особенностей оптических сетей, таких как топология сети, расположение кабельных каналов вблизи оптических сетей и т.д.;
- ❖ кроме физических методов повышения чувствительности оптического кабеля для формирования эффективного речевого ТКУИ через ВОК возможно использование компьютерных методов обработки зарегистрированного информативного сигнала;

3. Методы формирования ТКУИ через штатные ВОК

○ Методы повышения чувствительности

❖ оптического кабеля и волокна к акустическому полю

1. установление и повышение акустического или виброакустического контакта с окружающей средой кабельного канала, кабеля, оптоволокна;
2. использование для зондирования естественных и искусственно созданных дефектов, неоднородностей, флуктуаций параметров оптической сети: в кабеле и волокне;
3. проведение распределенных волоконно-оптических измерений акустических полей вблизи источника информации;
4. проведение волоконно-оптических измерений акустических полей по нескольким параметрам зондирующего излучения;
5. использование акустических волноводов для вывода акустического сигнала на оптический кабель и повышения эффективности модуляции;

3. Методы формирования ТКУИ через штатные ВОК

- **Использование оптического кабеля как распределенного датчика**

регистрация акустических колебаний возможна при использовании всего участка кабельной сети как чувствительного элемента нештатной волоконно-оптической распределенной измерительной системы:



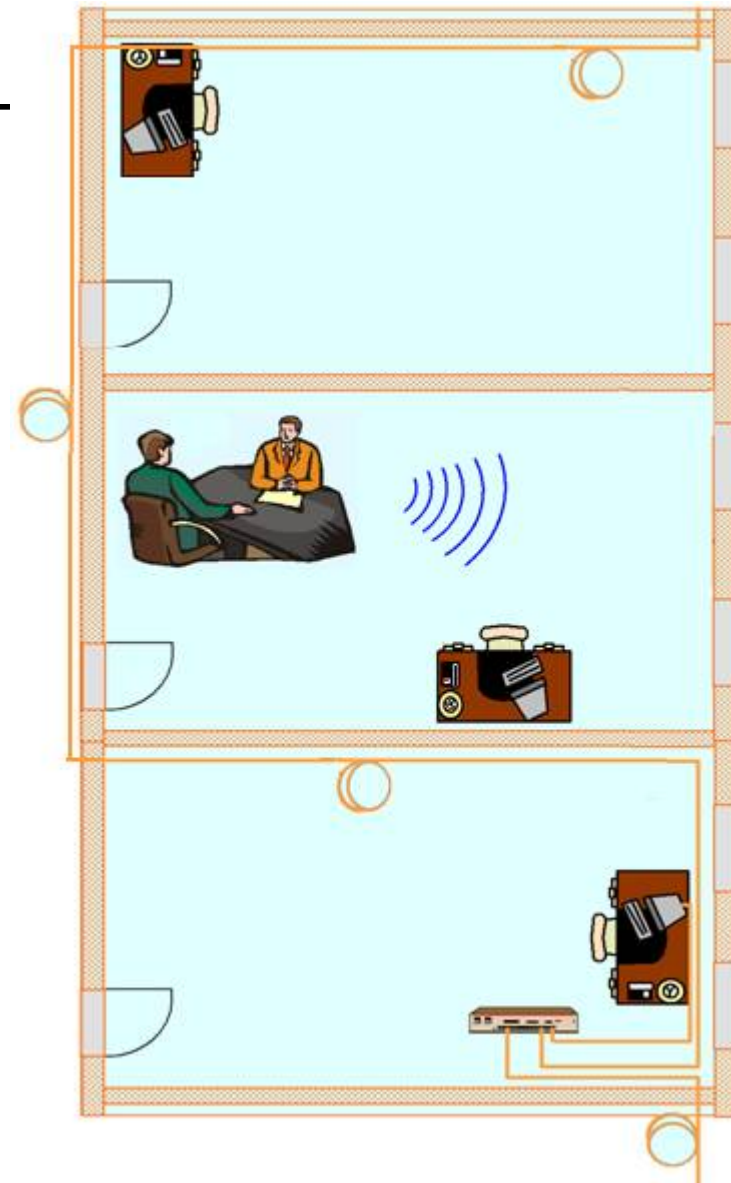
- в этом случае повышается эффективность паразитных модуляций и наводок, так как растет длина чувствительного элемента (волокна);
- возможно использование интерференционных схем НСИ, как на прохождение, так и отражение;

3. Методы формирования ТКУИ через штатные ВОК

- **Использование акустических волноводов**

нарушитель может использовать естественные и искусственные созданные волноводные системы для регистрации виброакустических колебаний вдали от выделенного помещения

при отсутствии прямого акустического контакта между источником информации и оптической сетью возможно использование вывода акустического сигнала по волноводам присущим конструкции здания



3. Методы формирования ТКУИ через штатные ВОК

○ Выводы

❖ формирование речевого ТКУИ возможно

- только при свободном прохождении оптического излучения по волокну от мест взаимодействия акустического излучения от источника информации с волокном до мест размещения ТСП нарушителя;
- только (как правило) в случае прямого подключения к оптическому каналу штатной оптической сети;
- как на оптических неоднородностях оптоволокна, так и на распределенных измерительных свойствах оптоволокна штатной оптической сети;
- как при прямом акустическом контакте источника информации и оптического кабеля так и при контакте с акустическим волноводом от источника информации;

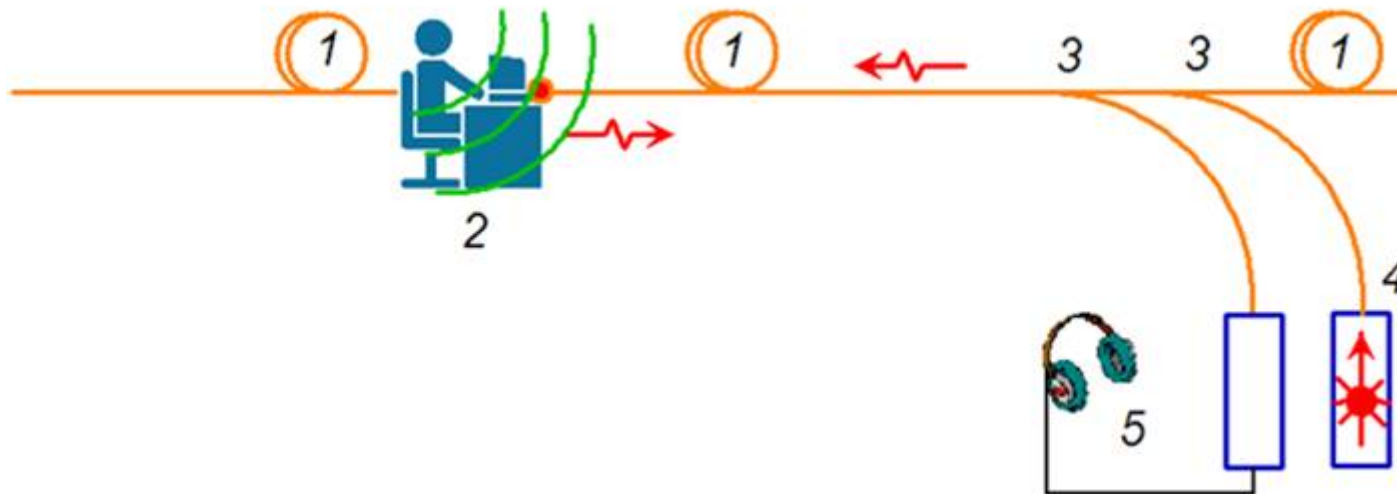
4. Оптические схемы регистрации наводок

○ **Общая характеристика методов регистрации**

- ❖ оптические схемы регистрации паразитных модуляций и наводок определяются следующими требованиями
 - прямая видимость объекта наблюдения с позиций нарушителя по волокну, т.е. свет должен проходить от нарушителя к источнику информации и обратно по волокну в любом виде – отраженном, рассеянном и т.д.;
 - различают две основные оптические схемы регистрации света
 - прошедшего по волокну вблизи источника информации;
 - обратно возвращающегося по волокну от места вблизи источника информации,каждая из схем обладает своими преимуществами и недостатками;
 - по применяемому излучению для зондирования
 - специальный источник света от нарушителя (нештатные излучения)
 - световые потоки переносящие информационный сигнал (штатные излучения)

4. Оптические схемы регистрации наводок

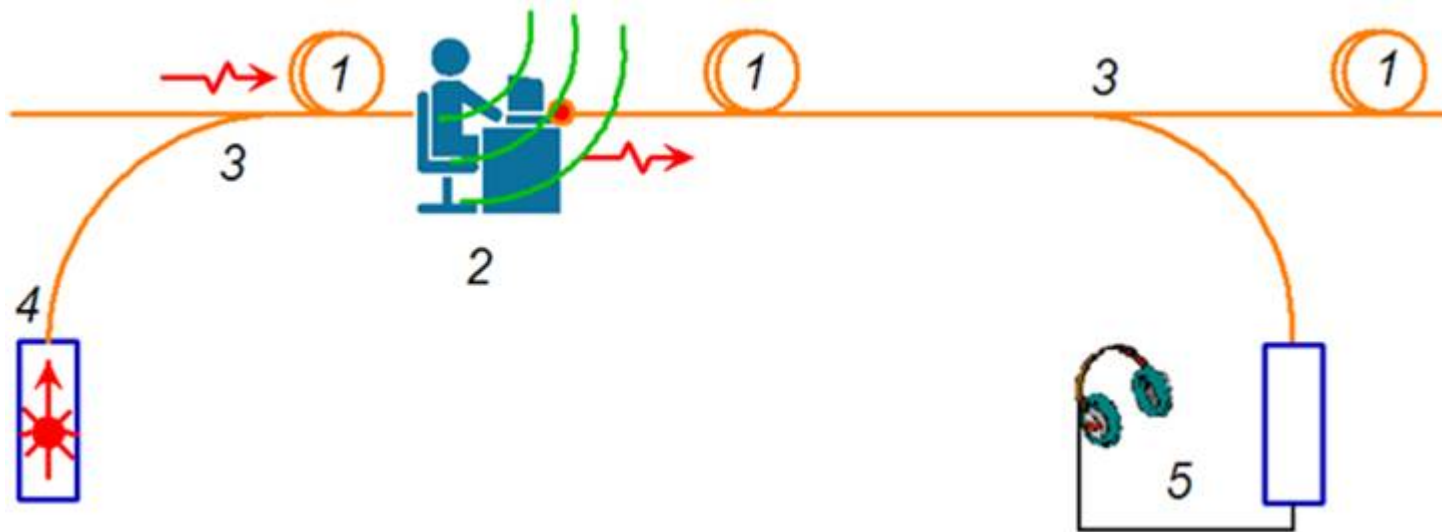
○ Структура волоконного акустооптического ТКУИ на отражении



1 – волоконно-оптические коммуникации, 2 – источник конфиденциальной речевой информации с чувствительным к виброакустическому воздействию участком волоконно-оптического кабеля, 3 – волоконно-оптический ответвитель, 4 – источник света (лазер), 5 – аналоговый волоконно-оптический приемник излучения с акустическим демодулятором и наушниками.

4. Оптические схемы регистрации наводок

- Структура волоконного акустооптического ТКУИ на прохождение

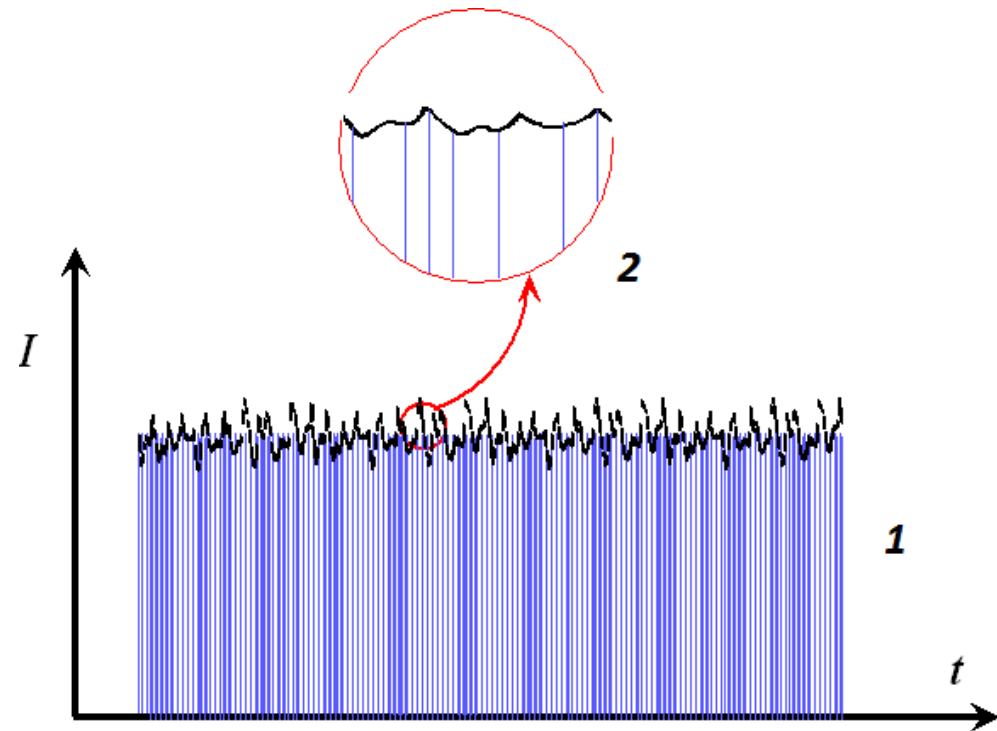


1 – волоконно-оптические коммуникации, 2 – источник конфиденциальной речевой информации с чувствительным к виброакустическому воздействию участком волоконно-оптического кабеля, 3 – волоконно-оптический ответвитель, 4 – источник света (лазер), 5 – аналоговый волоконно-оптический приемник излучения с акустическим демодулятором и наушниками.

4. Оптические схемы регистрации наводок

○ Структура волоконного акустооптического ТКУИ

использование для формирования каналов утечки штатных световых потоков связанных с передачей трафика в оптической сети.



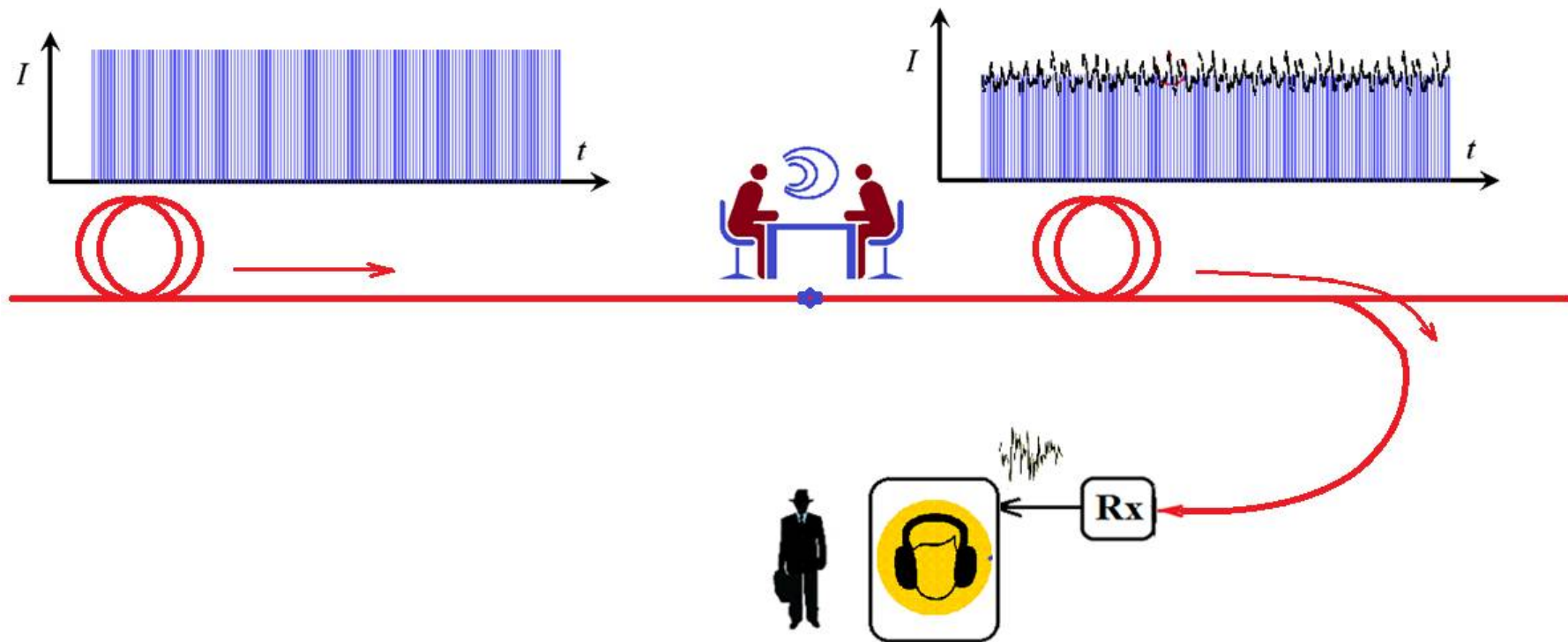
1 – штатный оптический поток;
2 – паразитные наводки
(модуляция внешним звуком);

неоднородность светового потока имеет характерные частоты (100 МГц – частота модуляции) много большее значение чем характерные частоты паразитной модуляции акустическим полем (0.1 – 10 кГц).

4. Оптические схемы регистрации наводок

○ Структура волоконного акустооптического ТКУИ

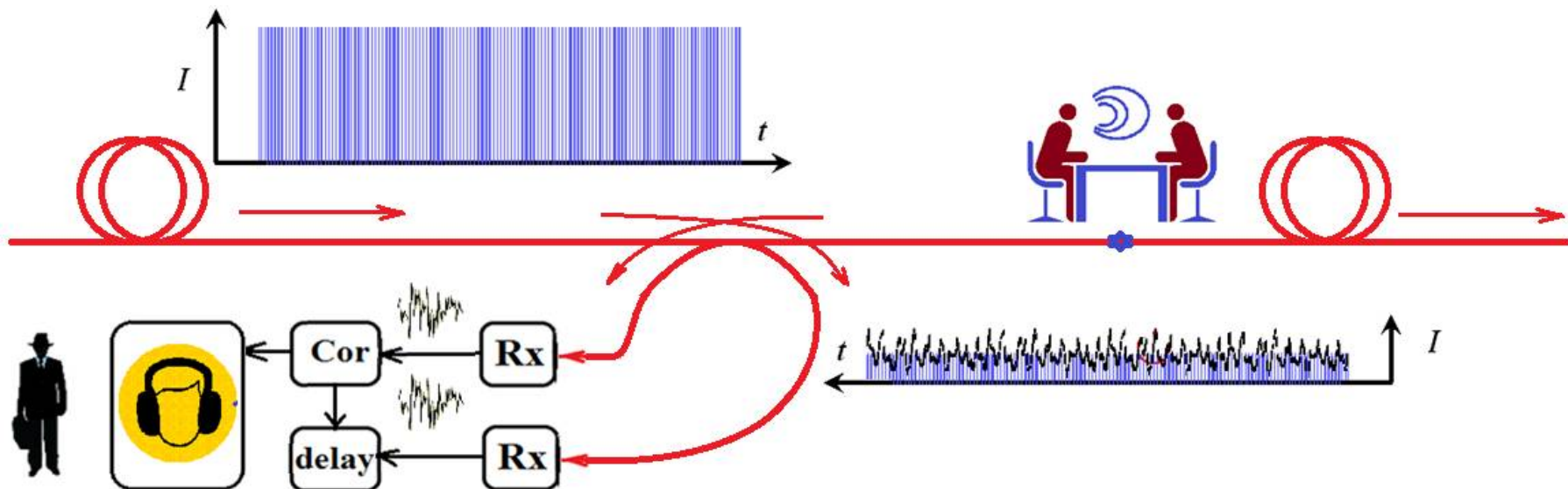
использование для формирования каналов утечки штатных световых потоков в схеме на прохождение



4. Оптические схемы регистрации наводок

○ Структура волоконного акустооптического ТКУИ

использование для формирования каналов утечки штатных световых потоков в рефлектометрической схеме — корреляционная рефлектометрия —





в качестве источника света со случайной величиной интенсивности используется штатное излучение оптической сети, которое испытывает отражение от неоднородностей вблизи от источника конфиденциальной информации

4. Оптические схемы регистрации наводок

○ Оценка эффективности волоконного акустооптического ТКУИ

экспериментальные оценки эффективности каналов утечки конфиденциальной речевой информации через волоконно-оптические коммуникации по методу артикуляционных исследований на основе амплитудной модуляции в оптической схеме на протяжении.

Типы каналов утечки	Условия эксперимента	Разборчивость речи, W , %
А свободный кабель 	<ul style="list-style-type: none">• уровень звукового давления в области волоконно-оптического кабеля 60 дБ;• без специальной подготовки кабеля;• без шумочистки сигнала;	не более 30
В разъемное соединение 		не более 50
С контакт с конструкциями 		не более 80

4. Оптические схемы регистрации наводок

○ Выводы

- ❖ выбор оптической схемы определяется
 - техническими возможностями нарушителя (чувствительностью ТСП, возможностью подключения к сети и т.д.);
 - относительным расположением источника и нарушителя (по расстоянию, по топологии сети, по чувствительности волокна к речи и т.д.);

- ❖ наиболее эффективная оптическая схема НСИ строиться на основе корреляционной регистрации проходящего штатного излучения и обратно идущих излучений (корреляционный рефлектометр), что позволяет минимизировать влияние на оптическую сеть, применять только регистрирующую аппаратуру (пассивный метод);

5. Штатное волоконно-оптическое оборудование в ТКУИ

○ Волоконно-оптическая техника в мониторинге сети

- ❖ разнообразие существующих методов мониторинга и измерения параметров оптической сети позволяют сформировать технический канал утечки речевой информации практически на любом участке с помощью штатного оборудования;
- ❖ для этих целей подойдет любое штатное волоконно-оптическое оборудование позволяющее производить измерения
 - амплитуды, фазы, частоты и поляризации;
 - в реальном времени с частотой от 2 кГц;
 - в динамическом диапазоне по интенсивности от 20 дБ;
- ❖ применение оптического рефлектометра, как правило, обладает высокой чувствительностью к внешним акустическим полям, что приводит к необходимости усреднения измеряемого параметр по большому числу импульсов/времени зондирования, поэтому для использования оборудования в речевом ТКУИ необходимо перепрограммирование для работы в нештатном режиме работы;

5. Штатное волоконно-оптическое оборудование в ТКУИ

○ Волоконно-оптический телефон

- предназначен для обеспечения голосовой связью двух операторов по оптоволокну; используется при монтаже и эксплуатации ВОСПИ;
- подключение к ВОСПИ осуществляется через стандартные соединители; для подключения без разрыва, через боковую поверхность волокна, применяются специальные устройства бокового ввода/вывода;
- устойчивая связь на расстоянии более 230 км.

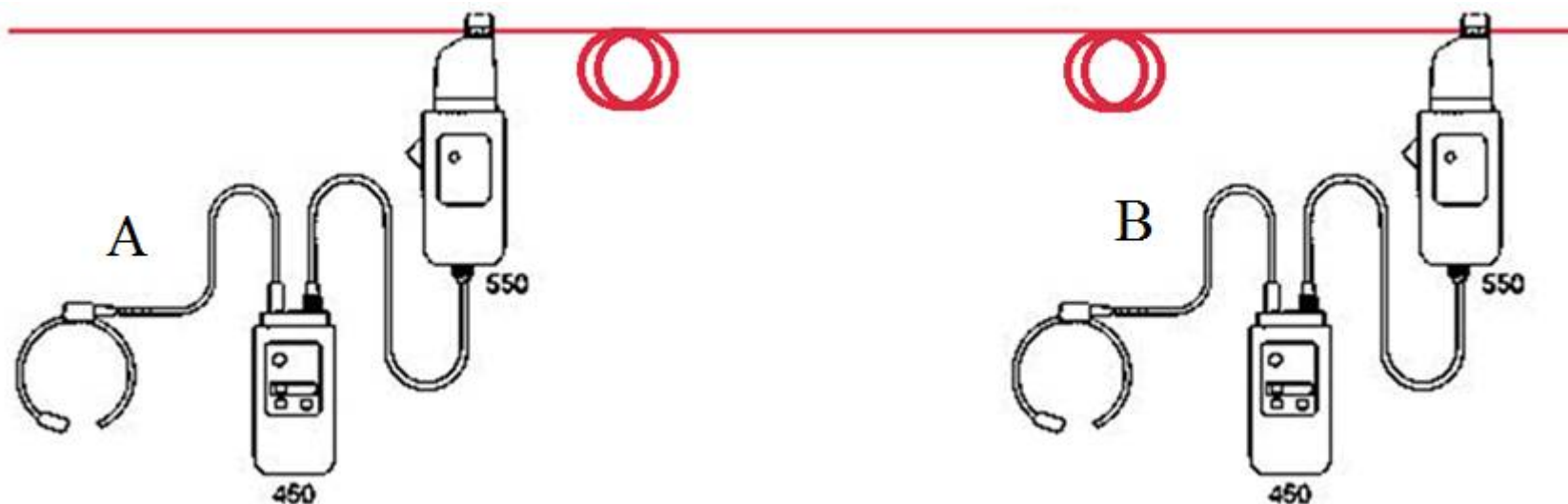
Характеристики	Тип телефона	
	PHOTOM 450	Рубин 022
Рабочая длина волны, нм	1300/1550	1550/1550
Динамический диапазон, дБ	55	50
Максимальная дальность связи, км	150	220
Тип модуляции	аналоговая	аналоговая
Режим приема-передачи	дуплекс	дуплекс симплекс
Частота вызова, Гц	750	2000
Напряжение питания, В	9	2 .. 3
Время непрерывной работы от одного комплекта батарей, час	15	30
Диапазон рабочих температур, °С	0 .. + 40	- 10 .. + 40
Габариты, мм	65x175x35	95x158x33
Масса, г	300	300



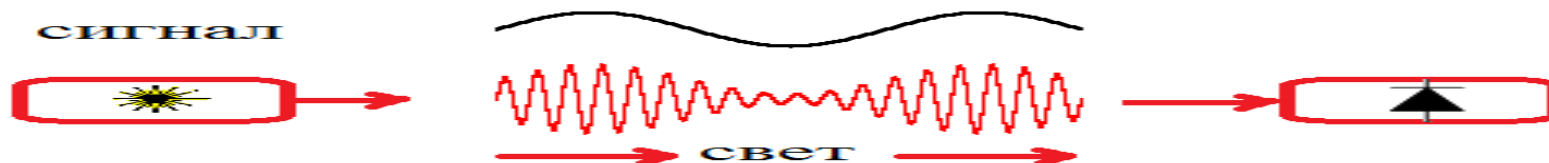
5. Штатное волоконно-оптическое оборудование в ТКУИ

○ Волоконно-оптический телефон:

схема связи между двумя пользователями без разрыва волокна

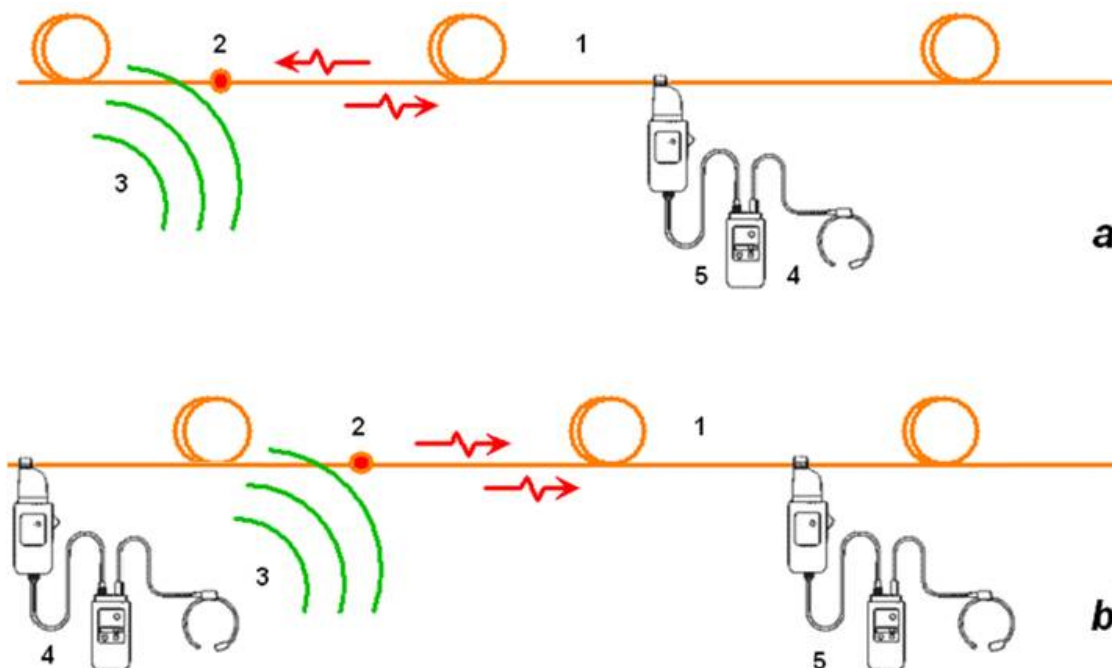


используется амплитудная модуляция интенсивности лазера одного устройства А/В речевым сигналом подаваемого через микрофон и демодуляция на фотоприемнике другого устройства В/А



5. Штатное волоконно-оптическое оборудование в ТКУИ

○ Структура волоконный акустооптический ТКУИ на основе «Рубин-021»



Волоконно-оптический тестер-телефон «Рубин-021» в структуре канала утечки. 1 – оптический кабель инфокоммуникаций, 2 – звукочувствительный участок волоконно-оптической линии связи, 3 – источник речевой информации, 4, 5 – волоконно-оптический телефон с устройством ввода/вывода света из оптоволокна.

5. Штатное волоконно-оптическое оборудование в ТКУИ

○ **Выводы**

❖ в речевом ТКУИ через ВОК может использоваться любое волоконно-оптическое измерительное оборудование

— в схеме на прохождение:

оптические тестеры, анализаторы спектра, анализаторы поляризации и др.

— в рефлектометрической схеме:

оптический рефлектометр любой конструкции

6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ **Общая характеристика ТКУИ**

- ❖ для формирования речевого ТКУИ через ВОК наиболее эффективны штатное оборудование предназначенное
 - для охраны периметра на основе волоконно-оптических распределенных измерений вибраций;
 - для распределенных измерений температуры;
 - для измерения механических напряжений в оптическом волокне;

специализированное оборудование тестирования оптической сети

6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ Волоконно-оптический интерферометр «Одиссей-835»

ВОИ «Одиссей-835»

(STT group, Москва www.detektor.ru)



6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ Волоконно-оптический интерферометр «Одиссей-835»

ВОИ «Одиссей-835»

(STT group, Москва www.detektor.ru)

Технические характеристики

Длина волны лазерного излучения для одномодового оптического волокна:	1300 нм; 1500 нм
Длина волны лазерного излучения для многомодового оптического волокна:	850 нм; 1300 нм
Выходная мощность лазерного излучателя:	не менее 2 мВт
Полоса анализа модуляции:	150 Гц – 11800 Гц
Минимально регистрируемый фазовый сдвиг:	10 мкрад
Минимально регистрируемый коэффициент амплитудной модуляции:	10 ⁻⁴
Габариты:	основной блок аппаратуры 500x435x170 мм сумка портативного компьютера (2 шт) 395x290x96 мм
Масса:	основной блок аппаратуры не более 14 кг сумка не более 5 кг ПК в комплекте (2 шт) не более 5 кг
Условия эксплуатации:	диапазон рабочих температур +5 ⁰ ...- + 40 ⁰ С
Значения предельных пониженной и повышенной температур	-10 ⁰ ...- + 50 ⁰ С
Относительная влажность воздуха (при температуре + 25 ⁰ С)	не более 95%

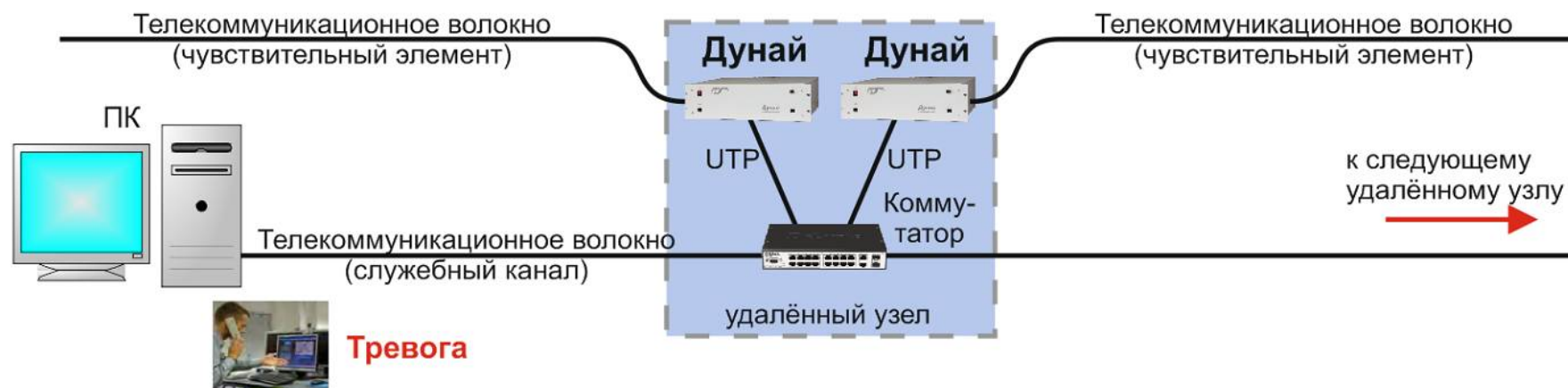
6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ Оптическая рефлектометрия в речевом ТКУИ через ВОК

когерентный рефлектометр ДУНАЙ

(ООО Т8, Москва, www.t8.ru)

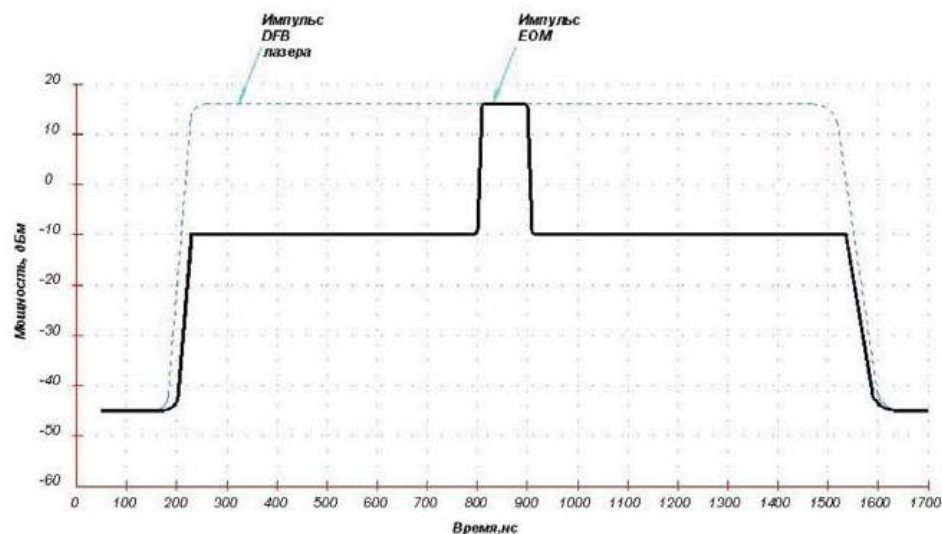
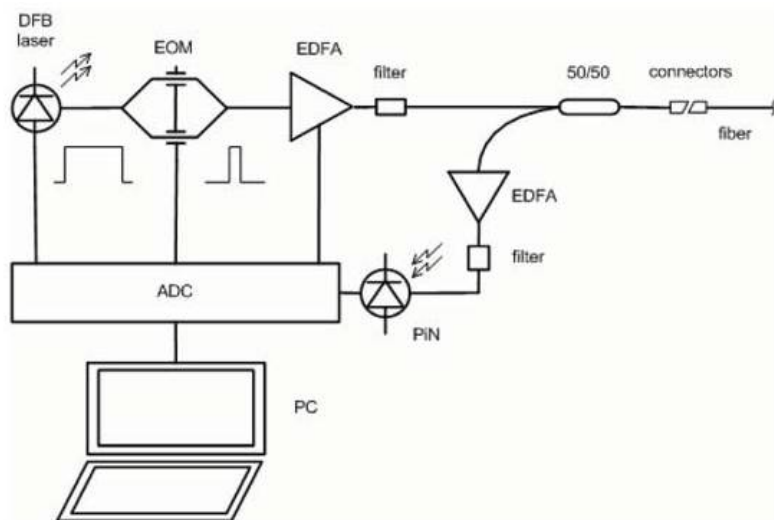
распределенный датчик вибрации и акустических воздействий на основе когерентного рефлектометра для систем безопасности



в волокно периодически с частотой 2 кГц вводятся короткие (200 нс) оптические импульсы и анализируются изменения в интерференционной картине сигнала обратного рассеяния.

6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ Оптическая рефлектометрия в речевом ТКУИ через ВОК



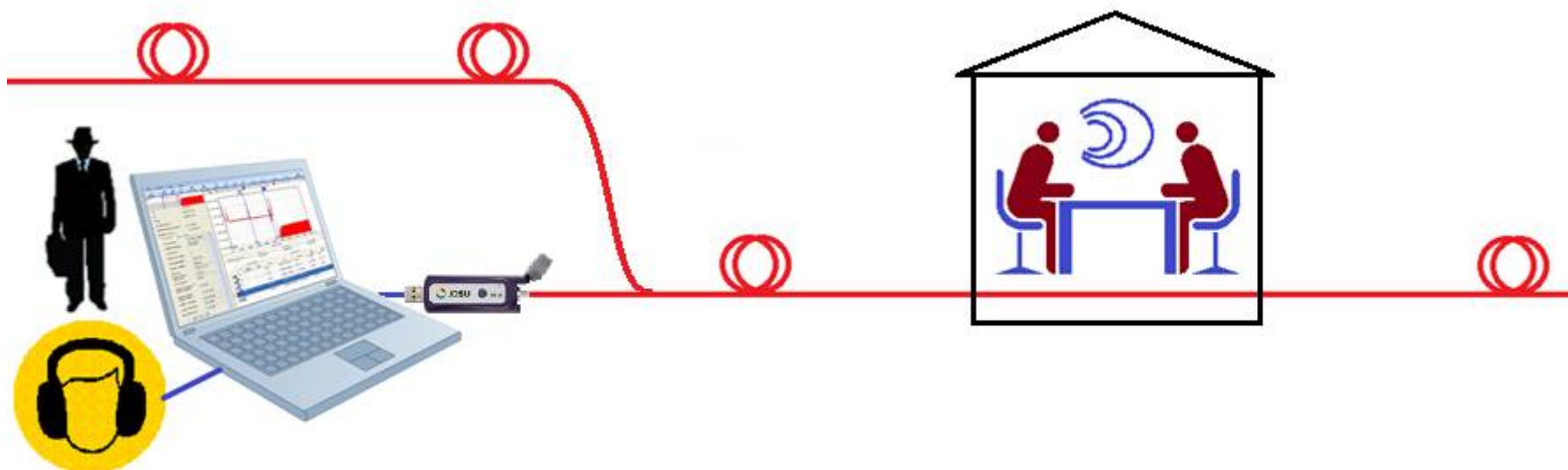
Принципиальная схема когерентного рефлектометра ДУНАЙ (ООО Т8) и принцип двойной модуляции: из импульса РОС лазера (штрих-пунктир) длительностью более 1 мкс с помощью EOM вырезается зондирующий импульс (сплошная линия) длительностью порядка 100 нс.

Основные характеристики:

оптическое волокно SMF-28; максимальная длина волокна 40 км; разрешающая способность 10 м; диапазон регистрируемых колебаний от 10 Гц до 1,2 кГц (для 40 км) и от 10 Гц до 5 кГц (для 10 км);

6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ Оптический тестер в речевом ТКУИ через ВОК



возможно использование любого тестера для речевого ТКУИ

- простейший метод оптического навязывания

не позволяет выделить место регистрации, работает на прохождение;

имеет высокую чувствительность к паразитным модуляциям и наводкам в оптической сети;

позволяет использовать различные параметры зондирующих излучений для выделения информативного сигнала и повышения эффективности;

6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ USB измерители мощности MP-60 и MP-80 JDSU

MP-60 Specifications

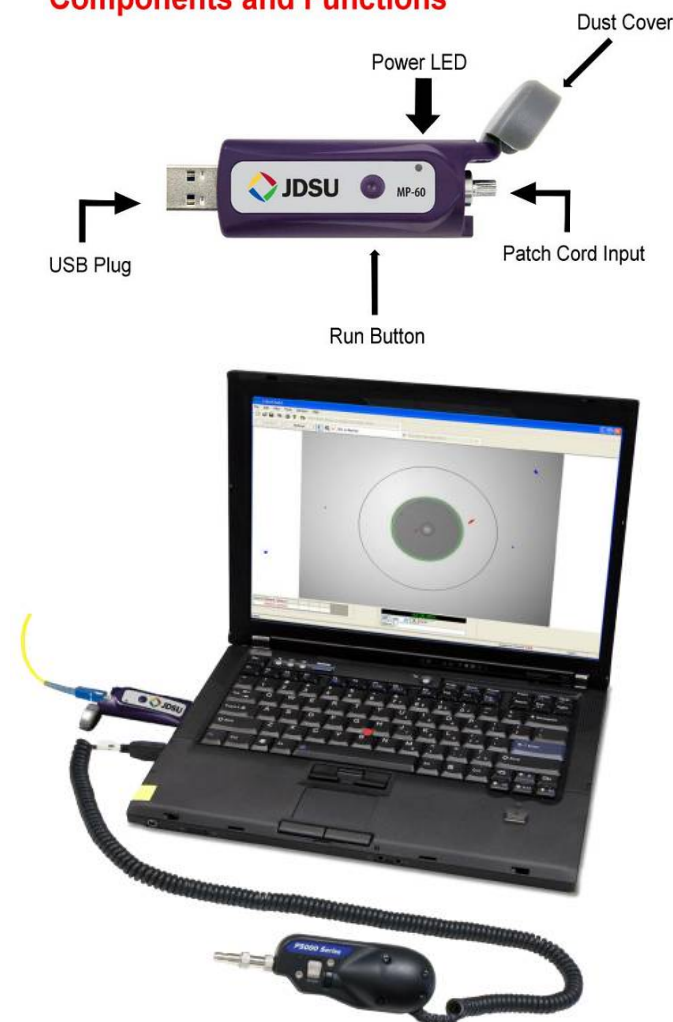
Dimensions	86 x 25 x 19mm (3.4 x 1.0 x 0.8in)
Weight	14g (0.5oz)
USB TYPE	USB 2.0
Connector Input	Universal 2.5 and 1.25mm Connectors
Measurement Types	dB, milliwatt, dBm
Power Source	USB port on PC or laptop
Display Range	-65 to +10 dBm
Max. Permitted input level	-10dBm
Intrinsic uncertainty ¹	±0.20dB (±5%)
Linearity ¹ (-50 to +5 dBm)	±0.06dB
Standard Wavelength Settings	850, 1300, 1310, 1490, 1550nm
Wavelength Range	780 to 1650nm
Wavelength and Modulation	270Hz, 330Hz, 1kHz, 2kHz
1300,1310,1490, 1550nm	-50 to +10 dBm
850nm	-45 to +10 dBm
Warranty	1 year

¹ Under the following reference conditions:

-20 dBm (CW), 1300 nm ±1nm, 23°C ±3K,

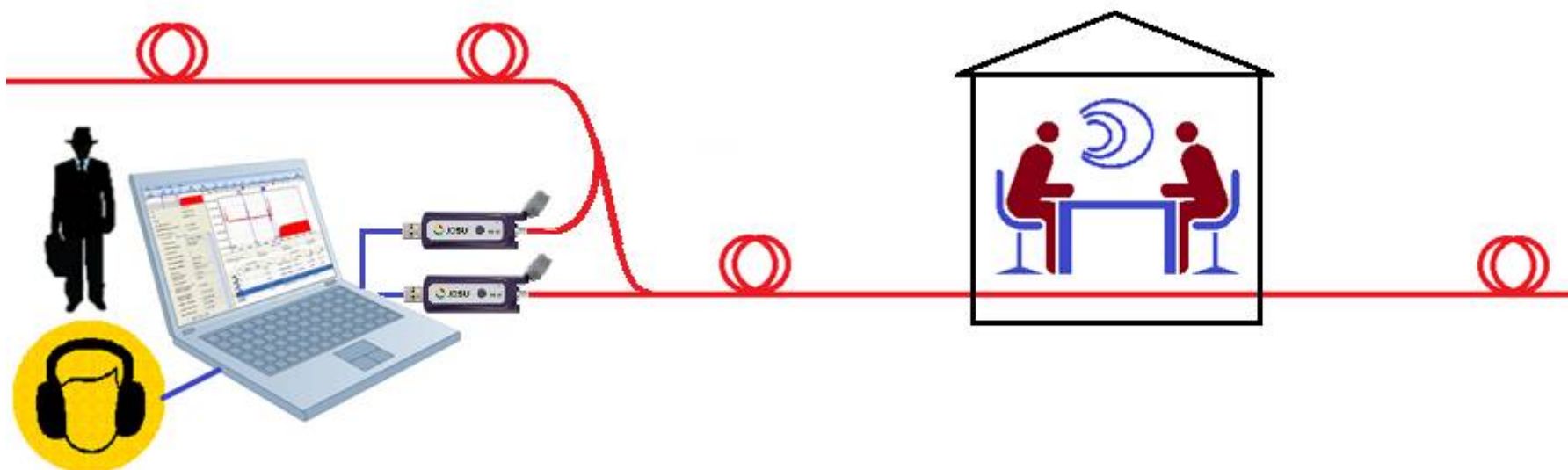
45 to 75% relative humidity, 9 to 50 µm fiber

Components and Functions



6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ Оптический тестер в речевом ТКУИ через ВОК



возможно формирование речевого ТКУИ на основе штатных информационных сигналов методом корреляционной рефлектометрии на основе двух оптических тестеров, контролируемых проходящих в обоих направлениях оптические излучения

данный метод пассивен, использует существующие излучения; не требует значительных вычислительных ресурсов, так как полоса частот ограничена максимальной частотой менее 5 кГц (речевой сигнал);

6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ Оптическая рефлектометрия в речевом ТКУИ через ВОК



возможно использование любого рефлектометра для речевого ТКУИ
– метод оптического навязывания

позволяет выделить место регистрации;
повысить чувствительность путем настройки на дефект оптической сети и выбором параметров зондирующего излучения;
использовать различные виды оптической рефлектометрии для выделения информативного сигнала и повышения эффективности;

6. Принципиальные схемы формирования ТКУИ и их реализация

○ **Выводы**

- ❖ использование как штатного оборудования, так и специального оборудования позволяет эффективно реализовать речевой ТКУИ через ВОК
- ❖ современная техника волоконно-оптическая техника позволяет проводить измерение оптического сигнала с высокой чувствительностью (менее -60 дБм) в больших диапазонах (более 60 дБ) по всем физическим параметрам отклика среды (амплитуда, фаза, частота, поляризация), а также позволяет уверенно регистрировать акустические паразитные модуляции и наводки в оптическом волокне;

Темы для обсуждения по лекциям 13-14

«Способы и техника сбора акустической информации»

Акустический информативный сигнал;

Паразитные акустические модуляции и наводки в оптическом кабеле;

Методы формирования технического канала утечки акустической (речевой) информации через штатные оптические кабельные сети;

Оптические схемы реализации речевого технического канала утечки информации, роль топологии и архитектуры;

Методы повышения чувствительности оптического кабеля к акустическим воздействиям;

Штатное волоконно-оптическое оборудование в речевом техническом канале утечки информации;

Принципиальные схемы формирования речевого технического канала утечки информации и их реализация.

<http://www.analitika.info/>

размещены дополнительные материалы по теме «ИБВОТ»