

**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 11-12

«Сценарий утечки информации и их анализ»

1. Модель угроз информационной безопасности через волоконно-оптические коммуникации и их физические принципы формирования;
2. Обобщенный сценарий сбора информации через штатные волоконно-оптические коммуникации;
3. Внутренний и внешний нарушитель в канале утечки информации, роль архитектуры и топологии сети, примеры угроз;
4. Зондирование оптической сети, схемы на прохождение и на отражение, использование штатных излучений для зондирования;
5. Оптические неоднородности сети в формировании канала утечки;
6. Возможности нарушителя по повышению эффективности канала утечки, роль параметров зондирующего излучения, внешние воздействия на кабель .

1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

○ **Модель угроз**

- ❖ внедрение волоконно-оптических технологий на объекте информатизации приводит к новым угрозам информационной безопасности, одна из опасностей связана с

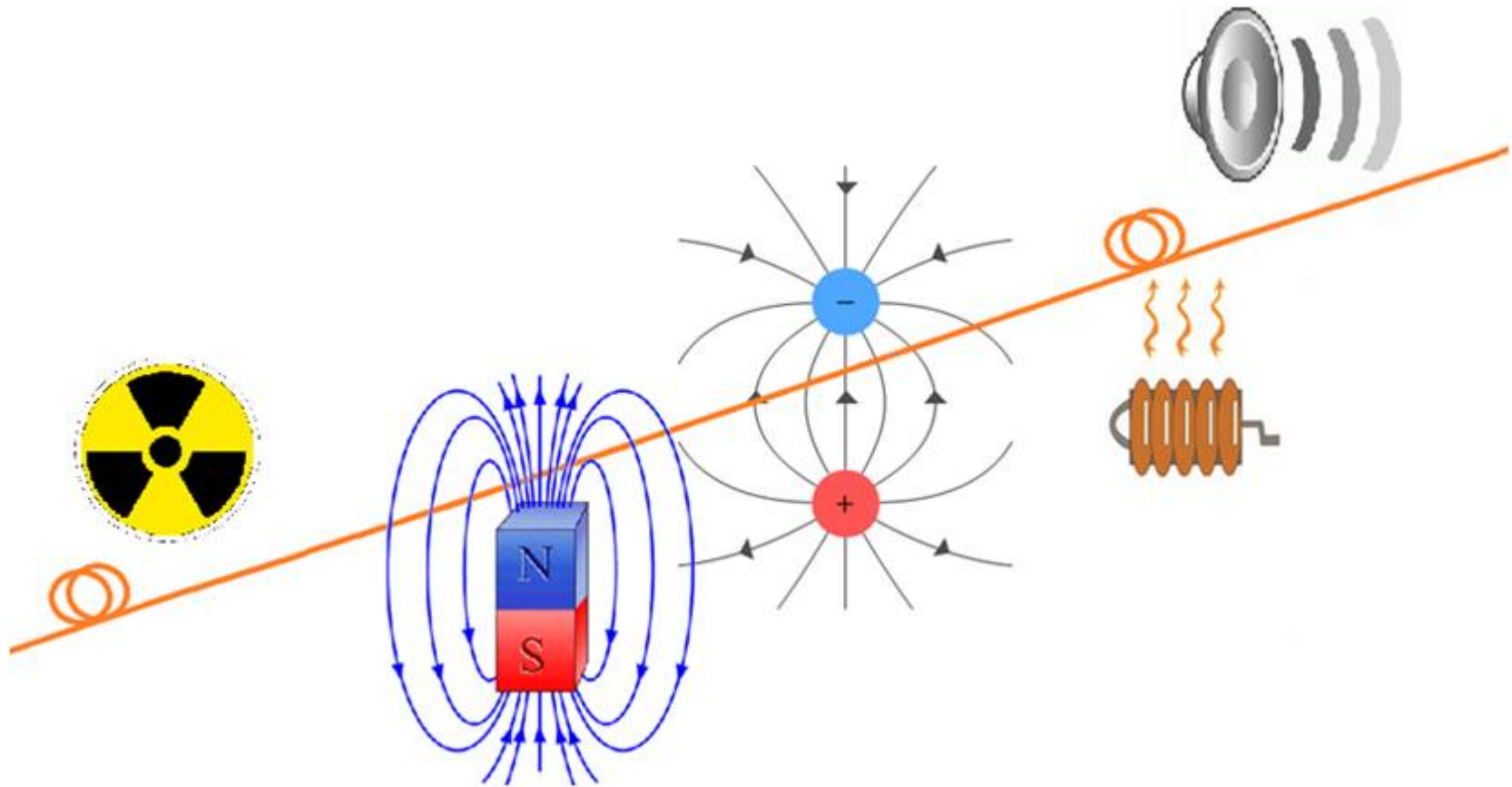
конвергенцией (совмещением, слиянием) транспорта информации и распределенных измерений в одном волоконно-оптическом кабеле или волокне, которая создает проблему безопасности информации нового вида, когда оптические транспортные и измерительные сети могут использоваться не по своему прямому назначению:

любая штатная оптическая транспортная сеть является нештатной оптической измерительной сетью с незадекларированными или с не выявленными параметрами и наоборот штатная измерительная сеть является нештатной транспортной сетью для передачи информации

1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

○ Измерительные возможности оптического кабеля

- ❖ оптическое волокно кабеля чувствительно ко всем окружающим его физическим полям, в том числе и переносящими информативные сигналы



1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

○ Измерительные возможности оптического кабеля

❖ по измерению физических величин:

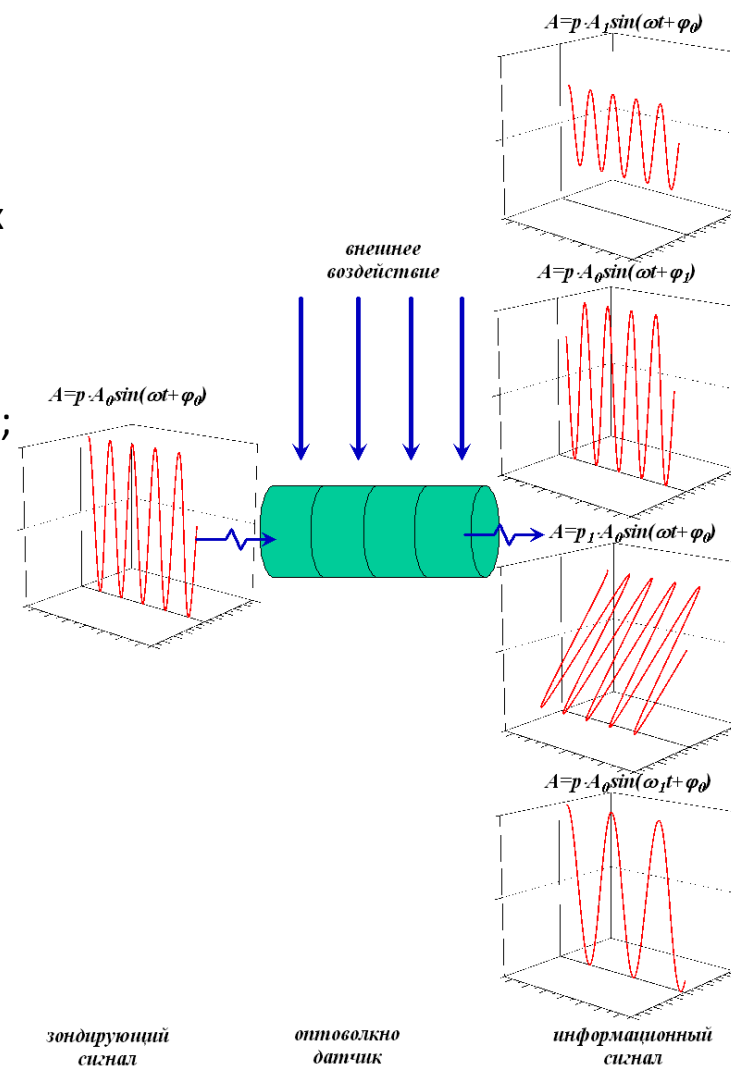
механические величины (деформации, напряжения, скорость движения, ускорение, параметры колебательных процессов и др.);

акустические параметры (давление, речь, звуковые эффекты, параметры инфра- и ультразвука и др.);

теплофизические параметры (давление, температуру, уровень жидкости, состав газовых и жидкостных смесей и др.);

электрические и магнитные величины (напряженность постоянных и переменных электрических и магнитных полей, силу тока, магнитный поток и др.);

характеристики радиационных излучений (доза излучений, интенсивность излучения и др.).



1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

○ **Преимущества волоконно-оптических измерений**

- ✓ высокая чувствительность к измеряемому параметру;
- ✓ большой динамический диапазон (достигает 5 и более порядков);
- ✓ мультиплексность измерения по нескольким параметрам;
- ✓ распределенность измеряемой величины;
- ✓ отсутствие электрических цепей, помехозащищенность от ЭМИ;
- ✓ пассивность измерения и малое энергопотребление;
- ✓ малые весогабаритные характеристики;
- ✓ устойчивость к воздействиям окружающей среды;

1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

○ **Модель угроз**

- ❖ угрозы, формируемые на основе штатных волоконно-оптических коммуникаций на объекте информатизации, которые можно разделить
- ✓ по носителю информативного сигнала в близи оптоволоконна
 - акустическое поле
 - электромагнитное и оптическое излучение
 - тепловое и радиационные излучения
- ✓ по виду модулирующего воздействия на оптоволоконно
 - механические напряжения и вибрации
 - химические воздействия

1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

○ **Модель угроз**

- ❖ волоконно-оптические коммуникации объекта информатизации размещаются вблизи источников информации, несущих конфиденциальную информацию в виде информативных сигналов, что позволяет выявить:
 - ✓ расположение работающего оборудования по тепловым, электромагнитным и другим излучениям;
 - ✓ мощность работающего оборудования;
 - ✓ радиационные источники;
 - ✓ акустические поля и источники вибраций;

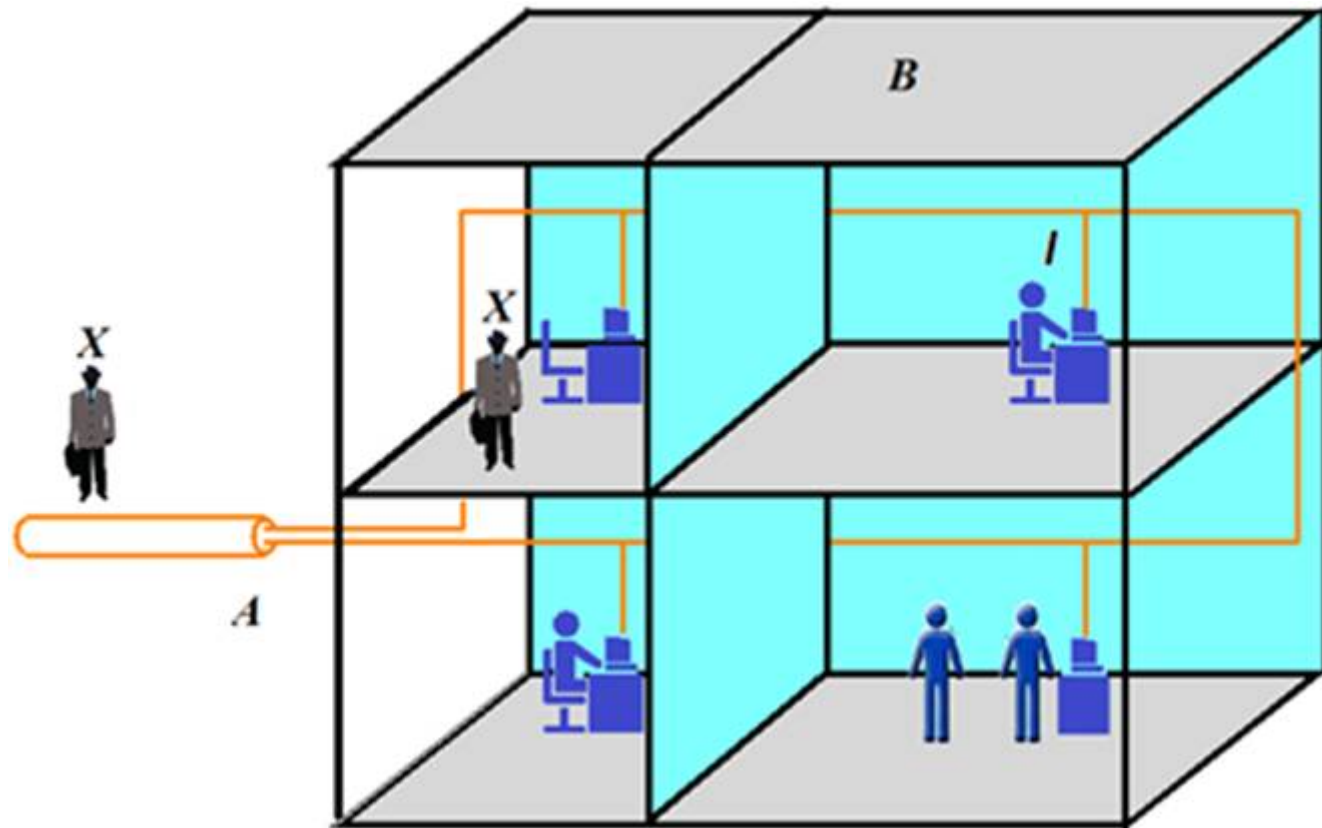
 - ✓ другая информация об объекте информатизации.

1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

○ Модель угроз

❖ скрытная передача конфиденциальной информации за пределы контролируемой зоны (B) через PON (A) объекта информатизации

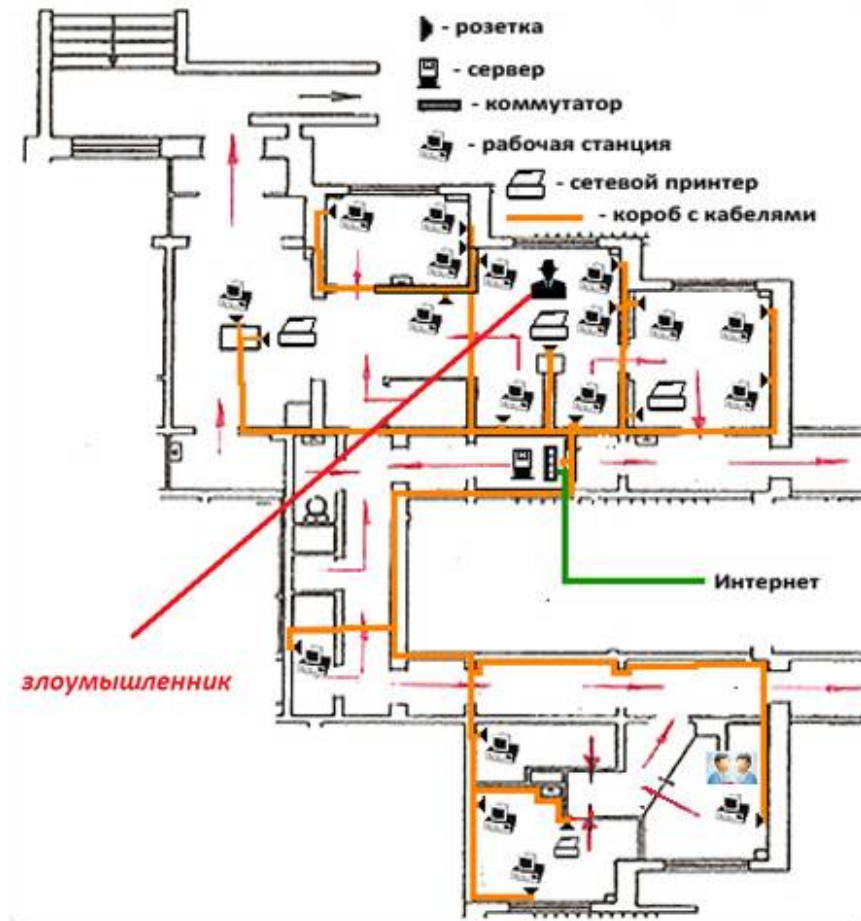
внутренний
нарушитель (X)
скрытно передает
информацию
внешнему
нарушителю (X),
подключившись к
оптической сети и
используя
нештатные
излучения



1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

○ Модель угроз

- ❖ определение топологии оптической сети и места расположения терминального оборудования на объекте информатизации

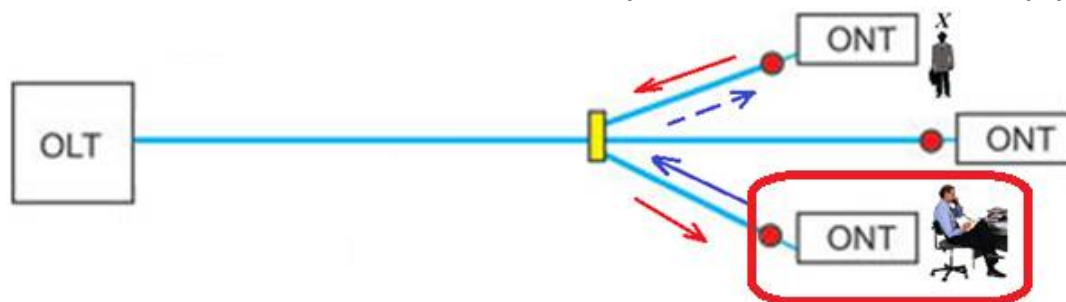


использованием штатного оборудования оптической сети нарушитель выявляет расположение терминального оборудования по времени отклика; методами рефлектометрии оптической сети выявляет расположение оптических неоднородностей, таких как изгиб кабеля, положение розеток, коммутационных узлов и т.д. и определяет топологию сети

1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

○ Модель угроз

- ❖ получение несанкционированного доступа к информации циркулирующей вблизи элементов оптической сети, её терминального оборудования



- ✓ нарушитель производит компьютерное сканирование сети, вызывая отклик компьютеров, расположенных вблизи источников информации;
- ✓ отклик подвергаемого атаке компьютера в сети является оптическим излучением, приходящее через участки сети расположенные вблизи источника информации в виде информативного сигнала;
- ✓ информативный сигнал вблизи оптической сети воздействует на оптический кабель и вызывает в нем паразитные наводки и модуляции, которые доходят до нарушителя;

1. Модель угроз ИБ через ВОК и принципы формирования

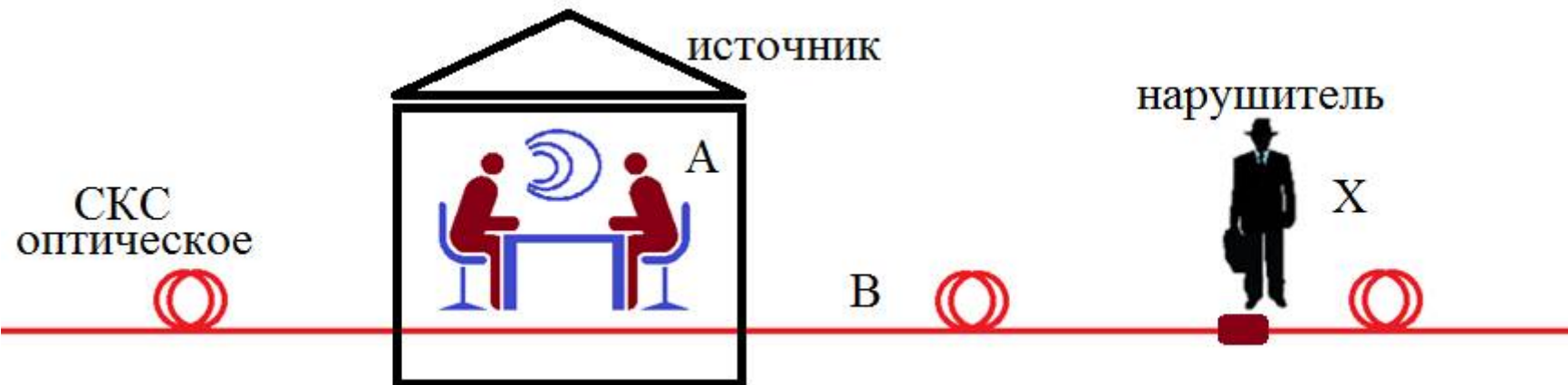
○ **Выводы**

- существует конвергенция функций транспорта и измерений в волоконно-оптических сетях, т.е.
 - с одной стороны, существующие штатные волоконно-оптические системы передачи информации являются нештатными волоконно-оптическими распределенными измерительными системами физических полей вблизи них;
 - с другой стороны, штатные волоконно-оптические измерительные системы являются нештатными волоконно-оптическими системами передачи информации;
- измерительные возможности волоконно-оптических сетей любого назначения позволяют регистрировать большинство физических полей и являются эффективным техническим каналом утечки информации для информативных сигналов вблизи них;

2. Обобщенный сценарий НСИ через штатные ВОК

○ Общая характеристика

- ❖ при НСИ через штатные оптические сети информативным сигналом является оптическое излучение распространяющееся по оптическим кабельным системам от источника информации до нарушителя, которое модулировано физическими полями, исходящими от источника информации (т.е. тоже являются информационными сигналами, но имеют, как правило, неоптическую природу)



т.о. физическое поле А от источника модулирует оптическое излучение В (информативный сигнал), которое демодулируется злоумышленником Х

2. Обобщенный сценарий НСИ через штатные ВОК

○ Паразитные модуляции и наводки

- ❖ – изменение характеристик оптического сигнала (штатного или нештатного) в оптическом кабеле под воздействием внешних физических полей, являющихся помехой для него, формируют информативный сигнал.

особенности паразитных модуляций (наводок):

- ✓ модуляция имеет аналоговый вид, так как параметры физических полей, являющихся информативными сигналами, имеют непрерывную зависимость от времени;
- ✓ глубина модуляции оптического информативного сигнала не может превышать нескольких % от общей мощности информационного сигнала, иначе шумы будут влиять на работу штатной сети;
- ✓ высокая зашумленность информативного сигнала, как правило, связанная с неоднозначностью и нелинейность основного воздействия на волокно, а также со случайными воздействиями от других полей;

2. Обобщенный сценарий НСИ через штатные ВОК

○ Информативный сигнал

❖ – оптическое излучение в волокнах оптического кабеля – штатное или нештатное, специально введенное для зондирования,

особенности информативного сигнала определяются задачами нарушителя:

- ✓ зависит от частотных характеристик источника информации, т.е. физического поля переносящего информацию, как правило, не более 100 кГц;
- ✓ зависит от модуляционных характеристик оптического кабеля, т.е. чувствительности кабеля к внешним воздействиям и физическим полям, которые определяются материалом волокна – плавленого кварца, оптических пластмасс и т.д., а также свойствами защитных оболочек кабеля;

2. Обобщенный сценарий НСИ 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;**
- IV. выбор способа подключения к оптическому кабелю и реализация подключения;
- V. проведение мероприятий по повышению эффективности канала утечки информации;
- VI. регистрация сигнала утечки информации.

2. Обобщенный сценарий НСИ через штатные ВОК

○ **Эффективность формирования сигнала утечки информации**

- ❖ на эффективность формирования сигнала утечки информации влияют
 - ✓ измерительные возможности штатного волокна оптического кабеля;
 - ✓ возможность надежного подключения к оптической кабельной системе в целях ввода и вывода зондирующего излучения;
 - ✓ шумы промежуточных преобразований при вводе/выводе зондирующего излучения;
 - ✓ дальность расположения мест ввода/вывода от зондируемого участка волокна;
 - ✓ архитектура и топология оптической кабельной сети;
 - ✓ параметры зондирующего излучения и регистрирующей аппаратуры;

2. Обобщенный сценарий НСИ через штатные ВОК

○ **Выводы**

- функционирование ТКУИ на основе штатных волоконно-оптических коммуникаций и его эффективность определяется
 - возможностью подсоединения к оптической кабельной системе;
 - расположением кабельной системы относительно информативных сигналов и полей;
 - преобразовательными возможностями оптического кабеля, которые могут не декларироваться или могут быть не выявлены еще до монтажа кабельной системы;
 - характеристиками используемых ТСП;

3. Внутренний и внешний нарушитель в ТКУИ

○ **Нарушитель в формировании канала утечки**

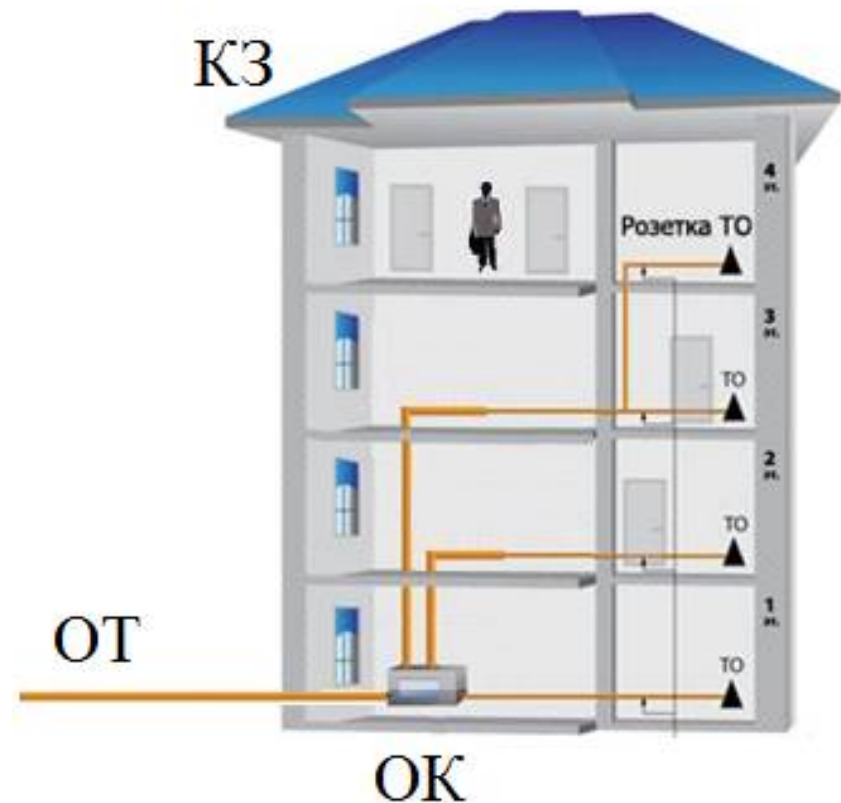
- ❖ конструкция оптических сетей, работающих по технологии PON такова, что внешние и внутренние сети могут быть разделены между собой активным оптическим оборудованием

ОТ – оптические телекоммуникации

ОК – оптический кросс/сервер

КЗ – контролируемая зона

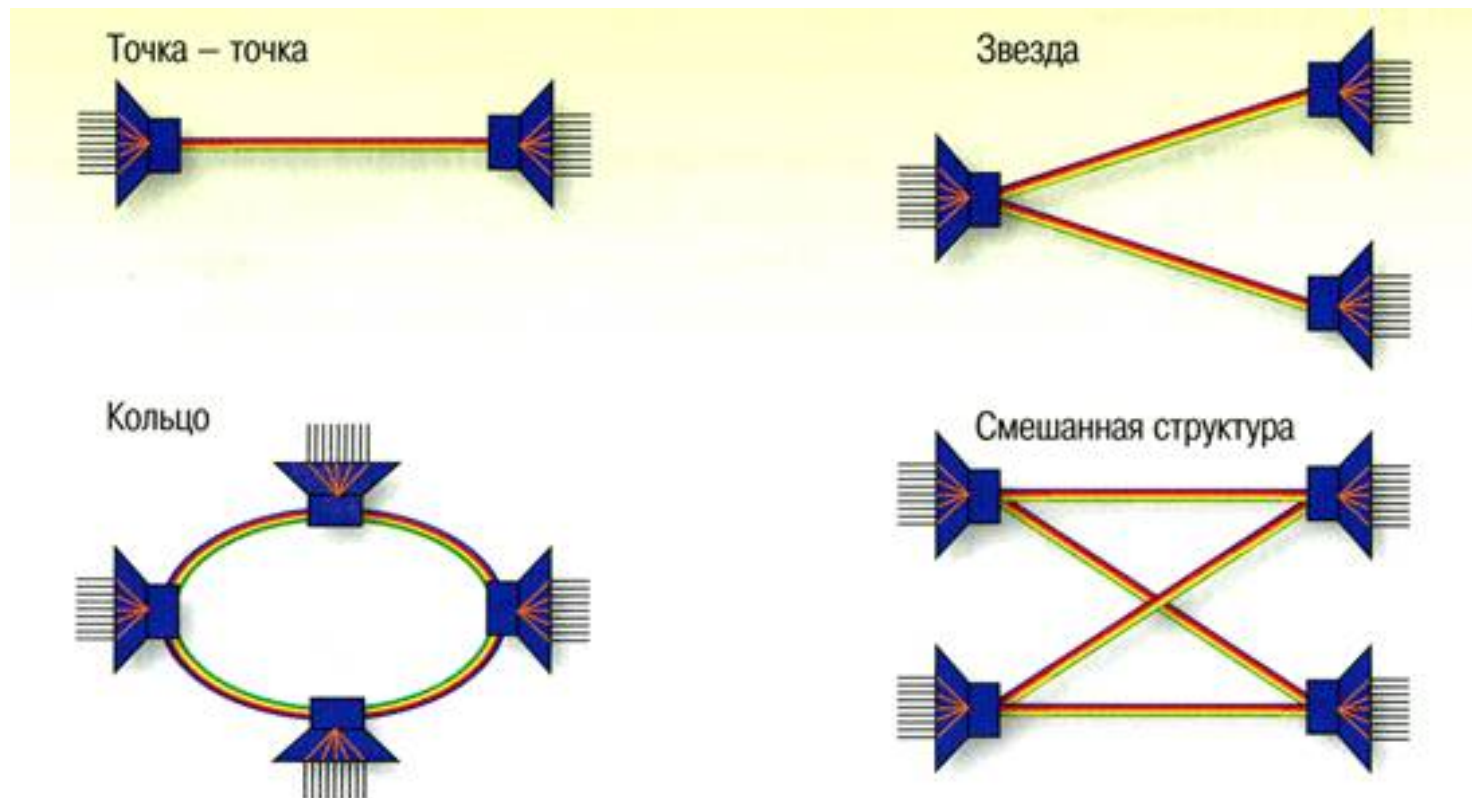
разделение внутренних и внешних оптических коммуникаций не позволяет проводить зондирование из-за пределов контролируемой зоны, т.е. внешним нарушителем



3. Внутренний и внешний нарушитель в ТКУИ

- **Роль архитектуры и топологии сети в канале утечки**

- ❖ функционирование ТКУИ на основе ВОК возможно только при прямой «видимости» исследуемого объекта по оптоволокну, что определяется топологией сети



3. Внутренний и внешний нарушитель в ТКУИ

○ Роль инфраструктурных элементов в канале утечки

❖ эффективное функционирование ТКУИ на основе ВОК возможно только при прямом подключении к оптической локальной сети, т.к. необходимо ввести и вывести зондирующее оптическое излучение с наименьшими шумами

○ места подключения

- ✓ кабельные каналы
- ✓ соединительные муфты
- ✓ оптические кроссы
- ✓ терминальное оборудование
- ✓ абонентские (выходные) розетки

основная атакуемая сеть – локальная сеть внутри контролируемой зоны

3. Внутренний и внешний нарушитель в ТКУИ

○ **Выводы**

- функционирование ТКУИ на основе штатных волоконно-оптических коммуникаций определяется
 - прямой видимостью по оптическому каналу места наблюдения, т.е. определяется архитектурой и топологией сети так, что основная опасность исходит от внутреннего нарушителя, а возможности внешнего нарушителя ограничены;

- эффективность ТКУИ на основе штатных волоконно-оптических коммуникаций определяется
 - возможностями нарушителя по подсоединению к оптической кабельной системе;
 - эффективностью паразитных воздействий информативных сигналов на оптический кабель;

4. Зондирование оптической сети

○ Схемы зондирования

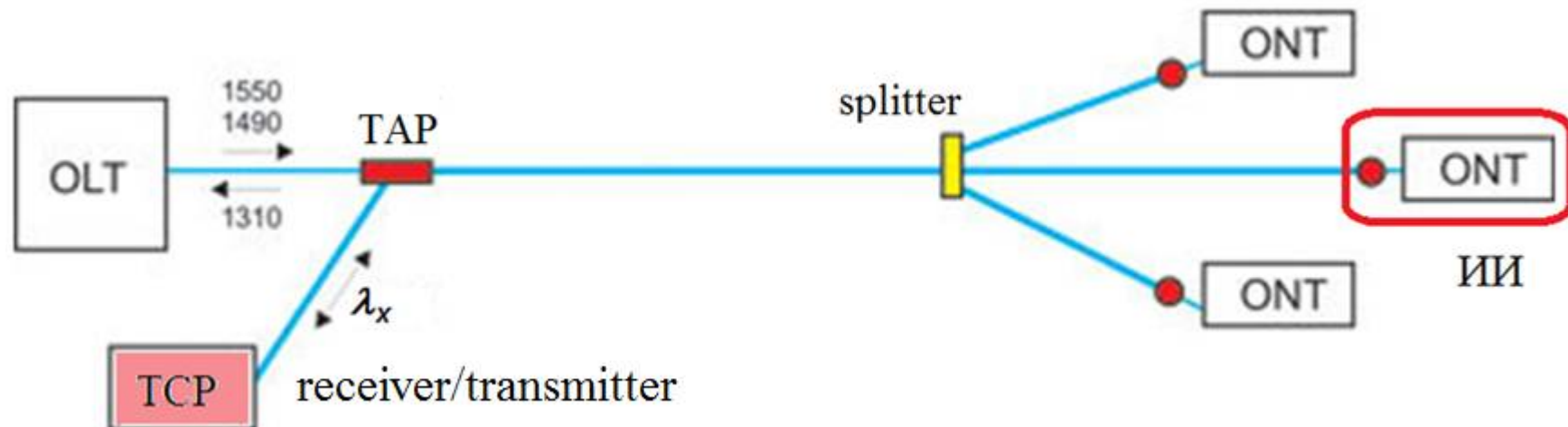
❖ нарушитель может

- ✓ применить различные схемы зондирования –
 - на прохождение (зондирование в проходящих излучениях);
 - на отражение (регистрация возвращающихся излучений):
 - оптическое зондирование на основе возвращающихся/обратных излучений называется **оптической рефлектометрией** (в технике мониторинга сети) или **оптическим навязыванием** (в технике разведки);
- ✓ применить для зондирования излучение –
 - когерентное/некогерентное;
 - узкополосное/широкополосное;
 - поляризованное/неполяризованное;
- ✓ использовать для зондирования штатное оптическое излучение сети;
- ✓ применить методы регистрации с улучшенными характеристиками;

4. Зондирование оптической сети

- Зондирование на отражение – метод рефлектометрии

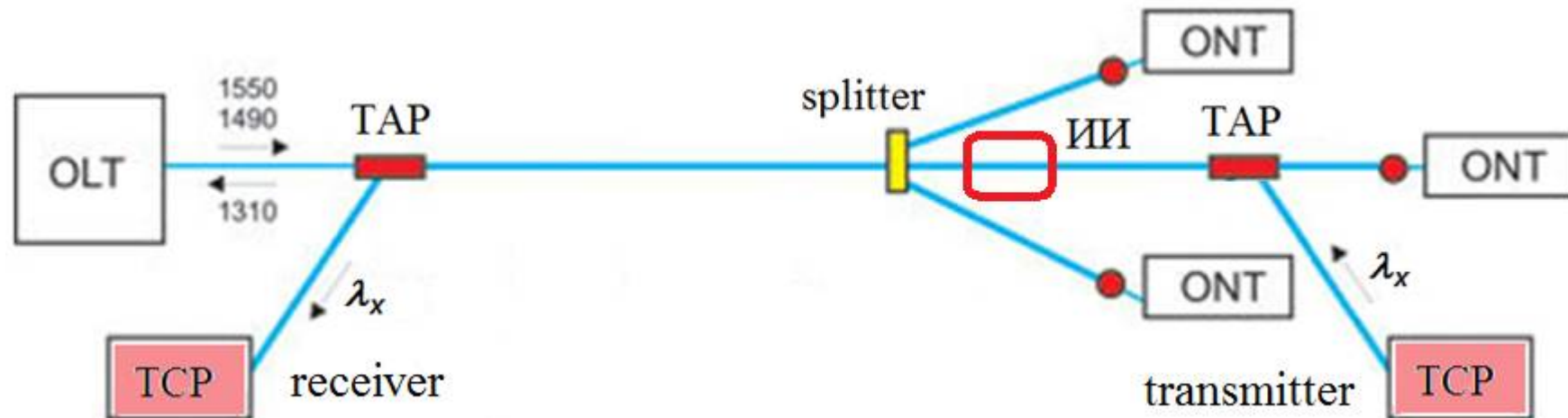
OLT, ONT – терминальные устройства оптической сети, построенной по технологии PON с пассивным делителем splitter, TAP – оптический ответвитель для TCP – техническое средство разведки (трансивер),
ИИ – источник информации



4. Зондирование оптической сети

○ Зондирование на прохождение – тестирование сети

OLT, ONT – терминальные устройства оптической сети, построенной по технологии PON с пассивным делителем splitter, TAP – оптический ответвитель для TCP – техническое средство разведки (трансивер),
ИИ – источник информации

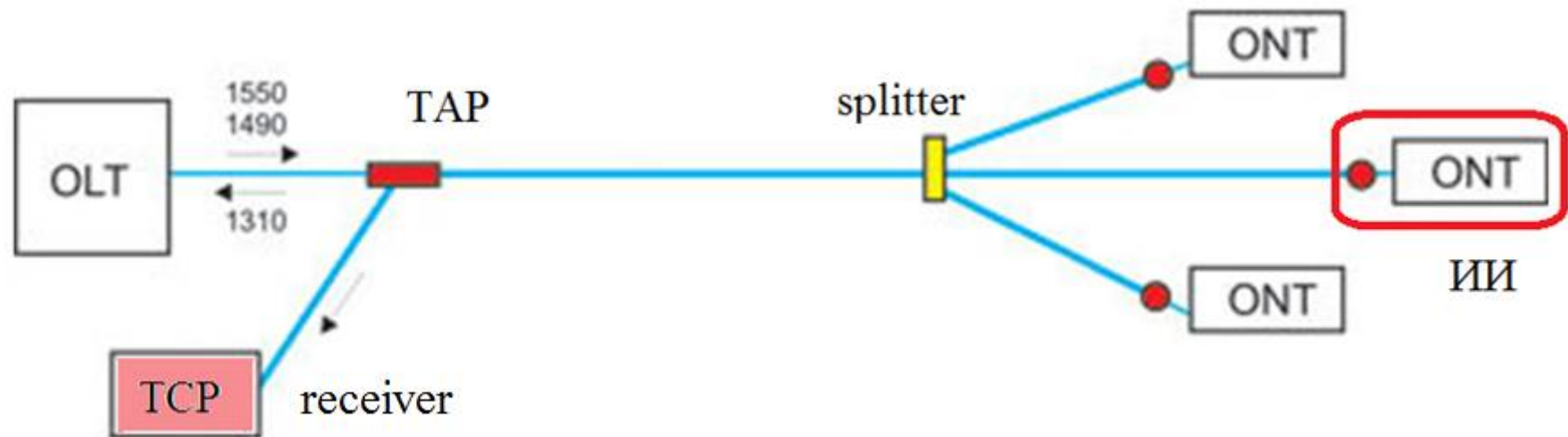


4. Зондирование оптической сети

- Зондирование на прохождение/отражение штатными излучениями

OLT, ONT – терминальные устройства оптической сети, построенной по технологии PON с пассивным делителем splitter, TAP – оптический ответвитель для TCP – техническое средство разведки, работающее только на прием излучений,

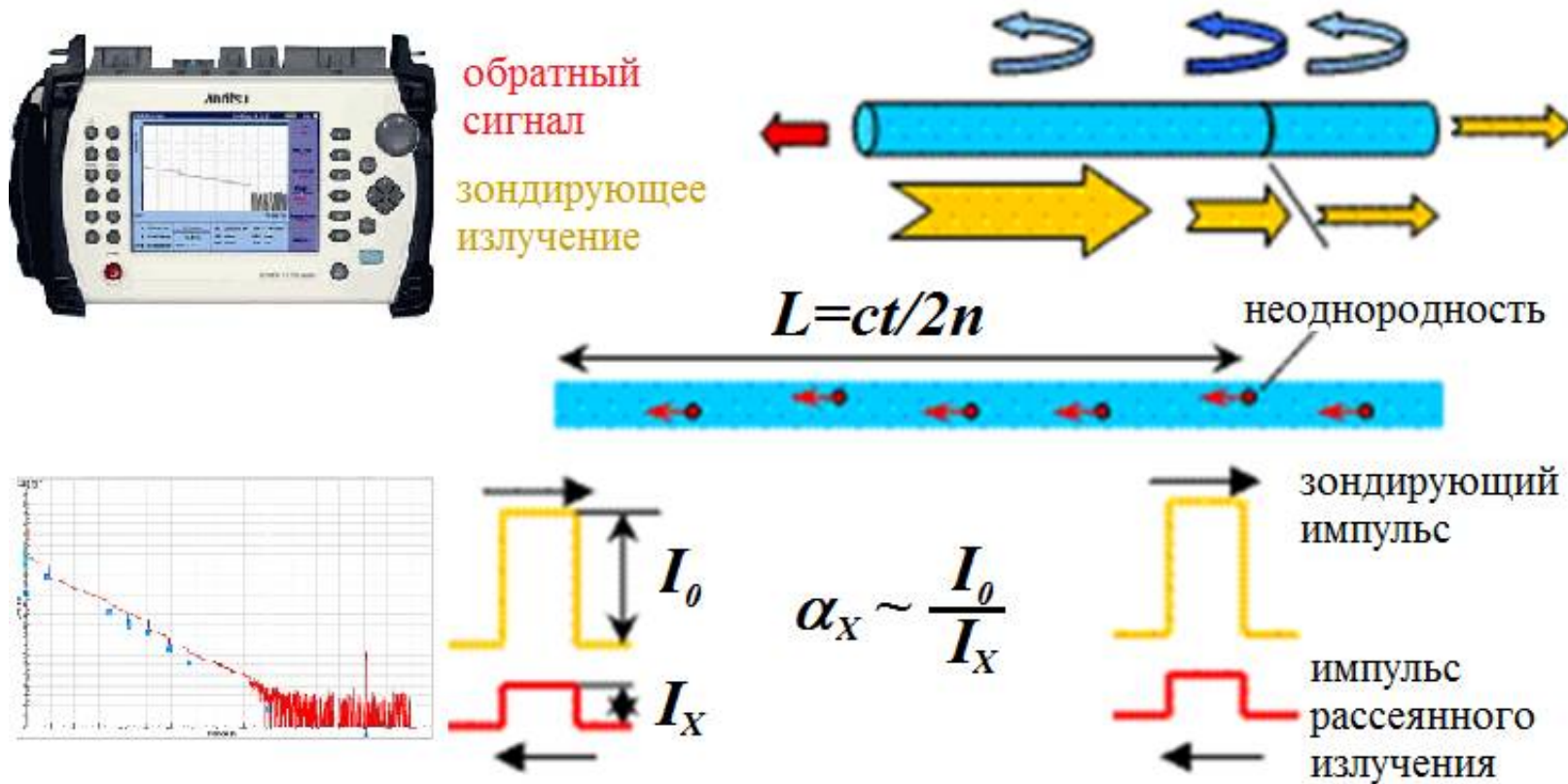
ИИ – источник информации



4. Зондирование оптической сети

○ ТСР методом зондирования - рефлектометрия

- ❖ импульсная рефлектометрия или рефлектометрия во временной области (optical time domain reflectometer, OTDR) – основной способ исследования оптической сети, основное ТСР нарушителя для зондирования ВОСПИ



4. Зондирование оптической сети

○ ТСР методом зондирования - преимущества рефлектометрии

- ❖ основаны на зондировании оптоволокна импульсами света и регистрации обратных излучений, несущих информацию о состоянии среды волокна с локализацией по его длине и позволяет
 - ✓ локализовать место расположения дефекта, исследуемой части оптического кабеля по расстоянию от ТСР;
 - ✓ определить и контролировать изменения параметра дефекта, исследуемой части оптического кабеля;
 - ✓ проводить измерения в реальном времени с высокой частотой зондирования (более МГц) и на больших расстояниях (более 200 км);
 - ✓ проводить мониторинг в ручном или автоматическом режимах;

4. Зондирование оптической сети

○ ТСР методом зондирования – рефлектометрия по отклику среды

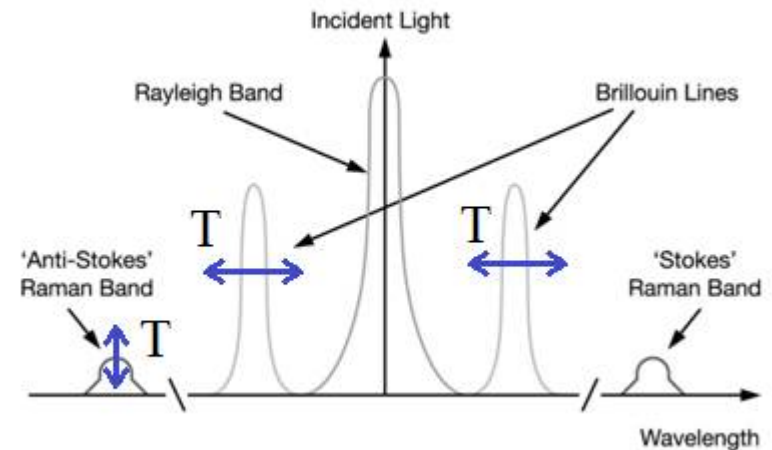
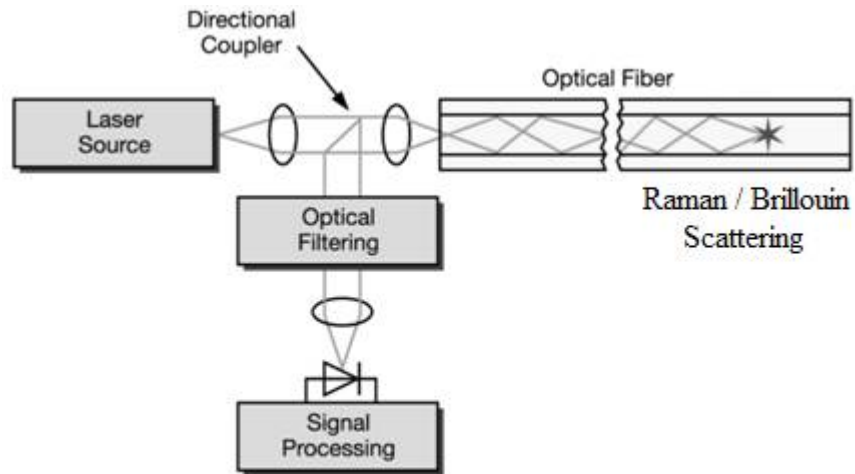
- I. амплитудная рефлектометрия:** импульсная рефлектометрия (optical time domain reflectometer, OTDR) и её разновидности;
- II. спектральной рефлектометрии:** рефлектометрия в частотной области (Optical Frequency Domain Reflectometry, OFDR), бриллюэновская рефлектометрия (Brillouin optical time domain reflectometer, B-OTDR), и др.;
- III. фазовая рефлектометрии:** интерферометрия обратного рассеяния (Optical Coherence Domain Reflectometry, OCDR) по волоконно-оптическим схемам интерферометров Майкельсона, Фабри-Перро и др.;
- IV. поляризационная рефлектометрия** (polarization optical time domain reflectometer, P-OTDR);

выбирая метод рефлектометрии для зондирования можно получить информативный сигнал, несущий совершенно различную информацию об объекте зондирования

4. Зондирование оптической сети

○ ТСР методом зондирования – спектральная рефлектометрия

- ❖ бриллюэновская рефлектометрия (Brillouin optical time domain reflectometer, BOTDR):

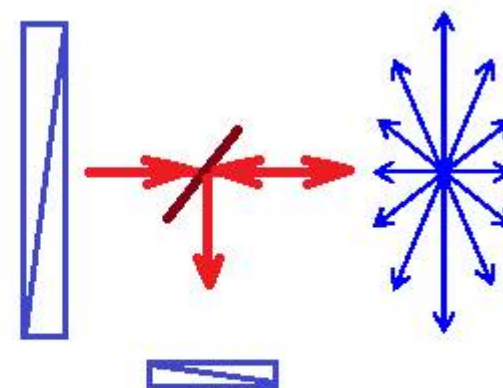
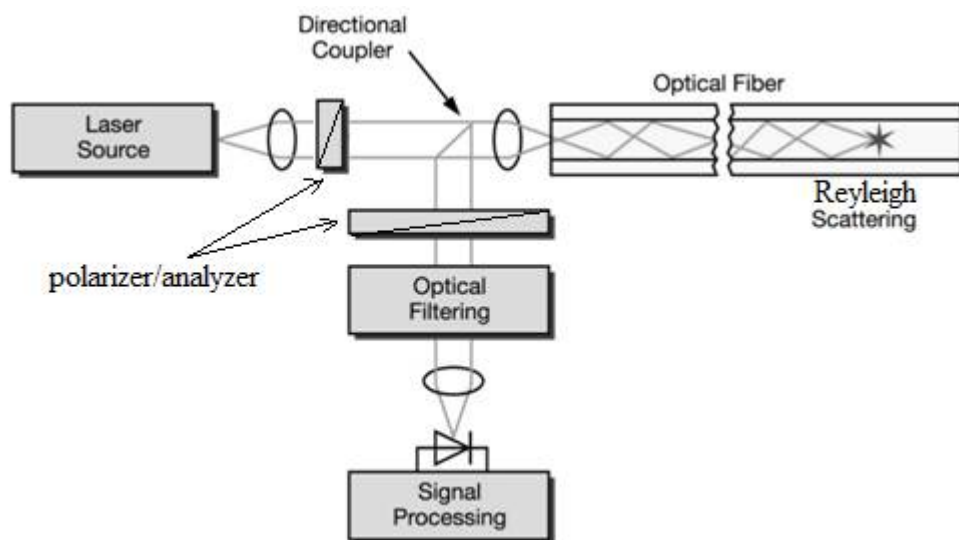


- ✓ функционирует на основе рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (в результате взаимодействия света с фононами волокна происходит изменение спектра рассеяния)
- ✓ предназначен для обнаружения и анализа механических напряжений (σ) и измерения распределения температур (T) в оптоволокне

4. Зондирование оптической сети

○ ТСР методом зондирования – поляризационная рефлектометрия

- ❖ поляризационная рефлектометрия (polarization optical time domain reflectometer, P-OTDR)



- ✓ функционирует на основе поляризации/деполяризации, повороте плоскости поляризации зондирующего излучения при рассеянии света
- ✓ применяется для обнаружения и анализа поляризационных характеристик волокна и связанных с ним магнито- и электро-оптических и других эффектов

4. Зондирование оптической сети

○ ТСР методом зондирования – штатное оборудование

❖ штатное волоконно-оптическое оборудование в формировании канала утечки:

- ✓ оптический рефлектометр;
- ✓ оптический тестер прямых и возвратных потерь;

основное оборудование для монтажа, наладки и эксплуатации может быть использовано для регистрации информативного сигнала.

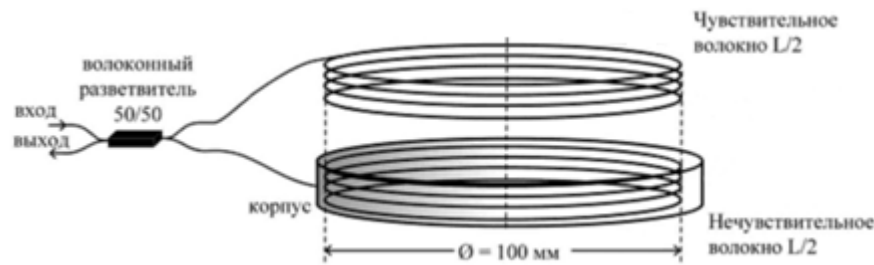


4. Зондирование оптической сети

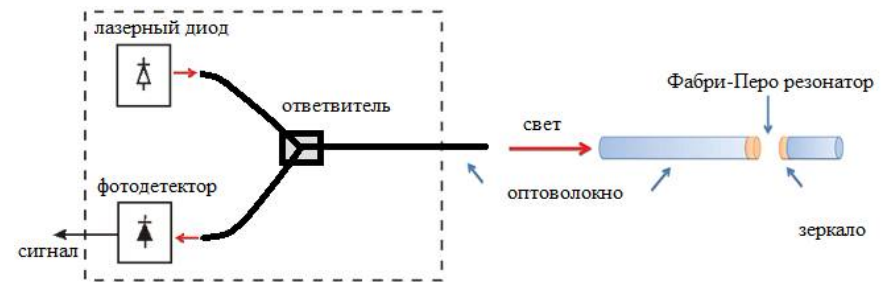
○ ТСР методом зондирования – волоконно-оптическая интерферометрия

❖ при зондировании когерентным излучением используются интерференционные схемы регистрации фазы по схеме интерферометра

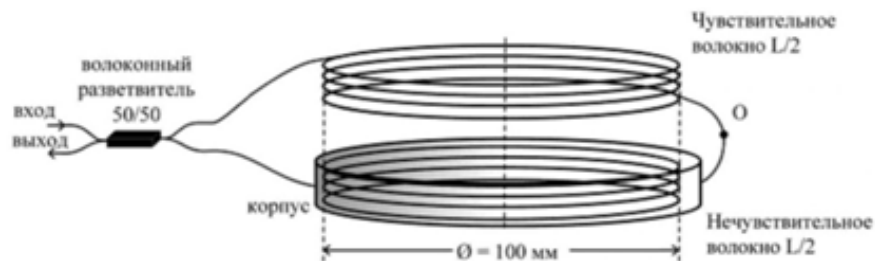
Майкельсона,



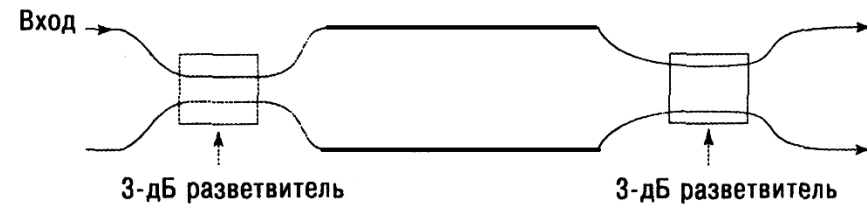
Фабри-Перро,



Саньяка,



Маха-Цендера

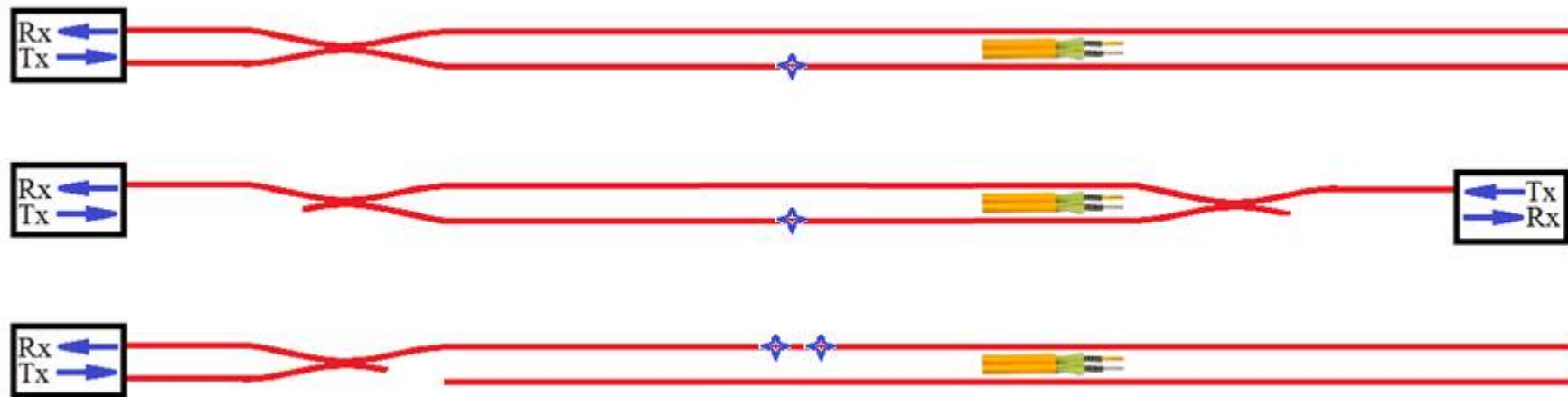


измерение разности длин плеч интерферометра возможно с точностью более $0,001 \cdot \lambda$

4. Зондирование оптической сети

○ TSP методом зондирования – волоконно-оптическая интерферометрия

- ❖ при зондировании когерентным излучением используются схемы регистрации фазы путем формирования интерферометров по схеме Майкельсона, Маха-Цендера, Фабри-Перро на основе штатных ВОК

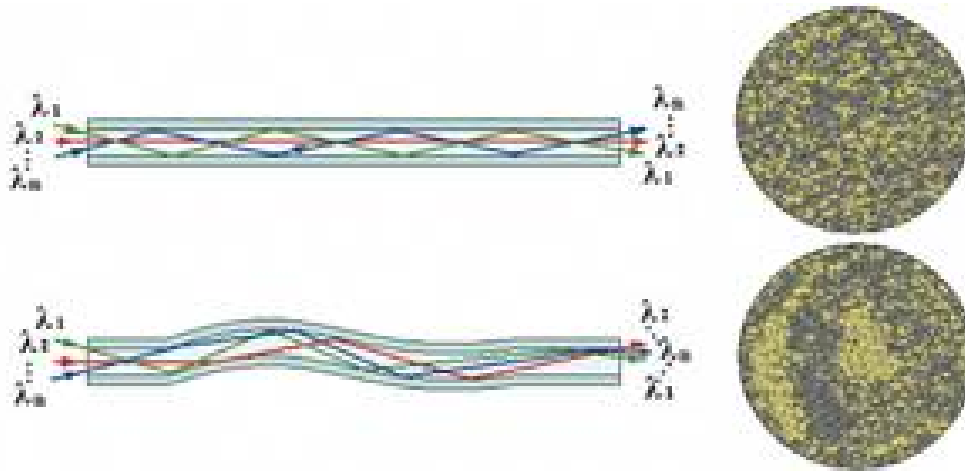
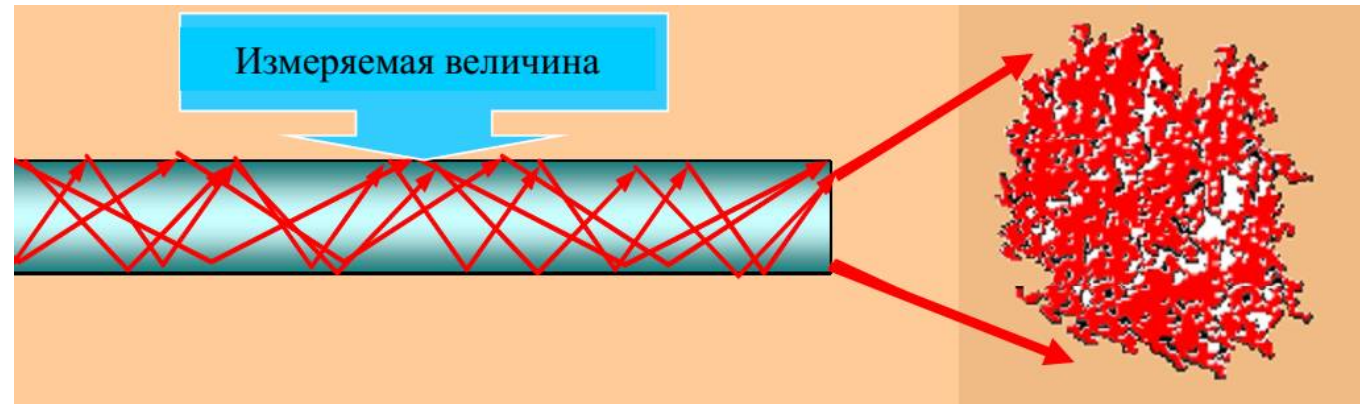


которые позволяют регистрировать изменения фазы зондирующего излучения с высоким разрешением и получить высокую чувствительность к внешним полям

4. Зондирование оптической сети

○ ТСП методом зондирования – волоконно-оптическая интерферометрия

- ❖ одноволоконный многомодовый (межмодовый) интерферометр с наблюдением спекл-структур



Корреляционная обработка сигналов ОМИ

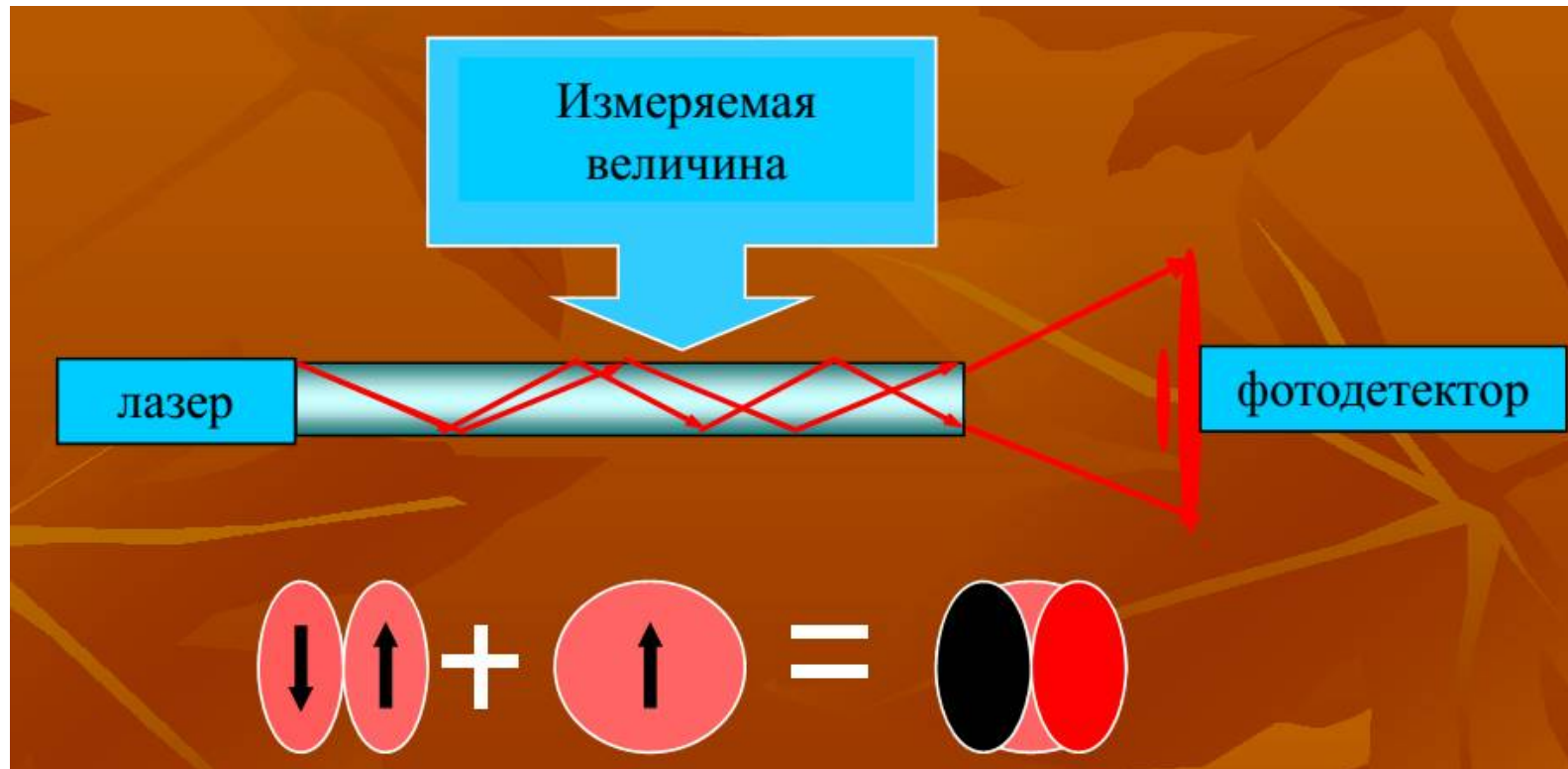
I_1 I_2

$$\rho_{12} = \frac{\langle I_1 I_2 \rangle - \langle I_1 \rangle \langle I_2 \rangle}{\sqrt{\langle I_1^2 \rangle - \langle I_1 \rangle^2} \cdot \sqrt{\langle I_2^2 \rangle - \langle I_2 \rangle^2}}$$

4. Зондирование оптической сети

○ ТСР методом зондирования – волоконно-оптическая интерферометрия

- ❖ одноволоконный многомодовый (межмодовый) интерферометр с двумя модами



всегда можно реализовать двух модовое зондирование в SM волокне

4. Зондирование оптической сети

○ TSP методом зондирования – анализаторы оптического сигнала

❖ для анализа информативного сигнала применяются:

- ✓ анализаторы оптического спектра сигнала;
- ✓ анализаторы хроматической дисперсии сигнала;
- ✓ анализаторы поляризационно-модовой дисперсии (ПМД) оптического сигнала;

которое является основным оборудованием для монтажа, наладки и эксплуатации волоконно-оптических систем передачи информации.



4. Зондирование оптической сети

○ ТСП методом зондирования – анализаторы спектра сигнала

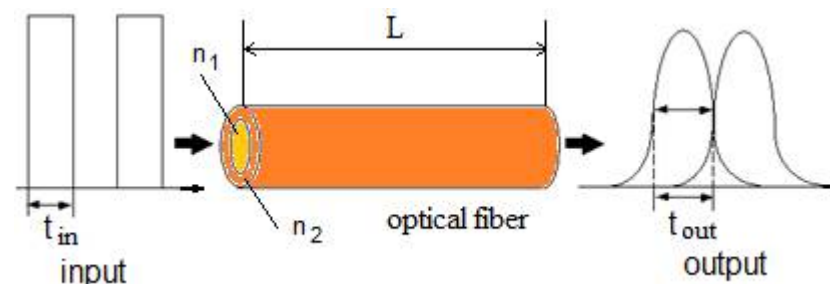
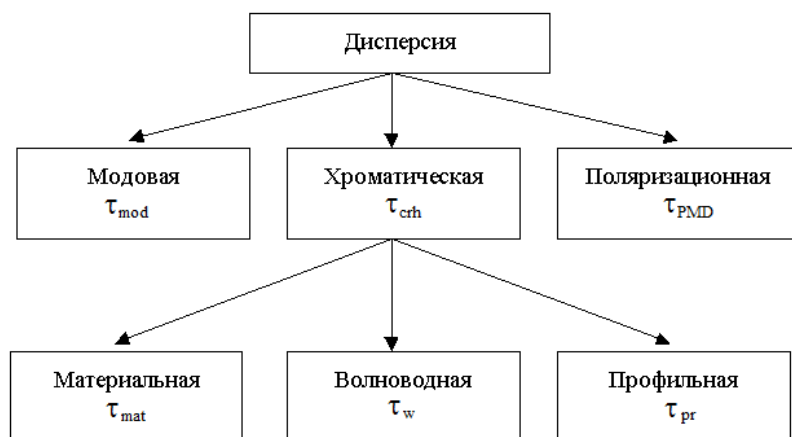
- ❖ штатное оборудование - анализаторы оптического спектра
- ✓ анализаторы оптического спектра (Optical Spectrum Analyzers, OSA) применяются при работе с ВОЛП для настройки и оптимизация систем передачи данных с волновым уплотнением - CWDM и DWDM.
- ✓ необходимость данного вида измерений в первую очередь связана с контролем спектра источников оптического излучения, а также определением степени влияния спектральных составляющих на параметры волоконно-оптических компонентов и передачу данных по волоконно-оптическим линиям связи.
- ✓ анализаторы оптического спектра строятся на основе дифракционных решеток, интерферометров Майкельсона, Фабри-Перо и других интерференционных схем.

анализаторы оптического спектра могут быть применены для исследования спектра информативного сигнала

4. Зондирование оптической сети

○ ТСР методом зондирования – анализаторы дисперсии сигнала

- ❖ дисперсия сигнала - уширение импульсов - имеет размерность времени и определяется как квадратичная разность длительностей импульсов на выходе и входе кабеля длины L по формуле $\tau(L) = \sqrt{t_{out}^2 - t_{in}^2}$



Межмодовая дисперсия возникает вследствие различной скорости распространения у различных мод;

Материальная дисперсия обусловлена зависимостью показателя преломления волокна от длины волны:

$$M(\lambda) = \tau_{mat} / \Delta\lambda \cdot L = (\lambda/c) (d^2 n_1 / d\lambda^2) \{ps/nm \cdot km\};$$

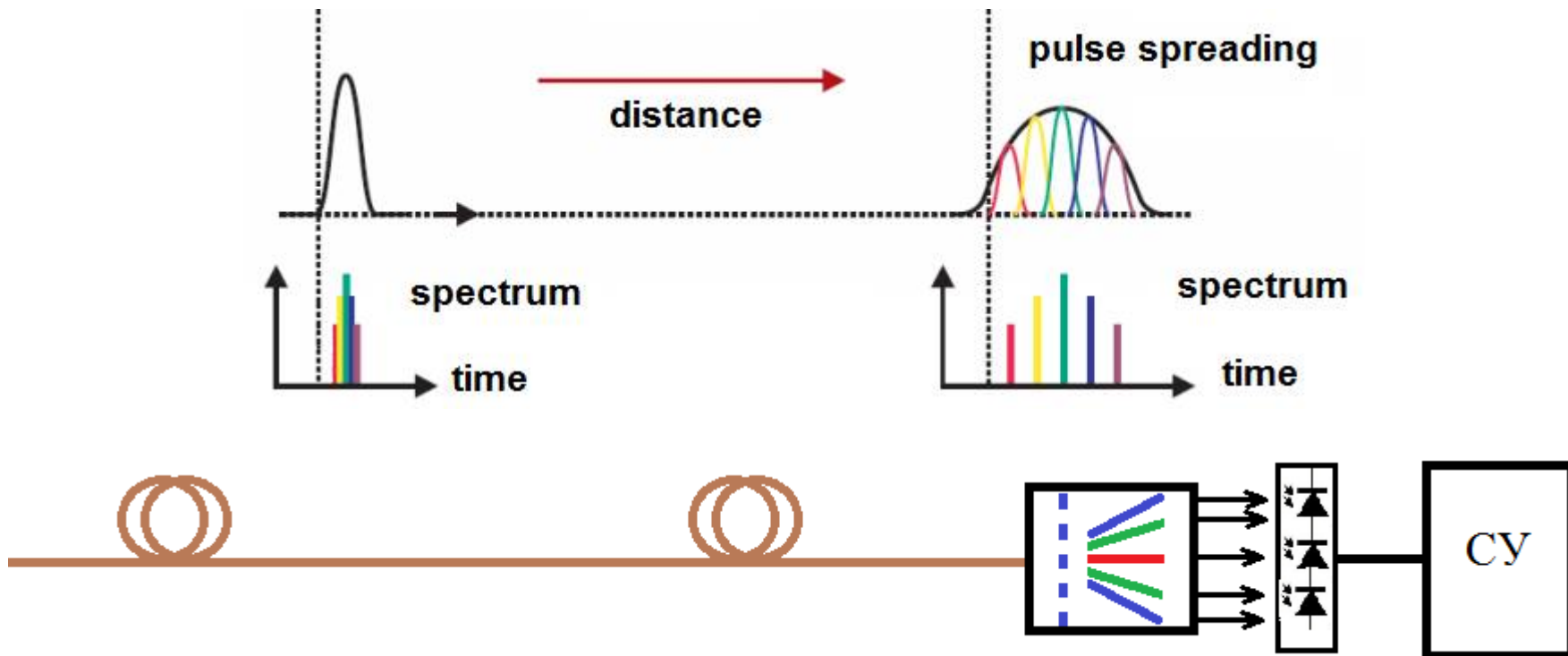
Волноводная дисперсия обусловлена зависимостью коэффициента распространения моды от длины волны:

$$N(\lambda) = \tau_w / \Delta\lambda \cdot L = (2n_1^2 \Delta / c\lambda) \{ps/nm \cdot km\}, \text{ где } \Delta = (n_1 - n_2) / n_1 ;$$

4. Зондирование оптической сети

○ TSP методом зондирования – анализаторы дисперсии сигнала

❖ штатное оборудование - анализаторы хроматической дисперсии сигнала

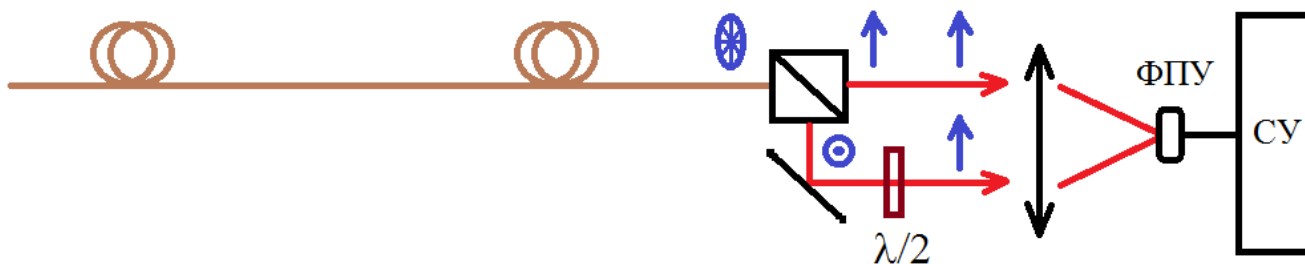
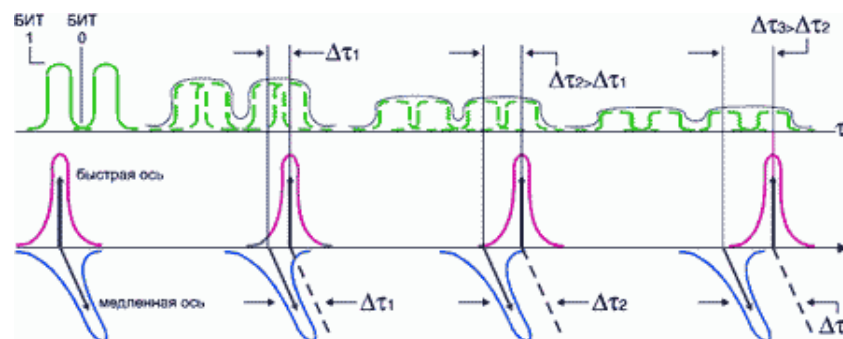
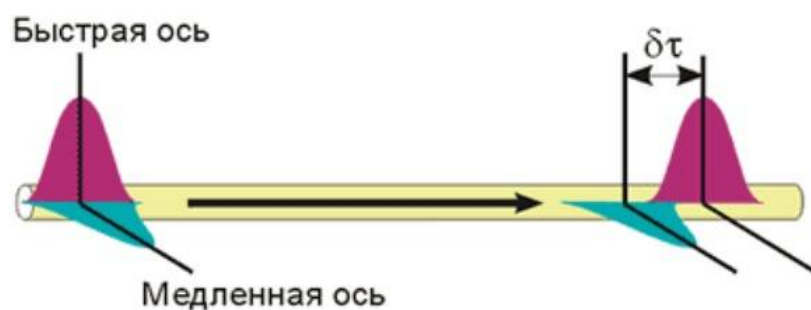


анализаторы хроматической дисперсии могут быть применены для исследования информативного сигнала

4. Зондирование оптической сети

○ ТСР методом зондирования – анализаторы дисперсии сигнала

- ❖ штатное оборудование - анализаторы поляризационно-модовой дисперсии (ПМД) оптического сигнала



анализаторы ПМД могут быть применены для исследования информативного сигнала

4. Зондирование оптической сети

○ Выводы

- в волоконно-оптической измерительной технике присутствует широкий набор инструментов мониторинга и контроля состояния оптического кабеля с прецизионной точностью, что дает возможность создания ТСП на информативный сигнал с произвольным параметром;
- особой эффективностью отличаются рефлектометрические методы измерения (ТСП оптическим навязыванием), которые позволяют локализовать место формирования информативного сигнала;
- широкий набор зондирующих оптических излучений и зондируемых параметров волокна для преобразования информативного сигнала создают возможность выбора принципов измерения и параметров зондирования, что делает рефлектометрию уникальным ТСП;
- наибольшей точностью и чувствительностью обладают интерферометрические методы зондирования как в схеме рефлектометра, так и в схеме на прохождение оптического излучения;

5. Оптические неоднородности сети в формировании ТКУИ

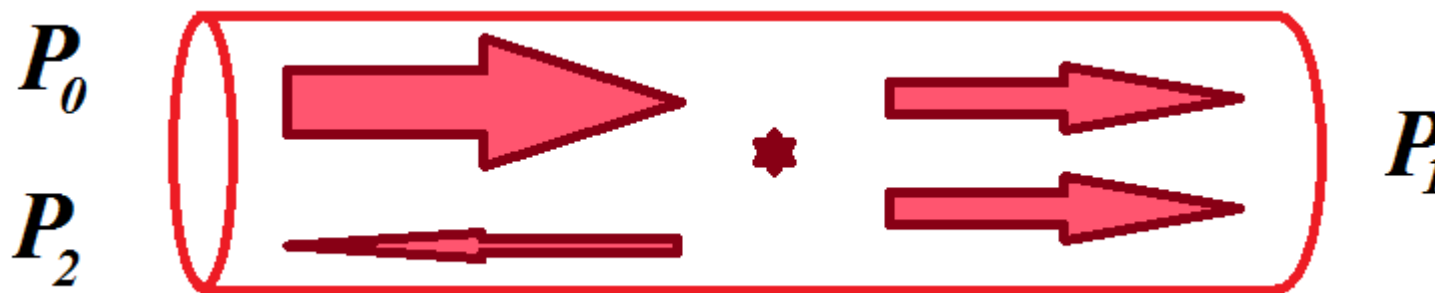
○ Оптические однородности

- ❖ локализованная область оптоволокна, оптические свойства которой отличаются от параметров волокна на соседних участках: показатель преломления (n), коэффициент поглощения (α), поляризационные и нелинейные свойства волокна.
- ✓ на основе оптических неоднородностей формируются возвратные световые потоки, величина которых определяется коэффициентом

$$\beta_2 = P_2/P_0 \text{ в ppm или } = 10\lg(P_2/P_0) \text{ в dB}$$

- ✓ прямые потери проходящего светового потока

$$\beta_1 = P_1/P_0 \text{ в ppm или } = 10\lg(P_1/P_0) \text{ в dB}$$



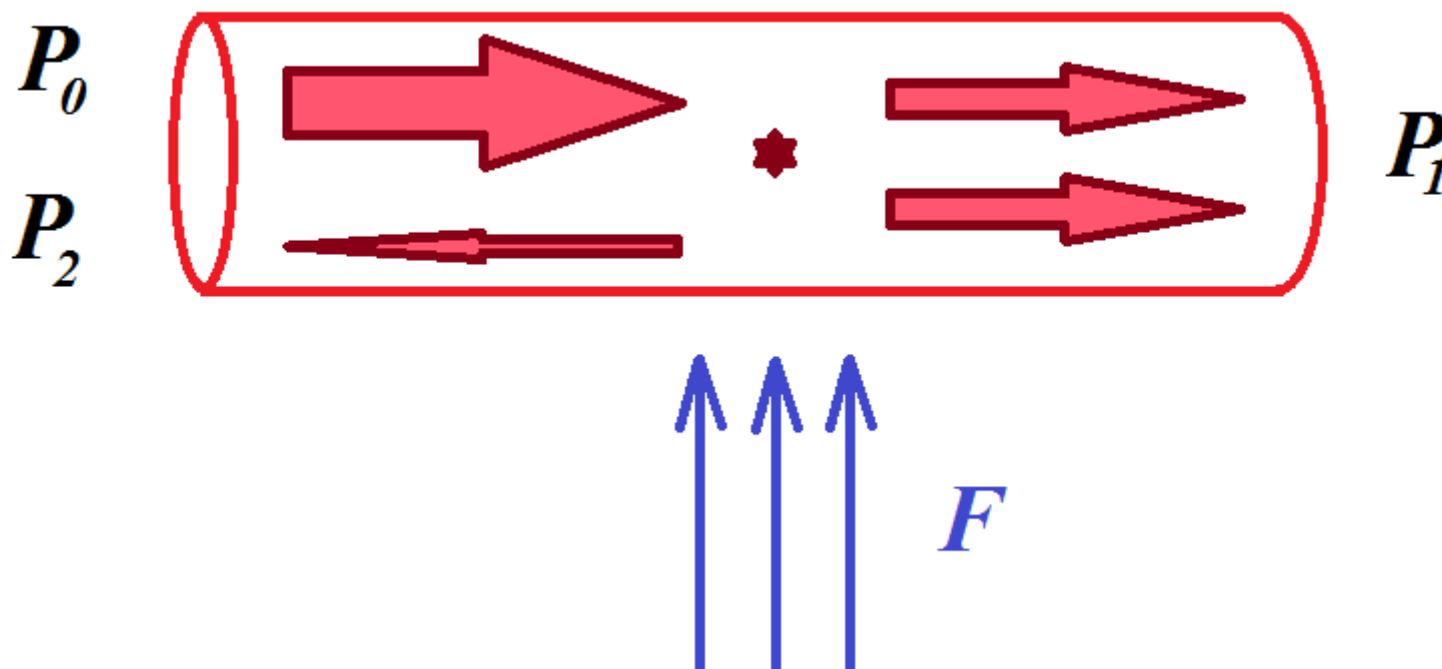
5. Оптические неоднородности сети в формировании ТКУИ

○ Взаимодействие внешнего поля с оптической однородностью

- ❖ при воздействии внешнего поля F на оптический дефект происходит модуляция его параметров взаимодействия со световым потоком в волокне, что вызывает модуляцию коэффициентов

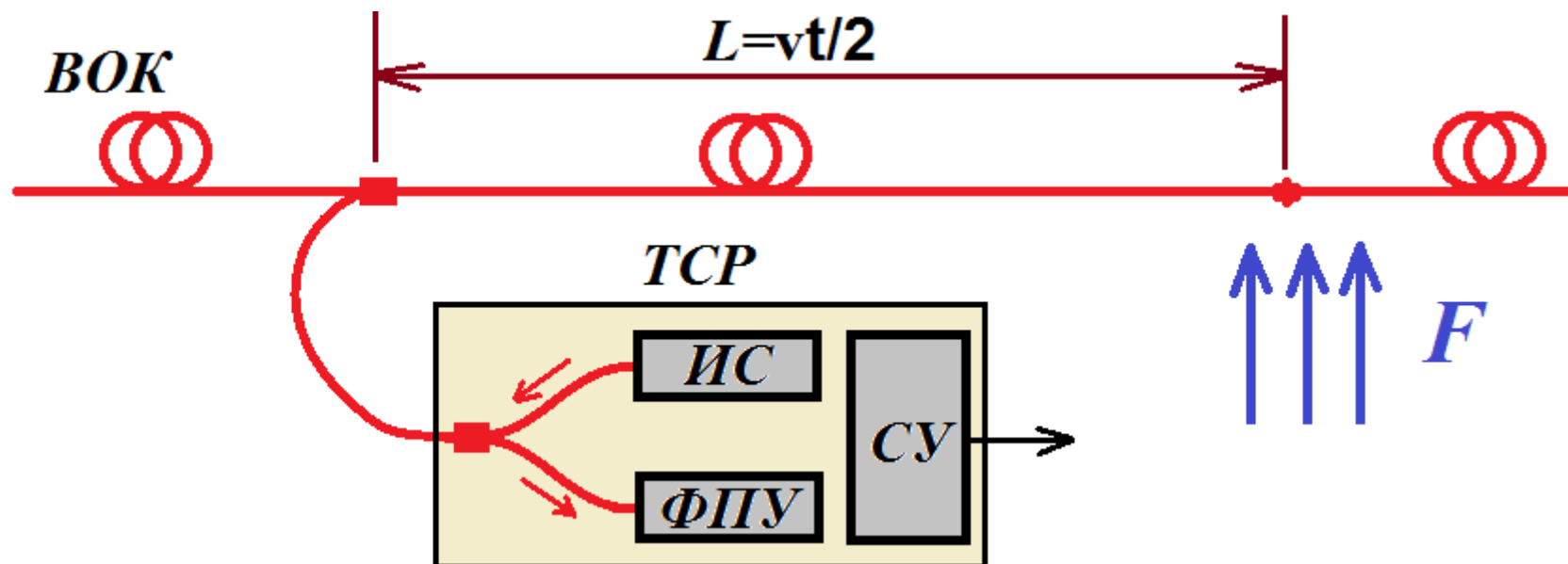
$$\beta_1(F) \text{ и } \beta_2(F)$$

в зависимости от внешнего воздействия



5. Оптические неоднородности сети в формировании ТКУИ

○ Оптическая схемы зондирования дефекта



ВОК – волоконно-оптические коммуникации, F – физическое поле, являющееся информативным сигналом, ТСР – техническое средство разведки (оптический рефлектометр), состоящее из источника света (ИС), фотоприемного устройства (ФПУ) и системы управления (СУ).

5. Оптические неоднородности сети в формировании ТКУИ

○ **Основные типы оптических неоднородностей и их формирования**

❖ *все оптические неоднородности можно разделить на три группы*

1. *внутренние оптические неоднородности*

2. *инфраструктурные оптические неоднородности и дефекты*

3. *индуцированные оптические неоднородности и дефекты*

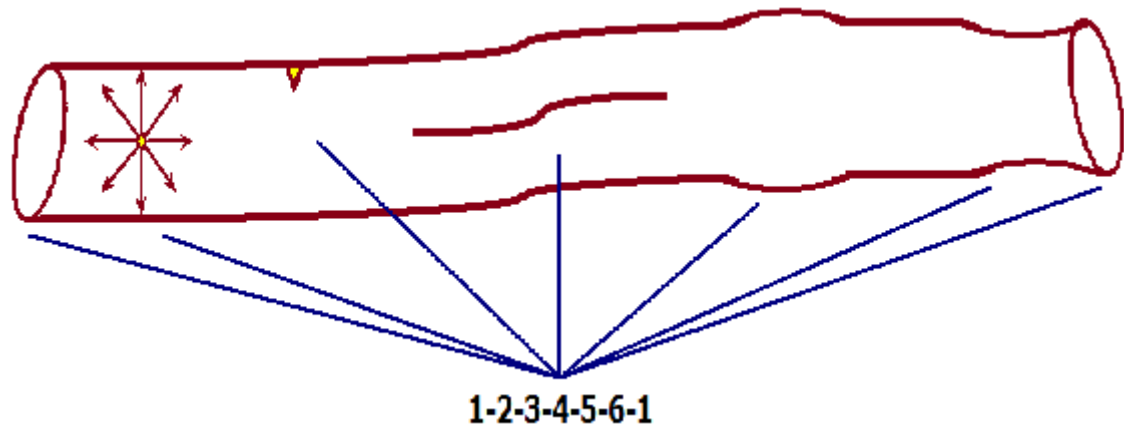
5. Оптические неоднородности сети в формировании ТКУИ

○ Основные типы оптических неоднородностей и их формирования

❖ *Внутренние оптические неоднородности* оптического волокна связанные с существующими дефектами, образованными при производстве волокна и кабеля, его монтаже кабельной инфраструктуры и последующей эксплуатации. К ним относятся внутренние дефекты в виде локальных рассеивающих центров, внутренних трещин, внутренних напряжений, не идеальность формы волокна и т.д.

Отличительной особенностью данного типа неоднородности является их зависимость от качества используемого кабеля, качества монтажа и эксплуатации.

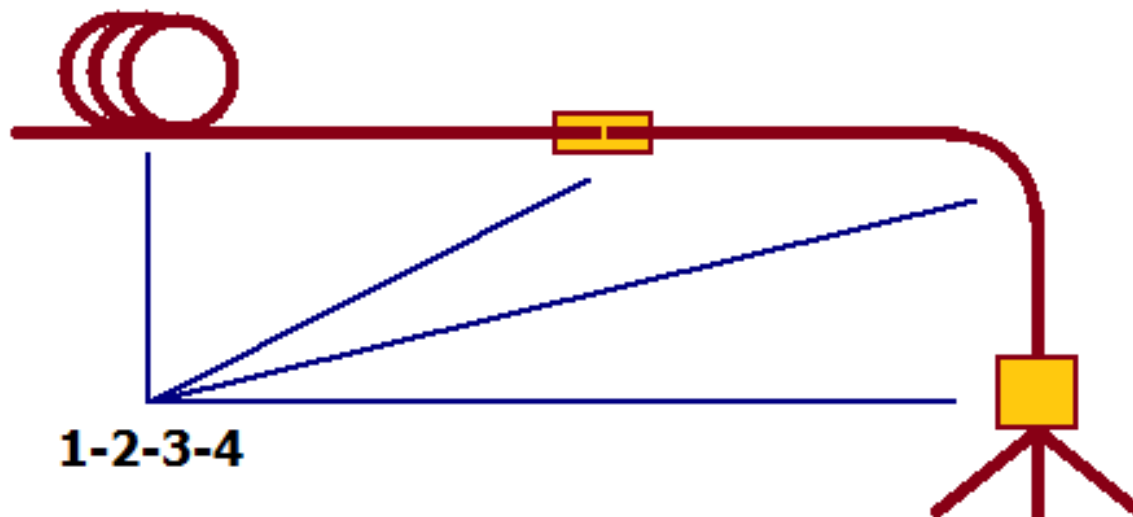
- 1 – эллиптичность,
- 2 – рассеивающий центр,
- 3 – трещина, 4 – неидеальность сердцевины при сварке,
- 5 – уширение, 6 – сужение.



5. Оптические неоднородности сети в формировании ТКУИ

○ Основные типы оптических неоднородностей и их формирования

- ❖ *Инфраструктурные оптические неоднородности и дефекты* связаны с выбором топологии и конструкцией кабельной системы. К ним относятся коммутационные узлы, разъемные и сварные соединения, угловые изгибы и скрутки кабеля, монтажные крепления кабеля и кабельных коробов и т.д. Каждый из элементов характеризуется собственным обратным излучением и потерями на прохождение света, которые существенно зависят от используемых технологий изготовления и установки, размещения, монтажа кабеля.



5. Оптические неоднородности сети в формировании ТКУИ

○ Основные типы оптических неоднородностей и их формирования

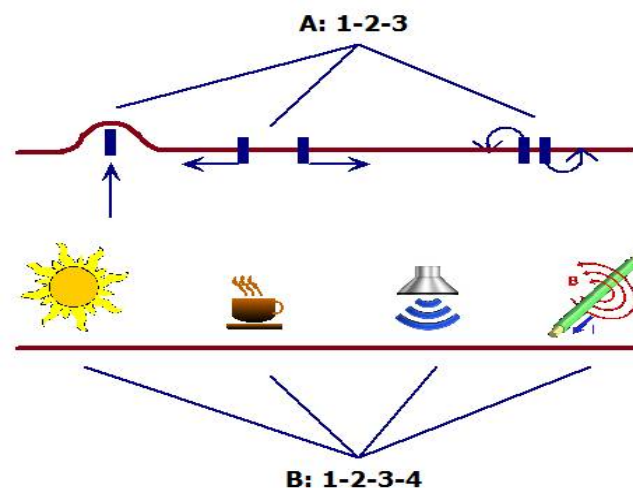
❖ *Индукцированные оптические неоднородности и дефекты* вызваны непостоянными внешними воздействиями и полями, которые имеют естественное или искусственное происхождение. Их можно разделить на два вида - механические воздействия на оптический кабель и воздействие внешних физических полей. К первым относятся различные изгибы, растяжения-сжатия, скручивание, которым может быть подвержен кабель с целью повышения чувствительности к внешним информативным полям. Ко вторым относятся акустические поля, постоянные электромагнитные поля, тепловое воздействие, радиация и др.

при механическом воздействии А:

1 - изгиб, 2 - растяжение, 3 - кручение;

при воздействии внешних физических полей В:

1 - нагрев, 2 - давление-нагрев, 3 - одно тоновое акустическое поле, 4 - магнитное поле тока.



5. Оптические неоднородности сети в формировании ТКУИ

○ **Выводы**

- ❖ оптические неоднородности наиболее опасный элемент любой сети для информационной безопасности функционирования объекта

- оптические неоднородности в сети могут
 - выполнять роль реперных точек и мест эффективного зондирования оптической сети на возможность создания ТКУИ;
 - быть преднамеренно/непреднамеренно созданы в оптическом кабеле на этапе его изготовления и только при эксплуатации проявиться как элемент ТКУИ;
 - быть преднамеренно/непреднамеренно созданы в оптическом кабеле на этапе монтажа кабельной системы и при эксплуатации проявиться как элемент ТКУИ;
 - быть преднамеренно/непреднамеренно созданы в оптическом кабеле при эксплуатации и использоваться как элемент ТКУИ;

6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

○ **Методы повышения эффективности**

❖ можно разделить на виды, которые осуществляются путем

1. применения эффективных методов подключения к оптической кабельной системе;
2. повышения чувствительности волокна к информационному сигналу;
3. использования схем, оптимальных для эффективного зондирования;
4. применения технических методов обработки информативного сигнала при регистрации и обработке;

6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

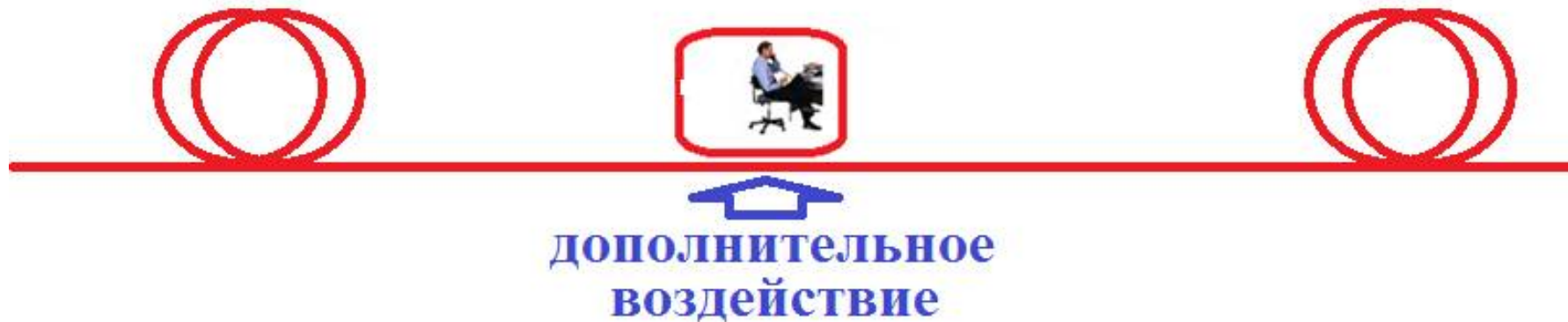
○ **Методы повышения чувствительности оптоволоконна к сигналам**

- ❖ повышение чувствительности штатного оптического кабеля к внешним полям, возможно произвести следующими методами:
 - ✓ применением оптического кабеля с не выявленными и/или не декларируемыми свойствами;
 - ✓ путем локального воздействия на оптический кабель вблизи источника информативного сигнала с целью нарушения штатного состояния кабеля;
 - ✓ путем применения одного или нескольких дополнительных воздействий на волокно;
 - ✓ путем выбора мест зондирования и выбором оптимальной оптической схемы для регистрации информативного сигнала;
 - ✓ выбором параметров зондирующего излучения для эффективной регистрации информативного сигнала;

6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

○ Сложное возбуждение модуляций и наводок

- ❖ одновременное действие двух полей, одно из которых несет информативный сигнал, создает ситуацию, когда первое воздействие инициирует рост обратного излучения, а второе его модулирует.



оба поля могут иметь одну природу, но быть разделенными по какому-либо параметру, например, частоте. Это позволяет разделить два воздействия и выделить информативный сигнал из общего сигнала утечки.

6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

○ Резонансные методы измерения

❖ повышение чувствительности зондирования резонансными методами

любая система обладает резонансными свойствами, определение её резонансных свойств и нахождение соответствующих частот дает возможность повысить чувствительность системы, увеличить информативный сигнал на фоне шумов;

например:

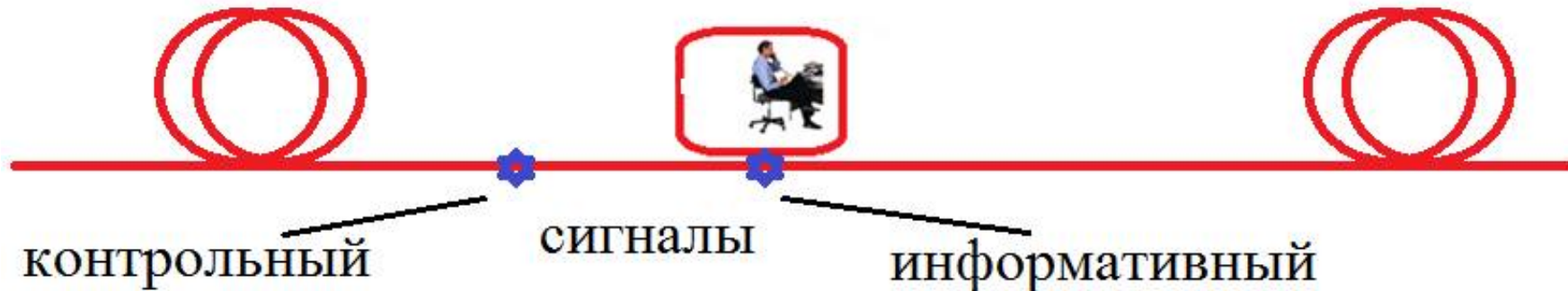
механические колебательные системы в близи оптического кабеля могут создать воздействие на определенной частоте, которая позволит повысить отношение сигнал/шум

6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

○ Методы сравнения информативных сигналов

- ❖ повышение чувствительности зондирования сравнительными и дифференциальными по времени (локализацией в пространстве) методами измерения

проведение зондирования через волоконно-оптические коммуникации, путем сравнения сигналов от двух пространственно разделенных точек:



проведение измерений через волоконно-оптические коммуникации путем сравнение информативного сигнала от одной точки но разделенные во времени

6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

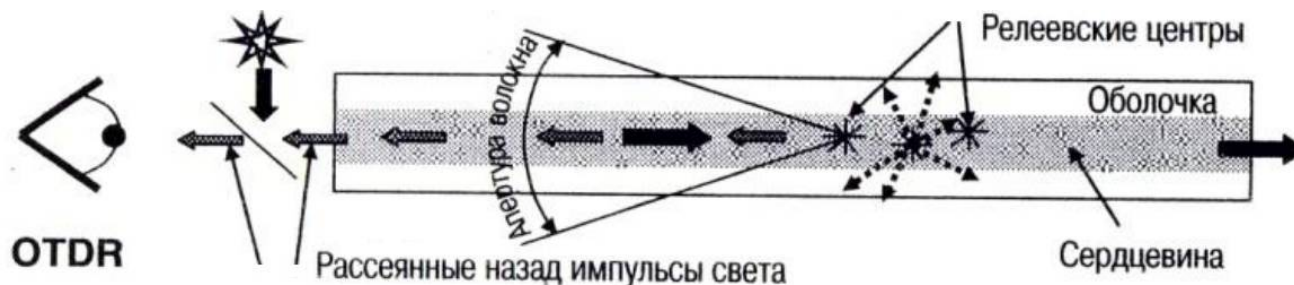
○ Повышение эффективности рефлектометрических методов

- ❖ рефлектометрия основной метод зондирования в оптических коммуникациях и основной инструмент нарушителя, его ТСП
- по виду зондируемого излучения и его регистрации различают
 - I. непрерывная рефлектометрия (optical continuous-wave reflectometry, OCWR);
 - II. *импульсная рефлектометрия (optical time domain reflectometer, OTDR);*
 - i. когерентная рефлектометрия (coherent OTDR, CO-OTDR);
 - ii. корреляционная рефлектометрия (correlation OTDR, COR-OTDR);
 - iii. слабокорреляционная рефлектометрия (low correlation OTDR, LC-OTDR);
 - iv. рефлектометрия в режиме счета фотонов (photon counting OTDR, PC-OTDR);
 - III. частотная рефлектометрия (optical frequency domain reflectometer, OFDR);

6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

○ Повышение эффективности рефлектометрических методов

- ❖ непрерывная рефлектометрия (optical continuous-wave reflectometry, OCWR) – метод обратного рассеяния на основе непрерывного излучения

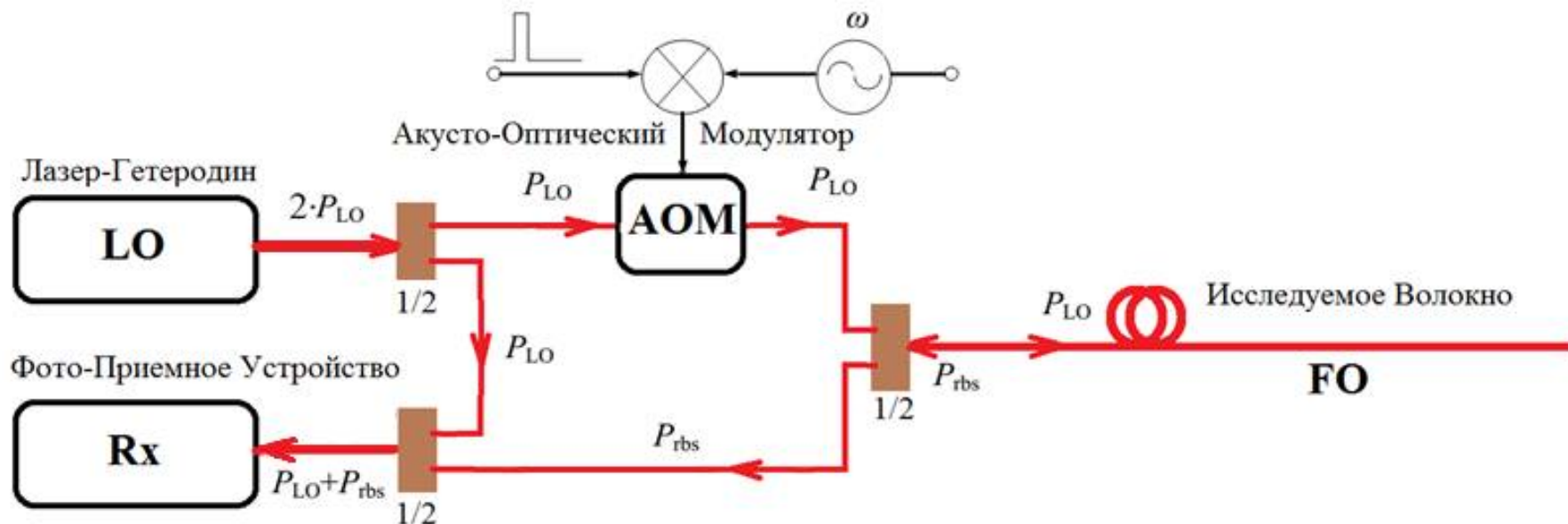


- данный интегральный метод тестирования лучше всего подходит для измерений одиночных отражений, так как позволяет измерять только сумму всех имеющихся отражений;
- основное преимущество метода является высокая чувствительность (около -100 дБ) применяемого прямого метода измерений.
- недостатком метода является возможность проведения измерений только одного выделенного участка с повышенным рассеянием (неоднородности) и невозможности локализации участка.

6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

○ Повышение эффективности рефлектометрических методов

- ❖ когерентная рефлектометрия (coherent optical time domain reflectometer, CO-OTDR) - слабый сигнал обратного рассеяния P_{rbs} смешивается с сильным когерентным оптическим сигналом гетеродина P_{LO} , что обеспечивает когерентное усиление принимаемого сигнала.

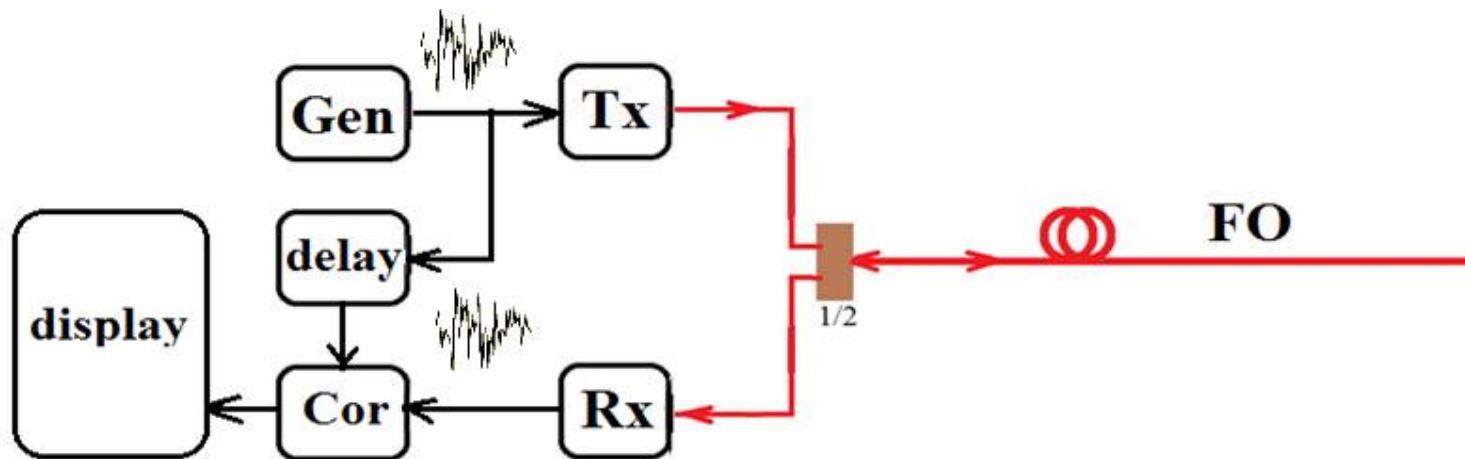


6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

○ Повышение эффективности рефлектометрических методов

- ❖ корреляционная рефлектометрия (correlation optical time domain reflectometer, COR-OTDR) - в методе для зондирования используется сложный сигнал, который сохраняет свою форму в возвращаемом сигнале.

на входе тестируемого ОВ формируется и вводится сложный зондирующий сигнал, регистрируется поток обратного рассеяния, затем с помощью коррелятора вычисляется взаимно корреляционная функция полученного и опорного сигналов, которая и является рефлектограммой тестируемого ОВ.



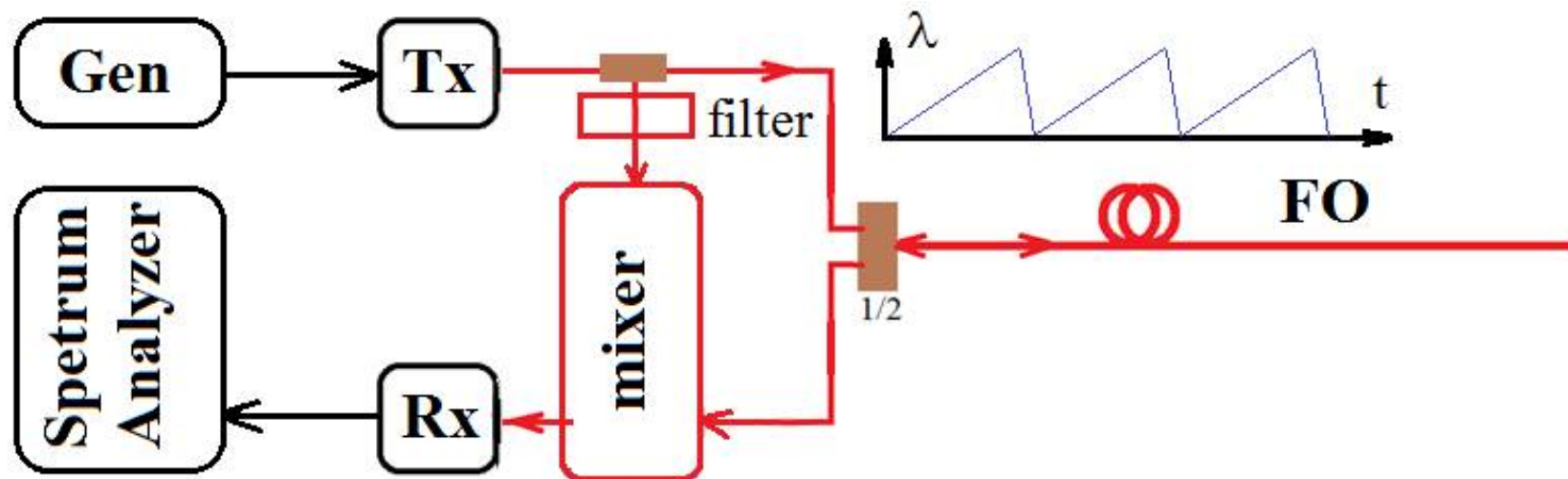
при определенных требованиях, предъявляемым к зондирующему сигналу (он должен обладать автокорреляционной функцией с узким пиком) удастся путем корреляционного анализа получить высокое разрешение при одновременно сравнительно большом динамическом диапазоне.

6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

○ Повышение эффективности рефлектометрических методов

❖ частотная рефлектометрия (optical frequency domain reflectometer, OFDR) - оптическая рефлектометрия в частотной области

метод основан на «свип»-модуляции когерентного оптического излучения, в ОВ вводится непрерывный оптический сигнал, частота которого изменяется по заданному закону. Сигнал обратного рассеяния с определенной задержкой поступает на вход ОВ, где смешивается с опорным (зондирующим) сигналом. В результате формируется сигнал биений, частотный спектр которого непосредственно описывает характеристику обратного рассеяния тестируемого ОВ. Построение самой рефлектограммы осуществляется путем узкополосной фильтрации сигнала биений. Это приводит к минимизации шумов фотоприемника и увеличивает чувствительность фотоприемника при высоком разрешении (чувствительность к сигналам Френелевского отражения - менее -80 дБ)



6. Возможности нарушителя по повышению эффективности ТКУИ

○ Выводы

- ❖ разнообразие методов повышения эффективности функционирования ТКУИ определяется
 - характером формирования канала утечки, необходимо знать принципы функционирования преобразователей информативных сигналов, число которых неопределенно, даже при известном преобразователе – оптоволоконный преобразователь;
 - использованием паразитных модуляций и наводок, которые изначально не являются точно и четко определяемыми по своим физическим принципам;
 - трудностями выявления принципов модуляции и последующего сохранения в неизменном состоянии всех характеристик преобразования;

Темы для обсуждения по лекциям 11-12

«Сценарий утечки информации и их анализ»

Модель угроз информационной безопасности через волоконно-оптические коммуникации и их физические принципы формирования;
Обобщенный сценарий сбора информации через штатные волоконно-оптические коммуникации;
Внутренний и внешний нарушитель в канале утечки информации, роль архитектуры и топологии сети, примеры угроз;
Зондирование оптической сети, схемы на прохождение и на отражение, использование штатных излучений для зондирования;
Оптические неоднородности сети формирования канала утечки;
Возможности нарушителя по повышению эффективности канала утечки, роль параметров зондирующего излучения, внешние воздействия на кабель .

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

размещены дополнительные материалы по теме «ИБВОТ»