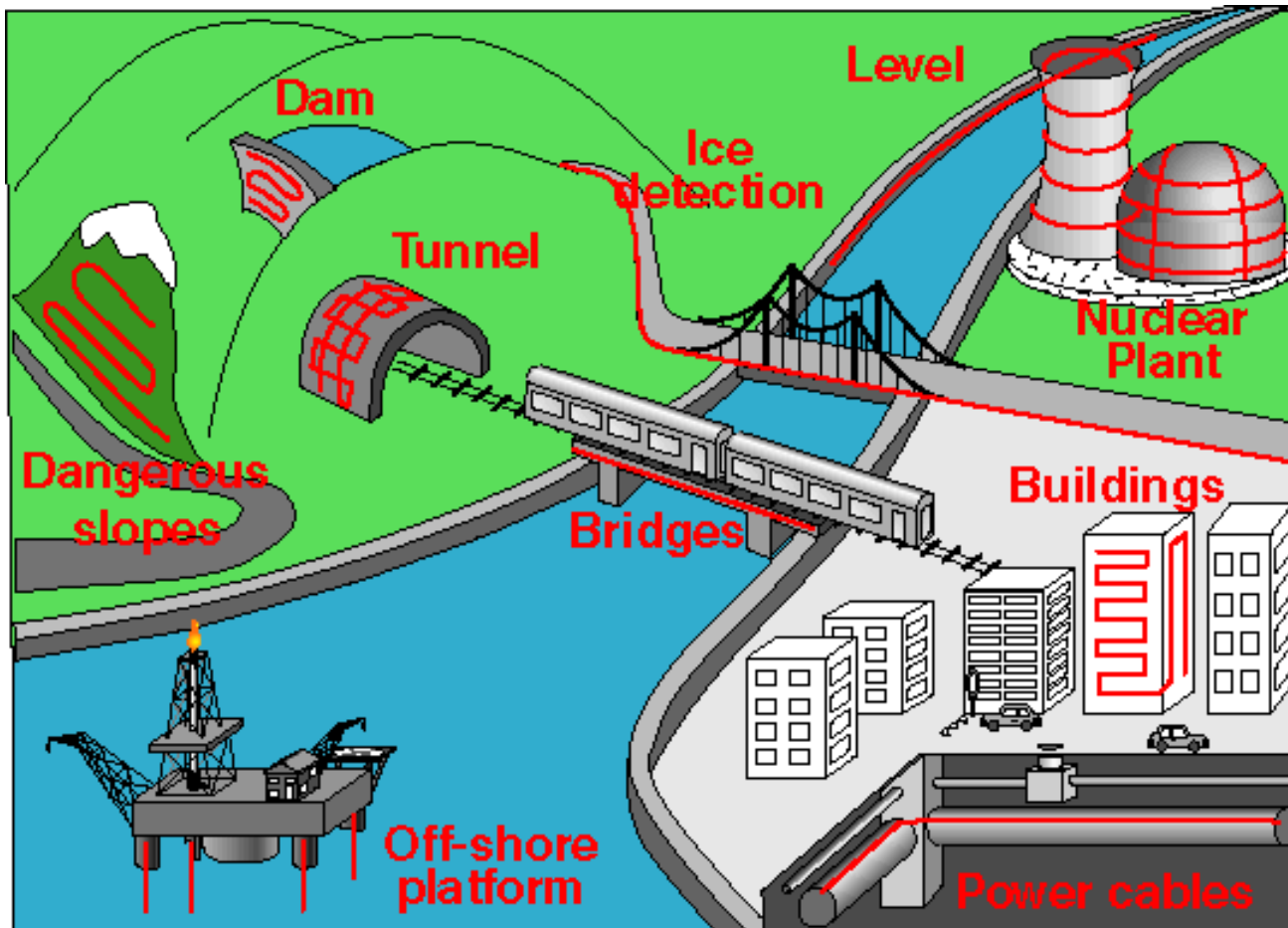


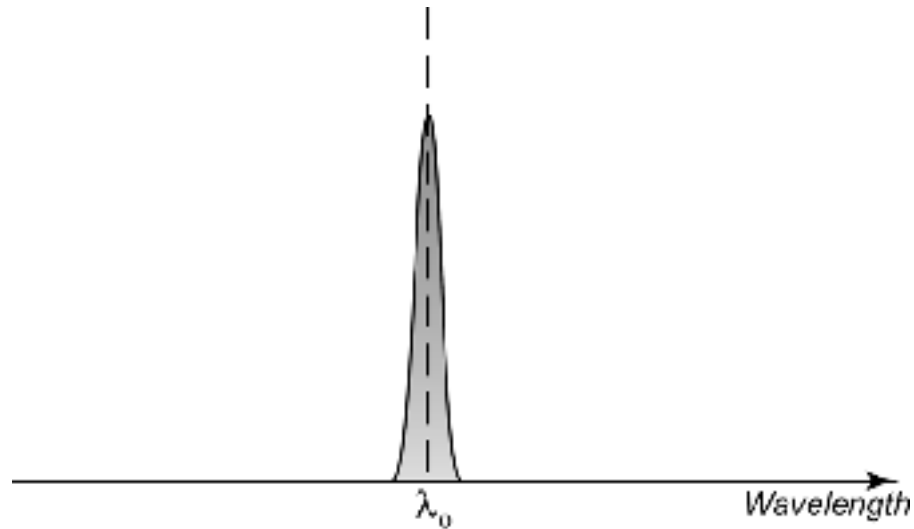
Сенсорная технология

Применение



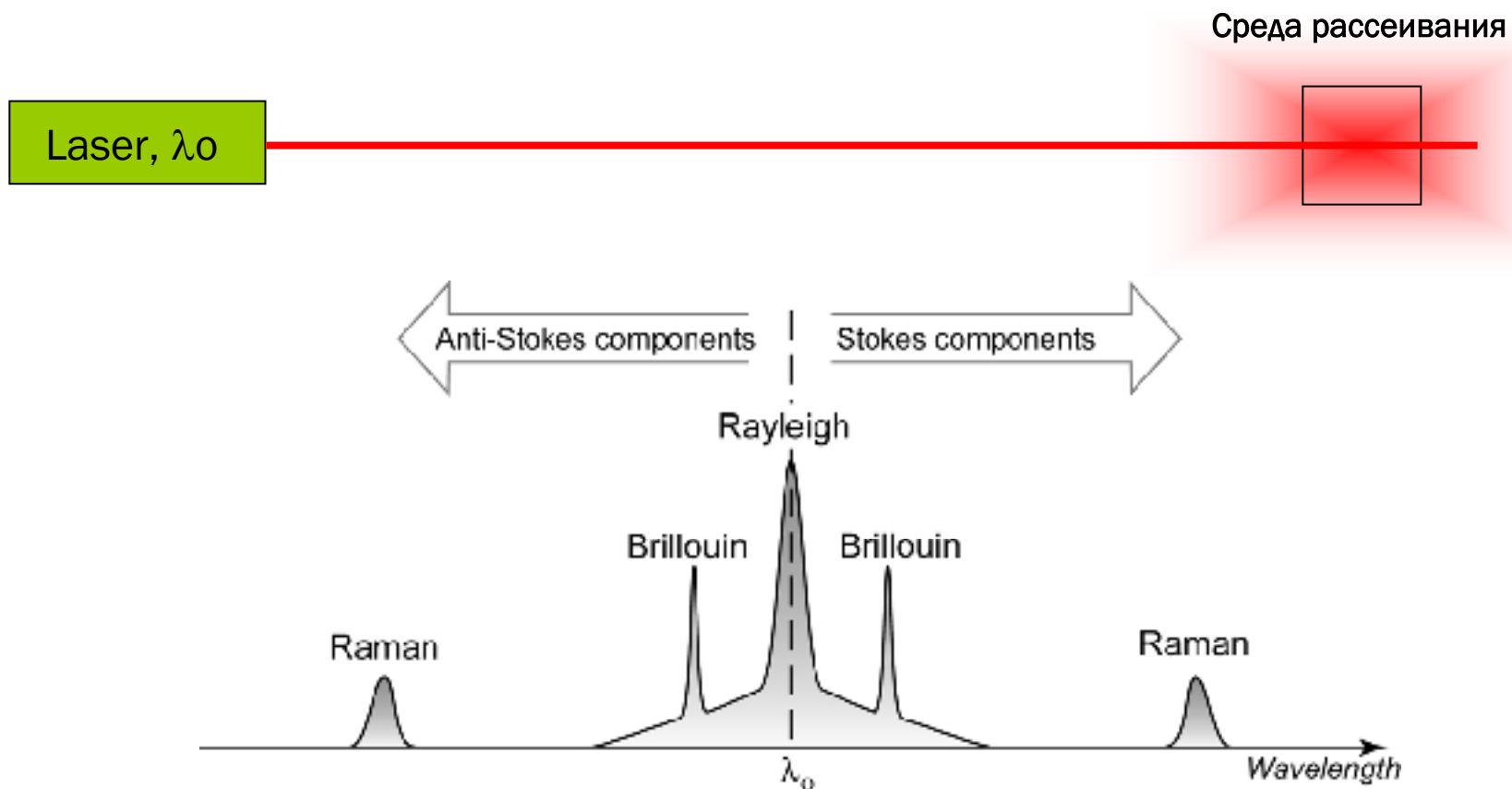
ОСНОВЫ Свет лазера

Laser, λ_0



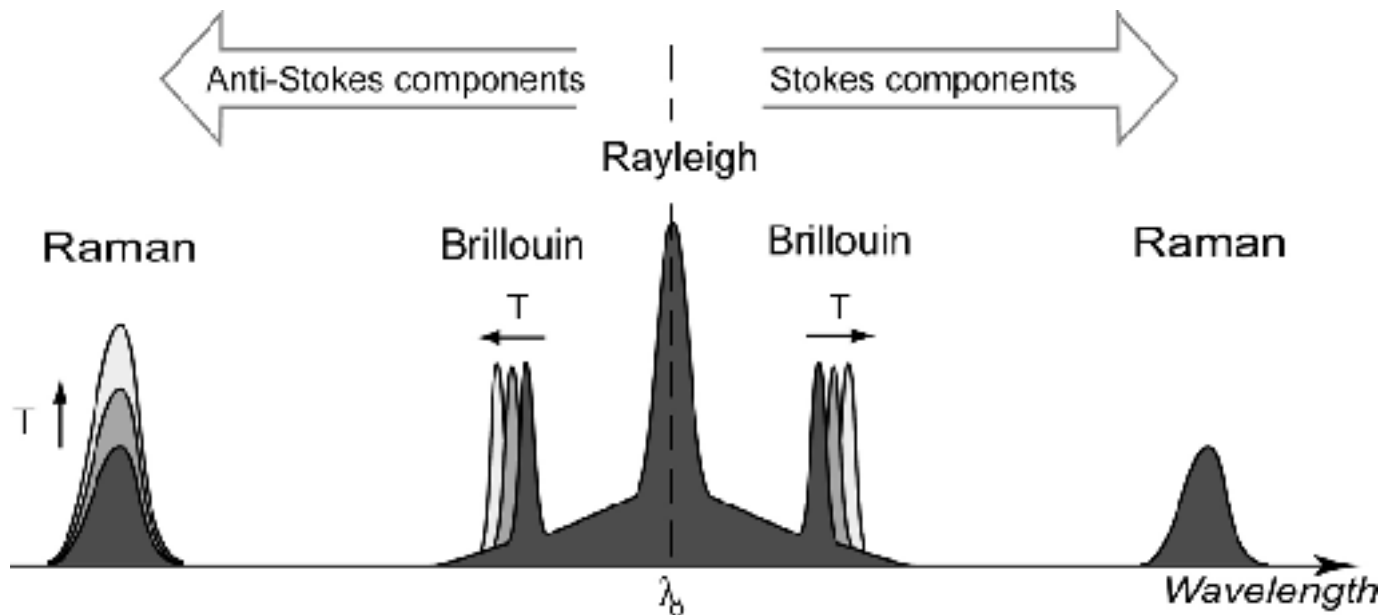
Физика

Рассеивание лазерного луча



Физика

Использование лазерного рассеивания для сенсорной технологии



Система измерения

- **Эффект Рамана**

- Только температура
- Низкая интенсивность
- Многомодные волокна
- Недорогое решение для расстояний до 5 км

- **Эффект Бриллюна**

- Температура и деформации
- Частотный метод
- Одномодные волокна
- Для расстояний до 40 км
- Может быть комбинировано с одномодной коммуникационной передачей

Raman vs. Brillouin сенсорная технология

- **Измерение температуры на основе эффекта Рамана**
 - Рассеивание чувствительно только к температуре
 - Низкий поток рассеивания
 - Требуются многомодовые волокна (high numerical aperture).
 - Высокая эффективность для расстояний 5 – 8 км

Raman vs. Brillouin сенсорная технология

- **Сенсоры Brillouin на основе температуры / деформации**
 - Рассеивание по Брильону чувствительно к деформациям и температуре
 - Возможности индуцирования через выделенный оптический процесс
 - Требуется применение одномодовых кабелей
 - Предполагает большие расстояния (более 30 км)
 - Преимущества частотного метода измерений
 - Более современная система измерений
 - Совместимость с одномодовой системой коммуникаций (данные могут быть уплотнены с данными передачи)

Оптоволокно как чувствительный элемент

- **DTS основан на измерении характеристик рассеивания по Брильону**
 - Естественный процесс рассеивания, совмещенный с распространением света
 - Сложные свойства оптоволоконна
 - Взаимодействие света со средой распространения
 - Дополняется наличием неоднородности, связанной с акустическими волнами в кварце (акустические фононы)

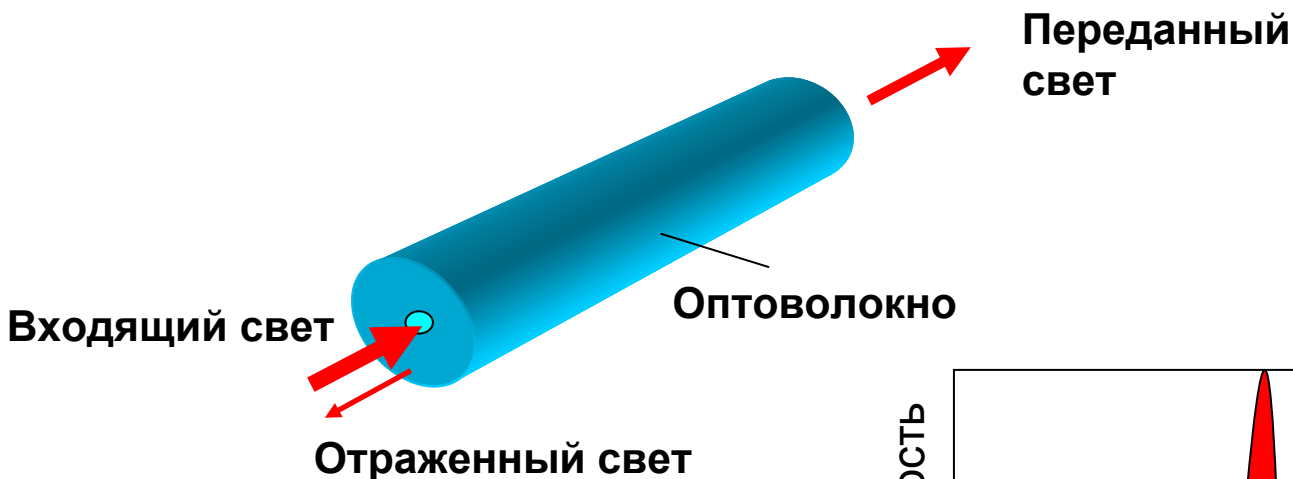


Léon Brillouin (1889-1969):

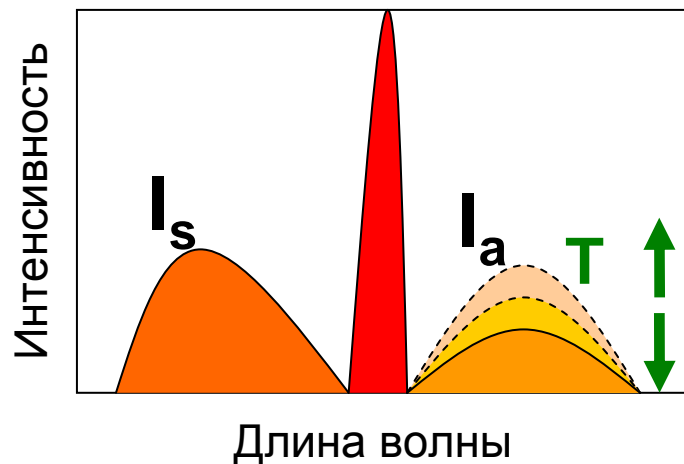
Французский физик Léon Brillouin – один пионеров в области квантовой механики и физики твердого тела. Первым описал свойства of thermally excited акустических волн в твердых телах и жидкостях и их взаимодействие со светом, приводящее к рассеиванию света.

Методы

Метод Рамана для мониторинга температуры



Спектральный анализ отражения



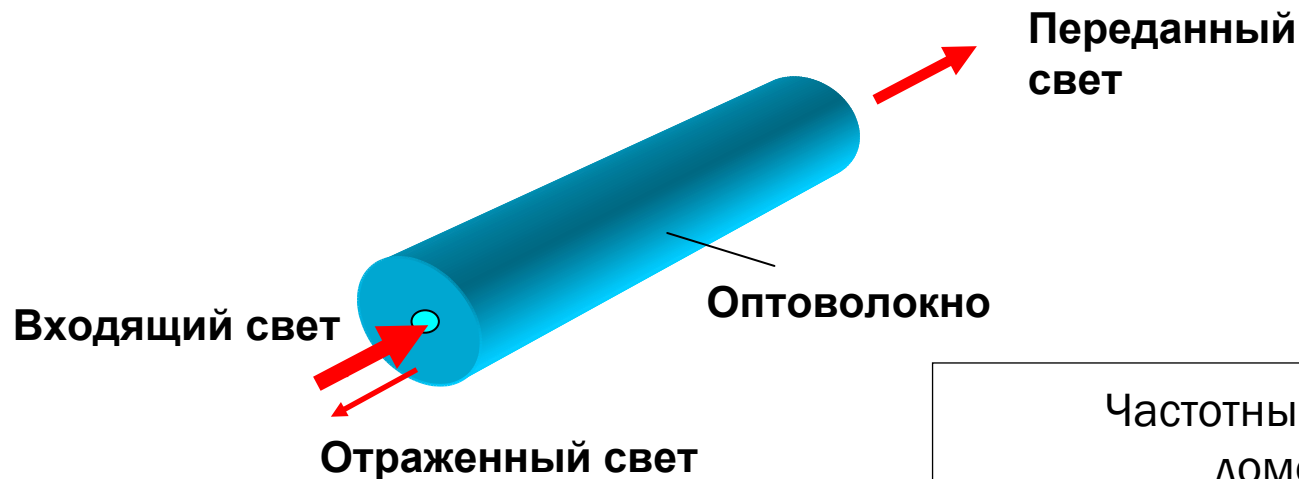
Методы измерения

Измерения температуры на основе метода Рамана

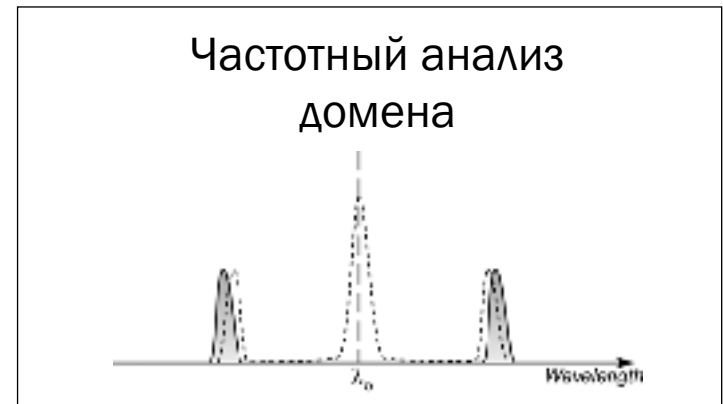
- Интенсивность отраженного импульса → температура
 - Задержка отраженного импульса → расположение
- Температурный профиль может быть записан и вдоль всего оптоволокна

Методы

Метод Бриллюна для мониторинга температуры



Спектральный анализ отражения



Методы измерения

Измерения температуры на основе метода Брильона

- Частотный сдвиг импульса Брильона → температура
 - Задержка отраженного импульса → местоположение
- Температурный профиль может быть записан и вдоль всего оптоволокна

Область применения и рынки



Область применения и рынки

- **Нефтегазовые предприятия**
 - Трубопроводы, хранилища, добывающие платформы, ...
- **Гражданское строительство**
 - Структурный мониторинг (дамбы, плотины, насыпи, шоссе, ...).
- **Надзор за состоянием и системы безопасности**
 - Туннели, системы обогрева, свалки и хранение отходов, силовые кабели, ...
 - Оползни
- **Изучение аспектов окружающей среды**
- **Телекоммуникации**
 - Обслуживание волоконно-оптических кабелей

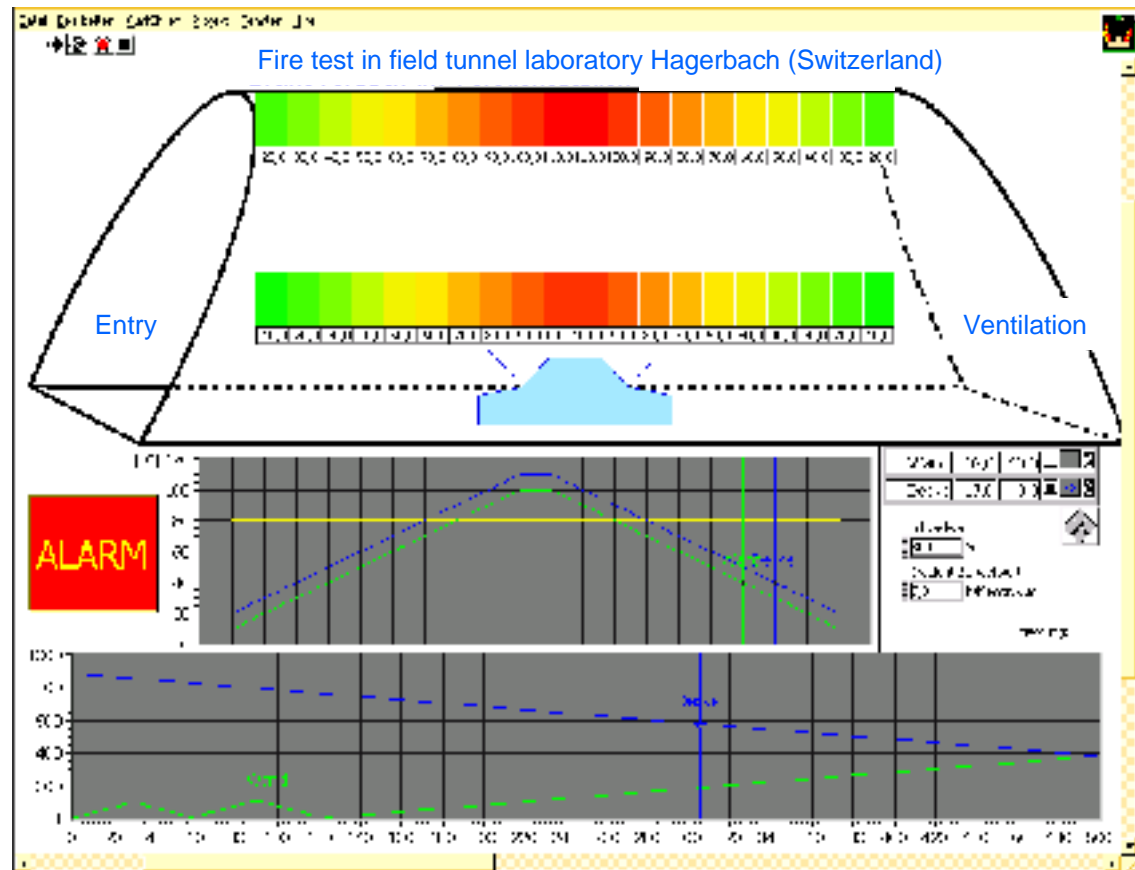
Преимущества оптоволоконного мониторинга температуры

- Постоянное, распределенное измерение температуры с высоким разрешением
- Много вариантов размещения системы
- Возможна установка в неразборных сооружениях (напр., дамбы, плотины)
- Влияние электромагнитных полей отсутствует
- Легкий монтаж
- Влияние температурных полей в процессе измерения отсутствует
- Отсутствуют активные электронные компоненты (защита против взрывов)

Пример применения

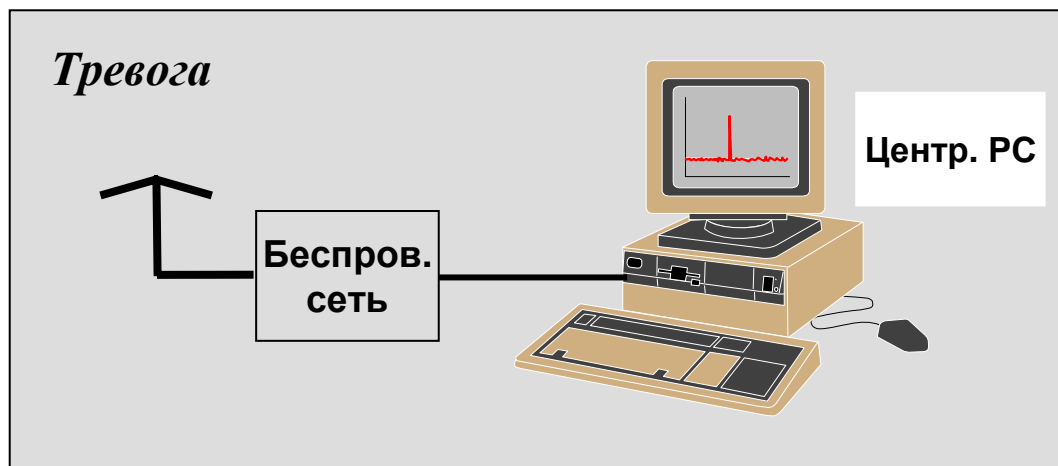
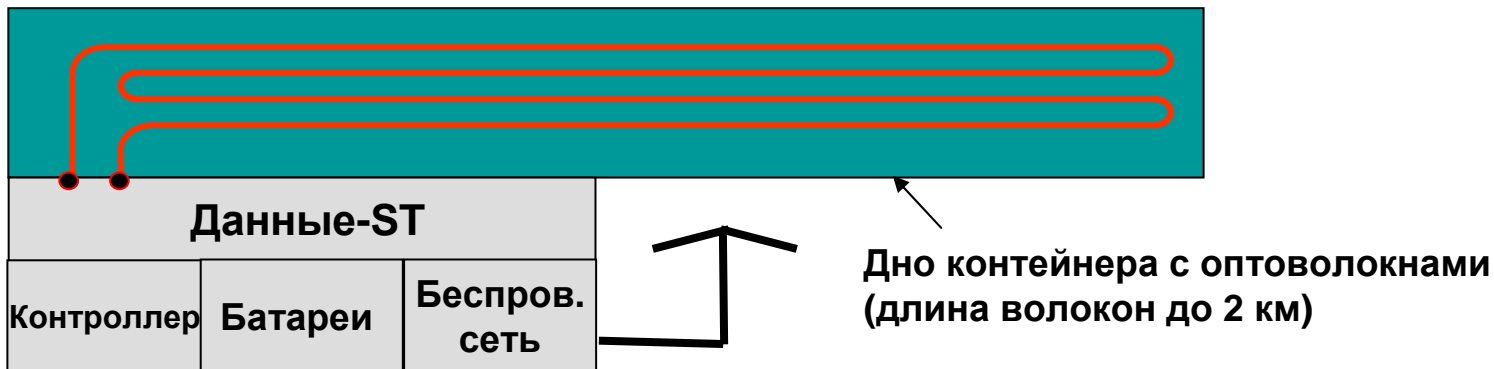
Защита от возгораний в туннелях

- Быстрое определение места перегрева
- Определение места возгорания
- Эффективная координация пожаротушения



Мониторинг горячих контейнеров

Сталь, медь, алюминий, и др.



Измерение температуры непосредственно в контейнере

Интерпретация/ мониторинг - центральной PC

Технические данные системы

Требуемое оптоволокно: MM 50 μ m / 125 μ m

Показатели:

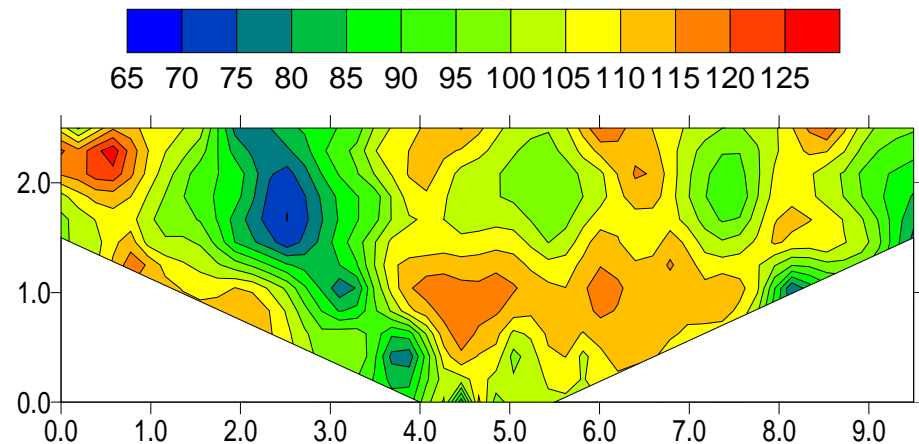
- Диапазон измерений 4 км
- Пространственная резолуция 1 м
- Температурное разрешение ± 0.5 K @ 60 сек., 4 км
- Повторяемость температуры ± 0.1 K @ 1 ч, 4 км, 10 измерений
- Абсолютная погрешность измерения ± 2.5 K

Технические данные:

- Класс безопасности лазера 1M
- Рабочая температура 0 °C to 50 °C
- Питание 10... 36 В пост. тока
- Потребление 35 Вт
- Размеры NEMA 4 ящик (IP 66)
- Масса < 10 кг

Мониторинг температуры печи

- Уменьшает затраты на обслуживание и эксплуатацию
- Позволяет останавливать печь точно в нужное время



Другие применение

- **Системы определения тепловыделения**

Особенности и преимущества

- 8 км, 16 км и 24 км диапазон
- Надежный и легкий монтаж кабелей
- Автоматическое управление и конфигурация
- Быстрое определение и локализация возгораний
- Интерфейс с стандартной системой управления
- Автоматическая генерация тревожных сигналов



Другие применения

- **DTS система определения утечек в дамбах, насыпях, трубопроводах, и др.**

Особенности и преимущества

- Расстояние до 30 км
- Расширение до более 250 км с одним инструментом и DRM
- Надежный и легкий монтаж кабелей
- Автоматическое управление и конфигурация
- Высокая точность мониторинга температуры ($< 0.5^{\circ}\text{C}$) для надежного определения утечек
- Автоматическая генерация тревожных сигналов



Прокладка следящего кабеля

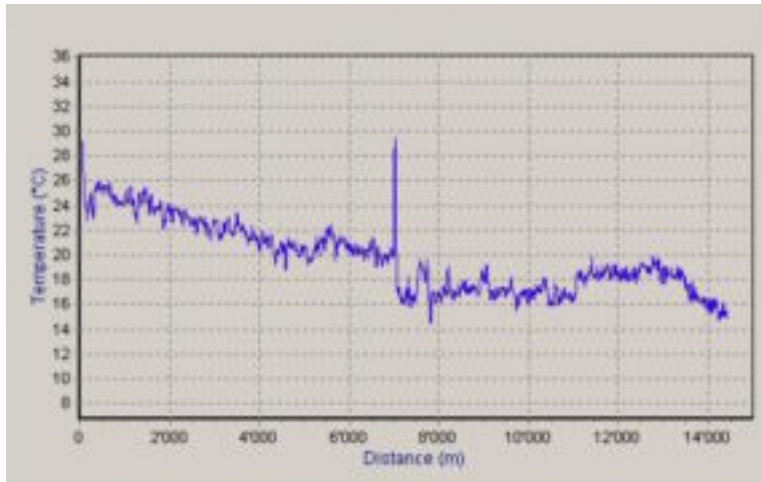
- Прокладка кабеля во время строительства трубопровода



Следящий волоконно-оптический кабель проложен в песок до прокладки трубопровода

Обслуживание трубопроводов

- Мониторинг температуры во время испытаний трубопроводов давлением
- Полугодовые проверки трубопроводов
- Высокая точность мониторинга температуры на 15 км отрезках трубопроводов



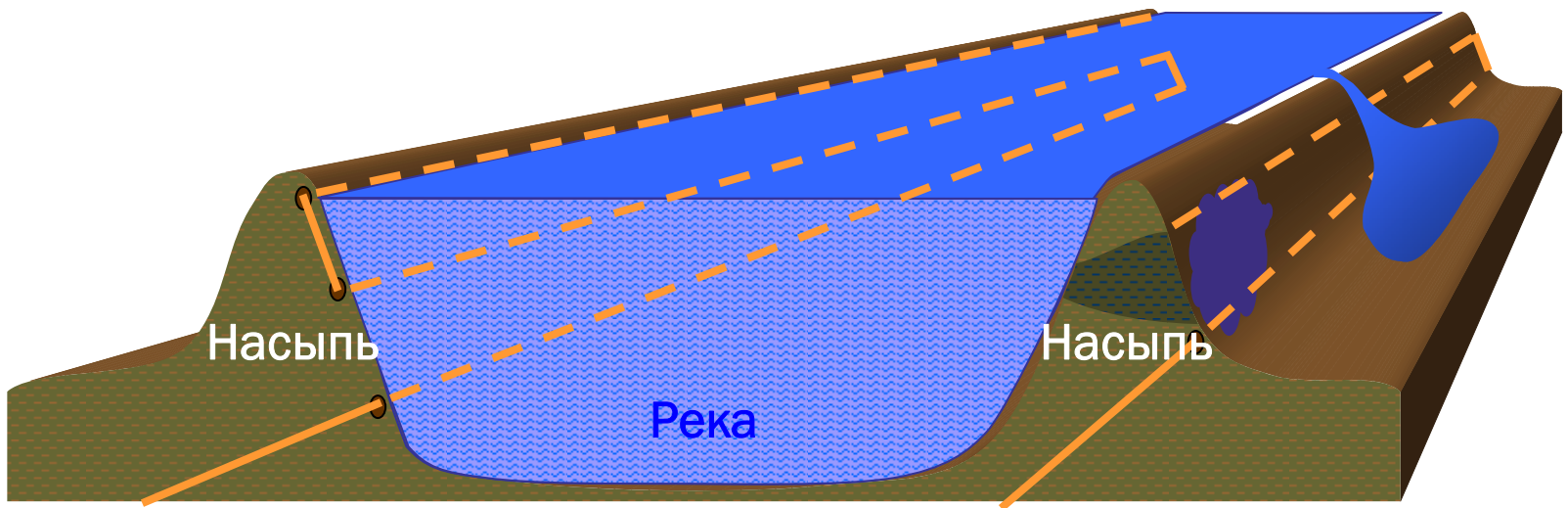
Надзор за состоянием и системы безопасности

- Мониторинг оползней земли
- Мониторинг силовых кабелей
- Системы обогрева
- Пожарообнаружение в туннелях и зданиях
- Свалки мусора и отходов
- Системы кондиционирования воздуха
- Мониторинг плотин



Мониторинг насыпей в реках – предупреждение эрозии

- Возможность охвата больших расстояний
- Возможность определения места эрозии (раннее предупреждение) или переполнения до катастроф



Мониторинг температуры в дамбе

- **Мониторинг температуры бетона при укладке**
 - При перегреве возникают микротрещины ($T > 50^{\circ}\text{C}$).
 - Дамба: добавлено 17 м высоты для увеличения емкости озера



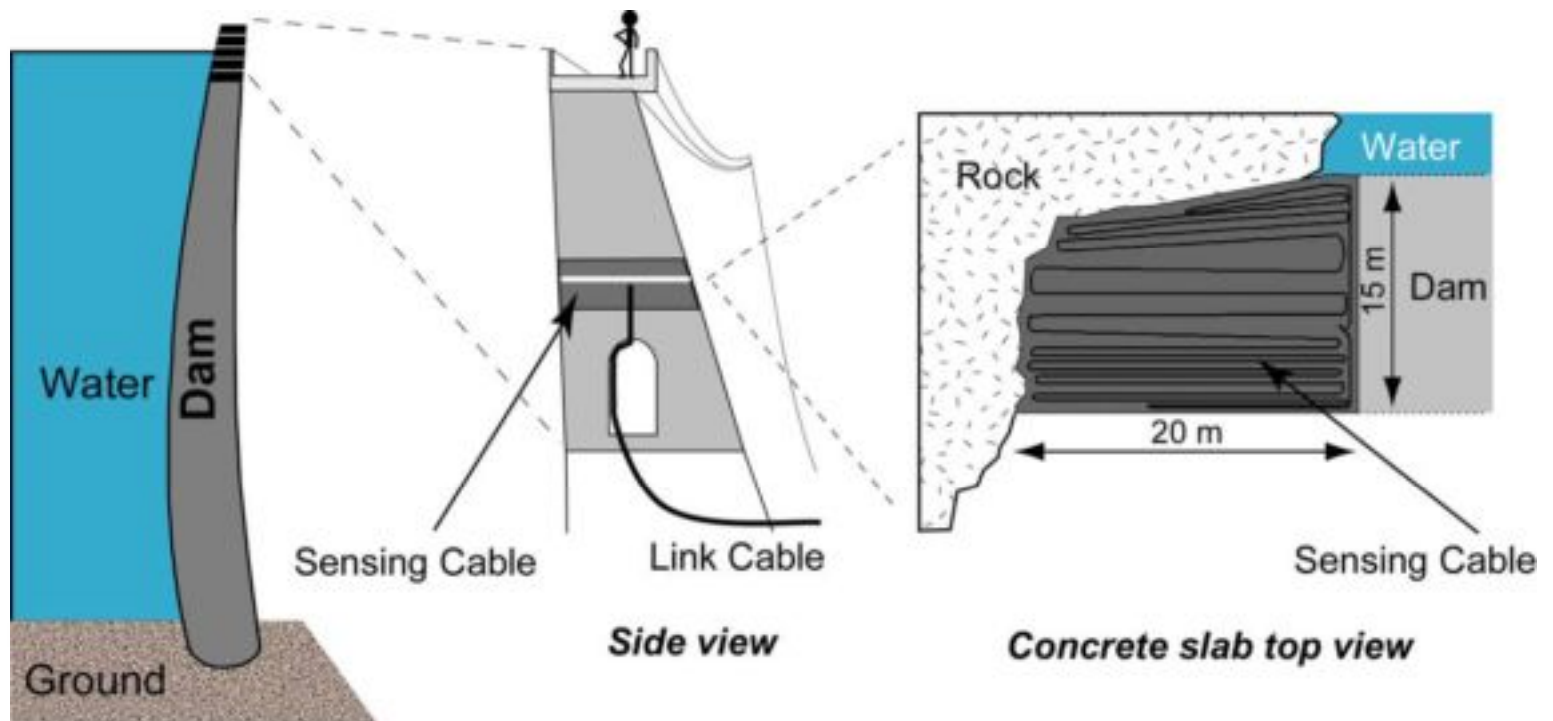
Мониторинг температуры в дамбе

- Установка сенсорных оптоволокон в слое бетона (15 м x 20 м)



Мониторинг температуры в дамбе

- Установка сенсорных оптоволокон в слое бетона (15 м x 20 м)



Мониторинг температуры в дамбе

- Изменение температуры в течение 6 месяцев

