



Всероссийская конференция по волоконной оптике 2011г.

**Защита кабельной инфраструктуры
оптических линий связи
распределенным акустическим датчиком
на основе когерентного рефлектометра**

**В.Н.Трещиков¹, Е.Т.Нестеров¹, А.Ж.Озеров¹,
О.Е.Наний²**

¹ООО "Т8", ²МГУ им. Ломоносова



1. Применение COTDR для охраны ВОЛС
2. Дальность действия COTDR
 1. Шумы приемной части
 2. Основные нелинейные эффекты
3. Испытания макета
4. Характеристики

Охрана ВОЛС

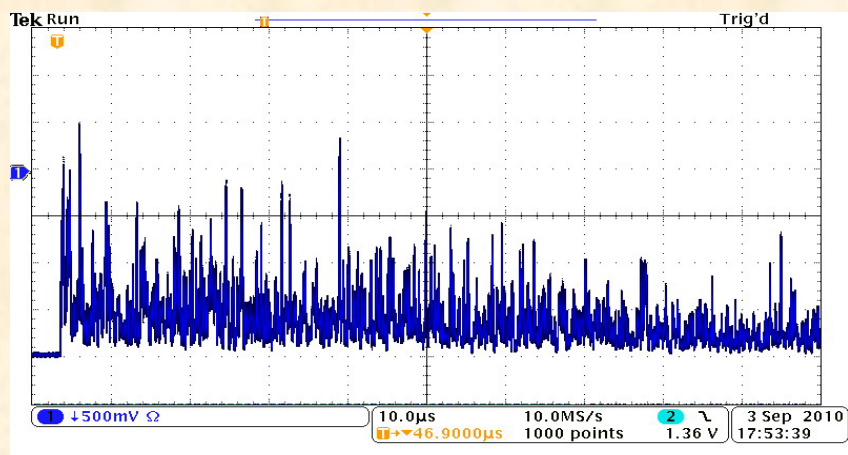
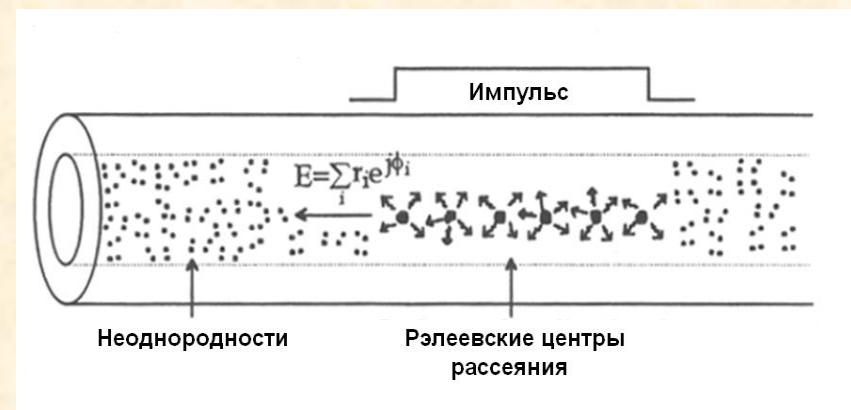
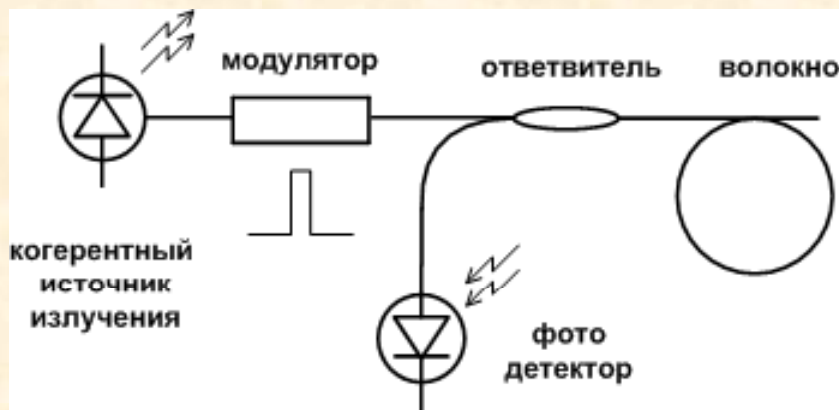


Одна из наиболее частых причин выхода из строя ВОЛС – обрыв оптического кабеля

Наиболее распространенными являются две: случайное повреждение (особенно ВОЛС подземной прокладки) при проведении работ вблизи расположения кабельной линии и вандализм.

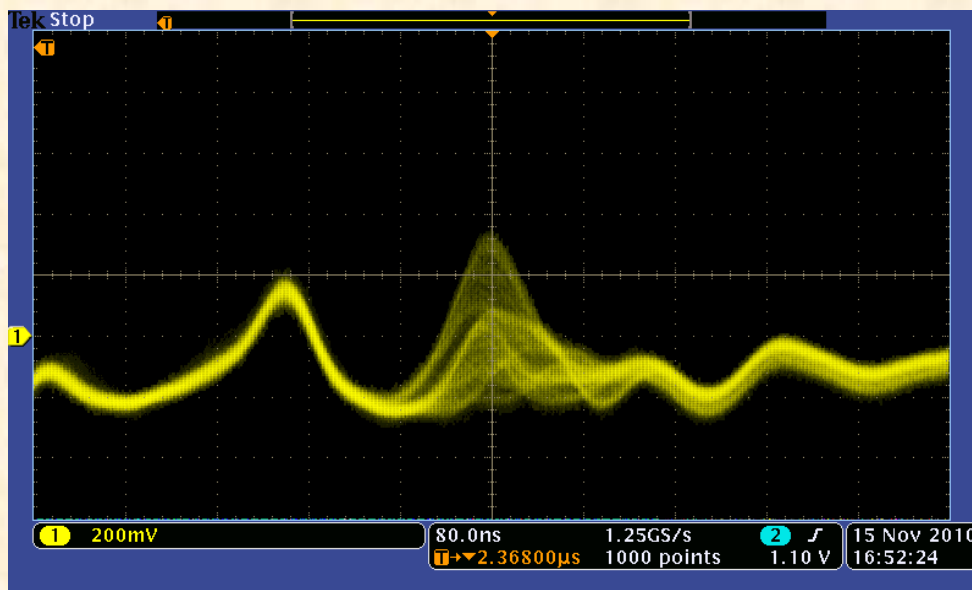


Принцип действия





Локальное воздействие на волокно



Несколько рефлектограмм на осциллографе

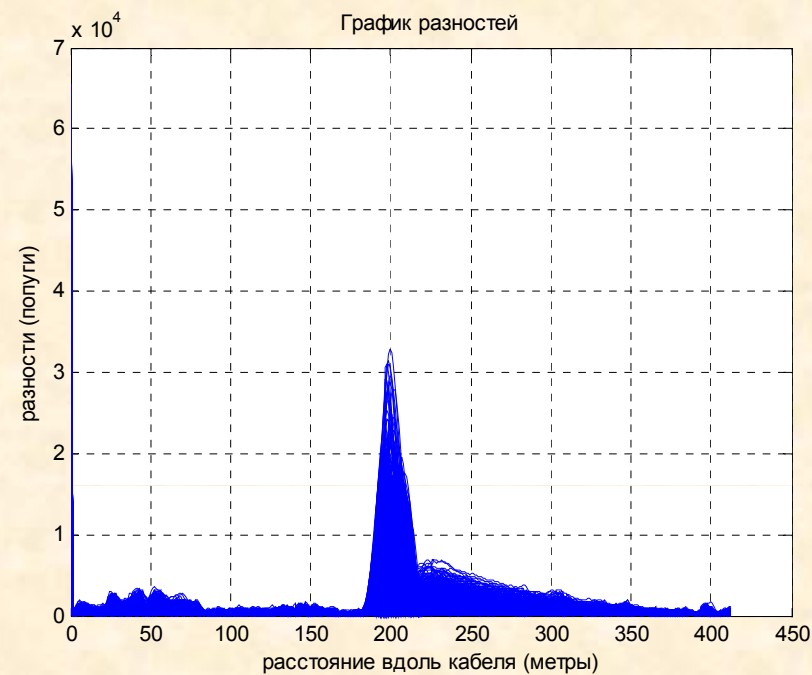


График разностей рефлектограмм

Содержание



1. Применение COTDR для охраны ВОЛС
2. Дальность действия COTDR
 1. Шумы приемной части
 2. Основные нелинейные эффекты
3. Испытания макета
4. Характеристики



Дальность действия ограничивается нелинейными эффектами в волокне и шумами приемной части.

Шумы приемной части:

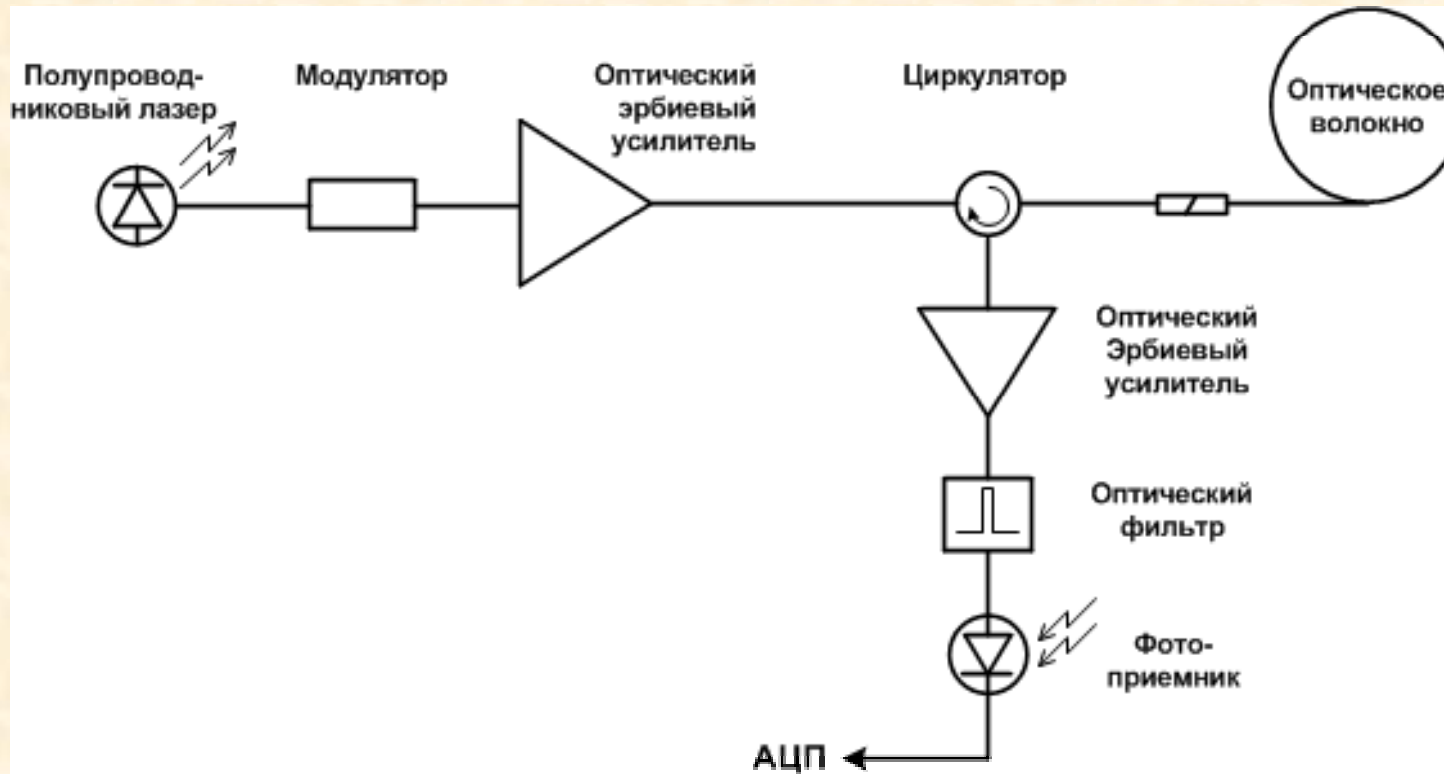
1. Шумы фотоприемника
2. Шумы оптического предусилителя

Основные нелинейные эффекты:

1. Вынужденное рассеяние Манделштама-Бриллюэна.
2. Вынужденное комбинационное рассеяние.
3. Фазовая самомодуляция.

Дальность действия определим, как наибольшее расстояние, на котором С/Ш не меньше заданного (3 дБ)

Оптическая схема когерентного рефлектометра





Шумы фотоприемника:

второго порядка малости в сравнении с шумами оптического предусилителя

Шумы оптического предусилителя

$$\sigma_{СП-СП}^2 \approx \sigma_{Сиг-СП}^2 / 4$$

Шумы биений спонтанного излучения со спонтанным излучением

$$\sigma_{СП-СП}^2 \approx \Delta f \cdot \Delta \nu$$

Шумы биений сигнала со спонтанным излучением

$$\sigma_{Сиг-СП}^2 \approx \Delta f$$

Содержание



1. Применение COTDR для охраны ВОЛС
2. **Дальность действия COTDR**
 1. Шумы приемной части
 2. **Основные нелинейные эффекты**
3. Испытания макета
4. Характеристики



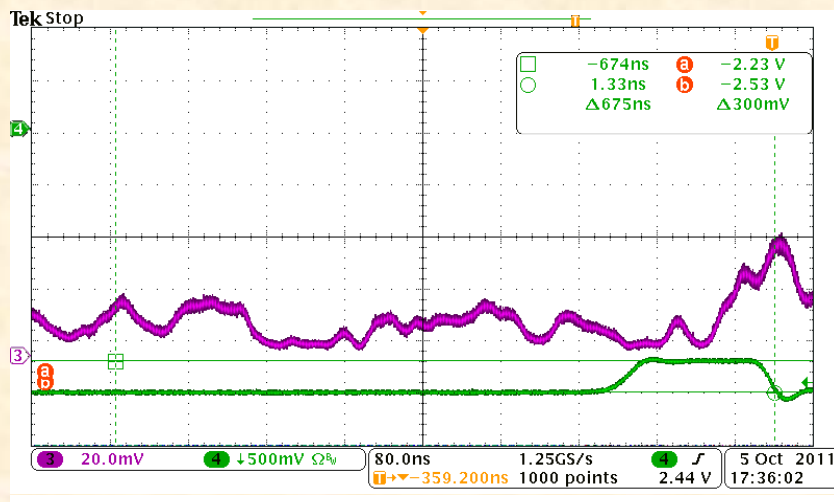
2.2 Экспериментальное измерение зависимости дальности действия от вводимой мощности

1. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
2. Вынужденное комбинационное рассеяние.
3. Фазовая самомодуляция.

Дальность действия когерентного рефлектометра

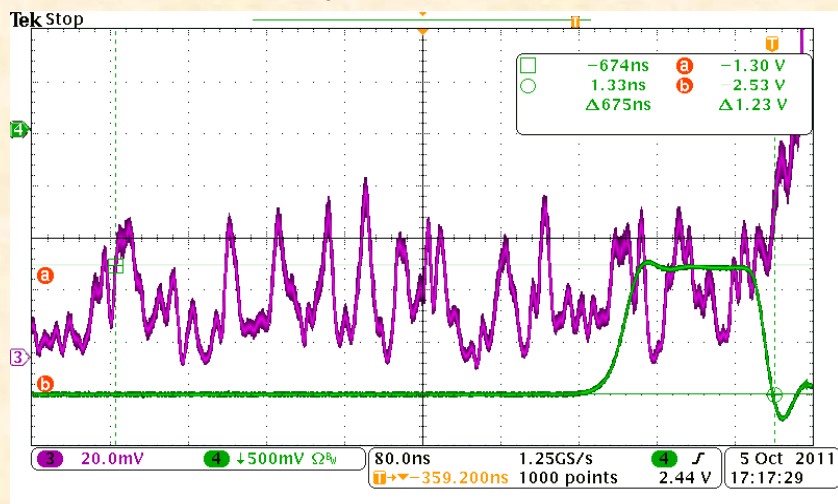


Мощность импульса 300 мВт



При увеличении мощности импульса, вводимого в линию, более 500 мВт, амплитуда рефлектограммы начинает уменьшаться, спектр уширяется

Мощность импульса 500 мВт



Мощность импульса 600 мВт

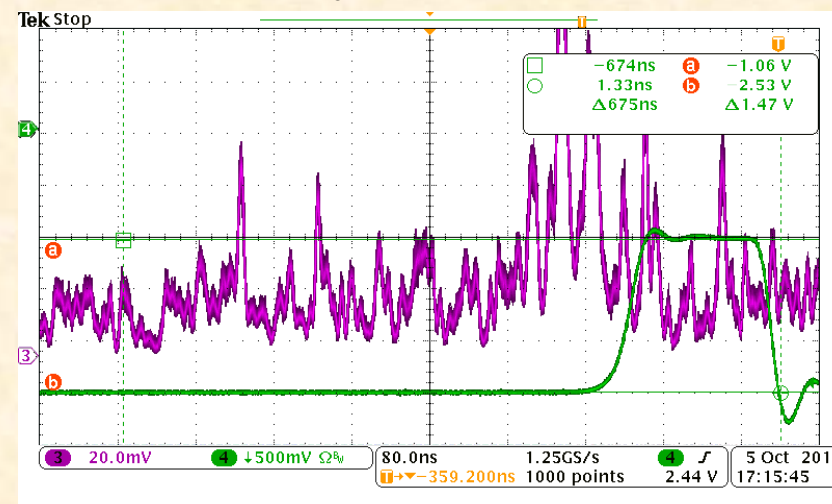
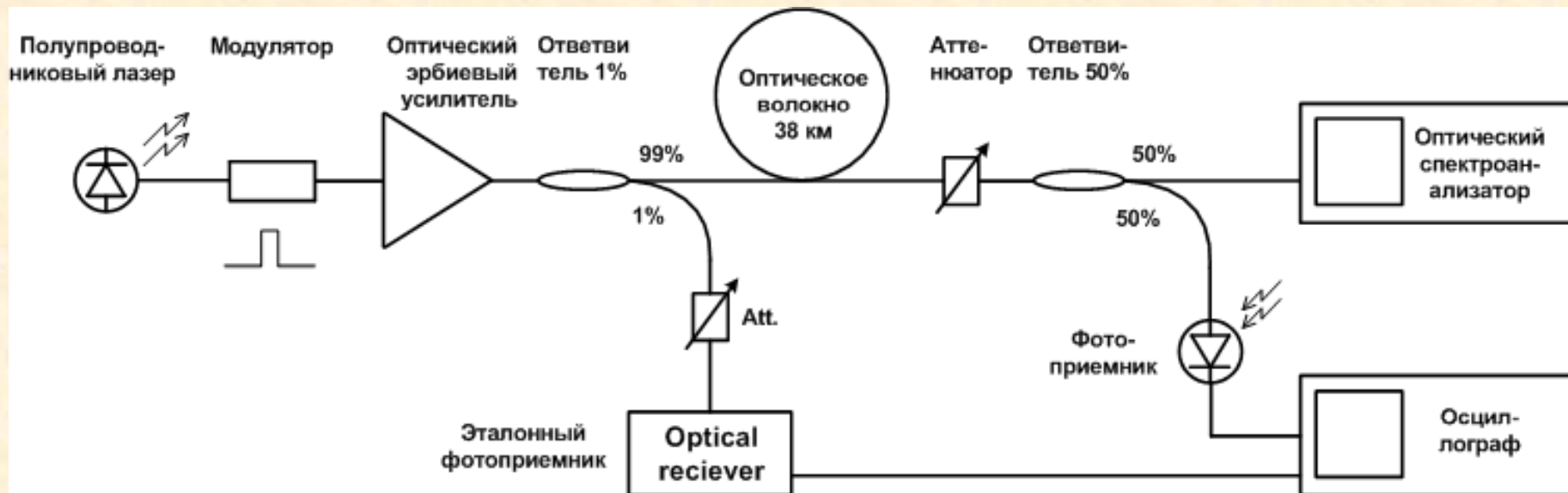
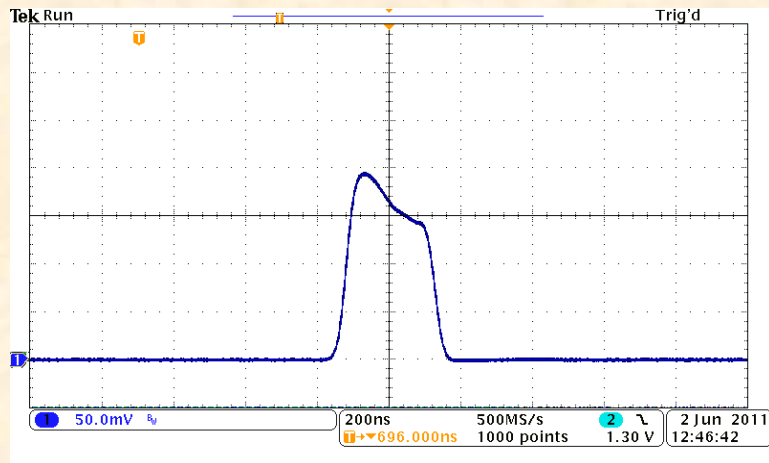


Схема измерения сонаправленного ВКР



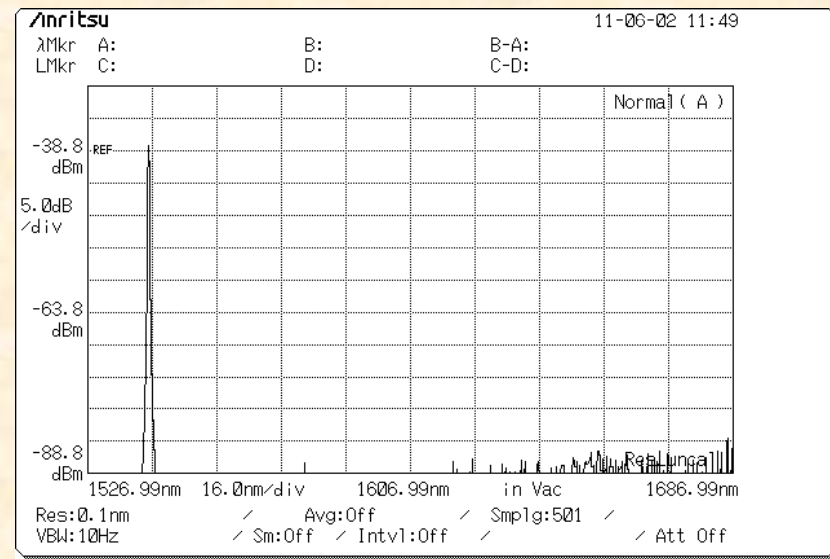
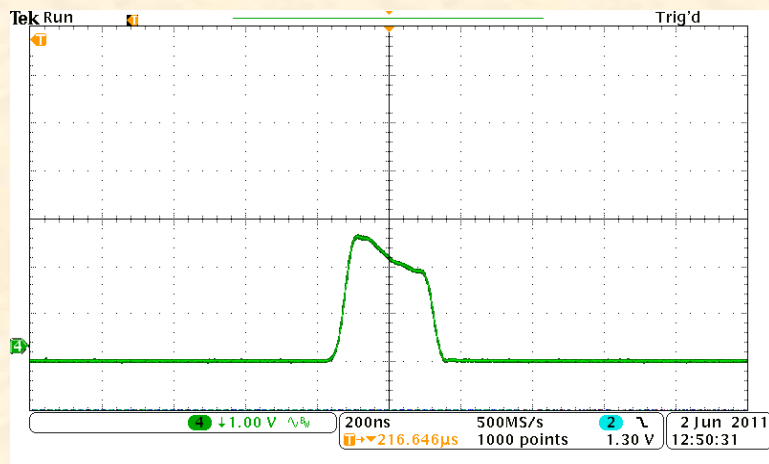
Измерения порога ВКР



Мощность импульса

на входе в линию - 2 Вт

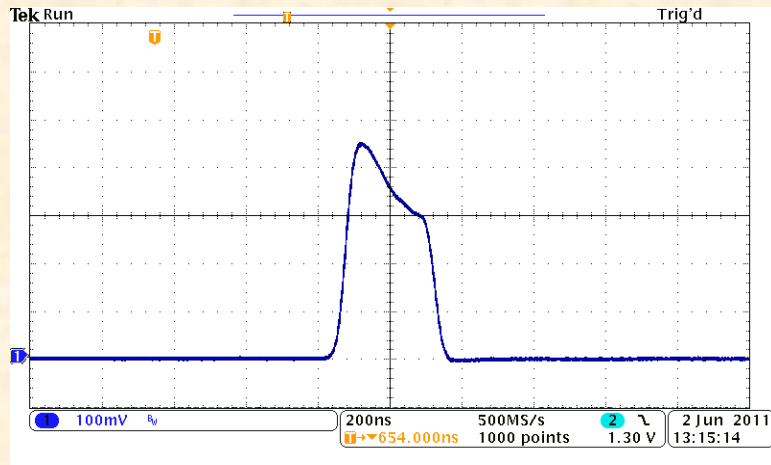
Импульс на входе в линию



Импульс на выходе из линии

Спектр сигнала на выходе из линии

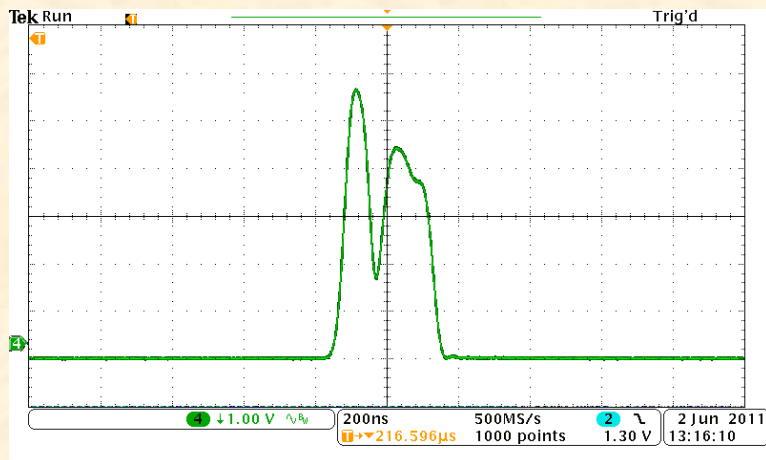
Измерения порога ВКР



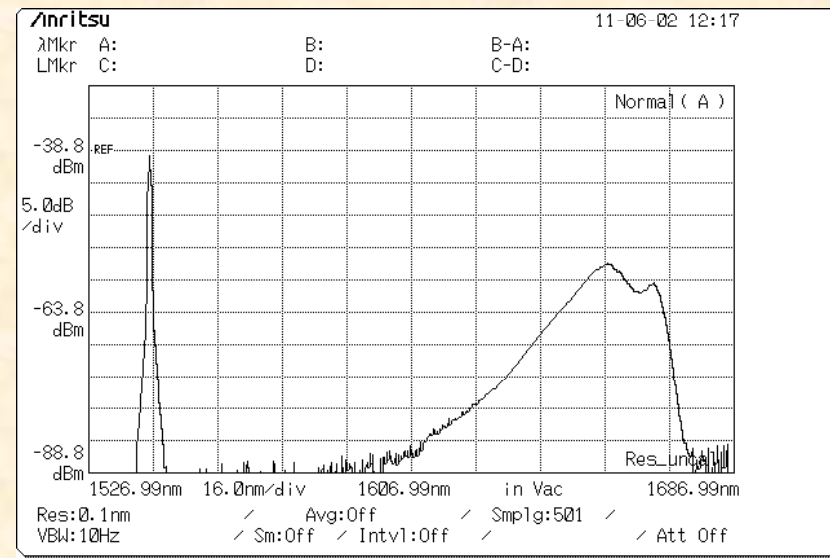
Мощность импульса

на входе в линию - 4.5 Вт

Импульс на входе в линию

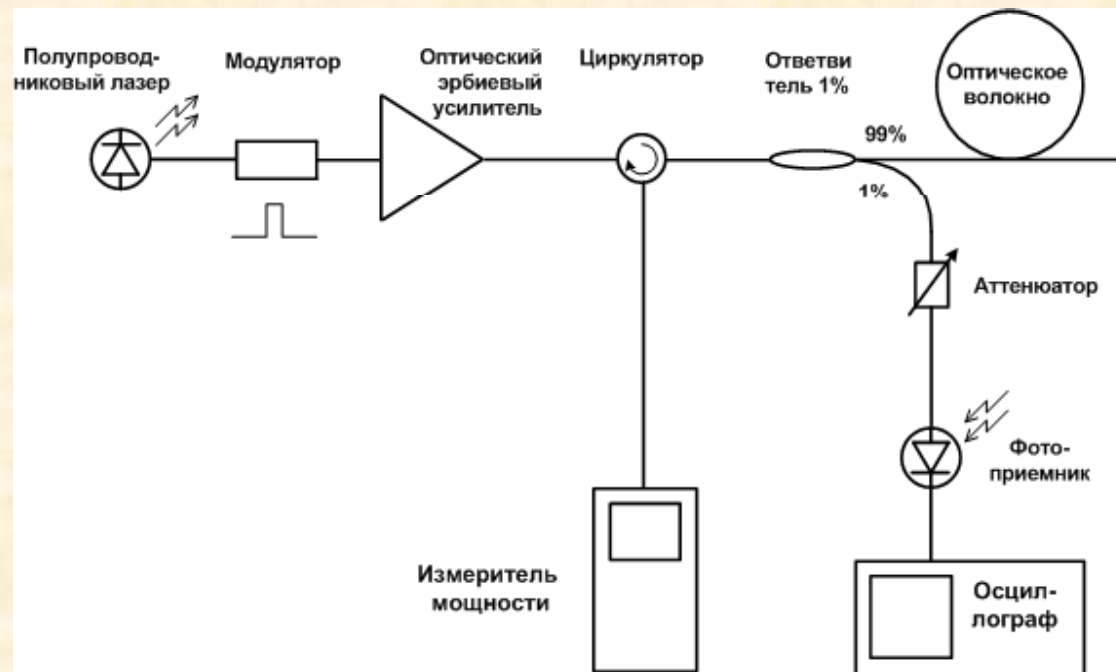


Импульс на выходе из линии



Спектр сигнала на выходе из линии

Измерение порога ВРМБ



При мощности до 2 Вт
200 нс импульса
порог ВРМБ не
достигается.

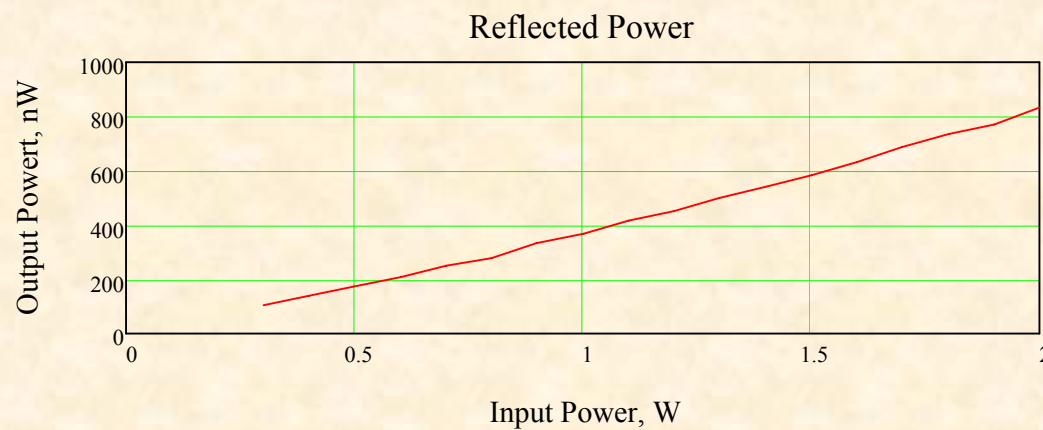
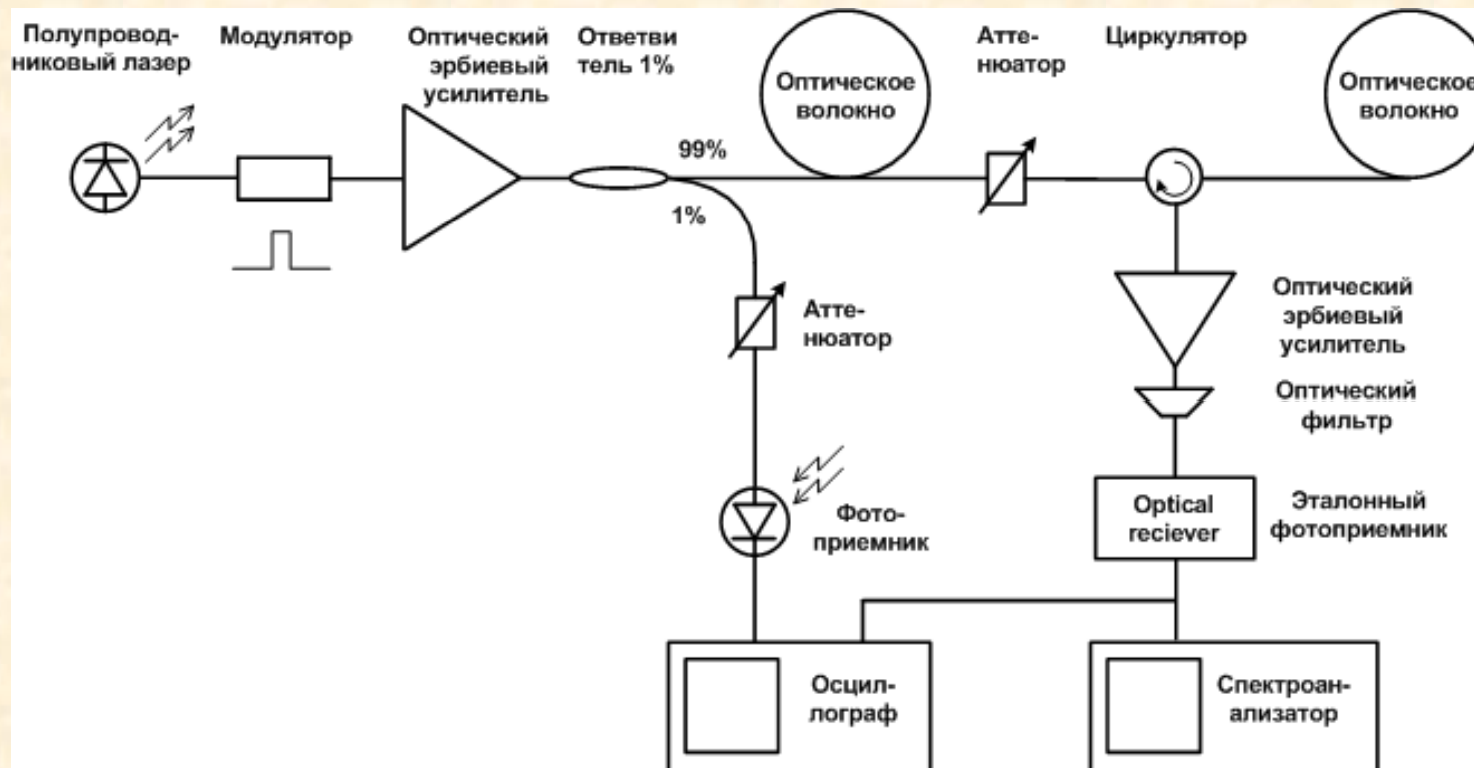


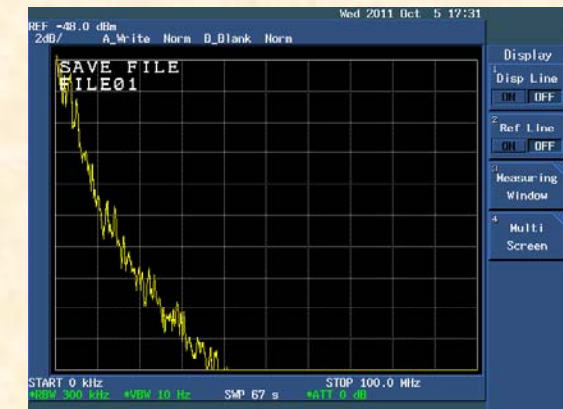
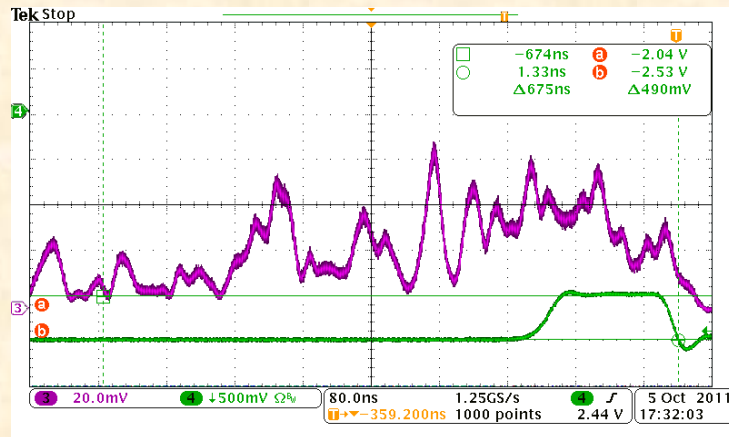
Схема измерения ФСМ



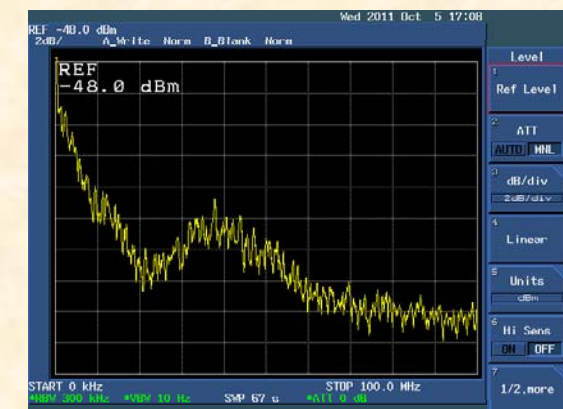
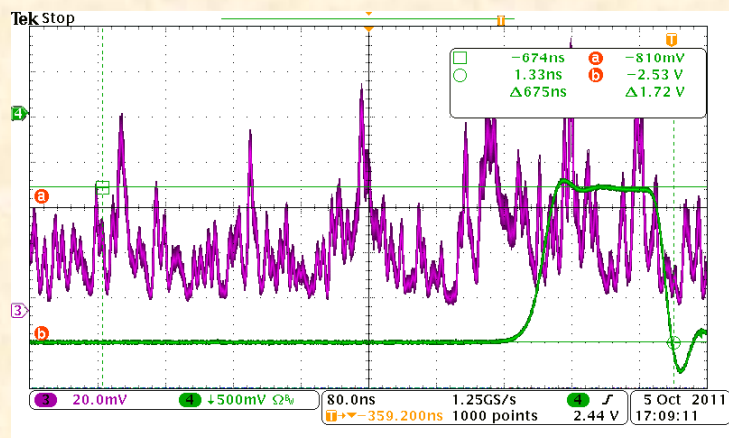
Измерение спектра рефлектограммы



P = 200 мВт



P = 700 мВт



Измерение



Увеличению дальности действия COTDR за счет увеличения мощности препятствует фазовая самомодуляция.

(Вторая возможная причина: модуляционная неустойчивость)

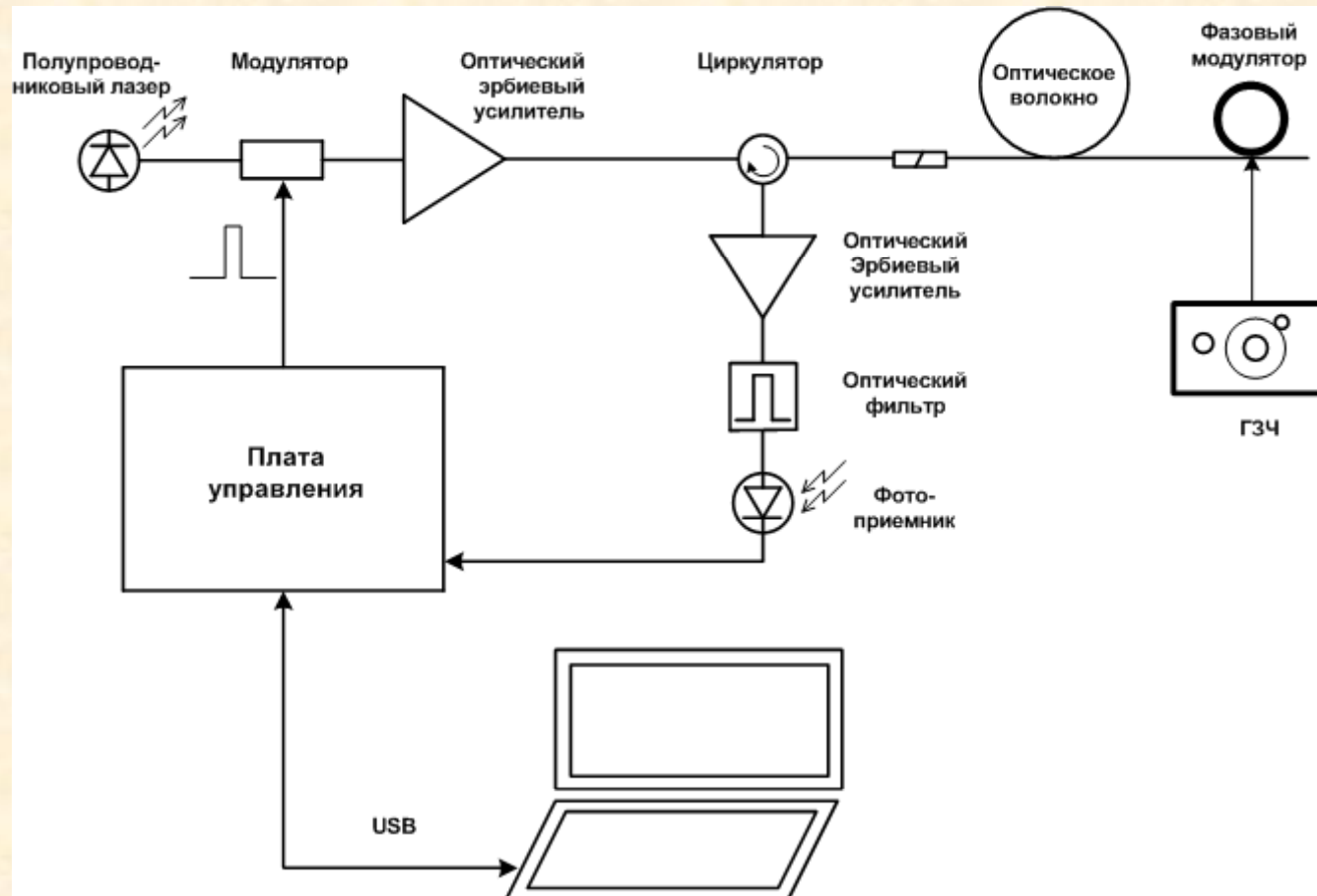
Оптимальная мощность импульса длительностью 200 нс – **400-500 мВт.**

Содержание



1. Применение COTDR для охраны ВОЛС
2. Дальность действия COTDR
 1. Шумы приемной части
 2. Основные нелинейные эффекты
3. Испытания макета
4. Характеристики

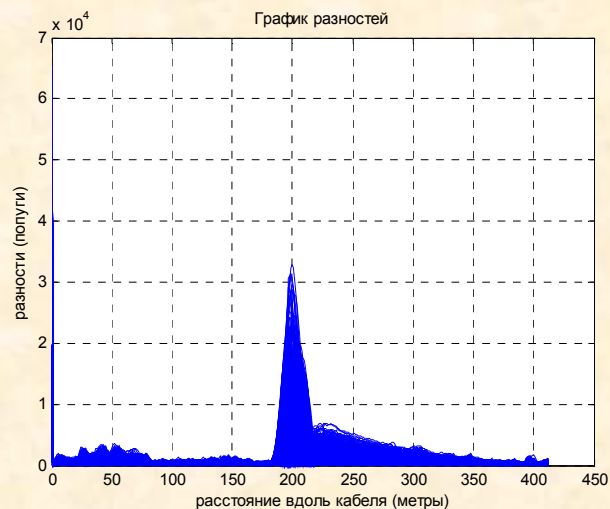
Измерение чувствительности



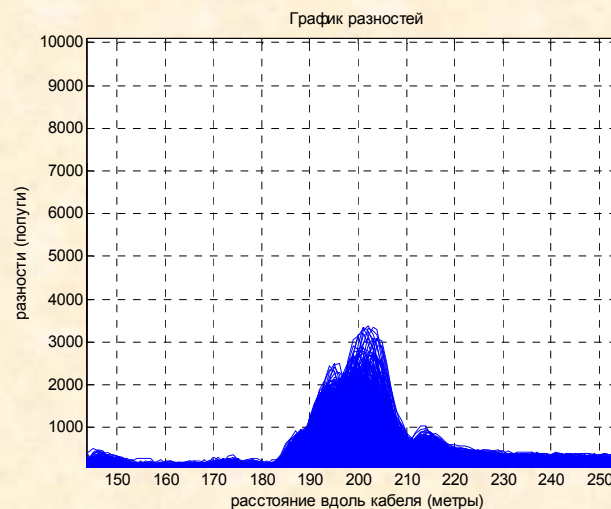
Измерение чувствительности



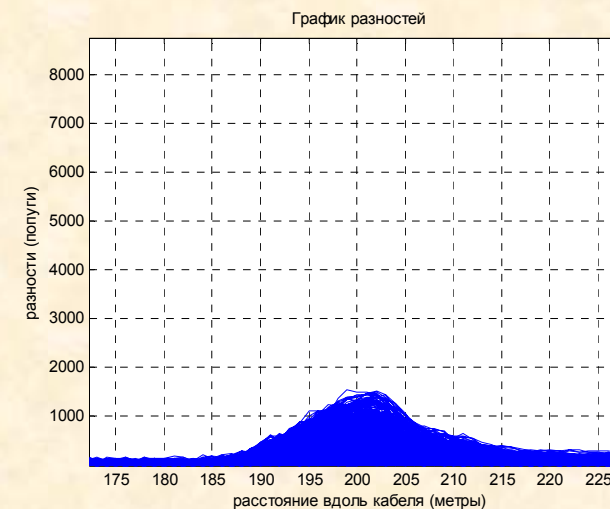
1 километр



20 километр



37 километр



Чувствительность когерентного рефлектометра на 1, 20, 37 километрах:

1 км: 0.11 рад;

20 км: 0.24 рад;

37 км: 0.35 рад.

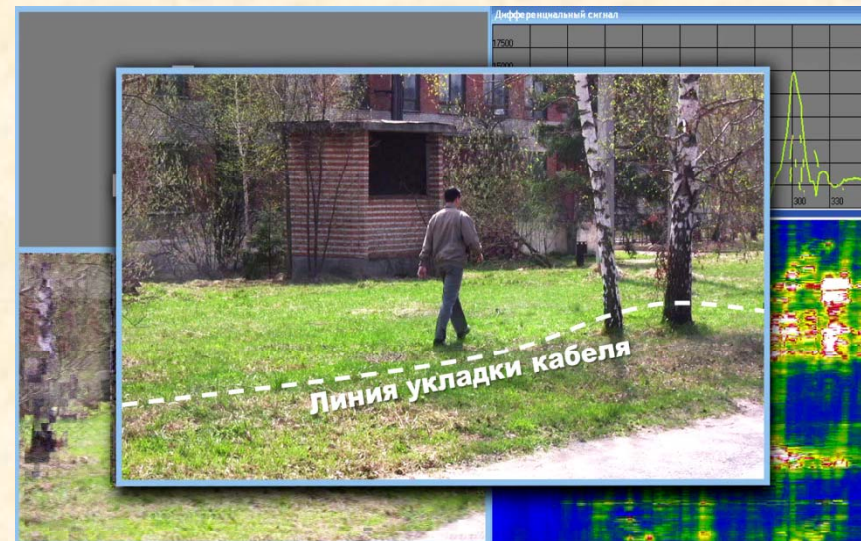
Полигон во Фрязино



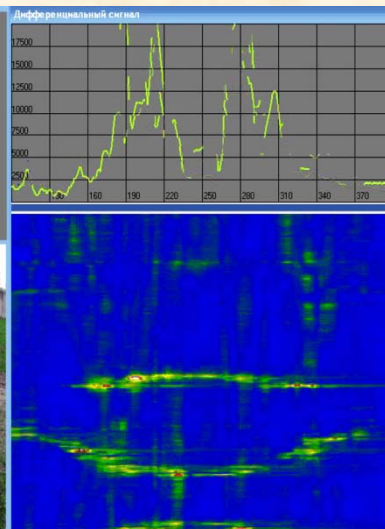
Испытания на полигоне во Фрязино



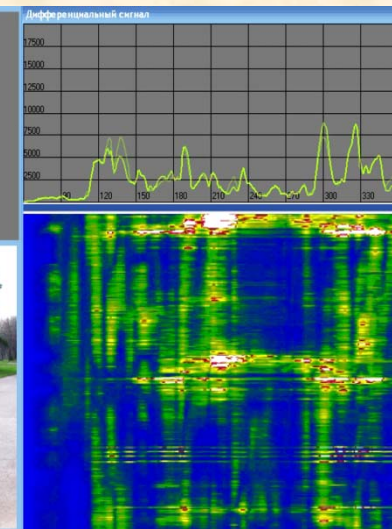
Распределенный датчик вибрации



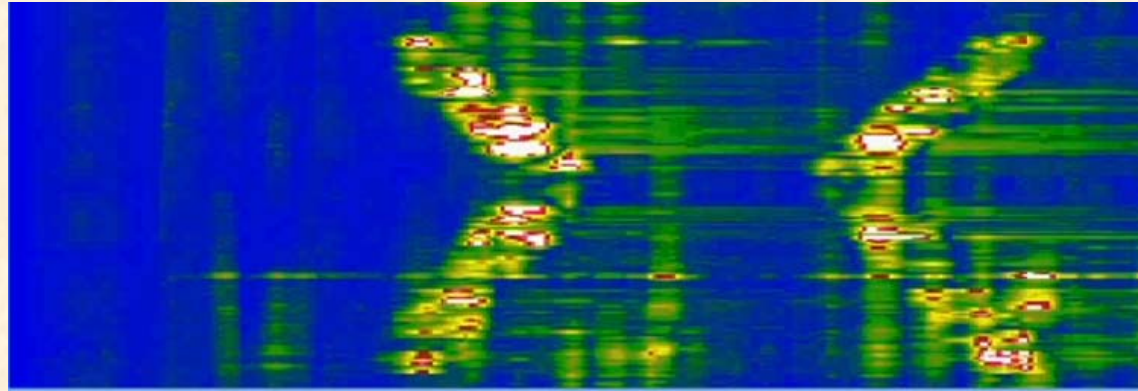
Проезд автомобиля с выездом за пределы зоны



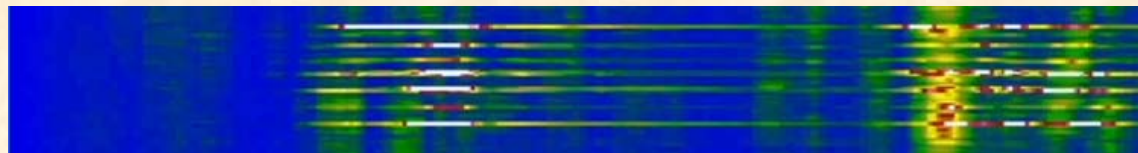
Прыжки на расстоянии 5-20 метров от кабеля



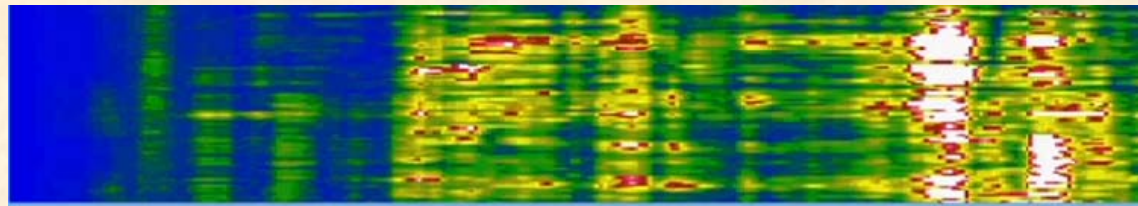
Воздействия на кабель в программе «водопад»



Человек, идущий вдоль кабеля в 1 м.



Прыжки на расстоянии 10 м.



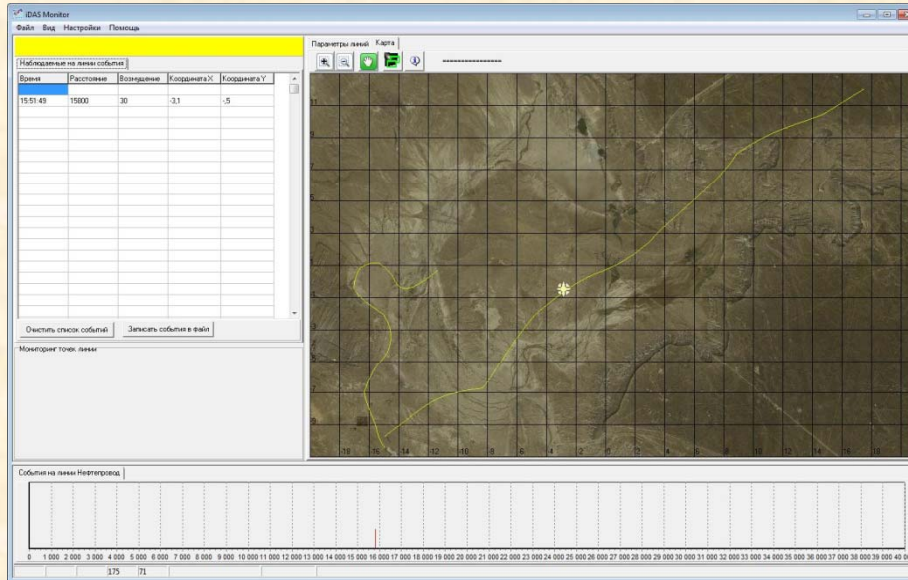
Грузовой автомобиль проезжает вдоль кабеля на расстоянии 60 м.

Содержание



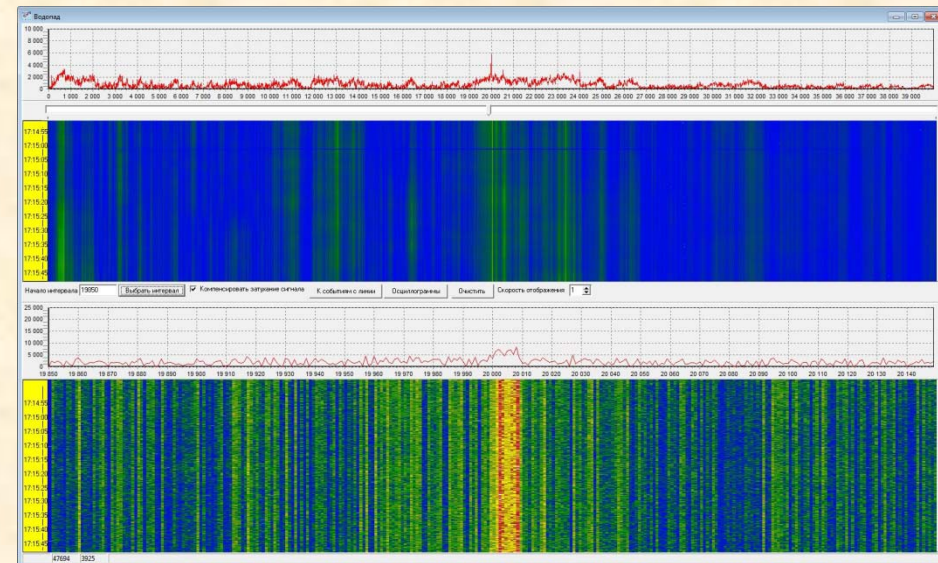
1. Применение COTDR для охраны ВОЛС
2. Дальность действия COTDR
 1. Шумы приемной части
 2. Основные нелинейные эффекты
3. Испытания макета
4. Характеристики

Интерфейс программного обеспечения

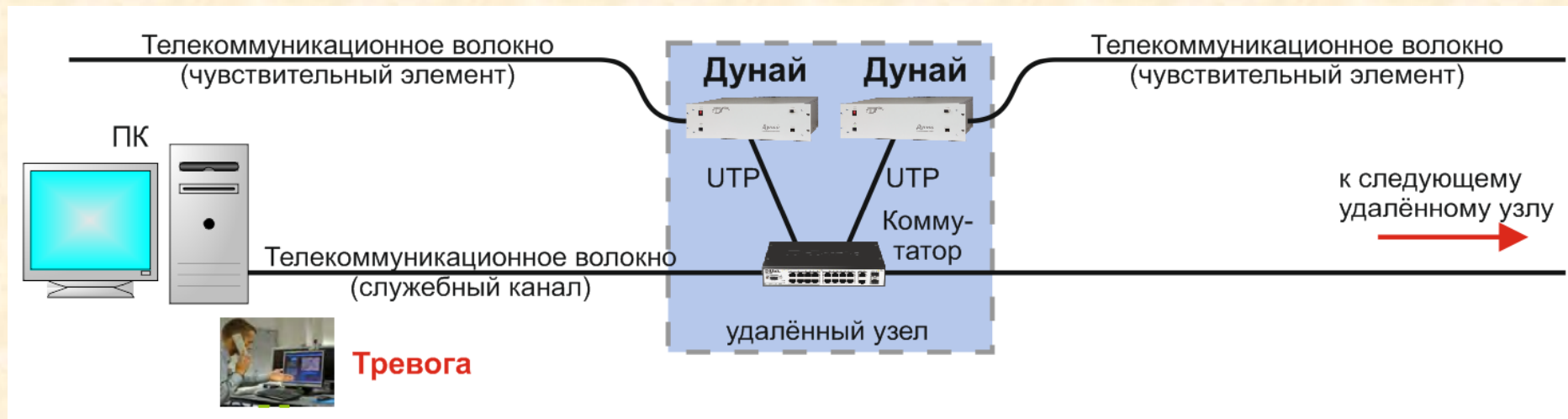


Время, место, тип события
отображаются
в таблице и на карте

Алгоритм «водопад» позволяет
увидеть величину воздействия
на кабель с течением времени
по всей длине кабеля.



Охраняется 80 км ВОЛС



Параметр	Значение
Максимальная длина волоконно-оптической линии (ВОЛ)	до 40 км
Точность детектирования места события	± 10 м

Регистрируемые события



1-5 м

Тревога



10-20 м

Тревога



20-60 м

Тревога



300 м

Тревога

Событие	Расстояние до волокна
Идущий человек	5 м
Человек бежит, копает	10 м
Автомобиль на гладкой дороге	20 м
Автомобиль на неровной дороге	60 м
Экскаватор	300 м

Параметр	Значение
Максимальная длина волоконно-оптической линии (ВОЛ)	до 40 км
Точность детектирования места события	± 10 м

Характеристики



Параметр	Значение
Рабочая температура	от +5°C до +60 °C
Температура хранения	от 0°C до +60 °C
Относительная влажность	от 10% до 80%
Уровень шума (дБ/1м)	< 45 дБ
Питание	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	70 Вт
Вес	21 Кг
Размеры (ВхШхГ)	133,5x483x360 мм

Заключение



Срок эксплуатации волоконно-оптических сетей связи составляет 25 лет.

Правильная организация эксплуатации – залог успешной работы ВОЛС.

Чтобы предотвратить возможные обрывы кабеля на наиболее ответственных участках ВОЛС целесообразно использовать распределенный датчик акустических воздействий на основе когерентного рефлектометра «Дунай».



Спасибо за внимание!