



**Всероссийская конференция по волоконной оптике
г.Пермь 12-14 октября 2011 г**

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ УЧАСТКОВ
С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ
ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ МОДОВОЙ ДИСПЕРСИИ НА ЭКУ ВОЛП**

Дашков М.В.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
Кафедра "Линии связи и измерения в технике связи"





Ограничения на ВОЛП из-за поляризационной модовой дисперсии (ПМД)

Принимая допустимый штраф по ПМД 1 дБ для BER ~ 10⁻⁹ – 10⁻¹², код NRZ

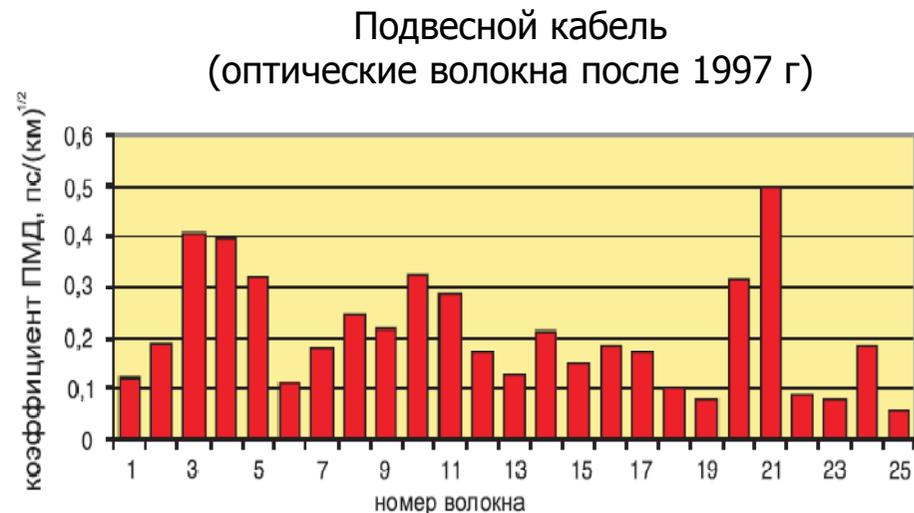
$$L_{py} = \frac{10^4}{(B \cdot D_{PMD})^2}$$

B – скорость передачи, Гбит/с

D_{PMD} – коэффициент ПМД, пс/√км

Скорость передачи, Гбит/с	Максимальная протяженность участка регенерации, км			
	Коэффициент ПМД, пс/√км			
	1	0.5	0.2	0.1
10	100	400	2500	10000
40	6	25	156	625
100	1	4	25	100

ПМД на существующих ВОЛП

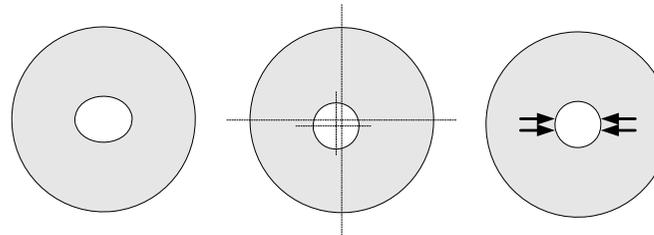


На ВОЛП, проложенных с 1997 по 2002, для **19%** оптических волокон коэффициент ПМД **превышает** 0.5 пс/ $\sqrt{\text{км}}$!

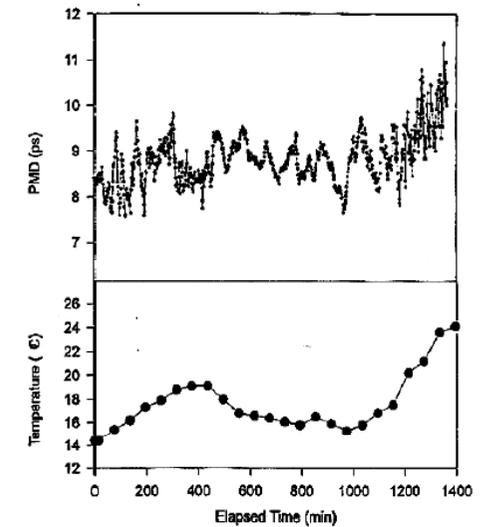
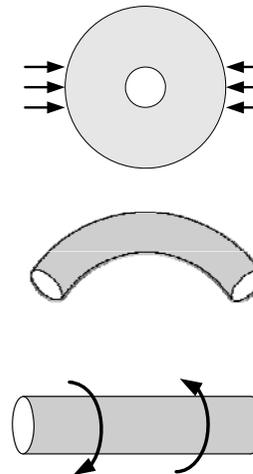
Гладышевский М.А., Щербаткин Д.Д., Измерение ПМД в России // Lightwave Russian Edition, 1, 2005, стр. 38-39

Barcelos S., "PMD field audit reveals investment losses", 2005, <http://www.lightwaveonline.com>

Особенности ПМД



Зависит от качества производства оптических волокон и оптического кабеля



Зависит от качества прокладки ОК

Зависит от температуры и внешних воздействий при эксплуатации

Увеличение ПМД при эксплуатации

Нарушение правил прокладки оптического кабеля



Вмерзание оптического кабеля

Гололед и вибрация для подвесных кабелей

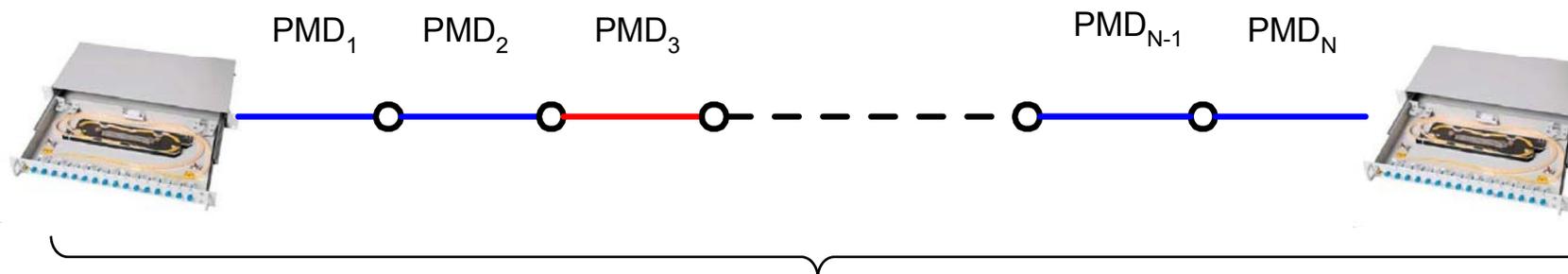


Просаживание кабельной канализации

Смещение и деформация грунта



Суммарная ПМД на ВОЛП



$$PMD_{\text{ЭКУ}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N PMD_i^2}$$

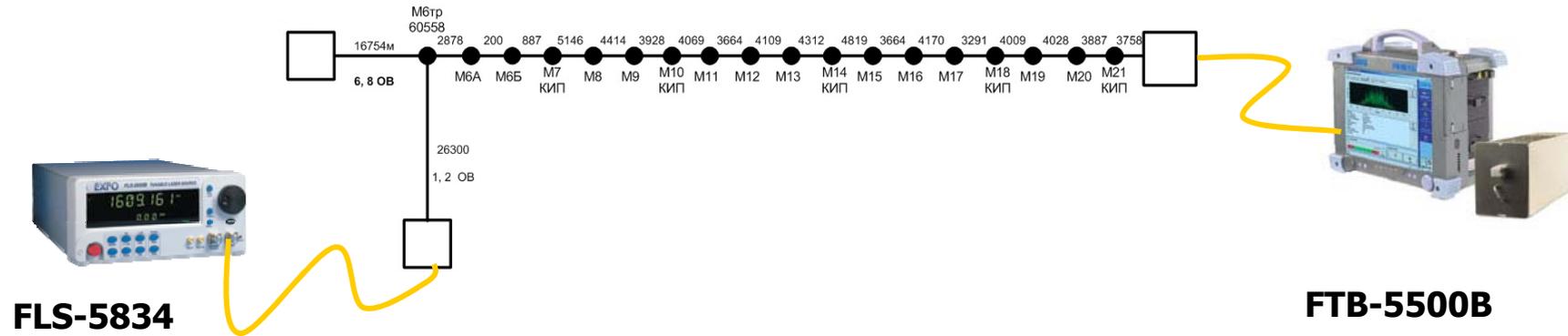
Суммарная ПМД на ВОЛП определяется максимальным локальным значением ПМД по участкам



Актуальная задача – **локализация участков ОВ с повышенным уровнем ПМД с целью дальнейшей реконструкции**

Измерение на действующей ВОЛП

Схема измерения интерферометрическим методом

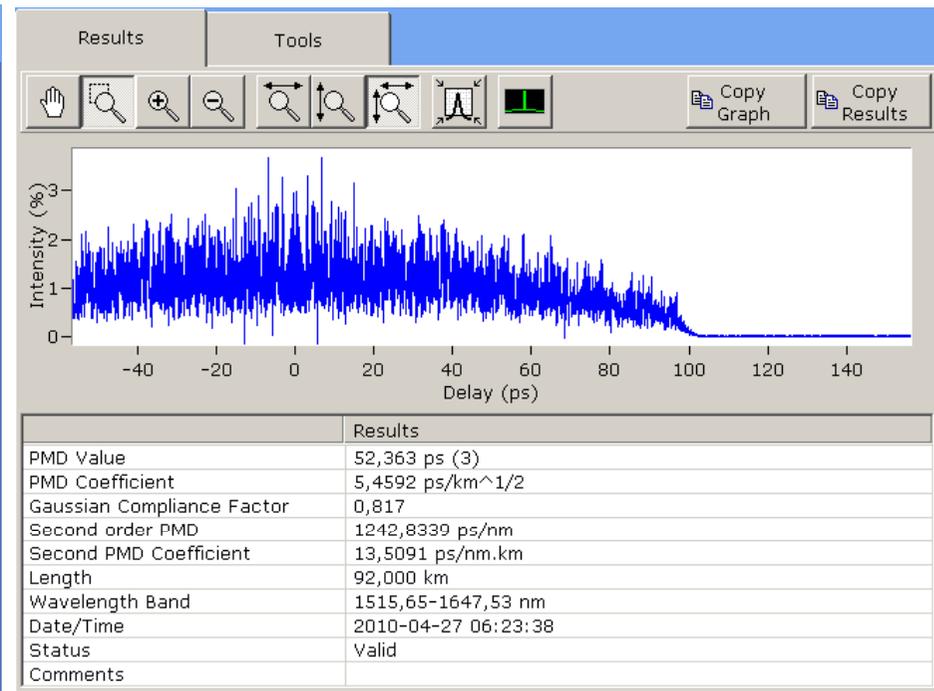
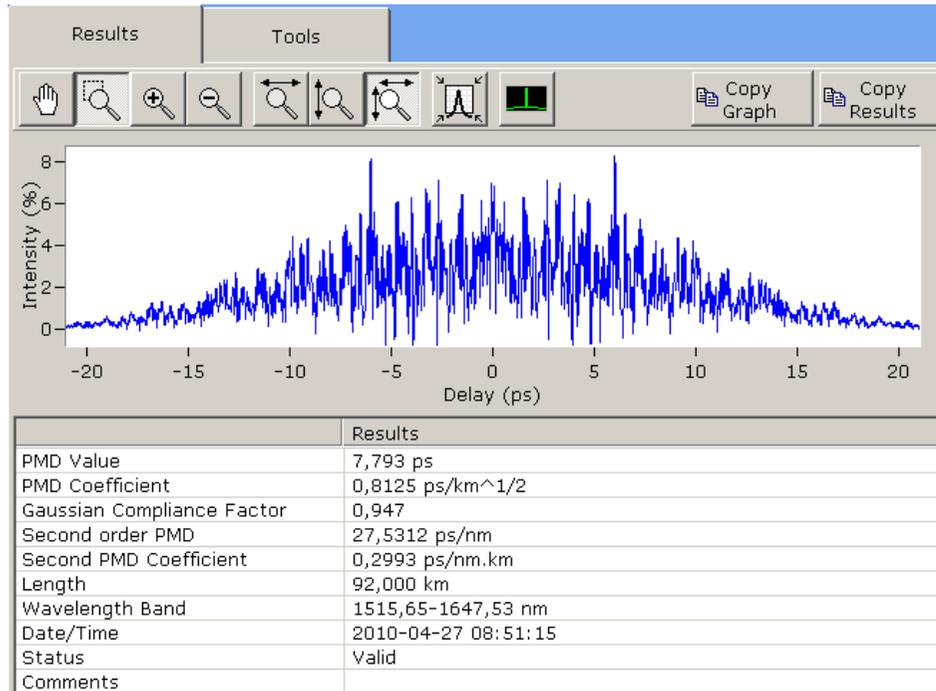


Длина ЭКУ: 92 км

Тип ОВ: стандартный одномодовый

Оптический кабель различных производителей и дат изготовления

Измерения производились в течение **15 минут** на каждом волокне,
при этом снималось до **60** значений

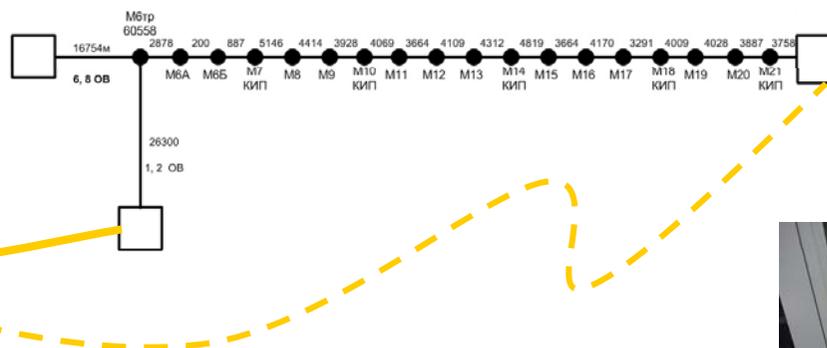


Среднее значение ПМД: **52.22** пс для ОВ №1 и **7.58** пс для ОВ №2.

ПМД второго порядка: 1231.96 пс/нм для ОВ №1 и 26.06 пс/нм для ОВ №2.

Схема измерения поляризационным рефлектометром

EXFO POTDR 1100



Измерения производились с двух сторон ЭКУ

Параметры измерения

длина волны – 1550 нм,

длительность импульса - 500 нс,

время усреднения – 1.5 минут для каждой из 8 рефлектограмм,

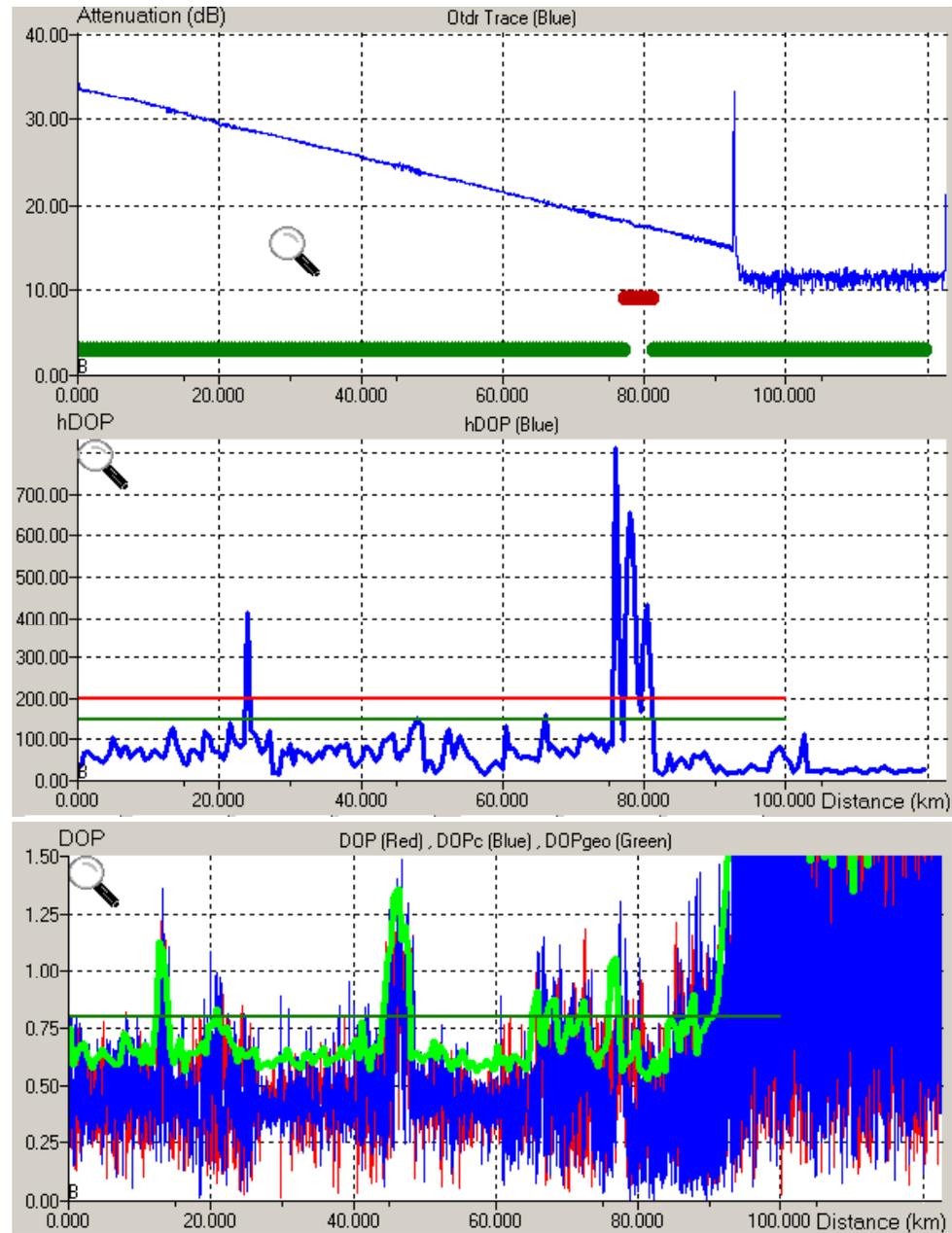
шаг дискретизации – 5.1 м.

Эффективное разрешение при локализации составляло 500 м.

Для выявления проблемных участков были выставлены пороговые значения:
hDOP критическое – 200, hDOP предупреждение – 150, DOP – 0.8.



Измерение со станции А





Измерение
со станции Б

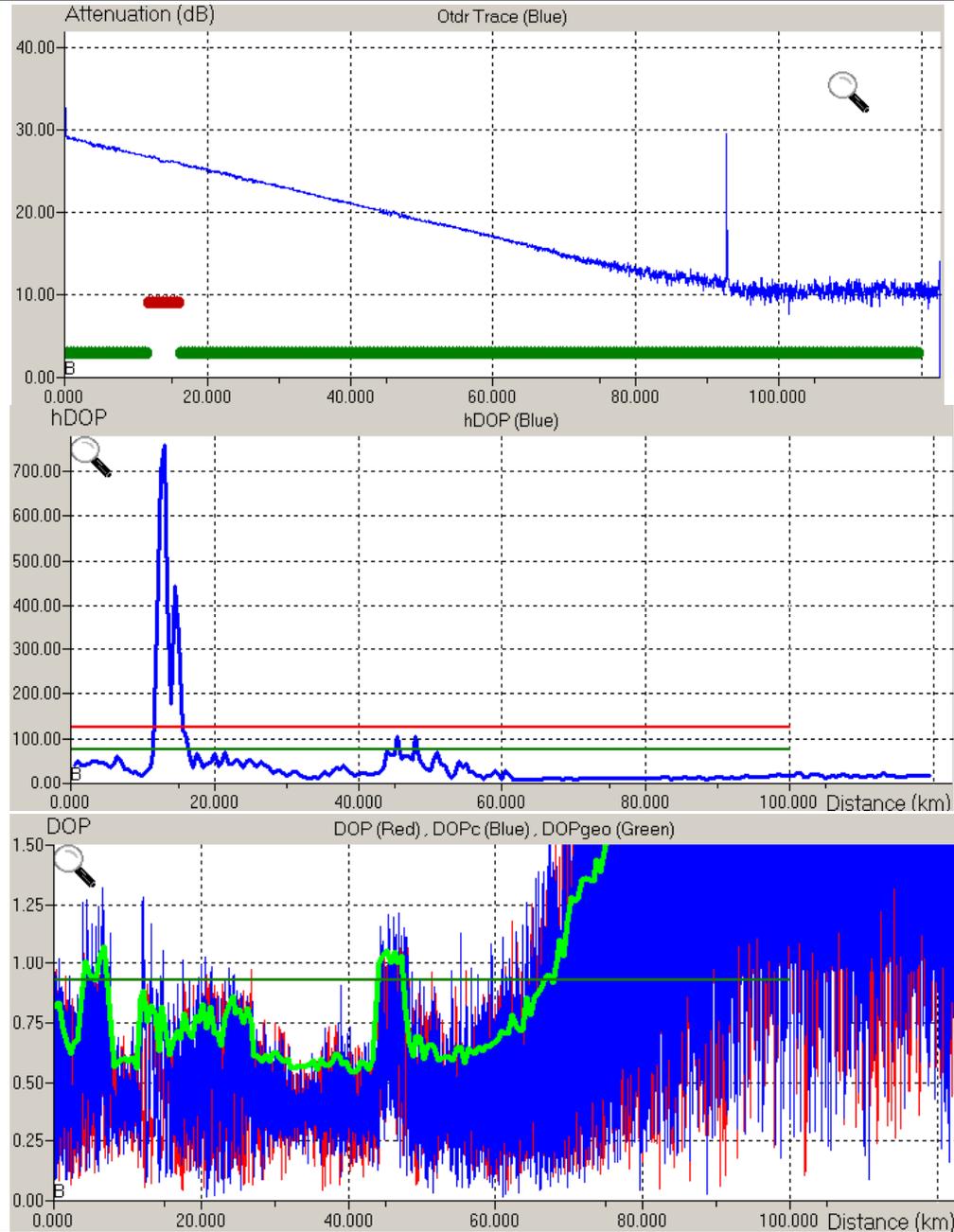
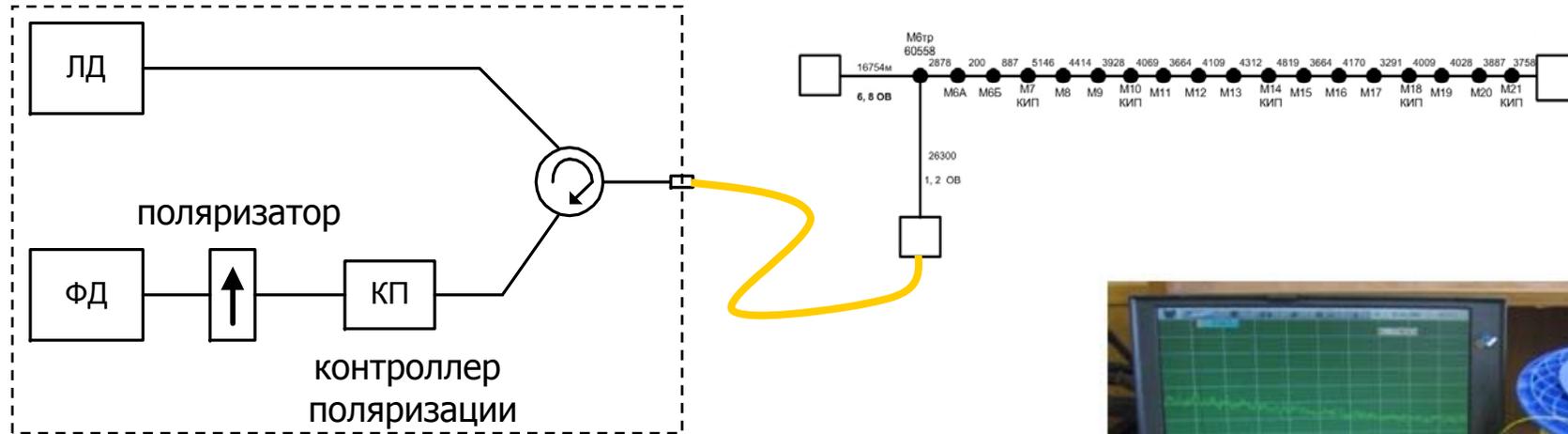


Схема измерения опытным образцом POTDR



Измерения производились с двух сторон ЭКУ

Параметры измерения:

длина волны – 1550 нм,
длительность импульса – 10 мкс,
время усреднения – 1 мин.
разрешение 31 см

Измерения производились при двух состояниях контроллера поляризации



Поляризационный оптический рефлектометр обратного рассеяния

Основа метода: определение изменения состояния поляризации оптического излучения по результатам измерений длины биений и длины корреляции

$$PMD^2 = 2 \left(\frac{\lambda L_C}{c L_B} \right)^2 \left(\frac{L}{L_C} + \exp\left(-\frac{L}{L_C}\right) - 1 \right)$$

L_B – длина биений
 L_C – длина корреляции

M. Wuilpart, G. Ravet, P. Mégret, M. Blondel Polarization Mode Dispersion Mapping in Optical Fibers With a Polarization-OTDR, IEEE Photonics Technology Letters, vol. 14, no. 12, 2002, 1716-1718

Мощность потока обратного рассеяния, прошедшего через поляризатор на ближнем конце при зондировании прямоугольными импульсами

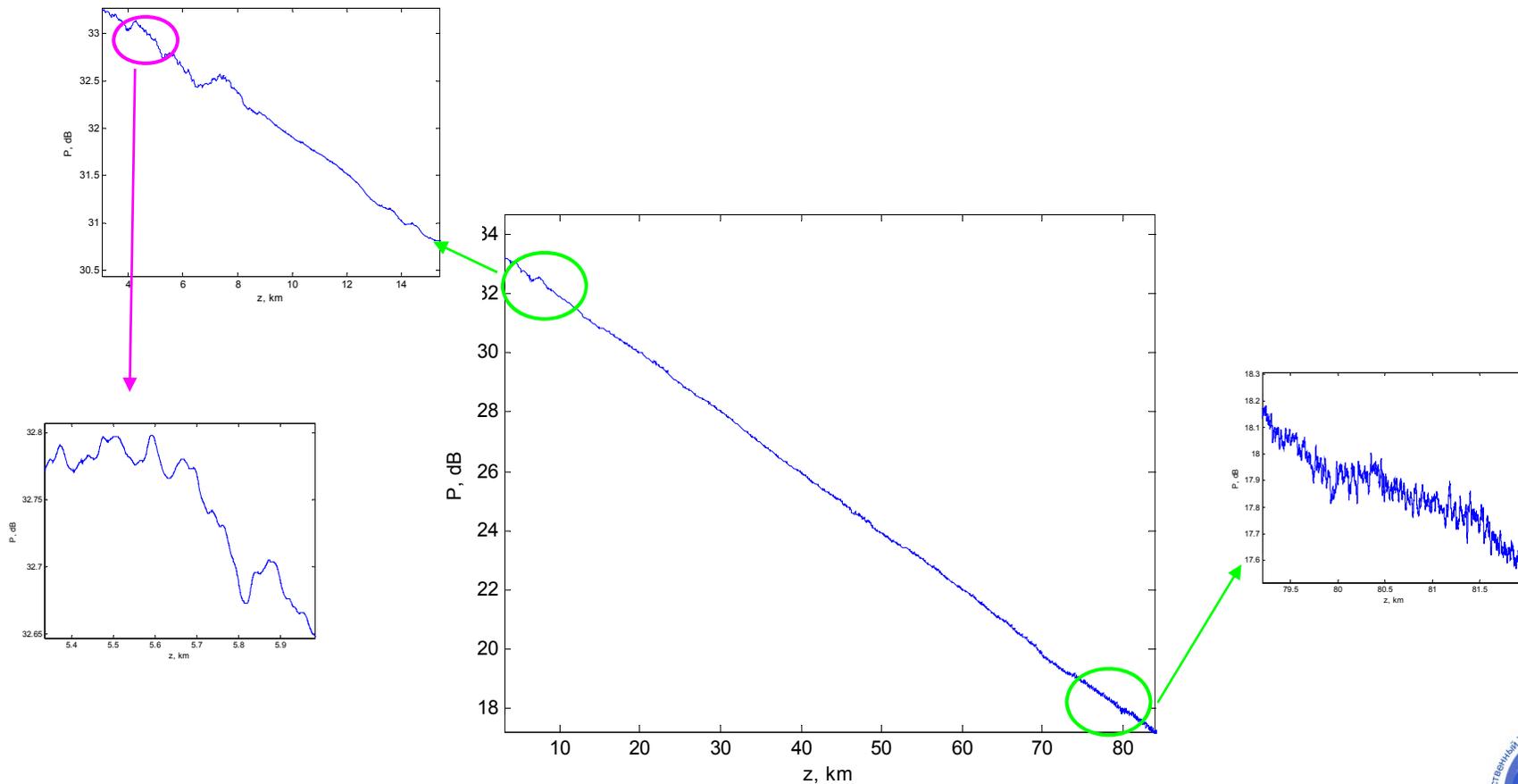
$$P_{BS}(z) \propto \left[1 + \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot \nu_g T_0}{L_B}\right)}{\frac{\pi \cdot \nu_g T_0}{L_B}} \cdot \cos\left(\frac{4\pi \cdot z}{L_B}\right) \right]$$

ν_g – коэффициент затухания ОВ;
 T_0 – длительность зондирующего импульса;
 L_B – длина биений ОВ.



Особенности опытного образца поляризационного рефлектометра

- Измерение импульсами увеличенной длительности (10 мкс) (Увеличение динамического диапазона)
- Использование зондирующих импульсов с линейной вариацией длительности (Возможность оценки погрешности изменения длины биений по различным критериям)



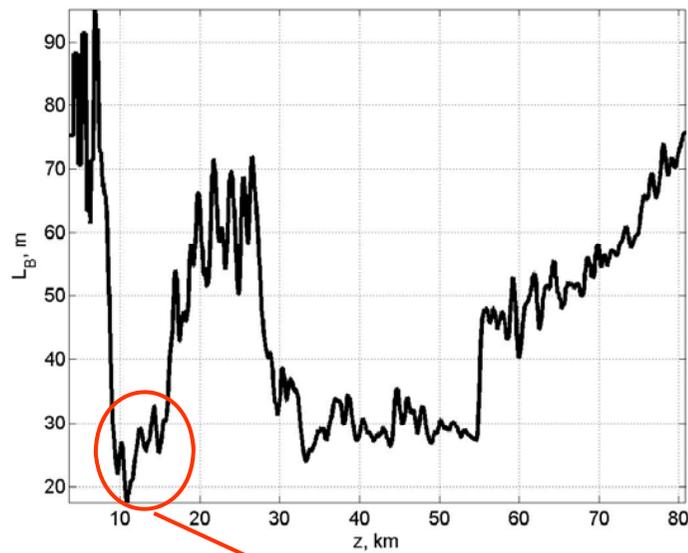


Особенности обработки рефлектограммы POTDR

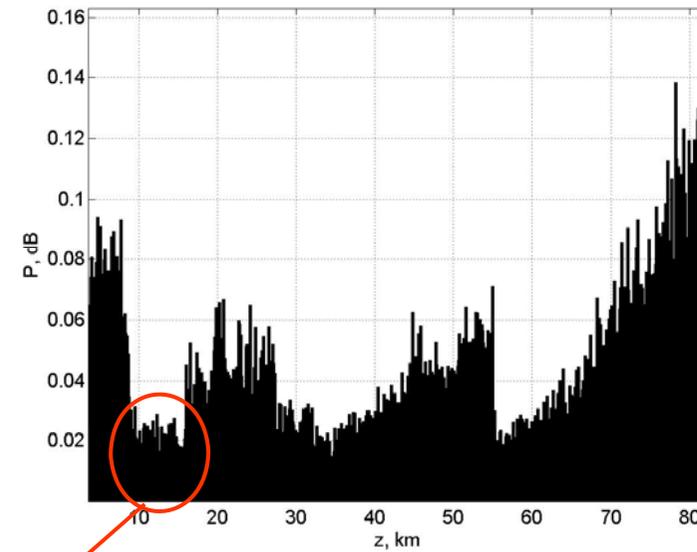
1. При измерении "длинным" импульсом (участок, занимаемый импульсом в волокне \gg длины биений) необходимо удаление тренда
2. Оценивание распределения длины биений со скользящим окном
3. Оценивание размаха биений как одного из критериев, определяющего высокую вероятность повышенного уровня ПМД. Для протяженных ЭКУ при этом должно учитываться увеличение уровня шума в конце рефлектограммы
4. Обработка рефлектограмм, полученных для двух состояний контроллера поляризации на входе, позволяет эффективно выделить тренд и определить распределение длины биений
4. Участок с высокой вероятностью повышенного уровня ПМД характеризуется одновременно пониженной длиной биений и малым размахом биений

Результаты обработки рефлектограммы опытного образца POTDR

Распределение длины биений



Распределение размаха биений



Высокая вероятность участка с повышенным уровнем ПМД



Выводы

1. Продемонстрированы возможности использования опытного образца поляризационного оптического рефлектометра на действующей ВОЛП
2. Определены критерии выявления проблемных участков по результатам обработки рефлектограмм
3. Результаты обследования ЭКУ ВОЛП согласуются с данными, полученными коммерческим POTDR 1100
4. Определены требования к параметрам поляризационного оптического рефлектометра



Спасибо за внимание !

