

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

ФГУП «ВНИИОФИ»



Н. П. Муравская

« 20 » февраля 2017 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

РЕФЛЕКТОМЕТРЫ ОПТИЧЕСКИЕ OTDR 8000

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 004.Ф3-17

Главный метролог  
ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Negroда

« 06 » февраля 2017 г.

Разработчик  
Ведущий инженер  
ФГУП «ВНИИОФИ»

Л.В. Подюкова

« 06 » февраля 2017 г.

г. Москва  
2017 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Операции поверки.....	..3
2 Средства поверки.....	..3
3 Требования к квалификации поверителей и требования безопасности.....	..4
4 Условия поверки.....	..4
5 Подготовка к поверке.....	..4
6 Проведение поверки.....	..5
6.1 Внешний осмотр.....	..5
6.2 Опробование.....	..5
6.3 Определение метрологических характеристик .....	5
6.3.1 Определение диапазонов измерений длины и расчет абсолютной погрешности измерений длины .....	..5
6.3.2 Определение динамического диапазона измерений ослабления .....	..7
6.3.3 Расчет абсолютной погрешности измерений ослабления.....	..7
6.3.4 Определение мертвой зоны при измерениях ослабления и положения неоднородности.....	..8
6.3.5 Определение длительности зондирующих импульсов.....	..9
7 Оформление результатов поверки.....	..9
Приложение А.....	..10

Настоящая методика предусматривает объем и последовательность проведения операций первичной и периодической поверки рефлектометров оптических OTDR 8000 зав.№ 80000601, №80000602 (далее – ОР), предназначенных для измерений ослабления в одномодовых оптических волокнах и их соединениях, длины (расстояния) до мест неоднородностей и оценки неоднородностей оптического кабеля.

Интервал между поверками – 1 год.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении первичной и периодической поверок выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	№ пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	6.1	да	да
Опробование	6.2	да	да
Определение метрологических характеристик	6.3		
Определение диапазонов измерений длины и расчет абсолютной погрешности измерений длины	6.3.1	да	да
Определение динамического диапазона измерений ослабления	6.3.2	да	да
Расчет абсолютной погрешности измерений ослабления	6.3.3	да	да
Определение мертвой зоны при измерениях ослабления и положения неоднородности	6.3.4	да	нет
Определение длительности зондирующих импульсов	6.3.5	да	нет

1.2 При получении отрицательных результатов при проведении хотя бы одной операции поверка прекращается.

1.3 Поверку ОР осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении первичной и периодической поверок применяют средства, указанные в таблице 2.

Таблица 2

№ пункта методики	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.3.1 - 6.3.4	Государственный рабочий эталон единиц длины и ослабления в световоде в диапазонах воспроизведения от 0,06 до 600,00 км и от 0,5 до 20,0 дБ по ГОСТ 8.585-2013 Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде: 3.1.ZZA.0035.2015. Рабочие длины волн оптического излучения: 850±30, 1300±30, 1310±30, 1490±30, 1550±30, 1625±30 нм. Диапазон воспроизведения единицы длины: для длин волн 850 и 1300 нм от 0,07 до 100,00 км; для длин волн 1310, 1490, 1550, 1625 нм - от 0,06 до 600,00 км.

	<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения длины (расстояния) до мест неоднородностей в оптическом волокне:  <math>\Delta = \pm(0,15+5 \cdot 10^{-6}L)</math>, где L – воспроизводимая длина, м.          Диапазон воспроизведения единицы ослабления: от 0,5 до 20,0 дБ.          Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ослабления оптического излучения: для длин волн 850 и 1300 нм <math>\pm 0,02 \cdot A</math>; для длин волн 1310, 1490, 1550, 1625 нм <math>\pm 0,015 \cdot A</math>, где A – измеряемое ослабление, дБ.          Длина оптического волокна: 25328,0 м;          Абсолютная погрешность определения длины оптического волокна: <math>\pm 0,4</math> м.</p>
6.3.5	<p>Осциллограф цифровой запоминающий WaveJet 352.          Полоса пропускания: 500 МГц.          Диапазон коэффициента отклонения: от 2 мВ/дел до 10 В/дел (1 МОм), от 2 мВ/дел до 2 В/дел (50 Ом).          Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения: <math>\pm(1,5 \cdot 10^{-2} \cdot U + 0,5 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot K_0)</math>, В, где U - измеряемое напряжение, <math>K_0</math> - установленный коэффициент отклонения.</p>

2.2 При проведении поверки допускается использовать другие средства измерений, оборудование и контрольную аппаратуру с аналогичными метрологическими характеристиками.

2.3 Средства поверки должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику и эксплуатационную документацию и правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭЭ), приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24.07.2013 №328н, прошедшие обучение по требуемому виду измерений.

3.2 Перед проведением поверки приборы, имеющие клеммы заземления, должны быть заземлены.

### 4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- ◆ температура окружающей среды, °С от +15 до +25;
- ◆ относительная влажность воздуха, %  $65 \pm 15$ ;
- ◆ атмосферное давление, кПа  $100 \pm 4$ ;
- ◆ напряжение и частота питающей сети, В, Гц  $230_{-10\%}^{+6\%}$ ;  $50,0 \pm 0,5$

### 5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 Перед проведением поверки изучают руководство по эксплуатации на ОР и применяемые при поверке приборы.

5.2 Все оптические детали приборов и кабелей оптических, используемых при поверке, очищают от пыли и протирают безворсовой салфеткой, смоченной в изопропиловом спирте.

5.3 Подготовить к работе поверяемый ОР и приборы, применяемые при поверке в следующей последовательности:

- подключают к сети питания при помощи блока питания поверяемый ОР, Государственный рабочий эталон единиц длины и ослабления в световоде;
- производят загрузку программного обеспечения рабочего эталона единиц длины и ослабления в световоде;
- включают поверяемый ОР, дожидаются окончания процесса самотестирования и в появившемся главном меню производят установку измеряемых характеристик.

## 6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 6.1 Внешний осмотр

6.1.1 Комплектность поверяемого ОР должна соответствовать таблице 3.

Таблица 3

Наименование	Количество
Оптический блок	1 шт.
Персональный компьютер (ПК)	1 шт.
Монитор	1 шт.
Кабель для соединения с ПК	1 шт.
Сетевой шнур	1 шт.
Руководство по эксплуатации	1 экз.
Методика поверки	1 экз.

6.1.2 При внешнем осмотре убеждаются:

- ◆ в отсутствии видимых механических повреждений;
- ◆ в исправности кабелей и разъемов;
- ◆ в исправности органов управления.

6.1.3 Результаты поверки считаются положительными, если комплектность соответствует комплектности, приведенной в таблице 3, отсутствуют видимые механические повреждения, исправны органы управления, кабели и разъемы поверяемого ОР.

### 6.2 Опробование

6.2.1 Проверяют правильность работы органов управления и переключения режимов ОР в соответствии с руководством по эксплуатации, подключив к выходному разъему ОР оптический кабель.

6.2.2 Проверяют соответствие идентификационных данных программного обеспечения: идентификационное наименование программного обеспечения, номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения, цифровой идентификатор программного обеспечения в соответствии с данными таблицы 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	8000 OTDR Software
Номер версии (идентификационный номер) ПО	4.7.5 и выше
Цифровой идентификатор ПО	-

6.2.3 Результаты поверки считаются положительными, если режимы работы поверяемого ОР соответствуют руководству по эксплуатации, а в части идентификации программного обеспечения все проверяемые значения соответствуют значениям, представленным в таблице 4.

### 6.3 Определение метрологических характеристик

6.3.1 Определение диапазонов измерений длины и расчет абсолютной погрешности измерений длины

Определение диапазонов измерений длины и расчет абсолютной погрешности измерений длины проводят двумя методами:

метод 1 - с использованием оптического генератора из состава Государственного рабочего эталона единиц длины и ослабления в световоде (далее - ОГ РЭ);

метод 2 – с использованием катушки с одномодовым оптическим волокном из состава Государственного рабочего эталона единиц длины и ослабления в световоде (далее – катушка ОВ) с длиной  $25000 \pm 350$  м, что необходимо для обеспечения измерений типовой строительной длины производимых оптических волокон в условиях производства.

6.3.1.1 Определение параметров по п.6.3.1, используя метод 1, проводят в следующей последовательности:

- собирают схему, приведенную на рисунке 1.

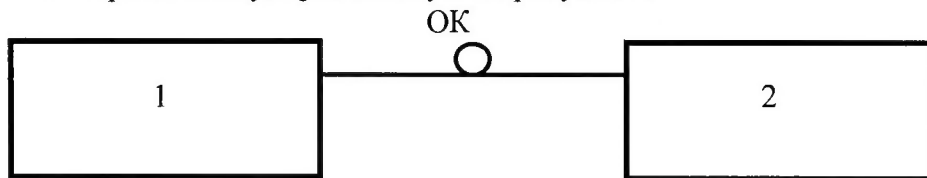


Рисунок 1

1 – поверяемый ОР; 2 - ОГ РЭ; ОК - соединительный оптический кабель ОГ РЭ.

- в меню поверяемого ОР устанавливают значение показателя преломления «*n*» оптического волокна, длину волны 1310 нм и диапазон длины (расстояния) одинаковыми с задаваемыми на ОГ РЭ; выставляют минимальную длительность импульса, соответствующую этому диапазону;

- в режиме измерения длины ОГ РЭ на экране дисплея ОР появляется ряд импульсов с нормированными интервалами между ними;

- измеряют расстояние  $L$  до каждого импульса от начала шкалы до точки, соответствующей положению маркера на уровне 1,5 дБ от вершины импульса. При этом импульсы обязательно должны находиться в насыщении (высота импульса не ниже высоты импульса релеевского отражения от входного разъема ОР).

6.3.1.2 Повторяют измерения пять раз.

6.3.1.3 Поочередно устанавливают с помощью ОГ РЭ все диапазоны длин (расстояний) согласно спецификации ОР.

6.3.1.4 Проводят измерения на каждом диапазоне длин ОР в соответствии с 6.3.1.1 – 6.3.1.3.

6.3.1.5 Проводят измерения на каждой длине волны в соответствии с 6.3.1.1 – 6.3.1.4.

6.3.1.6 Определение параметров по п.6.3.1, используя метод 2, проводят в следующей последовательности:

- собирают схему, приведенную на рисунке 1, подключая вместо ОГ РЭ компаратор;

- в меню поверяемого ОР устанавливают значение диапазона измерений длины 32 км;

- измеряют длину компаратора ( $L$ ) поверяемым ОР в соответствии с его Руководством по эксплуатации.

6.3.1.7 Повторяют измерения пять раз.

6.3.1.8 Для каждого из значений длин  $L$ , измеренных по п.п. 6.3.1.5, 6.3.1.7 рассчитывают средние значения  $\bar{L}$  по результатам  $n$  измерений по формуле (1):

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}, \quad (1)$$

где  $L_i$  –  $i$ -тое значение длины, м;  $n$  - количество измерений.

Рассчитывают для каждого значения длин абсолютную погрешность  $\Delta L$  (при доверительной вероятности  $p = 0,95$ ) по формуле (2):

$$\Delta L = 1,1 \cdot \sqrt{\theta^2 + \Delta^2} \quad (2)$$

где  $\Delta$  - значения погрешности ОГ РЭ при использовании метода 1 или погрешность определения длины оптического волокна при использовании метода 2, приведенные в паспорте ОГ РЭ;  $\theta$  - неисключённая систематическая погрешность, рассчитываемая по формуле (3)

$$\theta = \bar{L} - L_0, \quad (3)$$

где  $L_0$  - значение длины по шкале ОГ РЭ при использовании метода 1, или длина оптического волокна при использовании метода 2, м.

Случайную составляющую погрешности в данном случае не учитывают, т.к. для всех современных рефлектометров она пренебрежимо мала.

6.3.1.9 Результаты поверки считаются положительными, если ОР обеспечивает измерения установленных длин (от 0 до 4; от 0 до 8; от 0 до 16; от 0 до 32; от 0 до 64; от 0 до 128; от 0

до 256), а значение абсолютной погрешности измерений длины ( $\Delta L$ ) для всех шкал не превышает значений, определяемых по формуле (4):

$$\Delta L = \pm (2,5 + 1 \cdot 10^{-4} L + \delta), \text{ м} \quad (4)$$

где  $L$  – измеряемая длина оптического волокна (ОВ), м;

$\delta$  – дискретность отсчета в измеряемом диапазоне длин, м,

### 6.3.2 Определение динамического диапазона измерений ослабления

6.3.2.1 Подключают к поверяемому ОР катушку ОВ из состава Государственного рабочего эталона единиц длины и ослабления в световоде (РЭ). Устанавливают параметры ОР (режим и время усреднения, длительность импульса) согласно его спецификации.

6.3.2.2 По рефлектограмме определяют для каждой длины волны динамический диапазон как разность в децибелах между уровнем сигнала, рассеянного от ближнего к ОР конца измеряемого оптического волокна, и уровнем шумов, равным 98 % максимума шумов в последней четверти диапазона длин.

6.3.2.3 Результаты поверки считаются положительными, если полученное значение динамического диапазона не менее значения, приведенного в руководстве по эксплуатации:

- для рабочей длины волны 1310 нм: 34 дБ;
- для рабочей длины волны 1383 нм: 26 дБ;
- для рабочей длины волны 1550 нм: 33 дБ;
- для рабочей длины волны 1625 нм: 29 дБ.

### 6.3.3 Расчет абсолютной погрешности измерений ослабления

6.3.3.1 Подключают поверяемый ОР к генератору ОГ РЭ с помощью короткого отрезка оптического волокна в соответствии с рисунком 1.

6.3.3.2 При включении ОГ РЭ в рабочий режим на экране дисплея ОР появляются два импульса длительностью не менее 1 мкс. С помощью ОГ РЭ устанавливают первый импульс в начале шкалы и поочередно вводят значения ослабления между импульсами 1,0; 3,0; 5,0; 10,0; 15,0 дБ. При этом желательно второй импульс устанавливать на таком расстоянии от первого, которое соответствует типовому коэффициенту ослабления оптического волокна для данной длины волны.

6.3.3.3 Определяют поочередно значения ослаблений  $A$  по шкале ОР для каждого из установленных на ОГ РЭ значений ослабления для каждой длины волны. Измерения проводят не менее  $m=5$  раз.

6.3.3.4 Рассчитывают средние значения ослабления  $\bar{A}$  по формуле (5):

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^m A_i}{m}, \quad (5)$$

где  $A_i$  -  $i$ -е значение ослабления, дБ;  $m$  - число измерений значений ослабления.

Рассчитывают среднее квадратическое отклонение результата измерений  $S$  по формуле (6):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (A_i - \bar{A})^2}{m \cdot (m - 1)}}. \quad (6)$$

Рассчитывают абсолютную погрешность ОР  $\Delta A$  измерений ослабления по формуле (7):

$$\Delta A = 2 \cdot \sqrt{\frac{1}{3} (\Theta^2 + \Delta^2) + S^2} \quad (7)$$

где  $\Theta = \bar{A} - A_0$ , где  $A_0$  - значение ослабления, установленное по ОГ РЭ, дБ;

$\Delta$  – значение погрешности установки значений ослабления на Государственном рабочем эталоне единиц длины и ослабления в световоде, приведенное в его паспорте, дБ.

6.3.3.5 Результаты поверки считаются положительными, если абсолютная погрешность ОР не превышает значения, указанного в руководстве по эксплуатации ( $\pm 0,025 \cdot A$ , где  $A$  – измеряемое ослабление, дБ).

6.3.4 Определение мертвой зоны при измерении ослабления и положения неоднородности

6.3.4.1 Собирают схему, представленную на рисунке 2.

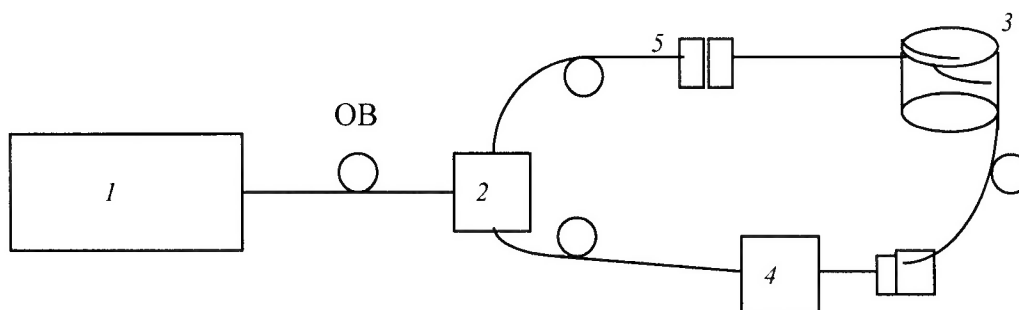


Рисунок 2

1 – поверяемый ОР; 2 - оптический ответвитель; 3 – оптический кабель; 4 - оптический attenuator; 5 - оптический соединитель; ОВ – оптическое волокно

6.3.4.2 Устанавливают минимальную длительность зондирующего импульса ОР, указанную в технической документации и диапазон измерений по шкале длин 10 км. С помощью attenuator устанавливают значение ослабления, достаточное для отсутствия насыщения отраженного импульса (как правило - порядка 35 дБ). Отраженный импульс находится в средней части рефлектограммы.

6.3.4.3 Определяют мертвую зону при измерениях ослабления как расстояние между началом отраженного импульса и точкой заднего фронта отраженного импульса, отстоящей от кривой обратного рассеяния на 0,5 дБ, в соответствии с рисунком 3.

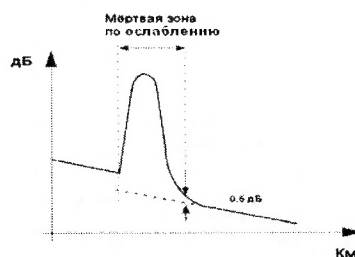


Рисунок 3

6.3.4.4 Определяют мертвую зону при измерениях положения неоднородности как длину между точками переднего и заднего фронтов отраженного импульса, соответствующими уровню ослабления 1,5 дБ от вершины ненасыщенного импульса, в соответствии с полученной рефлектограммой, вид которой представлен на рисунке 4.

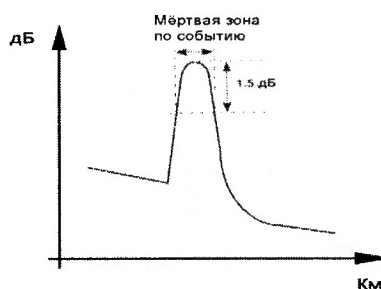


Рисунок 4

6.3.4.5 Результаты поверки считаются положительными, если полученные значения мертвой зоны при измерениях ослабления и положения неоднородности не превышают значений, приведенных в руководстве по эксплуатации: 100; 45 м соответственно.

6.3.5 Определение длительности зондирующих импульсов

6.3.5.1 Собирают схему, представленную на рисунке 5.



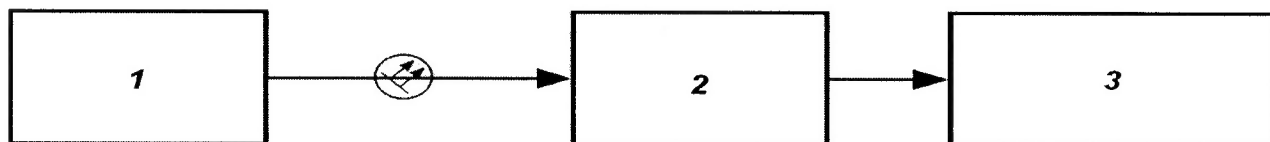


Рисунок 5

1 – поверяемый рефлектометр (ОР),  
2 - фотоприемное устройство, 3 - осциллограф

6.3.5.2 Поочередно устанавливая имеющиеся в меню ОР длительности импульсов и, включая лазер ОР, регистрируют с помощью фотоприемного устройства и осциллографа их длительность по уровню 0,5.

6.3.5.3 Результаты поверки считаются положительными, если фактические значения длительности импульса соответствуют значениям, указанным в руководстве по эксплуатации: 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000 нс.

## 7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 Результаты измерений при поверке заносят в протокол (Приложение А).

7.2 При положительных результатах поверки выдают свидетельство и наносят знак поверки по установленной форме в соответствии с Приказом Минпромторга №1815 от 02.07.2015г.

7.3 При отрицательных результатах поверки свидетельство аннулируют, прибор к эксплуатации не допускают и выдают «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с Приказом Минпромторга №1815 от 02.07.2015г.

**ПРОТОКОЛ  
первичной / периодической поверки**

от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ года

**Средство измерений:** «Рефлектометр оптический OTDR 8000»

Наименование СИ, тип

**Зав. №** \_\_\_\_\_ **№/№** \_\_\_\_\_  
Заводские номера блоков

**Принадлежащее** \_\_\_\_\_  
Наименование юридического лица, ИНН

**Поверено в соответствии с методикой поверки** МП 004.ФЗ-17  
Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата

**С применением эталонов** Государственный рабочий эталон единиц длины и ослабления в световоде в диапазонах воспроизведения от 0,06 до 600,00 км и от 0,5 до 20,0 дБ  
3.1.ZZA.0035.2015

(наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность)

**При следующих значениях влияющих факторов:**

(приводят перечень и значения влияющих факторов, нормированных в методике поверки)

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность воздуха, %
- атмосферное давление, кПа
- напряжение питания сети, В
- частота сети, Гц

**Получены результаты поверки метрологических характеристик:**

Характеристика	Результат	Требования методики поверки

**Рекомендации** \_\_\_\_\_  
Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

**Исполнители:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ подписи, ФИО, должность