

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель службы качества

ФГУП «ВНИИОФИ»



Н. П. Муравская

« 05 » декабря 2017 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ MTS-8000E(V2)
С МОДУЛЕМ ИЗМЕРЕНИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И
МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 007.Ф3-18

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

« 05 » декабря 2017 г.

Москва

2017 г.

1 Введение

Настоящая методика распространяется на системы оптические измерительные MTS-8000E(V2) с модулем измерений распределения температуры и механических напряжений в оптическом волокне (далее по тексту – системы), предназначенные для измерений распределения по расстоянию (длине) температуры и деформации в оптическом волокне, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

2 Операции поверки

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта настоящей мето- дики	Проведение операций при	
			Первичной поверке	Периодической поверке
1	Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2	Опробование	8.2	Да	Да
3	Подтверждение соответствия программного обеспечения	8.3	Да	Нет
4	Определение метрологических характеристик	8.4	Да	Да
5	Определение диапазона и расчёт абсолютной погрешности измерений длины	8.4.1	Да	Да
6	Определение пространственной разрешающей способности при измерениях длины	8.4.2	Да	Нет
6	Определение диапазона и расчёт абсолютной погрешности измерений деформации	8.4.3	Да	Да
7	Определение диапазона и расчёт абсолютной погрешности измерений температуры	8.4.4	Да	Да
8	Определение пространственной разрешающей способности при измерениях температуры и деформации	8.4.5	Да	Нет
9	Определение динамического диапазона	8.4.6	Да	Нет

2.2 Допускается проведение поверки в неполном объеме отдельно по параметрам длины, температуры или деформации.

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

3 Средства поверки

3.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	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	Основные технические и (или) метрологические характеристики
8.4.1 7.4	Государственный первичный специальный эталон единицы длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации по ГОСТ 8.585-2013	<ul style="list-style-type: none"> - диапазон воспроизведения единицы длины: от 10 до $6 \cdot 10^5$ м; - неисключённая систематическая погрешность воспроизведения единицы длины $\Theta =$ (от $6,50 \cdot 10^{-2}$ до 0,45) м; - среднее квадратическое отклонение результатов измерений при воспроизведении единицы длины $S = 1,5 \cdot 10^{-2}$ м
8.4.1 - 8.4.5	Рулетка измерительная металлическая UM5M 2 класса точности по ГОСТ 7502-98 (номер Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений 22003-07)	<ul style="list-style-type: none"> - номинальная длина шкалы 5 м; - допускаемое отклонение действительной длины от 1 до 5 метров не более $\pm [0,30 + 0,15(L-1)]$, где L – число полных и неполных метров в отрезке
7.4	Рабочий эталон средней мощности оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи по ГОСТ 8.585-2013	<ul style="list-style-type: none"> - рабочий спектральный диапазон: от 500 до 1700 нм; - диапазон измеряемой средней мощности оптического излучения: от 10^{-10} до 10^{-2} Вт; - пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне: $\pm 5\%$
8.4.3 8.4.5	Измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ 2.05 (номер Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений 29933-05).	<ul style="list-style-type: none"> - диапазон измерений температуры: от - 200 до + 500 °С; - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm (0,004 + 10^{-5} \cdot t)$ °С, где t – значение температуры
8.4.3 8.4.5	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный ТСПВ-1 (номер Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений 50256-12)	<ul style="list-style-type: none"> - диапазон измерений температуры: от - 80 до + 200 °С; - номинальное сопротивление: 100 Ом; - пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерениях температуры $\pm (0,02 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot t)$ °С, где t – значение температуры

8.4.4	Система лазерная измерительная XL-80 (номер Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений 35362-13)	- диапазон измерений перемещения, м: от 0 до 80; - пределы допускаемой погрешности измерений перемещения, мкм: $\pm 0,5 \cdot L$, где L – перемещение в м
8.4.1 - 8.4.6 7.3 7.4	<p>Вспомогательное оборудование.</p> <p>Образцы оптического волокна (ОВ) стандарта G.652:</p> <ul style="list-style-type: none"> - номинальное значение длины: 0,002; 0,02; 0,04; 1,0; 12,5; 25; 50,0; 125,0 км. <p>Термостат жидкостной лабораторный HUBER CC-410:</p> <ul style="list-style-type: none"> - диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 160 °С. <p>Термостат воздушный лабораторный ТВЛ-К (150):</p> <ul style="list-style-type: none"> - диапазон рабочих температур от 0 до + 50 °С. <p>Модуль линейного перемещения (каретка с микрометрическим винтом):</p> <ul style="list-style-type: none"> - диапазон линейных перемещений от 0 до 400 мм. <p>Волоконно-оптические соединительные кабели (пачкорды) и розетки (адаптеры)</p>	

3.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение необходимых метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

3.3 Средства измерений (СИ), используемые при проведении поверки, должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке.

4 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки допускаются учёные-хранители ГЭТ 170-2011 или лица, допущенные к работе на ГЭТ 170-2011, изучившие настоящую методику и руководства по эксплуатации системы и средств поверки, имеющих квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н и имеющих опыт работы с высокоточными средствами измерений в области волоконно-оптических систем передачи информации, прошедших обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки соблюдают требования, установленные ГОСТ Р 12.1.031-2010, ГОСТ 12.1.040-83 правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н. и Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров СанПиН 5804-91. Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

5.2 Система электрического питания прибора должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи прибора.

5.3 При выполнении поверки должны соблюдаться требования, указанные в «Правилах по охране труда при эксплуатации электроустановок», а также требования руководства по эксплуатации.

5.4 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

6 Условия поверки

6.1 Все этапы поверки, за исключением особо оговоренных, проводят при следующих условиях:

температура окружающей среды, °С..... от 15 до 25
 относительная влажность воздуха, не более, %.....90
 атмосферное давление, кПа..... от 84,0 до 106,7

6.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим, свободным от пыли, паров кислот и щелочей. Допускаемый перепад температуры при проведении поверки – не более 2 °С.

6.3 В помещении не допускаются посторонние источники электромагнитного излучения, мощные электрические и магнитные поля.

7 Подготовка к поверке

7.1 Все оптические детали приборов, используемых при поверке, очищают от пыли и протирают безворсовой салфеткой, смоченной в спирте ГОСТ 9805. ВНИМАНИЕ! Перед сборкой установок для проведения измерений необходимо тщательно очистить все стыкуемые волоконно-оптические разъемы!

7.2 Выдерживают систему в условиях, указанных в п.6.1 настоящей Методики поверки, не менее 2 часов

7.3 Подготавливают к работе поверяемую систему и СИ, применяемые при поверке, согласно соответствующим разделам их Руководств по эксплуатации (РЭ).

7.4 Для определения диапазона измерений длины и расчёта допустимой абсолютной погрешности измерений длины поверяемой системы предварительно измеряют длину образцов оптического волокна (ОВ) с помощью комплекса средств измерений для воспроизведения и передачи единиц длины и времени распространения сигнала в световоде при температуре образцов (20 ± 1) °С и показателем преломления ОВ, равным 1,4682. Для термостабилизации образцов ОВ используют термостат воздушный лабораторный ТВЛ-К (150) в соответствии с его РЭ. Фиксируют полученные значения длин образцов ОВ L_{1ref} , L_{2ref} , L_{3ref} , L_{4ref} , L_{5ref} и L_{6ref} с номинальной длиной 0,04; 1,0; 12,5; 25,0; 50,0 и 125 км соответственно.

7.5 Для определения динамического диапазона измерений поверяемой системы предварительно измеряют ослабление оптического излучения для образцов ОВ с номинальной длиной 25, 50 и 125 км. Для этого берут источник излучения с длиной волны 1550 нм и измеритель мощности из состава РЭСМ-ВС. Соединяют их с помощью кабеля (пачкорда) и проводят измерения средней мощности источника P_0 (в дБм). Затем соединяют источник и измеритель мощности с помощью образцов ОВ и измеряют среднюю мощность P_1 . Значение ослабления A (в дБ) для каждого образца ОВ вычисляют по формуле:

$$A = P_0 - P_1 \quad (1)$$

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей система;
- отсутствие на наружных поверхностях системы повреждений, влияющих на его работоспособность;
- отсутствие ослаблений элементов конструкции, сохранность пломб, чистоту разъемов;
- в целостности соединительных кабелей.

8.1.2 Система считается прошедшей операцию поверки, если видимые механические повреждения системы, кабелей и разъёмов отсутствуют, а органы управления исправны.

8.2 Опробование

8.2.1 Подключают образец ОВ к системе согласно разделу «Присоединение волоконно-оптического кабеля к измерительному порту» Главы 1 РЭ системы.

8.2.2 Включают систему нажатием кнопки «ON/OFF» в левом нижнем углу прибора. Проверяют режим горения индикатора «ON» после включения питания – он должен гореть непрерывно.

8.2.3 Дожидаются окончания загрузки операционной системы и главного меню (рисунок 1).

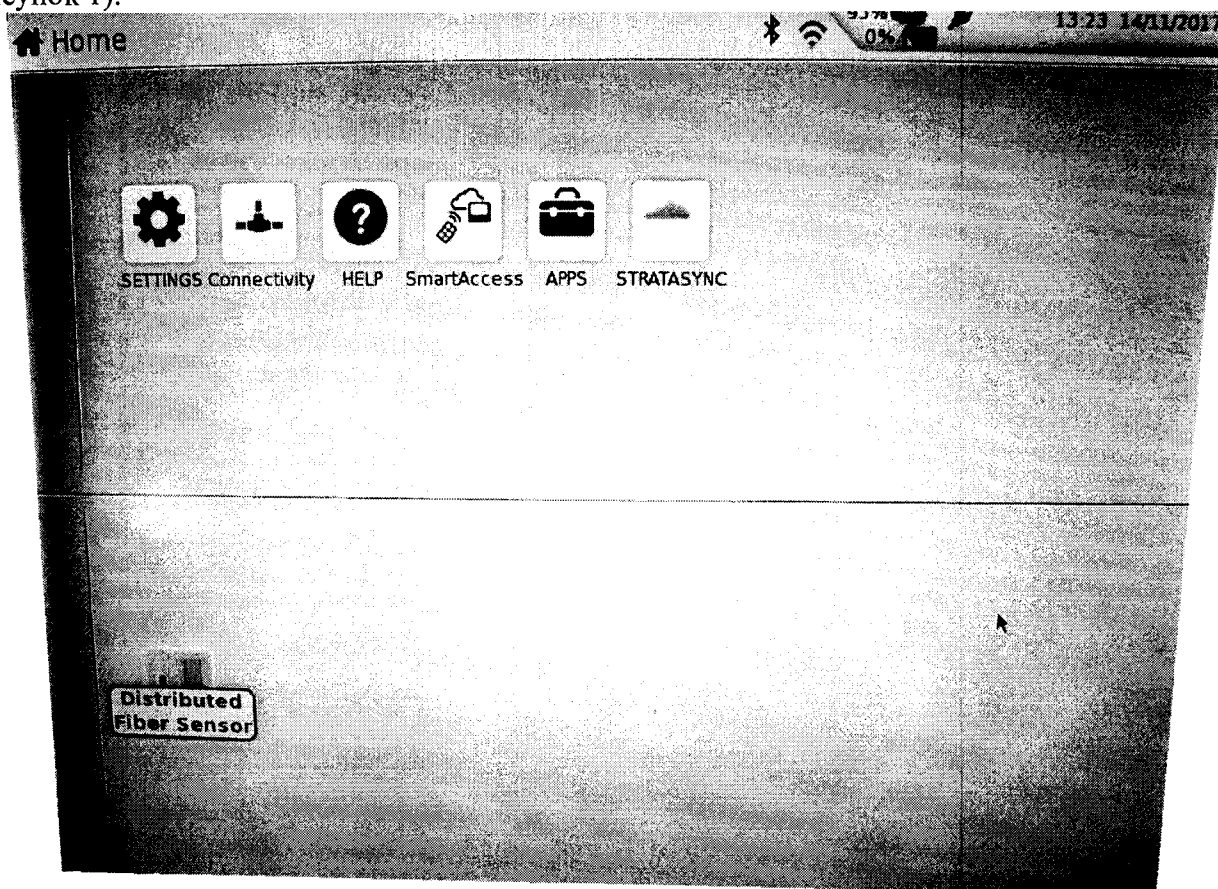


Рисунок 1 – Главное меню системы

8.2.4 Нажимают на пиктограмму «Distributed fiber sensor» - она должна подсветиться жёлтым цветом и ожидают загрузки окна настройки (рисунок 2).

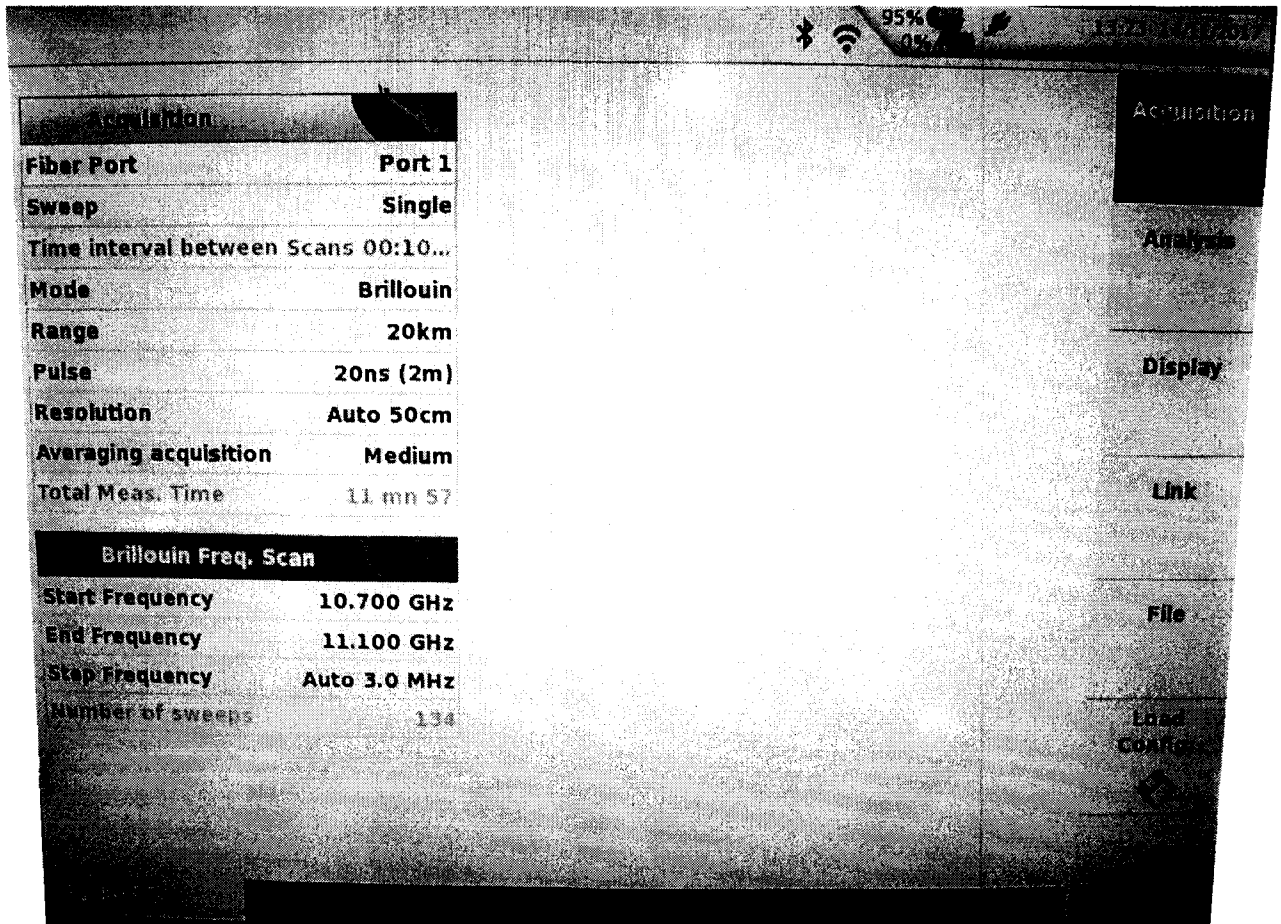


Рисунок 2 – Окно настройки системы

8.2.4 В закладке «Mode» выбирают режим «Fiber Discover» и выполняют тестовое измерение согласно Разделу «Выполнение теста DTSS» Главы 4 РЭ системы.

8.2.5 Система считается прошедшей операцию опробования, если индикатор питания горит непрерывно зелёным светом, ПО системы запускается, в результате тестового измерения прибор обнаруживает подключённый к нему образец ОВ и измеряет его длину.

8.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

8.3.1 Проверяют соответствие заявленных идентификационных данных программного обеспечения сведениям, приведенным в описании типа на системы.

8.3.2 Для вывода на экран идентификационных данных программного обеспечения необходимо нажать вкладку «About» в главном окне ПО справа.

8.3.3 Система считается прошедшей операцию проверки, если идентификационные данные программного обеспечения соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

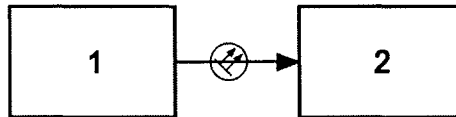
Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Fiber Optics
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	16.0

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 Определение диапазона и расчёт абсолютной погрешности измерений длины

8.4.1.1 Собирают установку согласно схеме, представленной на рисунке 3. Используют образец ОВ с номинальным значением длины 0,04 км. Образец соединяют с помощью волоконно-оптических соединительных кабелей (пачкордов) с разъёмами типа E2000. Перед соединением измеряют длину соединительных пачкордов L_p , м, с помощью рулетки.



1 – поверяемая система; 2 – образец ОВ, помещённый в воздушный термостат при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$

Рисунок 3 – Блок-схема установки для измерений длины ОВ

8.4.1.2 Измеряют длину образца ОВ с помощью поверяемой системы. Для этого в настройках системы выбирают режим (mode) «Raileigh», длительность зондирующего импульса в соответствии с разделом «Диапазоны» Главы 6 РЭ системы и нажимают кнопку «START/STOP». Измерения проводят 10 раз и фиксируют значения длины L_i , м, где $i=(1;10)$.

8.4.1.3 Вычисляют среднее арифметическое измеренных значений длины образца ОВ, м, по формуле:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^{10} L_i}{10} \quad (2)$$

8.4.1.4 Вычисляют среднее квадратическое отклонение (СКО) результатов измерений ($n=10$) длины, м, поверяемой системой по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2} \quad (3)$$

8.4.1.5 Вычисляют неисключённую систематическую погрешность (НСП) измерений длины, м, поверяемой системой по формуле:

$$\Theta = \left| \bar{L} - (L_{ref} + L_p) \right| \quad (4)$$

где L_p – длина соединительных пачкордов, м, измеренная с помощью рулетки;

L_{ref} – эталонное значение длины образца ОВ, м, полученное в п.7.4 настоящей методики поверки.

8.4.1.6 Вычисляют абсолютную погрешность измерений длины, м, поверяемой системы по формуле:

$$\Delta_L = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta_E^2 + \Theta^2}{3} + S^2}, \quad (5)$$

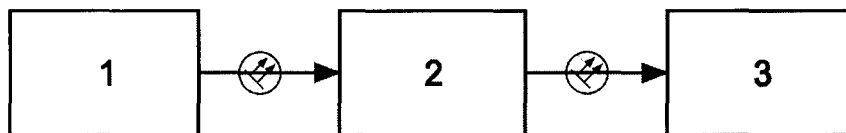
где Δ_E – погрешность измерений длины образцов ОВ, равная 0,1 м для длин не более 1 км и 0,25 м для длин не более 125 км.

8.4.1.7 Повторяют операции п.п.8.4.1.1-8.4.1.6 для середины и верхней границы диапазона измерений длины с помощью образцов ОВ с номинальным значением длины 25 и 125 км.

8.4.1.13 Система считается прошедшей операцию поверки, если диапазон измерений длины составляет не менее чем от 100 до 125000 м; а значение абсолютной погрешности измерений длины не превышает $\pm (1 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot L + \delta)$, где δ – разрешение по пространственной выборке (шаг дискретизации), м, L – измеряемая длина ОВ, м.

8.4.2 Определение пространственной разрешающей способности при измерениях длины

8.4.2.1 Для определения разрешающей способности при измерениях длины собирают установку, схема которой приведена на рисунке 4. Для этого последовательно подключают к поверяемой системе образец ОВ с номинальным значением длины 12,5 км; затем образец ОВ номинальным значением длины 1 км. Образцы ОВ соединяют между собой с помощью волоконно-оптических адаптеров (розеток).



1 – поверяемая система; 2 – образец ОВ с номинальной длиной 12,5 км; 3 – образец ОВ с номинальной длиной 1,0 км;

Рисунок 4 – Блок-схема установки для разрешающей способности при измерениях длины ОВ

8.4.2.2 Проводят единичное измерение длины ОВ аналогично п. 8.4.1.2, выбрав ширину зондирующего импульса не более 10 нс, в результате измерений получают рефлектограмму (типичный вид рефлектограммы приведён в главе 1 «Принцип измерений» РЭ поверяемой системы).

8.4.2.3 На полученной рефлектограмме находят пик, который соответствует месту стыка образцов ОВ. Внешний вид пика показан на рисунке 5.

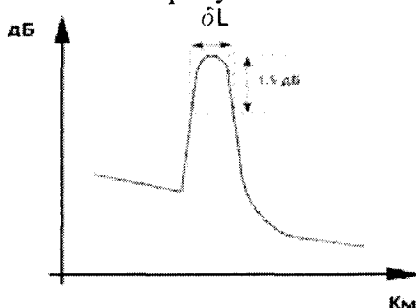


Рисунок 5 – Пример импульса обратного отражения на рефлектограмме

8.4.2.4 Измеряют ширину импульса обратного отражения δL , м, по уровню 1,5 дБ от максимума (полуширина импульса обратного отражения) с помощью маркеров, функции которых описаны в разделе «График OTDR (Рефлектограмма)» Главы 4 РЭ поверяемой системы.

8.4.2.5 За значение пространственной разрешающей способности поверяемой системы принимают значение полуширины импульса обратного отражения.

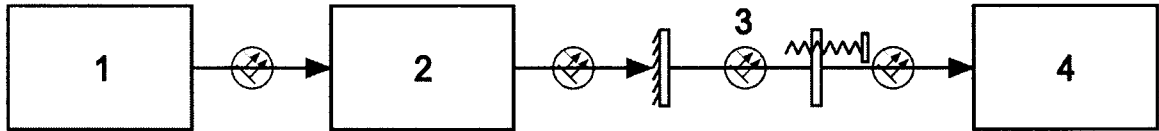
8.4.2.6 Повторяют операции п.п. 8.4.2.2 – 8.4.2.5 для последовательно подключённых образцов ОВ с номинальной длиной 25,0, 12,5 и 1,0 км соответственно. Ширину зондирующего импульса выбирают не более 30 нс. Импульс обратного отражения измеряют в месте стыка образцов ОВ номиналом 12,5 и 1,0 км.

8.4.2.7 Система считается прошедшей операцию проверки, если измеренные значения пространственной разрешающей способности δL не превышают 1 м на длине до 10 км и 5 м на длине до 40 км.

8.4.3 Определение диапазона и расчёт абсолютной погрешности измерений деформации

8.4.3.1 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 6. Измерения деформации сначала проводят на минимальной длине ОВ 0,04 км, а потом на максимальной длине ОВ 50 км, во всём диапазоне измерений деформации (от 0,01 до 2,00 %). Для этого последовательно подключают к поверяемой системе образец ОВ с номинальным значением дли-

ны 0,04 км, затем образец ОВ длиной 20 м, (один конец которого жёстко закреплён на неподвижной плоскости, а второй на каретке с микрометрическим винтом), затем образец ОВ с номинальным значением длины 1 км. Создают преднатяг (предварительное удлинение) деформируемого участка ОВ. Для этого перемещают каретку микрометрического винта на расстояние, соответствующее 0,1 % от длины растягиваемого участка ОВ. Перемещение каретки контролируют с помощью системы лазерной измерительной XL-80, для чего устанавливают на каретку отражатель из состава XL-80 и измеряют его перемещение согласно РЭ системы XL-80.



1 – поверяемая система; 2 – образец ОВ с номинальным значением длины 0,04 км; 3 – растягиваемый образец ОВ длиной 20 метров; 4 – Образец ОВ с номинальной длиной 1 км

Рисунок 6 – Блок-схема установки для измерений деформации ОВ с помощью поверяемого системы

8.4.3.2 Проводят 10 измерений деформации (удлинения) образца ОВ D_{0i} , %, в соответствии с РЭ на поверяемую систему и 10 измерений перемещения каретки $D_{ren_{0i}}$, %.

8.4.3.3 Растягивают образец ОВ на 0,01 % (или 2 мм) и проводят 10 измерений деформации образца ОВ $D_{0,01i}$, %, в соответствии с РЭ на поверяемую систему в одной точке по шкале длины (в середине растягиваемого участка ОВ) и 10 измерений перемещения каретки $D_{ren_{0,01i}}$.

8.4.3.4 Растягивают образец ОВ на 0,1 % (или 20 мм) и проводят 10 измерений деформации образца ОВ D_{xi} , %, в соответствии с РЭ на поверяемую систему и 10 измерений перемещения каретки $D_{ren_{xi}}$, %.

8.4.3.5 Повторяют операции п.8.4.3.4 пока значение натяжения ОВ не достигнет 2 % (или 400 мм) с шагом в соответствии с таблицей 4. По результатам измерений заполняют таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты измерений удлинения образца ОВ

Средние значения удлинения, измеренные XL-80, %			Средние значения удлинения, измеренные системой, %			Разность значений удлинения (Θ_d), %	Абс. погрешность измерений деформации с пом. системы (Δ_D), %
Обознач.	Значение	S_{d_ref}	Обознач.	Значение	S_d		
$D_{ref_{0,0}}$	0,0		$D_{сред_{0,0}}$	0,0			
$D_{ref_{0,01}}$			$D_{сред_{0,01}}$				
$D_{ref_{0,1}}$			$D_{сред_{0,1}}$				
$D_{ref_{0,5}}$			$D_{сред_{0,5}}$				
$D_{ref_{1,1}}$			$D_{сред_{1,1}}$				
$D_{ref_{2,0}}$			$D_{сред_{2,0}}$				

8.4.3.6 Среднее значение деформации (относительного удлинения) образца ОВ, %, измеренной системой, $D_{сред_x}$ (x – номинальное значение относительного удлинения), вычисляют по формуле:

$$D_{сред_x} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Dx_i}{10}, \quad (6)$$

где Dx_i – полученные значения относительного удлинения, %, по результатам десяти измерений в одной точке по шкале длины (в середине растягиваемого участка образца ОВ).

8.4.3.7 Среднее значение перемещения каретки (относительного удлинения), %, измеренной с помощью системы лазерной измерительной XL-80, D_{ref_x} (x – номинальное значение относительного удлинения), вычисляют по формуле:

$$D_{ref_x} = \frac{\sum_{i=1}^{10} D_{ren_x_i}}{10}, \quad (7)$$

8.4.3.8 СКО результатов измерений относительного удлинения системой S_d , %, вычисляют по формуле:

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (Dx_i - D_{cped_x})^2} \quad (8)$$

8.4.3.9 СКО результатов измерений относительного удлинения с помощью системы лазерной измерительной XL-80, S_{d_ref} , %, вычисляют по формуле:

$$S_{d_ref} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (D_{ren_x_i} - D_{ref_x})^2} \quad (9)$$

8.4.3.10 Разность значений удлинения – это разность между значением удлинения, измеренным с помощью системы лазерной измерительной XL-80, и значением удлинения ОВ, измеренным с помощью поверяемой системы (НСП измерений деформации поверяемой системой), Θ_d , %, вычисляют по формуле:

$$\Theta_d = |D_{cped_x} - D_{ref_x}| \quad (10)$$

8.4.3.11 Значение абсолютной погрешности измерений деформации, %, поверяемой системой вычисляют по формуле:

$$\Delta_D = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta_{XL}^2 + \Theta_d^2}{3} + S_d^2 + S_{d_ref}^2}, \quad (11)$$

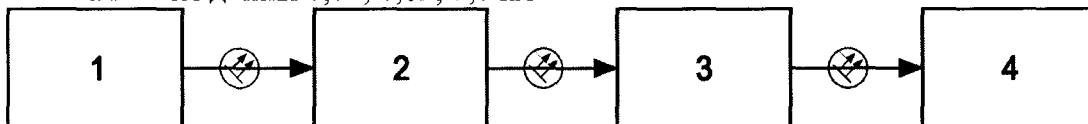
где Δ_{XL} – значение погрешности измерений удлинения с помощью системы лазерной измерительной XL-80, равное 0,0001 %.

8.4.3.12 Повторяют операции п.п.8.4.3.1-8.4.3.11 для образца ОВ (2) с номинальным значением длины 50 км и образца ОВ (4) с номинальным значением длины 25 км.

8.4.3.13 Система считается прошедшей операцию поверки, если диапазон измерений деформации составляет от 0,01 до 2,00 %, а значения абсолютной погрешности измерений деформации не превышают $\pm 0,015$ %.

8.4.4 Определение диапазона и расчёт абсолютной погрешности измерений температуры

8.4.4.1 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 7. Измерения температуры сначала проводят на минимальной длине ОВ 0,04 км, а потом на максимальной длине ОВ 50 км, во всём диапазоне измерений температуры от минус 40 до плюс 150 °С. Для проведения измерений к поверяемому анализатору последовательно подключают образцы ОВ с номинальным значением длины 0,04; 0,02; 1,0 км



1 – поверяемая система; 2 – образец ОВ с номинальным значением длины 0,04 км; 3 – образец ОВ длиной 0,02 км, помещённый в жидкостной термостат; 4 – Образец ОВ с номинальной длиной 1 км.

Рисунок 7 – Блок-схема установки для измерений температуры в ОВ с помощью поверяемой системы

8.4.4.2 Вставляют в соответствующие отверстия в крышке жидкостного термостата два термометра сопротивления ТСПВ-1 и подключают их к измерителю температуры МИТ 2.05. Опускают температуру в жидкостном термостате до минус 40 °С в соответствии с его РЭ. Скорость снижения температуры задается не более 10 °С в час. Выжидают 30 минут после дости-

жения заданной температуры и измеряют её значение в жидкостном термостате с помощью измерителя температуры МИТ 2.05 в соответствии с его РЭ.

8.4.4.3 Проводят 10 измерений температуры образца ОВ с помощью МИТ 2.05 и поверяемой системы в соответствии с их РЭ, причём в случае системы в одной точке по шкале длины (в середине нагреваемого/охлаждаемого участка ОВ).

8.4.4.4 Повторяют операции п.8.4.4.3 для значений температуры в жидкостном термостате в диапазоне от минус 40 до плюс 150 °С шагом в соответствии с таблицей 5. С. Фиксируют полученные значения результатов измерений температуры в жидкостном термостате Tx_mit_i , °С, температуры образца ОВ, измеренных системой Tx_i , °С, где $i=(1;10)$. По результатам измерений заполняют таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты измерений температуры

Средние значения температуры в жидкостном термостате, °С			Средние значения температуры образца ОВ, измеренной системой, °С			Разность температур (Θ_t), °С	Абс. погрешность измерений температуры системой (Δ_T), °С
Обознач.	Значение	S_{t_ref}	Обознач.	Значение	S_t		
T-40_ref			T-40_сред				
T0_ref			T0_сред				
T+40_ref			T+40_сред				
T+80_ref			T+80_сред				
T+120_ref			T+120_сред				
T+150_ref			T+150_сред				

8.4.4.5 Среднее значение температуры образца ОВ $Tx_сред$, °С (x – номинальное значение измеряемой температуры), вычисляют по формуле:

$$Tx_сред = \frac{\sum_{i=1}^{10} Tx_i}{10}, \quad (12)$$

8.4.4.6 Среднее значение температуры в термостате Tx_ref , °С (x – номинальное значение измеряемой температуры), вычисляют по формуле:

$$Tx_ref = \frac{\sum_{i=1}^{10} Tx_mit_i}{10}, \quad (13)$$

8.4.4.7 СКО результатов измерений температуры с помощью поверяемой системы S_t , °С, вычисляют по формуле:

$$S_t = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (Tx_i - Tx_сред)^2} \quad (14)$$

8.4.4.8 СКО результатов измерений температуры с помощью МИТ-2.05 S_{t_ref} , °С, вычисляют по формуле:

$$S_{t_ref} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (Tx_i - Tx_сред)^2} \quad (15)$$

8.4.4.9 Разность температур – это разность между средним значением температуры в жидкостном термостате и средним значением температуры образца ОВ, измеренной с помощью поверяемой системы (неисключённая систематическая погрешность (НСП) измерений температуры поверяемой системой), Θ_t , °С, вычисляют по формуле:

$$\Theta_t = |Tx_сред - Tx_ref| \quad (16)$$

8.4.4.10 Значение абсолютной погрешности измерений температуры поверяемой системой вычисляют по формуле:

$$\Delta_T = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta_e^2 + \Theta_t^2}{3} + S_t^2 + S_{t_{ref}}^2}, \quad (17)$$

где Δ_e – значение погрешности измерений температуры с помощью измерителя температуры МИТ 2.05 в комплекте с термометром сопротивления типа ТСРВ-1 с номинальным сопротивлением 100 Ом ($\Delta_e = (0,024 + 0,00006 \cdot t)$ °С, где t – значение температуры).

8.4.4.11 Повторяют операции п.п.8.4.4.1-8.4.4.10 для образца ОВ (2) с номинальным значением длины 50 км и образца ОВ (4) с номинальным значением длины 25 км.

8.4.4.12 Система считается прошедшей операцию поверки, если диапазон измерений температуры составляет от минус 40 до плюс 150 °С, а значения абсолютной погрешности измерений температуры не превышают ± 3 °С.

8.4.5 Определение пространственной разрешающей способности при измерениях температуры и деформации

8.4.5.1 Для определения пространственной разрешающей способности при измерениях температуры и деформации используют установку для измерений температуры, схема которой приведена на рисунке 7. Так как при измерениях и температуры, и деформации поверяемой системой промежуточной измеряемой величиной является сдвиг бриллюэновской частоты рассеяния излучения в ОВ, то определение пространственной разрешающей способности проводят на примере температурного воздействия на ОВ. Для этого последовательно подключают к поверяемой системе образец ОВ (2) с номинальным значением длины 12,5 км; затем образец ОВ (3) номинальным значением длины 2 м, затем образец ОВ (4) с номинальным значением длины 25 км. Образец ОВ длиной 2 м измеряют с помощью рулетки, фиксируют значение длины L_T , м, и помещают в жидкостной термостат при температуре (40 ± 1) °С.

8.4.5.2 Проводят 10 измерений температуры образца ОВ с помощью МИТ 2.05 и поверяемой системы в соответствии с их РЭ, причём в случае системы в одной точке по шкале длины (в середине нагреваемого/охлаждаемого участка ОВ).

8.4.5.3 Проводят обработку результатов измерений в соответствии с п.п.8.4.4.5-8.4.4.10.

8.4.5.4 Повторяют операции п.п.8.4.5.1-8.4.5.3 для образца ОВ (2) с номинальным значением длины 12,5 и 25 км, образца ОВ (3) с длиной 20 м и образца ОВ (4) с номинальным значением длины 25 км.

8.4.5.5 Система считается прошедшей операцию поверки, если длины нагреваемых участков составляют не более 2 м для участка длиной до 10 км и 20 м для участка длиной до 40 км, а значения абсолютной погрешности измерений температуры не превышают ± 3 °С.

8.4.6 Определение динамического диапазона

8.4.6.1 Динамическим диапазоном работы поверяемой системы является то максимальное значение вносимого компонентами волоконно-оптического тракта ослабления, при котором метрологические характеристики поверяемой системы соответствуют заданным значениям.

8.4.6.2 Для определения динамического диапазона при измерениях длины собирают схему согласно рисунку 4 с образцом ОВ (2) с номинальным значением длины 125 км, соединённым с образцом ОВ (3) с номинальным значением длины 50 км.

8.4.6.3 Проводят измерение длины подключённого ОВ в режиме «Raileigh» с уровнем усреднения «High», которые устанавливаются согласно разделу «Активизация и конфигурирование функции DTSS» Главы 3 РЭ поверяемой системы, и на полученной рефлектограмме определяют разность ΔA , дБ, между уровнем сигнала, рассеянного от ближнего к поверяемой системе конца измеряемого ОВ, и уровнем шумов, равным 98 % от максимума шумов в последней четверти диапазона длин.

8.4.6.4 Для определения динамического диапазона измерений температуры и деформации повторяют операции п.п. 8.4.4.1 – 8.4.4.10 для температуры плюс 40 °С, п.п. 8.4.3.6 –

8.4.3.11 для деформации (удлинения образца ОВ) 1 % с включением в соответствующие схемы установок аттенюатора IQ-505 из состава ГЭТ 170-2011. Аттенюатор подключают непосредственно к поверяемой системе, через него далее соединяют остальные компоненты схемы.

Значение вносимого аттенюатором ослабления при измерениях температуры и деформации выбирают (10-А), дБ, где А – значение ослабления, вносимого образцом ОВ с номинальным значением длины 50 км, которое было найдено в п.7.5 настоящей методики.

8.4.6.5 Система считается прошедшей операцию поверки, если динамический диапазон ΔA при измерениях длины составляет не менее 25 дБ, а динамический диапазон при измерениях температуры и деформации составляет не менее 10 дБ в образце ОВ длиной 50 км, абсолютная погрешность измерений температуры при этом не должна превышать значений ± 3 °С, а абсолютная погрешность измерений деформации не должна превышать значений $\pm 0,015$ %.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты измерений при поверке заносят в протокол (форма протокола приведена в приложении А настоящей методики поверки).

9.2 При положительных результатах поверки, система признается годной. На неё выдаётся свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных по п.п. 8.4.1 - 8.4.6 фактических значений метрологических характеристик системы и наносят знак поверки (место нанесения указано в описании типа) согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», и систему допускают к эксплуатации.

9.3 Система, прошедшая поверку с отрицательным результатом, признается непригодной, не допускается к применению и на неё выдается извещение о непригодности с указанием причин. Свидетельство о предыдущей поверке и знак поверки аннулируют и выписывают «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015г.

Начальник сектора лаборатории Ф-3



В.Е. Кравцов

Старший научный сотрудник лаборатории Ф-3



А. К. Митюрёв

ПРИЛОЖЕНИЕ А
к методике поверки МП 007.Ф3-17
«Системы оптические измерительные MTS-8000E(V2) с модулем измерений
распределения температуры и механических напряжений в оптическом волокне»

ПРОТОКОЛ
первичной / периодической поверки

от « _____ » _____ 201_ года

Средство измерений: «Система оптическая измерительная MTS-8000E(V2) с модулем измерений распределения температуры и механических напряжений в оптическом волокне»

Наименование СИ, тип

Зав. № _____ №/№ _____
Заводские номера блоков

Принадлежащее _____
Наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки МП 007.Ф3-17 «ГСИ. Системы оптические измерительные MTS-8000E(V2) с модулем измерений распределения температуры и механических напряжений в оптическом волокне. Методика поверки», утверждённой ФГУП «ВНИИОФИ» 05 декабря 2017 г.

Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата

С применением эталонов _____
(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 от -10 до +45
- относительная влажность воздуха, %, не более 95
- атмосферное давление, кПа От 84 до 106,7

Внешний осмотр: _____

Опробование: _____

Получены результаты поверки метрологических характеристик:

Наименование характеристики	Результат	Требования МП
Диапазон измерений длины, м		от 100 до 125000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины, м		$\pm(1 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot L + \delta) *$
Пространственная разрешающая способность при измерениях длины, м, не хуже, для длин: - до 10000 м - до 40000 м		1,0 5,0
Диапазон измерений деформации, млн^{-1} (%)		от 100 до 20000 (от 0,01 до 2,0)
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений деформации **, %		$\pm 0,015$
Диапазон измерений температуры, °С		от -40 до +150
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры **, °С		± 3
Пространственная разрешающая способность при измерениях температуры и деформации, м, не хуже, для длин: - до 10000 м - до 40000 м		2 20

Динамический диапазон ***, дБ, не менее, при измерениях:		
- длины		25
- температуры		10
- деформации		10
<p>* где δ – разрешение по пространственной выборке (шаг дискретизации), L – длина оптического волокна</p> <p>** при усреднении в режиме не ниже «medium» и длине оптического волокна не более 50000 м</p> <p>*** Динамический диапазон - это максимальное ослабление уровня сигнала в оптическом волокне при измерениях длины, температуры и деформации</p>		

Рекомендации

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Исполнители:

_____ подписи, ФИО, должность