

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов
«06» октября 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**АНАЛИЗАТОР ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ
НАПРЯЖЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУРЫ DSTS-C-0.1/50-1/100-Н**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 039.Ф3-20

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода
«06» октября 2020 г.

Главный научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков
«06» октября 2020 г.

Москва
2020 г.

1 Введение

Настоящая методика распространяется на анализатор волоконно-оптический распределения механических напряжений и температуры DSTS-C-0.1/50-1/100-H (далее по тексту – анализатор) и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверки. Анализатор предназначен для распределенных измерений (регистрации) механического напряжения и температуры вдоль оптического волокна.

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 – Операции поверки

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта настоящей методики	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	Да
4	Определение метрологических характеристик	8.4		
5	Определение диапазона и расчет пределов абсолютной погрешности измерений деформации	8.4.1	Да	Да
6	Определение диапазона и расчет пределов абсолютной погрешности измерений температуры	8.4.2	Да	Да

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

2.3 Поверку средства измерений осуществляют аккредитованные в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

3 Средства поверки

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

Таблица 2 – Средства поверки

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	Система лазерная измерительная XL-80, (номер Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений 35362-13)	<ul style="list-style-type: none"> - диапазон измерений линейных перемещений от 0 до 80 м; - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных перемещений $\pm 0,5 \cdot L$ мкм, где L – измеряемое перемещение, м.
8.4.2	Измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ2 модификации МИТ 2.05, (номер Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений 46432-11)	<ul style="list-style-type: none"> - диапазон измерений температуры от минус 200 до плюс 500 °С; - пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры $\pm (0,004 + 0,00001 \cdot t)$ °С, где t – измеряемая температура.
8.4.2	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 минус 80 до плюс 200 °С; - абсолютная доверительная погрешность измерений температуры при доверительной вероятности 95 % $\pm (0,02 + 0,00005 \cdot t)$ °С, где t – измеряемая температура.
8.4.1 – 8.4.2	<p>Вспомогательное оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> - образцы оптического волокна, соответствующего требованиям ITU G.652 с номинальной длиной 30; 50 м (с акрилатным и полиимидным покрытием соответственно); - камера тепла-холода КТХ-74М; - волоконно-оптические соединительные кабели (патчкорды) и розетки (адаптеры); - модуль линейного перемещения (каретка с микрометрическим винтом); - изопропиловый спирт ГОСТ 9805-84. 	<ul style="list-style-type: none"> - максимальный температурный диапазон от минус 65 до плюс 165 °С; - максимальная амплитуда колебаний температуры: не более $\pm 0,5$ °С. - диапазон линейных перемещений от 0 до 300 мм.

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

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

4 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации (РЭ) поверяемого анализатора и средств поверки, а также их правила хранения и применения, имеющих квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда при 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, нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров ГОСТ 31581-2012. 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 анализатора должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи анализатора.

5.3 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 +35;
- относительная влажность воздуха, %.....от 45 до 75;
- атмосферное давление, кПа.....от 91,3 до 106;
- напряжение питающей сети, В.....от 90 до 264;
- частота питающей сети, Гц.....от 50 до 60.

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 Оптические разъемы поверяемого анализатора и средств поверки очищают безворсовой салфеткой, смоченным изопропиловым спиртом ГОСТ 9805-84. Протирают торцы волоконно-оптических кабелей, используемых при проведении поверки.

7.2 Выдерживают поверяемый анализатор в условиях, указанных в 6.1 настоящей методики поверки, не менее 2 часов.

7.3 Включают питание всех приборов, используемых при поверке в соответствии с их РЭ. Проводят прогрев всех включенных приборов в течение не менее 2 часов.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Комплектность поверяемого анализатора должна соответствовать комплектности, приведенной в нормативной документации (руководство по эксплуатации и описание типа).

8.1.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей поверяемый анализатор;

- отсутствие на наружных поверхностях поверяемого анализатора повреждений, влияющих на его работоспособность;

- отсутствие ослаблений элементов конструкции, сохранность пломб, чистота разъемов;
- целостность волоконно-оптических кабелей и разъемов поверяемого анализатора.

8.1.3 В случае обнаружения механических повреждений или нарушения целостности волоконно-оптических кабелей и разъемов необходимо связаться с производителем анализатора с помощью контактной информации, указанной в РЭ, указать характер повреждений и определить работоспособность анализатора. Если анализатор не работоспособен – дальнейшие операции поверки не проводят.

8.1.4 Анализатор считается прошедшим операцию поверки, если корпус, внешние элементы, органы управления и индикации не повреждены, отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов конструкции, а комплектность анализатора соответствует разделу «Комплектность» РЭ.

8.2 Опробование

8.2.1 Подготавливают поверяемый анализатор к работе согласно его РЭ.

8.2.2 Запускают на персональном компьютере (ПК) программное обеспечение (ПО) поверяемого анализатора.

8.2.3 Анализатор считается прошедшим операцию опробования, если ПО анализатора запускается, на мониторе, подключенном к ПК, отображается меню ПО в соответствии с РЭ на анализатор.

8.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

8.3.1 Проверяют соответствие заявленных идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в описании типа на анализатор. Для этого включают анализатор, выбирают в меню ПО вкладку «About».

8.3.2 Анализатор считается прошедшим операцию поверки, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

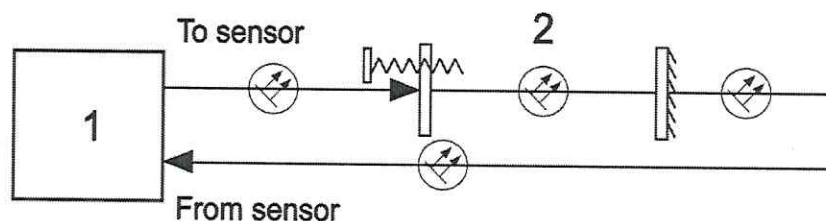
Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	DSTS Software
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	5.0
Цифровой идентификатор ПО	–

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 Определение диапазона и расчет пределов абсолютной погрешности измерений деформации

8.4.1.1 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 1. Измерения деформации проводят во всём диапазоне измерений деформации (от 0,01 до 3 %) на краях и в середине диапазона. Для этого закрепляют образец оптического волокна (ОВ) с номинальным значением длины 30 м путем намотки на оправы (на рисунке 1 показаны схематично) и подключают его к анализатору, используя, при необходимости, волоконно-оптические соединительные кабели и розетки. Создают преднатяг (предварительное удлинение) деформируемого участка ОВ. Для этого перемешают каретку с микрометрическим винтом на

расстояние 10 мм, 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 системы лазерной измерительной XL-80 и измеряют его перемещение согласно РЭ системы лазерной измерительной XL-80.



1 – поверяемый анализатор; 2 – образец ОВ с номинальным значением длины 30 м
Рисунок 1 – Схема установки для определения диапазона и пределов абсолютной погрешности измерений деформации

8.4.1.2 С помощью поверяемого анализатора в соответствии с его РЭ проводят измерение «Baseline» и выбирают тип измерения «Relative Strain». Производят установку нуля системы лазерной измерительной XL-80 в соответствии с РЭ на нее.

8.4.1.3 Посредством перемещения каретки с микрометрическим винтом и контроля величины перемещения с помощью системы лазерной измерительной XL-80 производят удлинение (деформацию) образца ОВ с номинальным значением длины 30 м на величину $D_{эм} = 0,010$ %, что соответствует перемещению каретки с микрометрическим винтом на 1 мм. Проводят измерение удлинения образца ОВ D_i %, где $i = (1; 5)$, 5 раз с помощью поверяемого анализатора в соответствии с РЭ на него в одной точке по шкале длины (в середине деформируемого участка ОВ).

8.4.1.4 Вычисляют среднее арифметическое измеренных значений деформации ОВ $D_{сред}$ %, по формуле

$$D_{сред} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}, \quad (1)$$

где n – количество измерений ($n = 5$).

8.4.1.5 Вычисляют среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического результатов измерений деформации ОВ поверяемым анализатором S_D %, по формуле

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (D_i - D_{сред})^2} \quad (2)$$

8.4.1.6 Определяют границы систематической погрешности (СП) оценки деформации ОВ без учета знака Θ_D %, по формуле

$$\Theta_D = |D_{сред} - D_{эм}| \quad (3)$$

8.4.1.7 Вычисляют пределы абсолютной погрешности измерений деформации ОВ поверяемым анализатором без учета знака Δ_L %, (при доверительной вероятности $p = 0,95$) по формуле

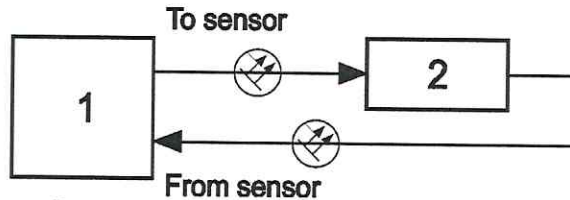
$$\Delta_D = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_D^2}{3} + S_D^2} \quad (4)$$

8.4.1.8 Повторяют операции п. 8.4.1.3-8.4.1.7 для значений удлинения (деформации) образца ОВ в диапазоне от 0,010 до 3 % в точках 1, 2 и 3 %.

8.4.1.9 Анализатор считается прошедшим операцию поверки, если диапазон измерений деформации составляет от 0,020 до 3,0 % и пределы абсолютной погрешности измерений деформации поверяемым анализатором Δ_D %, не превышают значения $\pm 0,015$ %.

8.4.2 Определение диапазона и расчет пределов абсолютной погрешности измерений температуры

8.4.2.1 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 2. Измерения температуры проводят во всём диапазоне измерений температуры (от минус 40 до плюс 125 °С) на краях и в середине диапазона. Для определения нижней границы диапазона измерений температуры поверяемым анализатором используют образец ОВ с полиимидным покрытием и номинальным значением длины 50 м. Образец ОВ с номинальной длиной 50 м помещают в камеру тепла-холода КТХ-74М.



1 – поверяемый анализатор; 2 – образец ОВ длиной 50 метров, помещённый в камеру тепла-холода КТХ-74М;

Рисунок 2 – Схема установки для определения диапазона и пределов абсолютной погрешности измерений температуры

8.4.2.2 Вставляют в отверстие камеры тепла-холода КТХ-74М термометр сопротивления ТСПВ-1 и подключают его к измерителю температуры МИТ 2.05. Опускают температуру в камере до минус (40 ± 1) °С в соответствии с его РЭ. Выжидают 30 минут после достижения заданной температуры.

8.4.2.3 Проводят 5 измерений температуры образца ОВ с помощью МИТ 2.05 и поверяемого анализатора в соответствии с их РЭ, причём в случае анализатора в одной точке по шкале длины (в середине нагреваемого/охлаждаемого участка ОВ). Фиксируют полученные с помощью МИТ 2.05 значения результатов измерений температуры в камере T_{ref_i} , °С, и температуры образца ОВ, измеренных анализатором Tx_i , °С, где $i = (1; 5)$.

8.4.2.4 Среднее значение температуры образца ОВ $Tx_{сред}$, °С, (x – номинальное значение измеряемой температуры), вычисляют по формуле

$$Tx_{сред} = \frac{\sum_{i=1}^n Tx_i}{n} \quad (5)$$

где n – количество измерений ($n = 5$).

8.4.2.5 Среднее значение температуры в камере Tx_{ref} , °С, (x – номинальное значение измеряемой температуры), вычисляют по формуле

$$Tx_{ref} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ref_i}}{n} \quad (6)$$

8.4.2.6 СКО среднего арифметического результатов измерений температуры с помощью анализатора S_T , °С, вычисляют по формуле

$$S_T = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (Tx_i - Tx_{сред})^2} \quad (7)$$

8.4.2.7 СКО среднего арифметического результатов измерений температуры с помощью МИТ-2.05 S_{T_ref} , °С, вычисляют по формуле

$$S_{T_ref} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (T_{ref_i} - Tx_{ref})^2} \quad (8)$$

8.4.2.8 Определяют границы СП оценки температуры без учета знака Θ_T , °С, (при доверительной вероятности $p = 0,95$) по формуле

$$\Theta_T = 1,1 \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^4 \Theta_{T-j}^2}, \quad (9)$$

где Θ_1 – границы СП измерений температуры поверяемым анализатором, °С, определяемые как разность между средним арифметическим значением измеряемых температур $T_{x_{срeд}}$, °С, и средним арифметическим значением температур, полученных с помощью МИТ 2.05, $T_{x_{ref}}$, °С;

Θ_2 – границы абсолютной погрешности измерений температуры с помощью измерителя температуры МИТ 2.05, °С, указанные в описании типа на него;

Θ_3 – границы абсолютной погрешности измерений температуры с помощью термометра сопротивления ТСПВ-1, °С, указанные в описании типа на него;

Θ_4 – максимальная амплитуда колебаний температуры камеры тепла-холода КТХ-74М, °С, указанная в паспорте на нее.

8.4.2.9 Вычисляют границы абсолютной погрешности измерений температуры поверяемым анализатором без учета знака Δ_T , °С, (при доверительной вероятности $p = 0,95$) по формуле

$$\Delta_T = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_T^2}{3} + S_T^2 + S_{T-ref}^2}. \quad (10)$$

8.4.2.10 Повторяют операции п. 8.4.2.2-8.4.2.9 для значений температуры в камере тепла-холода КТХ-74М минус 20; 0; 20; 60; 90; 125 °С.

8.4.2.11 Анализатор считается прошедшим операцию поверки, если диапазон измерений температуры составляет от минус 40 до плюс 125 °С и границы абсолютной погрешности измерений температуры поверяемым анализатором не превышают значения $\pm 1,0$ °С в диапазоне свыше плюс 20 до плюс 125 °С и $\pm 3,0$ °С в диапазоне от минус 40 до плюс 20 °С включительно.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки оформляются протоколом (Приложение А). Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд.

Начальник сектора Ф-3

Младший научный сотрудник лаборатории Ф-3



А.К. Митюрев

А.О. Погоньшев

