

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ГЦИ СИ
Заместитель генерального директора
ФБУ «Ростест - Москва»



Е. В. Морин

«10» октября 2014 г.

ИЗМЕРИТЕЛИ ДЕФОРМАЦИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ВОСК НА
ОСНОВЕ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕНЗОДАТЧИКОВ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ВОТД И ВТОРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
БЛОКОВ-РЕГИСТРАТОРОВ БР

Методика поверки

МП РТ 2130-2014

и.р. 60559-15

г. Москва
2014 г.

Настоящая методика распространяется на измерители деформаций волоконно-оптические ВОСК на основе первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД и вторичных преобразователей блоков-регистраторов БР, производимые ООО НИЦ «ИРТ», Россия, и устанавливает методику первичной поверки до ввода в эксплуатацию.

1. Операции поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1		
№ п/п	Наименование операции	№ пункта методики
1.	Внешний осмотр	7.1
2.	Идентификация программного обеспечения	7.2
3	Опробование	7.3
4	Определение метрологических характеристик	7.4
4.1	Определение среднего значения чувствительности, среднего квадратического отклонения чувствительности и нелинейности функции преобразования в диапазоне измеряемых деформаций при нормальных условиях	7.4.1

2. Средства поверки

При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства, приведенные в таблице 2.

Таблица 2	
№ пункта документа по поверке	Наименование эталонов, вспомогательных средств поверки и их основные метрологические и технические характеристики
7.4.1	<p>Установка с балками постоянного сечения, нагружаемыми по схеме чистого изгиба с характеристиками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пределы неравномерности поля деформации рабочей зоны $\pm 0,5\%$; - пределы погрешности измерения (воспроизведения) деформации: <ul style="list-style-type: none"> ○ $\pm 2 \text{ млн}^{-1}$ – в диапазоне $(-1000 \div +1000) \text{ млн}^{-1}$; ○ $\pm 0,5\%$ от измеряемой деформации – в диапазонах $(-1000 \div -5000) \text{ млн}^{-1}$ и $(+1000 \div +5000) \text{ млн}^{-1}$ <p>Набор гирь ГОСТ OIML 111-1 2009, (1 кг – 5 штук, 2 кг - 5 штук, 10 кг - 5 штук) M1</p>

Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с точностью, удовлетворяющей требованиям настоящей методики поверки.

3. Требования к квалификации поверителей.

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки и эксплуатационные документы, входящие в комплект поставки измерителей деформации, а также эксплуатационные документы применяемых средств поверки, и аттестованные в качестве поверителя.

4. Требования безопасности.

4.1. Перед проведением поверки следует изучить руководство по эксплуатации на поверяемый измеритель деформаций волоконно-оптический ВОСК и приборы, применяемые при

поверке.

4.2. К поверке допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе на электроустановках. Источником повышенной опасности являются токоведущие части средств измерений и испытательного оборудования, применяемых при проведении поверки.

4.3. Работа с незаземленными средствами измерений и испытательным оборудованием категорически запрещается.

4.4. Предельно допустимые концентрации растворителей (ацетона, спирта этилового) в рабочей зоне при наклейке первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.004.

4.5. Наклейка первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД должна проводиться в помещении, снабженном приточно-вытяжной вентиляцией и средствами пожаротушения и водоснабжения.

5. Условия проведения поверки.

5.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия измерений:

- | | |
|---|-----------------------|
| - температура окружающей среды, °C | 20±5; |
| - изменение температуры окружающей среды во время поверки, °C | не более 2; |
| - относительная влажность воздуха, % | не более (60±20); |
| - атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) | 84,0÷106,7 (630÷800). |

6. Подготовка к поверке.

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

6.1. Из упаковки одиночных первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД методом случайного отбора комплектуются выборка тензодатчиков:

- не менее 5 штук для проведения операций по пункту 4.1 Таблицы 1.

6.2. Наклеить поверяемые первичные преобразователи тензодатчики волоконно-оптические ВОТД на балки постоянного сечения в соответствии с инструкцией по наклеиванию.

6.3. Выполнить подсоединение первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД к вторичному преобразователю блока-регистратору БР, используя оптоволоконные кабели.

7. Проведение поверки

7.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре измерителей деформаций волоконно-оптических ВОСК на основе первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД и вторичных преобразователей блоков-регистраторов БР должно быть установлено отсутствие видимых загрязнений поверхностей, расслоений, воздушных пузырьков первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД.

7.2. Идентификация программного обеспечения.

Алгоритм методики подтверждения соответствия программного обеспечения включает в себя следующие процедуры:

- включить питание вторичного преобразователя - блока – регистратора БР;
- после запуска программы открыть вкладку «About». На дисплее отобразится информация о версии программного обеспечения (рис. 1).
- версия программного обеспечения должна быть ВОСК.ПО-1.v.1.1. и старше.



Рис. 1. Идентификация программного обеспечения.

7.3. Опробование.

Опробование измерителей деформаций волоконно-оптических ВОСК производится в следующей последовательности.

7.3.1. Определение рабочей длины волны измерителей деформаций волоконно-оптических ВОСК.

С помощью вторичных преобразователей блоков-регистраторов БР измерить длину волны для каждого поверяемого первичного преобразователя тензодатчика волоконно-оптического ВОТД и результаты измерений занести в протокол.

Наклеить поверяемые первичные преобразователи тензодатчики волоконно-оптические ВОТД на поверхность балки постоянного сечения и с помощью вторичных преобразователей блоков-регистраторов БР измерить длину волны для каждого поверяемого первичного преобразователя тензодатчика волоконно-оптического ВОТД и результаты измерений занести в протокол.

Повторяемость результатов измерений длины волны при одних и тех же условиях измерений должна находиться в пределах $\pm 0,1\%$.

В случае качественно проведенной операции наклеивания, и с учетом влияния неплоскостности балок изменение длины волны измерителей деформаций волоконно-оптических ВОСК относительно начального не должно превышать $\pm 0,5\%$.

7.3.2. Определение предельного относительного отклонения рабочей длины волны в партии первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД от номинального значения и отношения разности предельных значений длины волны в группе к номинальному значению длины волны.

При проведении поверки по данному пункту необходимо:

- с помощью вторичных преобразователей блоков-регистраторов БР измерить длину волны для каждого поверяемого первичного преобразователя тензодатчика волоконно-оптического ВОТД;
- определить величину относительного отклонения рабочей длины волны в партии первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД $\delta_1[\%]$ и $\delta_2[\%]$ от номинального значения в процентах рассчитать по формулам:

$$\delta_1 = \frac{|\lambda_{\text{макс}} - \lambda_{\text{ном}}|}{\lambda_{\text{ном}}} \times 100 \quad (1)$$

$$\delta_2 = \frac{|\lambda_{\text{мин}} - \lambda_{\text{ном}}|}{\lambda_{\text{ном}}} \times 100 \quad (2)$$

где:

$\lambda_{\text{макс}}$ и $\lambda_{\text{мин}}$ - максимальное и минимальное значения длины волны в партии, нм;

$\lambda_{\text{ном}}$ - номинальное значение длины волны для данного типа волоконно-оптического тензодатчика, нм.

- за величину предельного относительного отклонения рабочей длины волны в партии от номинального значения $\delta_{\text{пред}}$ принимается наибольшая из величин δ_1 и δ_2 ;
- определить отношение разности предельных значений рабочей длины волны в группе $\delta_3[\%]$ (партия разбивается на группы по 100 штук) к номинальной длине волны в процентах по формуле:

$$\delta_3 = \frac{|\lambda_{\text{макс}\lambda} - \lambda_{\text{мин}\lambda}|}{\lambda_{\text{ном}}} \times 100 \quad (3)$$

где:

$\lambda_{\text{макс}}$ и $\lambda_{\text{мин}}$ - максимальное и минимальное значения рабочей длины волны в группе, нм.

Относительное отклонение рабочей длины волны в партии от номинального значения и отношение разности предельных значений рабочей длины волны в группе к номинальному значению рабочей длины волны должны находиться в пределах $\pm 0,1\%$.

7.4. Определение метрологических характеристик.

7.4.1. Определение среднего значения чувствительности, среднего квадратического отклонения чувствительности и нелинейности функции преобразования в диапазоне измеряемых деформаций при нормальных условиях.

7.4.1.1. Чувствительность измерителей деформаций волоконно-оптических ВОСК на основе первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД определяется на установке с балками постоянного сечения, нагружаемыми по схеме чистого изгиба (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид установки с балками постоянного сечения.

При определении среднего значения чувствительности и среднего квадратического отклонения чувствительности необходимо:

- собрать измерительную цепь, выполнив операции по п.п. 6.1 - 6.3 настоящей методики поверки.
- произвести трехкратное нагружение балки по следующему циклу:

$$\varepsilon_n = 0; \quad +\varepsilon_n = +(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}; \quad -\varepsilon_n = -(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$$

- разгрузить балку при деформации $\varepsilon_n = 0$ и измерить выходные сигналы измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК;
- нагрузить балку до деформации $+(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$ и измерить выходные сигналы измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК;
- нагрузить балку до деформации $-(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$ и измерить выходные сигналы измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК;

- произвести полное разгружение балки до деформации $\varepsilon_n = 0$. Время, затрачиваемое на нагружение балки и определение выходных сигналов измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК не должно превышать 2 мин;
- по полученным данным выполнить обработку результатов измерений и определить среднее значение чувствительности и среднее квадратическое отклонение чувствительности по формулам:

$$\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} K_i \quad (4)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (K_i - \bar{K})^2} \quad (5)$$

где:

n - объем выборки; i -номер первичного преобразователя тензодатчика волоконно-оптического ВОТД;

K_i - чувствительность i -го измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК;

$$K_i = \frac{|\xi(+\varepsilon_n)| + |\xi(-\varepsilon_n)|}{(|+\varepsilon_n| + |-\varepsilon_n|)} \quad (6)$$

где:

$\xi(+\varepsilon_n)$ и $\xi(-\varepsilon_n)$ - выходные сигналы измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК, нм, причем:

$$\xi(+\varepsilon_n) = \lambda(+\varepsilon_n) - \lambda_0;$$

$$\xi(-\varepsilon_n) = \lambda(-\varepsilon_n) - \lambda_0,$$

где:

$\lambda(+\varepsilon_n)$ и $\lambda(-\varepsilon_n)$ - значение длины волны данного волоконно-оптического тензодатчика при деформациях $+\varepsilon_n$ и $-\varepsilon_n$ соответственно, нм;

λ_0 - значение длины волны ненагруженного волоконно-оптического тензодатчика, соответствующее $\varepsilon_n = 0$, нм.

Чувствительность измерителей деформаций волоконно-оптических ВОСК на основе первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД и ее отклонение от номинальных величин для каждого типа первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД при нормальных условиях должна соответствовать значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3.

А (без подложки)	Б (с подложкой)
$1 \pm 0,5$	$1 \pm 0,7$

7.4.1.2. Определение нелинейности функции преобразования в диапазоне измеряемых деформаций.

Нелинейность функции преобразования в диапазоне измеряемых деформаций при нормальных условиях определяется на установке с балками постоянного сечения, нагружаемыми по схеме чистого изгиба (рис. 2).

При определении нелинейности функции преобразования в диапазоне измеряемых де-

формаций необходимо:

- установить выборку первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД на одной стороне балки постоянного сечения. Главные оси первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД должны быть направлены параллельно продольной оси балки;
- произвести опробование первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД на установке с балками постоянного сечения путем задания деформаций в диапазоне от минус 5000 млн⁻¹ до минус 5050 млн⁻¹. Исключить из выборки первичные преобразователи тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД, на которых образовались вздутия, отслаивание от поверхности балки. Произвести измерение выходных сигналов измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК. При выявлении аномальности выходного сигнала у одного первичного преобразователя тензодатчика волоконно-оптического ВОТД или отклонения от среднего значения более чем на 10 % произвести его замену. При выявлении более одного такого первичного преобразователя тензодатчика волоконно-оптического ВОТД, выборку забраковать и произвести повторную наклейку;
- произвести трехкратное нагружение балки без измерения выходных сигналов до (5000 ± 50) млн⁻¹ и полностью ее разгрузить;
- установить балку в положение, с которого начинается положительный прогиб, убрать все люфты и измерить выходные сигналы первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД с помощью вторичных преобразователей блоков-регистраторов БР;
- нагрузить балку до деформации (5000 ± 50) млн⁻¹ ступенями по (500 ± 50) млн⁻¹, затем разгрузить от (5000 ± 50) млн⁻¹ до нуля этими же ступенями, измеряя на каждой ступени выходные сигналы измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК;
- выдержать балку в разгруженном состоянии не менее 30 мин;
- произвести трехкратное нагружение балки без измерения выходных сигналов до деформации минус (5000 ± 50) млн⁻¹ и полностью ее разгрузить;
- установить балку в положение, с которого начинается отрицательный прогиб, убрать все люфты и измерить выходные сигналы измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК;
- нагрузить балку до деформации минус (5000 ± 50) млн⁻¹ ступенями по (500 ± 50) млн⁻¹, затем разгрузить от минус (5000 ± 50) млн⁻¹ до нуля этими же ступенями, измерить на каждой ступени выходные сигналы измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК;
- время, затрачиваемое на нагружение балки и определение выходных сигналов измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК, не должно превышать 2 мин на ступень;
- по полученным данным выполнить обработку результатов измерений и определить нелинейность функции преобразования в процентах по формуле:

$$\bar{\gamma}_{\max} = \left[\frac{\xi(\varepsilon_n) - \bar{K} \cdot \varepsilon_n}{\bar{K} \cdot \varepsilon_n} \right] \times 100 \quad (7)$$

где:

\bar{K} - среднее значение чувствительности;

$\xi(\varepsilon)$ - среднее значение выходного сигнала измерителя деформаций волоконно-оптического ВОСК для каждой ступени деформации, нм;

n - номер ступени деформации;

ε_n - деформация n - ной ступени.

Значение нелинейности функции преобразования измерителей деформаций волоконно-оптических ВОСК при нормальных условиях не должно превышать $\pm 1\%$.

8. Оформление результатов поверки

8.1. Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки по каждому пункту раздела 7 настоящей методики поверки с указанием предельных числовых значений результатов измерений и их оценки по сравнению с предъявленными требованиями.

8.2. При положительных результатах поверки на измерители деформаций волоконно-оптические ВОСК с партией первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД выдается свидетельство о первичной поверке по форме, установленной Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии РФ. В паспорте (при его наличии) на партию первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД ставится оттиск клейма о поверке.

8.3. Измерители деформаций волоконно-оптические ВОСК на основе первичных преобразователей тензодатчиков волоконно-оптических ВОТД и вторичных преобразователей блоков-регистраторов БР, прошедшие процедуры поверки по пунктам 7.1 - 7.4 настоящей методики и не удовлетворяющие требованиям хотя бы одного из них, признаются непригодными, и к применению не допускаются. В случае отрицательных результатов поверки выдается извещение о непригодности.

Начальник лаборатории №445
ФБУ «Ростест – Москва»



А. В. Богомолов

Начальник сектора лаборатории №445
ФБУ «Ростест – Москва»



В. Н. Абрамов