

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 ВОДИ ВТОРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ  
БЛОКОВ-РЕГИСТРАТОРОВ БР

Методика поверки

МП РТ 2130-2014

н.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

| №<br>п/п | Наименование операции  | № пункта<br>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<br>документа<br>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"> <li>- пределы неравномерности поля деформации рабочей зоны <math>\pm 0,5\%</math>;</li> <li>- пределы погрешности измерения (воспроизведения) деформации:           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>\pm 2 \text{ млн}^{-1}</math> – в диапазоне <math>(-1000 \div +1000) \text{ млн}^{-1}</math>;</li> <li>○ <math>\pm 0,5\%</math> от измеряемой деформации – в диапазонах <math>(-1000 \div -5000) \text{ млн}^{-1}</math> и <math>(+1000 \div +5000) \text{ млн}^{-1}</math></li> </ul> </li> </ul> <p>Набор гирь ГОСТ OIML 111-1 2009, (1 кг – 5 штук, 2 кг -5 штук, 10 кг - 5 штук) М1</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

проверке.

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, °С  $20\pm 5$ ;
  - изменение температуры окружающей среды во время поверки, °С не более 2;
  - относительная влажность воздуха, % не более  $(60\pm 20)$ ;
  - атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)  $84,0\div 106,7$  ( $630\div 800$ ).

## **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.у.1.1. и старше.

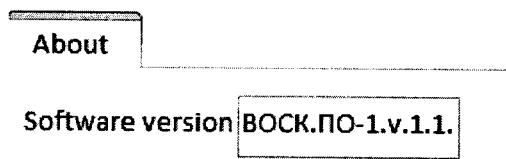


Рис. 1. Идентификация программного обеспечения.

### 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 неплоскости 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:

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

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

где:

$\lambda_{\max}$  и  $\lambda_{\min}$  - 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  $\delta_1$  и  $\delta_2$ ;
- 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:

$$\delta_3 = \frac{|\lambda_{\max} - \lambda_{\min}|}{\lambda_{\text{ном}}} \times 100 \quad (3)$$

где:

$\lambda_{\max}$  и  $\lambda_{\min}$  - 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).

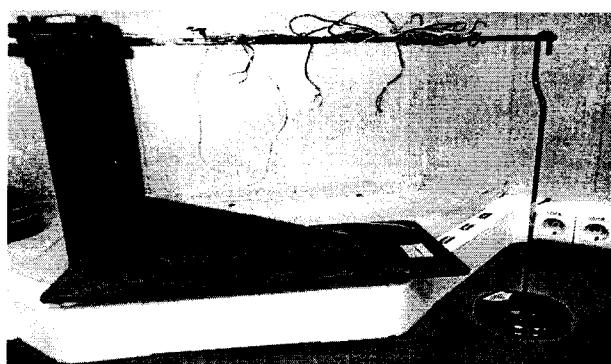


Рис. 2. Внешний вид установки с балками постоянного сечения.

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:

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

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

$\lambda_0$  - 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.

| A (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  $5000 \text{ млн}^{-1}$  до минус  $5050 \text{ млн}^{-1}$ . 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  $(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$  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  $(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$  ступенями по  $(500 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$ , затем разгрузить от  $(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$  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  $(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$  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  $(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$  ступенями по  $(500 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$ , затем разгрузить от минус  $(5000 \pm 50) \text{ млн}^{-1}$  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:

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

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;

$\varepsilon_n$  - деформация  $n$ -ой 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 наличие) 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