

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии  
Уральский научно-исследовательский институт метрологии - филиал  
Федерального государственного унитарного предприятия  
«Всероссийский научно-исследовательский институт  
метрологии им. Д.И.Менделеева»  
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»)

СОГЛАСОВАНА:

Директор УНИИМ- филиала  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»



Е.П. Собина

2023 г.

«ГСИ. Тензометры 12ХХ. Методика поверки»

МП 58-233-2022

Екатеринбург  
2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Разработана: Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.Менделеева» (УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»)

Исполнители: И.о. заведующего лабораторией 233    Трибушевская Л.А.  
Старший инженер лаборатории 233    Добренчикова Л.Г.

Согласована УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....  | 4  |
| 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....   | 5  |
| 3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....  | 5  |
| 4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....   | 5  |
| 5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ.....  | 5  |
| 6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ...6                                      |    |
| 7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ<br>ПОВЕРКИ.....                           | 7  |
| 8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....  | 7  |
| 9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....  | 7  |
| 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ   | 8  |
| 11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ<br>МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....                    | 9  |
| 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....  | 10 |
| Приложение А (справочное) Структура локальной поверочной схемы для средств измерений<br>деформации..... | 11 |

Дата введения в действия « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ г.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на Тензометры 12XX (далее – тензометры), предназначенные для измерений относительной деформации растяжения и сжатия элементов конструкций зданий, сооружений, технологического оборудования. Поверка тензометров должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость тензометров к Государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021 в соответствии со структурой локальной поверочной схемы, приведенной в приложении А.

1.3 В настоящей методике поверки реализован метод косвенных измерений с помощью Системы лазерной измерительной XL-80 и регистратора данных портативного VWANALYZER.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки тензометров, используемых в качестве рабочих средств измерений. В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические и технические требования, приведенные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Метрологические характеристики тензометров при применении в качестве рабочего средства измерений

| Наименование характеристики   | Значение для моделей  |      |                    |
|---|---|------|--------------------|
|   | 1220  | 1240 | 1215               |
| Диапазон измерений деформации, млн <sup>-1</sup>  | от - 2000 до +2000  |      | от - 1650 до +1650 |
| Пределы допускаемой приведенной к ширине диапазона измерения погрешности измерений деформации при использовании общего для модели градуировочного коэффициента (индивидуального градуировочного коэффициента*) ( <i>C.F.</i> ), % | ±2,5 (±1,0)   |      | ±5 (±1,0)          |
| Пределы допускаемой дополнительной приведенной к ширине диапазона измерения погрешности измерений деформации, обусловленной отклонением температуры от 20 °С, %/10 °С   | ±0,1  |      |                    |
| Функция преобразования частоты в относительную деформацию**   | $\Delta_\varepsilon = C.F. \cdot (F_2^2 - F_1^2) + (T_2 - T_1) \cdot (T_{cs} - T_{cc})$ |      |                    |
| Номинальная измерительная база, мм  | 150   | 153  | 51,5               |
| Диапазон изменений частоты выходного сигнала, Гц  | от 450 до 1200  |      | от 1500 до 2600    |

\* - по заказу;

\*\* где  $\Delta_\varepsilon$  - относительная деформация, млн<sup>-1</sup>; *C.F.* – индивидуальный или общий в зависимости от модели датчика калибровочный коэффициент, млн<sup>-1</sup>/Гц<sup>2</sup>;  $F_{2,1}$  – частота колебания струны 1 – первоначальная, 2 – во время измерений, Гц;  $T_{2,1}$  – температура окружающей среды, 1 – первоначальная, 2 – во время измерений, °С;  $T_{cs}$  - температурный коэффициент линейного расширения датчика, равный 11 млн<sup>-1</sup>/°С;  $T_{cc}$  - температурный коэффициент линейного расширения материала, на который устанавливается датчик, млн<sup>-1</sup>/°С. Температура по результатам измерения с помощью встроенного термистора определяется формулой  $T = \frac{1}{(A+B \cdot \ln R + C \cdot (\ln R)^3)} - 273,2$ , где  $A = 1,4051 \cdot 10^{-3}$ ,  $B = 2,369 \cdot 10^{-4}$ ,  $C = 1,019 \cdot 10^{-7}$ .

## 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 В настоящей методике использованы ссылки на следующие документы:

|  |   |
|--|---|
| Приказ Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 | «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.11.2020 № 61033) |
| Приказ Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840   | Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм                                       |

*Примечание - При использовании настоящей методики целесообразно проверить действие ссылочных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то раздел, в котором дана ссылка на него, изменяется в части, не затрагивающей эту ссылку.*

## 3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении первичной поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Операции поверки

| Наименование операции   | Обязательность проведения операций при |                       | Пункт методики |
|---|--|-----------------------|----------------|
|   | первичной поверке                      | периодической поверке |                |
| Внешний осмотр средства измерений   | да                                     | да                    | 8              |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений                     | да                                     | да                    | 9              |
| Определение метрологических характеристик средства измерений              | да                                     | да                    | 10             |
| Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | да                                     | да                    | 11             |

3.2 При получении отрицательного результата при проведении любой из операций по таблице 3.1, поверку тензометров следует прекратить.

## 4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20±1;
- относительная влажность воздуха, % от 20 до 80;
- изменение температуры за время измерений, °С 0,5.

## 5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

5.1 К проведению работ по поверке тензометров допускаются лица, прошедшие специальное обучение на поверителя, ознакомившиеся с эксплуатационной документацией на тензометры, работающие в метрологической службе предприятия, аккредитованной на право поверки средств измерений.

## 6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть использованы средства поверки, указанные в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Метрологические требования к средствам поверки

| Операции поверки, требующие применения средств поверки  | Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки  | Перечень рекомендуемых средств поверки  |
|---|---|---|
| Раздел 9 Подготовка к поверке и опробование   | Средство измерений температуры и относительной влажности с диапазонами измерений, охватывающими условия по п. 4   | Термогигрометр, диапазоны измерений: температура воздуха от +10 до +30 °С, $\Delta=\pm 1$ °С; относительная влажность воздуха от 15 % до 85 %, $\Delta=\pm 3$ % |
|   | Приспособление для растяжения-сжатия, ось приспособления должна быть совмещена с рабочей осью тензометра. Приспособление для растяжения-сжатия и непосредственная установка тензометра в приспособление должны исключать его скручивание  | -   |
|   | Регистратор данных для измерений резонансной частоты колебания струны датчиков, диапазон измерений от 300 до 6500 Гц, $\delta=\pm 0,005$ %  | Регистратор данных портативный VWANALYZER, рег. № 66170-16  |
| П. 10.1 Определение диапазона измерений деформации, определение приведенной погрешности измерений деформации<br>П. 10.2 Определение индивидуального калибровочного коэффициента | Приспособление для растяжения-сжатия, ось приспособления должна быть совмещена с рабочей осью тензометра. Приспособление для растяжения-сжатия и непосредственная установка тензометра в приспособление должны исключать его скручивание* | -   |
|   | Регистратор данных для измерений резонансной частоты колебания струны датчиков, диапазон измерений от 300 до 6500 Гц, $\delta=\pm 0,005$ %  | Регистратор данных портативный VWANALYZER, рег. № 66170-16  |
|   | Эталон 2 разряда по ГПС длины (измеритель линейных перемещений лазерный)**  | Система лазерная измерительная XL-80 рег. № 35362-13  |
|   | Климатическая камера, диапазон воспроизводимых температур от минус 40 до 80 °С, допускаемое отклонение $\pm 3$ °С.  | -   |
| П. 11 Подтверждение соответствия средства   | -   | -   |

| Операции поверки, требующие применения средств поверки   | Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|--|--|
| измерений метрологическим требованиям  |  |  |
| <p>* В качестве приспособления может быть использована настольная силоизмерительная машина с оснасткой, позволяющей зафиксировать тензометры;</p> <p>** Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от <math>1 \cdot 10^{-9}</math> до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденная Приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840.</p> |  |  |

6.2 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены (аттестованы), средства измерений – поверены.

6.3 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 6.1.

## 7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки должны выполняться требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки и поверяемое СИ.

## 8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие тензометра следующим требованиям:

- соответствие тензометра описанию типа (ОТ) в части комплектности;
- наличие заводского номера на сигнальном кабеле тензометра;
- отсутствие видимых внешних повреждений корпуса тензометра, (дефекты, не влияющие на эксплуатационные качества допустить);
- соединительные провода не должны иметь нарушений изоляции.

8.2 В случае если при внешнем осмотре тензометра выявлены повреждения или дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, поверка может быть продолжена только после устранения этих повреждений или дефектов.

## 9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра в соответствии с таблицей 6.1.

9.2 Тензометр и средства поверки подготавливают к поверке в соответствии с технической документацией на них. Тензометр и средства поверки выдерживают в помещении, где проводят поверку, при температуре, указанной в п. 4.1, не менее 2 ч.

9.3 При проведении поверки тензометра необходимо соблюдать требования безопасности, прописанные в руководстве по эксплуатации на тензометры и средства поверки.

9.4 Разместить тензометр в рабочей зоне приспособления для растяжения-сжатия, ось приспособления должна быть совмещена с рабочей осью тензометра. Приспособление для базирования и закрепление тензометра должны исключать его скручивание.

9.5 Подключить тензометр к регистратору данных для измерений резонансной частоты

колебания струны датчиков, (далее регистратору данных):

- включить регистратор данных, выбрать для поля «User»→«Undeclared» → «Ok»;
- в меню «Vibrating Wire Analyzer»→ «Read & Record»→вкладка «Continuous»;
- в меню «Read interval» согласится с установленными по умолчанию «1 sec, 2 Volts, 300 6500» выбрав нижнюю вкладку «Read»;
- в поле «GPS Search Continuous Measurement» числовое значение, соответствующее «Frequency (Hz)» и есть выходной сигнал тензометра пропорциональный деформации.

9.6 Изменяя положение одного фланца тензометра относительно другого, убедитесь в адекватности и плавности изменения показаний регистратора данных.

## 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Проверка осуществляется при помощи приспособления для растяжения-сжатия с диапазоном воспроизводимых знакопеременных перемещений не менее 1 мм, системы лазерной измерительной XL-80 и регистратора данных.

10.2 Разместить тензометр в рабочей зоне приспособления для растяжения-сжатия, ось приспособления должна быть совмещена с рабочей осью тензометра, приспособления для базирования и закрепления тензометра должны исключать его скручивание. Установить оптические элементы системы лазерной измерительной XL-80 таким образом, чтобы изменение расстояния между рефлектором и интерферометром соответствовало изменению расстояния между фланцами тензометра.

*Примечание – рекомендуется закрепить тензометр в оснастке посредством упрочненных установочных (заостренных) винтов, во избежание паразитных перемещений фланцев при смене направления нагружения и получения некорректных результатов измерений деформации, в частности свидетельствующих о значимой вариации показаний.*

10.2.1 Изменение расстояний между фланцами тензометра, соответствующее ширине диапазона измерений деформации рассчитать исходя из диапазона измерений деформации и номинальной измерительной базы по формуле

$$\Delta l_{\Sigma} = \varepsilon_{\Sigma} \cdot L, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_{max} - \varepsilon_{min}, \quad (2)$$

где  $\Delta l_{\Sigma}$  –изменение расстояний между фланцами тензометра, соответствующее ширине диапазона измерений деформации, мкм;

$\varepsilon_{\Sigma}$  – ширина диапазона измерений деформации, млн<sup>-1</sup>;

$L$  – номинальная измерительная база тензометра, м;

$\varepsilon_{max}, \varepsilon_{min}$  – верхняя и нижняя границы диапазона измерений тензометра, млн<sup>-1</sup>.

10.2.2 Определить количество контрольных точек – не менее шести точек равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая верхнюю и нижнюю границы диапазона, или точки близко к ним расположенные.

10.2.3 Подключить тензометр к регистратору данных, согласно п. 9.5 настоящей методики.

10.2.4 Задать положение одного фланца тензометра относительно другого, соответствующее нулевой деформации, записать начальное значение частоты колебания струны тензометра по показаниям регистратора данных.

10.2.5 Обнулить показания интерферометра.

10.2.6 Задавая перемещения, провести три цикла растяжения-сжатия тензометра, записать результаты измерений деформации и соответствующие значения частот выходного сигнала тензометра.



## 11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Определить действительное значение деформации для каждой контролируемой точки по формуле

$$\varepsilon_{dj} = \frac{\Delta l_j}{L}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{dj}$  – действительное значение деформации для  $j$  – ой воспроизводимой деформации,  $\text{млн}^{-1}$ ;

$\Delta l_j$  – заданные перемещения относительно нулевого положения, мкм;

$L$  – номинальная измерительная база экстензометра, м.

11.2 В зависимости от заказа определяют диапазон измерений деформации, погрешность измерений деформации при использовании общего для модели градуировочного коэффициента или диапазон измерений деформации, погрешность измерений деформации при использовании индивидуального градуировочного коэффициента.

11.3 При использовании общего для модели градуировочного коэффициента результат измерений деформации тензометром в  $\text{млн}^{-1}$  определить по формуле

$$\varepsilon_{ij} = A \cdot (F_{ij}^2 - F_0^2), \quad (4)$$

где  $\varepsilon_{ij}$  – значение деформации, соответствующее изменению выходного сигнала тензо-метра при  $i$ -ом измерении в серии для  $j$  – ой воспроизводимой деформации,  $\text{млн}^{-1}$ ;

$A$  – общий для модели калибровочный коэффициент,  $A = 3,304 \cdot 10^{-3}$  для мод. 1240,  $A = 0,3911 \cdot 10^{-3}$  для мод. 1215 и  $A = 4,062 \cdot 10^{-3}$  для мод. 1220,  $\text{млн}^{-1}/\text{Гц}^2$ ;

$F_i$  – частота колебания струны  $i$ -го измерения деформации в серии для  $j$  – ой воспроизводимой деформации, Гц;

$F_0$  – начальная частота колебания струны, Гц.

11.4 В случае использования индивидуального градуировочного коэффициента для действительных значений деформации, рассчитанных по формуле (3) и значениям, соответствующим изменению квадрата частоты колебания струны, полученных по п.9.2.2 подбирают наилучшим образом совпадающую прямую (порядок кривой 1), используя метод наименьших квадратов

$$\varepsilon_{dj} = A_{\text{мнк}} \cdot (F_{ij}^2 - F_0^2), \quad (5)$$

где  $\varepsilon_{dj}$  – действительное значение деформации для  $j$  – ой воспроизводимой деформации, определяемое по формуле (5),  $\text{млн}^{-1}$ ;

$A_{\text{мнк}}$  – калибровочный коэффициент определенный как коэффициент степенного ряда  $S_1$  для прямой, полученный с помощью метода наименьших квадратов ( $C_0 = 0$ ),  $\text{млн}^{-1}/\text{Гц}^2$ ;

$F_i$  – частота колебания струны  $i$ -го измерения деформации в серии для  $j$  – ой воспроизводимой деформации, Гц;

$F_0$  – начальная частота колебания струны, Гц.

После расчета коэффициента рассчитывают значения деформации, соответствующее изменению выходного сигнала тензо-метра при  $i$ -ом измерении в серии для  $j$  – ой воспроизводимой деформации по формуле (3), используя  $A_{\text{мнк}}$ .

$$\varepsilon_{ij} = A_{\text{мнк}} \cdot (F_{ij}^2 - F_0^2), \quad (6)$$

где  $\varepsilon_{ij}$  – значение деформации, соответствующее изменению выходного сигнала тензо-метра при  $i$ -ом измерении в серии для  $j$  – ой воспроизводимой деформации,  $\text{млн}^{-1}$ ;

$A_{\text{мнк}}$  – калибровочный коэффициент определенный как коэффициент степенного ряда  $S_1$  для прямой, полученный с помощью метода наименьших квадратов ( $C_0 = 0$ ),  $\text{млн}^{-1}/\text{Гц}^2$ ;

$F_i$  – частота колебания струны  $i$ -го измерения деформации в серии для  $j$  – ой воспроизводимой деформации, Гц;

$F_0$  – начальная частота колебания струны, Гц.

11.5 Приведенную погрешность измерений деформации рассчитать по формуле

$$\theta_{ij} = \frac{\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{дij}}{E} \cdot 100, \quad (7)$$

где  $\varepsilon_{дij}$  – действительное значение абсолютной деформации для  $j$  – ой воспроизводимой деформации при  $i$ –ом цикле нагружения, млн<sup>-1</sup>;

$\varepsilon_{ij}$  – соответствующее выходному сигналу тензометра значение деформации в серии из  $n$  измерений для  $j$  – ой воспроизводимой деформации при  $i$ –ом цикле нагружения, млн<sup>-1</sup>;

$\theta_{ij}$  – погрешность измерений абсолютной деформации, приведенной к ширине диапазона измерения (разности между максимальным и минимальным значениями диапазона измерений) для  $j$  – ой воспроизводимой деформации, %;

$E$  - ширина диапазона измерений деформации, соответствующая разности между максимальным и минимальным значениями,  $E = 3600$  млн<sup>-1</sup> для мод. 1220, 1240,  $E = 3300$  млн<sup>-1</sup> для мод.1215 и  $E = 5000$  млн<sup>-1</sup> для мод. 1240 А.

11.6 Рассчитанные значения погрешности измерений деформации, приведенной к ширине диапазона измерения (разности между максимальным и минимальным значениями диапазона измерений) должны находиться в пределах допускаемой погрешности измерений деформации согласно таблице 1.1.

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом произвольной формы. Индивидуальный калибровочный коэффициент указывают в протоколе поверки и заносят в паспорт.

12.2 При положительных результатах поверки тензометр признают пригодным к применению.

12.3 Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

12.4 При отрицательных результатах поверки средство измерений признают непригодным к применению.

12.5 По заявке заказчика при положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, при отрицательных – извещение о непригодности.

12.6 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с установленным порядком.

И.о. заведующего лабораторией 233

Старший инженер лаборатории 233



Л.А. Трибушевская

Л.Г. Добренчикова

**Приложение А**  
(справочное)  
**Структура локальной поверочной схемы для средств измерений деформации**

