

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. Соби́на

«22» декабря 2022 г.

«ГСИ. Тензометры волоконно-оптические TXYZ/D.
Методика поверки»

МП 72-233-2022

Екатеринбург
2022

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»
« » 2022 г.

Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	4
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	4
3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ	5
4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	6
6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ6	
7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	8
8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	8
9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	8
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	8
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Оценка доли несоответствующих единиц продукции....	14

Государственная система обеспечения единства измерений
Тензометры волоконно-оптические TXYZ/D. Методика поверки

Дата введения в действия « ____ » _____ 202_ г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на Тензометры волоконно-оптические TXYZ/D (далее – тензометры), предназначенные для измерений относительной деформации. 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.

1.3 В настоящей методике поверки реализован метод косвенных измерений с помощью рабочего эталона единицы деформации или Системы лазерной измерительной XL-80 и анализатора сигналов волоконно-оптических датчиков (АСВОД).

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 модификаций	
	TXYZ/0	TXYZ/1
Диапазон измерений деформации, млн ⁻¹	от минус 5000 до 5000	от 0 до 8000
Пределы допускаемой приведенной к ширине поддиапазона измерений погрешности измерений деформации в поддиапазоне измерений от -3000 до 3000 млн ⁻¹ , %	± 1	-
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений деформации в поддиапазонах измерений, %: от -5000 до -3000 и св. 3000 до 5000 млн ⁻¹	± 2	-
Пределы допускаемой приведенной к ширине диапазона измерений погрешности измерений деформации, %	-	± 2
Функция преобразования длины волны в деформацию*	$\varepsilon = \frac{10^6 \cdot (\lambda - \lambda_0)}{k \cdot \lambda_0}$	
Резонансная (брэгговская) длина волны, нм	от 1500 до 1600	
Длина чувствительного элемента, мм	от 2 до 10	
Номинальное значение коэффициента тензочувствительности	0,798	
Допускаемое отклонение коэффициента тензочувствительности от номинального значения	± 0,03	
Температурно-индуцированная деформация, млн ⁻¹ /°C	от 4 до 10	
* - где ε - деформация, млн ⁻¹ ; λ - длина волны тензометра во время эксплуатации, нм; λ_0 - длина волны после монтажа тензометра на объект, нм; k - коэффициент тензочувствительности тензометра.		

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 В настоящей методике использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Росстандарта от
29 декабря 2018 г. № 2840

Государственная поверочная схема для средств измерений
длины в диапазоне от 1·10⁻⁹ 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, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

3.1 Первичную поверку тензометров выполняют до ввода в эксплуатацию.

3.2 На поверку предоставляется вся партия (количество тензометров в партии не более 1000 шт.).

3.3 Число тензометров (объем выборки) подвергающихся проверке, в зависимости от операций поверки, должно составлять:

- выборка формируемая на основе нормального контроля при общем уровне контроля III ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007 (одноступенчатый выборочный плану с приемочным числом 0, с предельно допустимым уровнем несоответствий $AQL=0,010\%$ (приложение А) для проведения операций по 8, 9, 10.1, 10.2 таблицы 6.1;
- не менее 5 шт. для проведения операций по 10.3 - 10.4 таблицы 6.1;
- не менее 5 шт. для проведения операций по 10.5 таблицы 6.1.

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

Таблица 3.1 - Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций при первичной поверке	Пункт методики
Внешний осмотр средства измерений	да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	10
Определение резонансной (брэгговской) длины волны	да	10.1
Определение диапазона измерений абсолютной деформации, погрешности измерений относительной деформации	да	10.2
Определение коэффициента тензочувствительности и отклонения от номинального значения	да	10.3
Определение среднего значения температурно-индуцированной деформации	да*	10.4
*- характеристики тензометров в диапазоне рабочих температур проверяют по заявке заказчика		

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

3.6 Допускается проведение поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений деформации. При этом поверке подвергаются те поддиапазоны измерений деформации, которые предполагается использовать в процессе эксплуатации тензометров.

4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия, если не оговорено особо:

- температура окружающего воздуха, °C 20 ± 1;
- относительная влажность воздуха, % от 20 до 80;
- изменение температуры за время измерений, °C 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 и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические 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 -20 до +60 °C, $\Delta = \pm 0,7$ °C; относительная влажность воздуха от 0 до 100 %, $\Delta = \pm 2,5$ %, рег. № 22129-09
	Анализатор сигналов волоконно-оптических датчиков, диапазон измерений длин волн: от 1500 до 1600 нм; $\Delta = \pm 0,002$ нм; допускаемое ослабление отраженного от датчиков оптического излучения анализатора при измерениях длин: 50 дБ	Анализатор сигналов волоконно-оптических датчиков (АСВОД) рег. № 60112-15
п. 10.1 Определение резонансной (брэгговской) длины волны	Анализатор сигналов волоконно-оптических датчиков, диапазон измерений длин волн: от 1500 до 1600 нм; $\Delta = \pm 0,002$ нм; допускаемое ослабление отраженного от датчиков оптического излучения анализатора при измерениях длин: 50 дБ	Анализатор сигналов волоконно-оптических датчиков (АСВОД) рег. № 60112-15
п. 10.2 Определение диапазона измерений абсолютной деформации, погрешности измерений	Анализатор сигналов волоконно-оптических датчиков, диапазон измерений длин волн: от 1500 до 1600 нм; $\Delta = \pm 0,002$ нм; допускаемое ослабление отраженного от	Анализатор сигналов волоконно-оптических датчиков (АСВОД) рег. № 60112-15

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
относительной деформации	датчиков оптического излучения анализатора при измерениях длин: 50 дБ	
п. 10.3 Определение коэффициента тензочувствительности и отклонения от номинального значения	Рабочий эталон единицы деформации (установка с балками постоянного сечения, изгибаемая по схеме чистого изгиба) в диапазоне значений от минус 3000 до 3000 млн ⁻¹ св. -1000 до 1000 млн ⁻¹ вкл. $\delta=10$ млн ⁻¹ , св. -3000 до 1000 млн ⁻¹ и св. 1000 до 3000 млн ⁻¹ $\delta=1$ %	Исходный эталон по ЛПС** единицы деформации в диапазоне значений от минус 5000 до 5000 млн ⁻¹ , рег. № 3.1.ZZB.0402.2021
	Эталон 2 разряда по ГПС длины*	Система лазерная измерительная XL-80 рег. № 35362-13
	Штангенциркуль ШЦ I 150 0,05 по ГОСТ 166, диапазон измерений от 0 до 150 мм, $\Delta=\pm 0,05$ мм.	Штангенциркуль ШЦ I 150 0,05 рег. № 22088-07
	Приспособление для растяжения, ось приспособления должна быть совмещена с рабочей осью тензометра.	-
п. 10.4 Определение среднего значения температурно-индуцированной деформации	Анализатор сигналов волоконно-оптических датчиков, диапазон измерений длин волн: от 1500 до 1600 нм; $\Delta=\pm 0,002$ нм; допускаемое ослабление отраженного от датчиков оптического излучения анализатора при измерениях длин: 50 дБ	Анализатор сигналов волоконно-оптических датчиков (АСВОД) рег. № 60112-15
	Климатическая камера, диапазон воспроизводимых температур от минус 70 °С до 80 °С, допускаемое отклонение ± 2 °С.	

* - 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, утвержденная Приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840.

** - СМК 02 СТО 47-2020 Метрологическое обеспечение. Локальная поверочная схема для средств измерений деформации, утвержденной УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в 2021 г.

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:

- наличие всех надписей маркировки, которые идентифицируют каждый экземпляр, на бирке тензометра;
- отсутствие видимых внешних повреждений, не допускается нарушение покрытий в виде сколов, царапин, растрескивания и других дефектов, снижающих качество и ухудшающих внешний вид, (дефекты, не влияющие на эксплуатационные качества тензометров допустить).

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 Тензометры и средства поверки подготавливают к поверке в соответствии с технической документацией на них. Тензометры 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 Подключить тензометр к анализатору сигналов волоконно-оптических датчиков (АСВОД).

9.5 Изменяя пространственное положение чувствительного элемента с легким натяжением от руки, убедиться в адекватности и плавности изменения показаний АСВОД.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 *Определение резонансной (брэгговской) длины волны*

10.1.1 Подключить тензометр к АСВОД. Запустить программу «Astrosoft». Зафиксировать определенные программой значения резонансной (брэгговской) длины волны, спектральной ширины ВБР и относительного уровня боковых максимумов.

10.1.2 Резонансная (брэгговская) длина волны, λ_b , определяется как минимум спектра пропускания на спектральном участке ВБР.

10.1.3 Тензометры считаются успешно прошедшими поверку, если резонансная (брэгговская) длина волны каждого тензометра соответствует заявляемому диапазону и соответствует указанной на бирке с точностью не хуже 0,5 нм.

10.2 *Определение диапазона измерений абсолютной деформации, погрешности измерений относительной деформации*

10.2.1 Определение диапазона измерений абсолютной деформации, погрешности измерений относительной деформации проводят при помощи рабочего эталона деформации в диапазонах измерений от минус 5000 до 5000 млн^{-1} от минус 3000 до 3000 млн^{-1} и или рабочего эталона длины 2 разряда и приспособления для растяжения в диапазоне измерений от 0 до 8000 млн^{-1} .

10.2.2 Проверка при помощи рабочего эталона единицы деформации (установка с балками постоянного сечения, изгибаемая по схеме чистого изгиба):

а) осуществить монтаж выборки тензометров на балку эталона. Главные оси тензометров должны быть направлены параллельно продольной оси балки, допускаемое отклонение от параллельности 1° ;

б) измерить микрометром толщину балки вместе с наклеенными тензометрами, рассчитать среднее арифметическое значение толщины балки с тензометрами (h_2) и определить расстояние от поверхности балки до середины высоты чувствительного элемента тензометра (Δh), мм по формуле

$$\Delta h = h_2 - h - h_1, \quad (1)$$

где h – толщина балки, мм;

h_2 – толщина балки вместе с наклеенными тензометрами, мм;

h_1 – половина толщины чувствительного элемента тензометра ($h_1 = 0,0625$ мм), мм.

с) подключить тензометры к АСВОД;

д) провести два тренировочных нагружения до деформации соответствующей верхней границе диапазона измерений с последующей разгрузкой;

е) преднагрузить балку до деформации примерно 100 млн^{-1} . Обнулить показания прогибомера. Длину волны тензометра в данном положении принять за λ_0 — нулевую длину волны тензометра. Начать запись показаний тензометров;

ф) нагрузить балку с тензометрами до деформации соответствующей верхней границе диапазона измерений с шагом не более 1000 млн^{-1} и последующей разгрузкой до 0 млн^{-1} с шагом не более 1000 млн^{-1} . Выдержка на каждой ступени измерения не менее 10 с. Расчетный прогиб f_j , мм для каждой ступени определяют по формуле

$$f_j = \frac{(h + 2\Delta h - \varepsilon_{nj} \cdot h) - \sqrt{(h + 2\Delta h - \varepsilon_{nj} \cdot h)^2 - \varepsilon_{nj}^2 \cdot L^2}}{2 \cdot \varepsilon_{nj}}, \quad (2)$$

где ε_{nj} – номинальное значение деформации для j -ой ступени нагружения, млн^{-1} ;

L – длина базы прогибомера, мм;

h – толщина градуировочной балки, мм;

Δh – расстояние от поверхности балки до середины чувствительного элемента тензометра, мм;

г) нагрузить балку с тензометрами до деформации до деформации соответствующей нижней границе диапазона измерений с шагом не более 1000 млн^{-1} и последующей разгрузкой до 0 млн^{-1} с шагом не более 1000 млн^{-1} . Выдержка на каждой ступени измерения не менее 10 с.

h) расчетный прогиб f_j , мм для каждой ступени определяют по формуле (2);

и) вычислить величину деформации ε_{dji} , млн^{-1} , определяемую тензометром, по формуле (3), допускается использовать результаты расчета прибора.

$$\varepsilon_{dji} = \frac{10^6 \cdot (\lambda_{ji} - \lambda_{0i})}{k \cdot \lambda_{0i}}, \quad (3)$$

где λ_{ji} — длина волны для j -ой ступени нагружения, i -го тензометра, нм;

λ_{0i} — нулевая длина волны в начале измерения для i -го тензометра, нм;

k — коэффициент тензочувствительности тензометра ($k = 0,798$);

ж) определить среднее значение деформации, $\overline{\varepsilon_{dj}}$, млн^{-1} , и выборочное СКО деформации по формулам:

$$\bar{\varepsilon}_{dj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_{dji}, \quad (4)$$

$$S_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_{dji} - \bar{\varepsilon}_{dj})^2}{n-1}}, \quad (5)$$

где $\bar{\varepsilon}_{dj}$ — среднее значение деформации для j -ой ступени нагружения, млн^{-1} ;
 ε_{dji} — деформация, определяемая i -м тензосметром для j -ой ступени нагружения, млн^{-1} ;
 S_{ε} — выборочное СКО деформации, млн^{-1} .

к) рассчитывают статистики Граббса:

$$GR_{x(\max)} = \frac{\max_{1 \leq i \leq l} \varepsilon_{dji} - \bar{\varepsilon}_{dj}}{S_{\varepsilon}}, \quad GR_{x(\min)} = \frac{\bar{\varepsilon}_{dj} - \min_{1 \leq i \leq l} \varepsilon_{dji}}{S_{\varepsilon}}, \quad (5)$$

и сравнивают его с критическим значением этого критерия $GR_{\text{табл}} = 1,715$ для 5 измерений при уровне значимости 5 %. Если $GR_{x(\max)} > GR_{\text{табл}}$ или (и) $GR_{x(\min)} > GR_{\text{табл}}$ то соответствующее $\max_{1 \leq i \leq l} \varepsilon_{dji}$ и (или) $\min_{1 \leq i \leq l} \varepsilon_{dji}$ из дальнейших расчётов исключают, забракованный канал подлежит замене, количество забракованных каналов не должно быть более одного. Повторяют операции д)-к). В случае повторного получения выброса бракуют всю партию, дальнейшие проверки не проводят.

л) для каждой ступени нагружения, прямого и обратного хода в поддиапазоне измерений от -3000 до 3000 млн^{-1} вычислить значение приведённой погрешности измерений деформации θ_j , % по формулам:

$$\Delta_j = \frac{2,262 \cdot S_{\varepsilon j} + |\varepsilon_{yj} - \varepsilon_{dj}|}{S_{\varepsilon j} + \sqrt{\frac{(\varepsilon_{yj} - \varepsilon_{dj})^2}{3}}} \cdot \sqrt{\frac{(\varepsilon_{yj} - \varepsilon_{dj})^2}{3} + S_{\varepsilon j}^2}, \quad (6)$$

$$\theta_j = \frac{\Delta_j}{X_H} \cdot 100, \quad (7)$$

где ε_y — воспроизводимое значение деформации с учетом толщины тензосметра, млн^{-1} ;
 ε_d — значение деформации, измеренное с помощью тензосметра, млн^{-1} ;
 X_H — ширина диапазона (поддиапазона) измерений деформации (разность между максимальным и минимальным значениями диапазона (поддиапазона) измерений), млн^{-1} .

м) для полученных значений в поддиапазонах измерений от -5000 до -3000 и св. 3000 до 5000 млн^{-1} вычислить значение относительной погрешности измерений деформации δ_j , % по формуле

$$\delta_j = \frac{\Delta_j}{\varepsilon_{yj}} \cdot 100, \quad (8)$$

где ε_y — воспроизводимое значение деформации с учетом толщины тензосметра, млн^{-1} ;
 ε_d — значение деформации, измеренное с помощью тензосметра, млн^{-1} .

10.2.3 Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность измерений деформации во всём диапазоне измерений соответствует значениям, указанным в таблице 1.1.

10.2.4 Проверка при помощи системы лазерной измерительной XL-80 методом растяжения оптического волокна с закреплением в двух точках:

a) установить тензометр в приспособлении, позволяющим воспроизводить нагрузку растяжением вдоль оптического волокна. Зажимы для тензометра должны обеспечивать стабильность натяжения во время испытаний. Рекомендуется использовать пневматические или механические зажимы. Контроль перемещения зажимов осуществляется с помощью системы лазерной измерительной XL-80. Точность задания деформации системой не должна превышать 1 млн^{-1} ;

b) проверить готовность оборудования. Включить АСВОД и подключить тензометр к АСВОД;

c) закрепить оптическое волокно с тензометром в зажимах, не допуская провисания. Предварительное натяжение должно составлять примерно 100 млн^{-1} , определить по изменению длины волны. Выполнить измерение базового размера - свободного участка оптического волокна между точками закрепления L_0 , м, с помощью штангенциркуля;

d) воспроизводимую деформацию определить по формуле

$$\varepsilon_{yji} = \frac{L_{ji}}{L_0}, \quad (9)$$

где ε_{yji} — воспроизводимое значение деформации, млн^{-1} ;

L_0 — длина свободного участка оптического волокна между точками закрепления, м;

L_{ij} — изменение расстояния между точками закрепления, мкм;

e) выполнить два тренировочных нагружения до деформации соответствующей верхней границе диапазона измерений. Убедиться, что волокно не проскальзывает в зажимах. Длину волны тензометра после тренировочных тестов принять за нулевую длину волны λ_0 , нм. Начать запись показаний тензометров;

f) выполнить растяжение тензометра до деформации до деформации соответствующей верхней границе диапазона измерений с шагом не менее 1000 мкм/м и выдержкой 10 с на каждой ступени. Разгрузку выполнять в обратном порядке аналогично нагрузке;

a) вычислить величину деформации ε_{dj} , млн^{-1} , определяемую тензометром, по формуле (3), допускается использовать результаты расчета прибора;

b) определить среднее значение деформации, $\overline{\varepsilon_{dj}}$, млн^{-1} , и выборочное СКО деформации по формулам (4) и (5);

c) провести проверку на выбросы используя статистики Граббса, согласно j) п. 10.2.2;

d) рассчитать значение приведённой к ширине диапазона измерений, погрешности измерений деформации по формулам (6) и (7);

a) результаты поверки считать удовлетворительными, если приведённая к ширине диапазона измерений ($X_n = 8000 \text{ млн}^{-1}$), погрешность измерений деформации во всём диапазоне измерений находится в пределах, указанных в таблице 1.1.

10.3 Определение коэффициента тензочувствительности и его отклонения от номинального значения

10.3.1 Проверка коэффициента тензочувствительности проводится по данным п. f). Для значений деформации, $\overline{\varepsilon_{dj}}$, млн^{-1} , рассчитанных по показаниям тензометра относительно действительных значений деформации, подбирают наилучшим образом совпадающую прямую, используя метод наименьших квадратов и определяют коэффициент, характеризующий отклонение коэффициента тензочувствительности от номинального значения, k_ε .

10.3.2 Отклонение коэффициента тензочувствительности от номинального значения, Δ_k , определить по формуле

$$\Delta_k = 1 - k_\varepsilon, \quad (10)$$

10.3.3 Результаты поверки считать удовлетворительными, если отклонение коэффициента тензочувствительности от номинального значения находится в пределах $\pm 0,03$.

10.4 **Определение среднего значения температурно-индуцированной деформации**

10.4.1 Температурно-индуцированная деформация определяется с помощью климатической камеры.

10.4.2 Для испытаний берут пять тензометров.

10.4.3 Тензометры смонтировать на образце материала с известным коэффициентом теплового расширения.

10.4.4 Длину волны тензометра в данном положении принять за λ_0 — нулевую длину волны тензометров. Начать запись показаний тензометров.

10.4.5 Тензометр, расположенный в климатической камере, нагревают до 80 °С, следует строго избегать конденсации влаги на образце, регистрируют измеренное значение деформации.

10.4.6 Тензометр, расположенный в климатической камере, охлаждают до минус 70 °С, следует строго избегать конденсации влаги на образце, регистрируют измеренное значение деформации.

10.4.7 Среднее значение температурно-индуцированной деформации вычислить по формулам:

$$\varepsilon_{neff\ i} = \left| \frac{\left(\frac{\Delta\lambda_i}{\lambda_{0\ i}} - \alpha_{gm} \cdot \Delta T \right)}{\Delta T} \right| = \left| \frac{\left(\frac{\Delta\lambda_i}{\lambda_{0\ i}} \right)}{k \cdot \Delta T} - \alpha_{gm} \right|, \quad (11)$$

$$\overline{\varepsilon_{neff}} = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{neff\ i}}{n}, \quad (12)$$

где $\varepsilon_{neff\ i}$ — значение температурно-индуцированной деформации для i -го тензометра, $\text{млн}^{-1}/^\circ\text{C}$;

$\Delta\lambda_i$ — изменение длины волны в результате выдержки при повышенной (пониженной) температуре для i -го тензометра, нм;

$\lambda_{0\ i}$ — нулевая (начальная) длина волны для i -го тензометра, нм;

α_{gm} — коэффициент теплового расширения материала, передающего нагрузку, ВБР тензометра, $10^{-6}/^\circ\text{C}$;

ΔT — изменение температуры, $^\circ\text{C}$;

$\overline{\varepsilon_{neff}}$ — среднее значение температурно-индуцированной деформации для i -го тензометра, млн^{-1} ;

n — общее количество тензометров.

10.4.8 За результат поверки принять максимальное из средних значений температурно-индуцированной деформации при повышенной и пониженной температурах.

10.4.9 Результаты поверки считать удовлетворительными, если среднее значение температурно-индуцированной деформации не превышает $10 \text{ млн}^{-1}/^\circ\text{C}$.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

- 11.1 Результаты поверки оформляются протоколом произвольной формы.
- 11.2 При положительных результатах поверки тензометр признают пригодным к применению.
- 11.3 Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.
- 11.4 При отрицательных результатах поверки средство измерений признают непригодным к применению.
- 11.5 По заявке заказчика при положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, при отрицательных – извещение о непригодности.
- 11.6 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**(обязательное)****Оценка доли несоответствующих единиц продукции**

А.1 В соответствии с общим уровнем контроля II и объемом партии по таблице А.1 определяют код объема выборки и соответствующий ему объем выборки.

Таблица А.1 – Код объема выборки и уровни контроля

Объем партии	Общий уровень контроля II	Объем выборки	Приемлемый уровень качества AQL 0,010	
			Приемочное число Ac	Браковочное число Re
От 2 до 8 включ.	A	2	0	1
От 9 до 15 включ.	B	3		
От 16 до 25 включ.	C	5		
От 26 до 50 включ.	D	8		
От 51 до 90 включ.	E	13		
От 91 до 150 включ.	F	20		
От 151 до 280 включ.	G	32		
От 281 до 500 включ.	H	50		
От 501 до 1200 включ.	J	80		
От 1201 до 3200 включ.	K	125		
От 3201 до 10000 включ.	L	200		
От 10001 до 35000 включ.	M	315		
От 35001 до 150000 включ.	N	500		
От 150001 до 500000 включ.	P	800		
Св. 500000	Q	1250		

А.1.2 Если число несоответствующих единиц продукции менее приемочного числа или равно ему, партию признают приемлемой. Если число несоответствующих единиц продукции превышает браковочное число или равно ему, партию признают неприемлемой.