

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
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»



Собина Е.П.

«04»

03

2026 г.

ГСИ. Тензокалибраторы СМАРТЕСТ

Методика поверки

МП 72-233-2025

Екатеринбург

2026 г.

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 УНИИМ – Трибушевская Л.А.
филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

М.н.с. 233 УНИИМ – Осипов Л.Е.
филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Согласована УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

« ____ » _____ 2026 г.

Введена впервые

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	1
2	НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	2
3	ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	2
4	ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	3
5	ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	3
6	МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	3
7	ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	5
8	ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
9	ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
10	ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	6
10.1	Проверка диапазона и погрешности воспроизведений линейных перемещений	6
10.2	Проверка диапазона и погрешностей воспроизведений угловых перемещений	9
11	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	10
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Локальная поверочная схема для средств измерений деформации	11

Государственная система обеспечения единства измерений

Тензокалибраторы СМАРТЕСТ

Методика поверки

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на тензокалибраторы СМАРТЕСТ (далее - тензокалибраторы), изготавливаемые ООО «Интелтест», Россия, и устанавливает объем и последовательность операций поверки.

1.2 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость тензокалибраторов к Государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021 и Государственному первичному эталону единицы плоского угла ГЭТ 22-2014 в соответствии с локальной поверочной схемой, структура которой приведена в приложении А.

1.3 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки – методы прямых измерений и сличение с помощью компаратора.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки тензокалибраторов, используемых в качестве рабочих эталонов в соответствии с локальной поверочной схемой, структура которой приведена в приложении А.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
	СМАРТЕСТ ЕС-01	СМАРТЕСТ ЕС-02
Диапазон воспроизведений линейных перемещений, мм	от 0 до 40	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения линейных перемещений в диапазоне от 0 до 1 мм включ., мм	$\pm 0,004$	
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения линейных перемещений свыше 1 мм, %	$\pm 0,4$	
Диапазон воспроизведения угловых перемещений	-	от 0° до 10°
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения угловых перемещений	-	$\pm 5'$
Цена единицы наименьшего разряда при воспроизведении линейных перемещений, мм, не более	0,001	
Цена единицы наименьшего разряда при воспроизведении угловых перемещений калибраторов, не более	-	0,001°

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 В настоящей методике использовались ссылки на следующие документы:

- ГОСТ 8026-92 Линейки поверочные. Технические условия
 ГОСТ 9378-93 Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия

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 ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

3.1 Первичную поверку тензокалибраторов выполняют при выпуске из производства до ввода в эксплуатацию.

3.2 Периодическую поверку выполняют в процессе эксплуатации тензокалибраторов, а также после их ремонта, в том числе замены измерительной головки.

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

Таблица 3.1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	9
Проверка соосности вставок	Да	Да	9.4
Проверка шероховатости и плоскостности торцевых поверхностей вставок*	Да*	Да*	9.6
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	10
Проверка диапазона и погрешности воспроизведений линейных перемещений	Да	Да	10.1
Проверка диапазона и погрешности воспроизведений угловых перемещений **	Да**	Да**	10.2
* - Проводится только при использовании мер длины концевых плоскопараллельных при определении погрешности измерений линейных перемещений; ** - Проводится только для модификации СМАРТЕСТ ЕС-02.			

3.4 Допускается проведение периодической поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений линейных перемещений и (или) для меньшего числа измеряемых величин. При этом поверке подвергаются те поддиапазоны измерений, которые предполагается использовать

в процессе эксплуатации тензокалибраторов в течение последующего интервала между поверками.

4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При выполнении испытаний должны соблюдаться следующие условия, если иное не оговорено особо:

- температура окружающей среды, °C от 15 до 25;
- относительная влажность, %, не более 80;
- изменение температуры за время измерений, °C ± 1 .

4.2 Вибрация, тряска, удары, магнитные поля должны отсутствовать, основание, на котором установлен тензокалибратор и рабочий эталон, должно быть устойчивым, что следует оценить по отсутствию изменений показаний эталона.

5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

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

5.2 Персонал, выполняющий поверку, должен иметь опыт практической работы с аналогичными средствами измерений.

5.3 К работам по поверке могут быть допущены лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и безопасной работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В.

6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки тензокалибраторов должны применяться средства поверки, указанные в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Средства 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 средства измерений; Раздел 10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Средства измерений температуры, относительной влажности (термогигрометр) с диапазонами измерений, охватывающими условия раздела 4, пределы основной абсолютной погрешности измерения влажности $\pm 2 \%$, $\Delta = \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Прибор комбинированный для контроля параметров окружающей среды MeteoSmart, мод. MeteoSmart 1.3, исполнение Пп, рег. № 76455-19

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.2 Проверка соосности вставок	Линейка поверочная лекальная, КТ 1 по ГОСТ 8026; Щупы толщиной до соответствующей допуску соосности, отклонение от номинального размера не более 1/3 от номинального размера	Линейка лекальная трехгранная ЛТ 200, рег. № 3462-73; Щупы набор №2 КТ 1, рег. № 369-89
9.6 Проверка шероховатости и плоскостности торцевых поверхностей вставок	Средство измерений шероховатости поверхности, диапазон измерения Ra от 0,4 до 1,4 мкм, $\delta = \pm 15 \%$; или Образцы шероховатости по ГОСТ 9378	Прибор для измерений параметров шероховатости поверхности TIME 3221, рег. № 58865-14
	Пластина плоская стеклянная типа ПИ 60, отклонение рабочей поверхности от плоскостности не более 0,09 мкм	Пластина плоская стеклянная 2-го класса ПИ 60, рег. № 197-70
10.1 Проверка диапазона и погрешности воспроизведений линейных перемещений	Измеритель линейных перемещений, диапазон измерений от 0 до 50 мм, $\Delta = \pm 1$ мкм в диапазоне измерений до 1 мм и $\delta = 0,1 \%$ в диапазоне измерений свыше 1 мм до 40 мм или Рабочий эталон единицы длины 4-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений длины* (меры длины концевые плоскопараллельные) и головка измерительная, диапазон измерений от минус 50 до 50 мкм, пределы допускаемой погрешности $\pm 0,4$ мкм в диапазоне от минус 30 до 30 мкм.	Система лазерная измерительная XL-80 рег. № 35362-13 Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 3-го разряда длиной 100 мм (длина от 0,5 до 100 мм) рег. № 9771-98 Головка измерительная рычажно-зубчатая 1ИГ рег. № 2681-70
10.2 Проверка диапазона и погрешностей воспроизведений угловых перемещений	Измеритель угловых перемещений, диапазон измерений 10° , $\Delta = \pm 1'$	Система лазерная измерительная XL-80 рег. № 35362-13

* 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.

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

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

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 средство измерений, а также общие требования безопасности, действующие на месте поверки.

7.2 Работа с незаземленным испытательным оборудованием и средствами измерений запрещается.

8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Проверку внешнего вида, комплектности, маркировки производят визуально на соответствие технической документации фирмы-изготовителя.

8.2 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие внешнего вида, комплектности сведениям, приведенным в описании типа, отсутствие видимых механических повреждений, загрязнений поверхностей.

8.3 Маркировка тензокалибратора должна содержать:

- наименование изготовителя;
- обозначение модификации;
- серийный номер.

8.4 В случае если при внешнем осмотре тензокалибратора 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 Перед проведением поверки средства поверки и поверяемый тензокалибратор должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны в помещении, где проводят поверку, в условиях согласно разделу 4 настоящей методики, не менее шести часов.

9.3 Включить тензокалибратор (в части линейных перемещений - головку микрометрическую), задать небольшое перемещение, не более 0,1 мм. При опробовании должно быть установлено следующее:

- плавность вращения микровинта измерительных головок (поворот легким движением руки, с приложением минимальных усилий, без заеданий и рывков);
- при вращении микровинта подвижный шток с установленной сменной вставкой должен перемещаться, а показания тензокалибратора должны изменяться;
- надежность крепления наконечников в зажимах (убедиться в отсутствии люфтов в местах крепления и невозможности снятия вставки без инструмента);
- цена единицы наименьшего разряда цифрового показывающего устройства должна соответствовать указанной в таблице 1.1.

9.4 Соосность расположения вставок относительно друг друга установить визуально, при необходимости подвижную траверсу перемещают на максимальное расстояние относительно нижней неподвижной траверсы, линейку лекальную плотно прижимают к образующей нижней вставки и с помощью щупов определяют размер зазора между ребром линейки и образующей верхней вставки. Измерения проводят для четырех образующих, образованных двумя сечениями, расположенных относительно друг друга с поворотом на 90° . Проверку повторяют для минимального расстояния между траверсами, при соприкосновении вставок. Отклонение от соосности должно быть не более 0,2 мм на длине 100 мм.

9.5 Результаты опробования считаются положительными если выполняются требования 9.3-9.4.

9.6 При использовании мер длины концевых плоскопараллельных при определении погрешности измерений линейных перемещений параметр шероховатости R_a торца вставки, на которую планируется устанавливать меру длины концевую плоскопараллельную, должна быть не хуже 0,08 мкм, плоскостность торца не хуже 0,9 мкм.

Шероховатость торцевой поверхности вставок проверяют с помощью прибора для измерений шероховатости поверхности. Параметр шероховатости R_a торцевых поверхностей вставок не должен превышать 0,08 мкм.

Отклонение от плоскостности торцевой поверхности вставки определяют интерференционным методом при помощи плоской стеклянной пластины или плоскопараллельной стеклянной пластины. Стеклянную пластину накладывают на торцевую поверхность и легким нажимом добиваются такого контакта, при котором наблюдается наименьшее число интерференционных полос (колец). Отклонение от плоскостности определяют по числу наблюдаемых интерференционных полос (колец). Отсчет следует производить, отступив 0,5 мм от края измерительной поверхности. Если по обе стороны от точки (линии) контакта будет наблюдаться неодинаковое число полос, то отсчет полос производится на той стороне, где число видимых полос будет больше, допускается не более трех полос.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проверка диапазона и погрешности воспроизведений линейных перемещений

10.1.1 Определение отклонений показаний тензокалибратора от действительных значений перемещений с помощью системы лазерной измерительной XL-80 (далее – система XL-80) и комплекта оптических элементов для измерений линейных перемещений, входящего в ее состав.

Интерферометр с ретрорефлектором системы XL-80 установить с помощью крепежных элементов на неподвижную траверсу, а ретрорефлектор с помощью крепежных элементов и зеркала – на подвижную траверсу тензокалибратора.

Установить лазерный блок-системы XL-80 напротив интерферометра. Прошедший сквозь интерферометр луч должен быть направлен вдоль направления перемещения подвижного штока тензокалибратора таким образом, чтобы он попадал в ретрорефлектор. Отраженный луч после прохождения всей оптической системы должен попасть обратно в лазерный блок-системы XL-80.

Переместить подвижный шток тензокалибратора из крайнего верхнего положения в крайнее нижнее положение и убедиться в том, что на всем диапазоне измерений лазерный луч не «теряется», и измерения ведутся корректно. Далее, задавая требуемые перемещения, снять показания системы XL-80 и тензокалибратора.

Произвести в контрольных точках отсчет показаний системы XL-80 при достижении контролируемой ступени по показаниям системы XL-80.

10.1.2 Определение отклонений показаний тензокалибратора от действительных значений перемещений с помощью мер длины концевых плоскопараллельных (далее - КМД) с использованием головки измерительной рычажно-зубчатой типа 1 ИГ и скобы.

Перевернуть траверсу, таким образом, чтобы свободный торец подвижной вставки позволял расположить на нем КМД (см. рисунок 1).

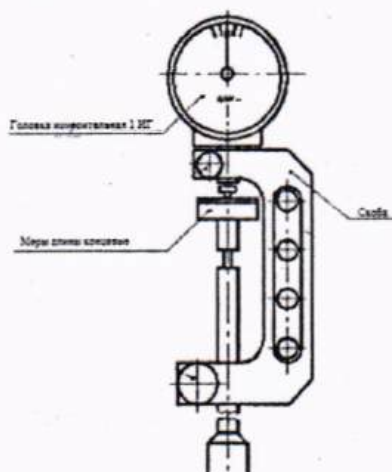


Рисунок 1 - Определение отклонений показаний тензокалибратора от действительных значений перемещений с помощью мер длины концевых плоскопараллельных

Протереть хлопчатобумажной салфеткой торец стержня и КМД, установить блок мер (блок из мер номинальным значением 1 мм и соответствующим диапазоном перемещений тензокалибратора), на торец подвижного стержня.

Установить индикаторную головку так, чтобы ее показания соответствовали бы «нулю», проверить показания «нуля» трехкратным арретированием. Если «нуля» не будет, протереть тщательно торец стержня и КМД (КМД брать и устанавливать только с помощью салфетки или в перчатках для предотвращения нагрева), установить и проверить «нуль» (не переходите к следующей операции, пока не убедитесь в «нулевых» показаниях).

Убрать предыдущий блок мер и установить блок мер, соответствующий следующей проверяемой точке, предварительно протерев торец стержня.

Вращением барабана переместить подвижный стержень так, чтобы стрелка индикаторной головки вернулась на «нуль». Снимите показания по микронной шкале

Примечание - При подходе стрелки к нулю предварительно проведите трехкратное арретирование индикаторной головки и только после этого с помощью барабана установите стрелку на нуль.

10.1.3 Порядок проведения определения отклонений показаний тензокалибратора от действительных значений перемещений

Провести не менее трех серий измерений в направлении растяжения (движение подвижного штока снизу вверх) и трех серий измерений в направлении сжатия (движение подвижного штока сверху вниз), содержащие не менее пяти ступеней в каждом из диапазонов: от 0,01 до 0,10 мм включительно; от 0,1 до 1,0 мм включительно; от 1 до 10 мм включительно; от 10 до 40 мм включительно, распределенных в соответствующем диапазоне. Также измерения должны включать в себя точку 1 мм в обоих направлениях. Значения отклонений показаний тензокалибратора от действительных значений линейных перемещений определяют как разность отсчета по измерительной головке тензокалибратора и показаний системы XL-80 в каждой точке диапазона по формуле

$$\Delta_{ji} = L_{Tji} - L_{XLji}, j = 0, 1, \dots, K, i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где L_{Tji} - показания тензокалибратора в j -ой точке, мм;
 L_{XLji} - показания системы лазерной XL-80 в j -ой точке, мм;
 K - число проверяемых точек;
 n - число повторных измерений (серий);
 i - номер измерения.

Рассчитать среднее значение отклонений показаний тензокалибратора и неисключенную систематическую составляющую погрешности для каждого номинального линейного перемещения по формулам:

$$\bar{\Delta}_{oj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_{ji}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

$$\theta_{\alpha j} = |\bar{\Delta}_{oj}| + \Delta_{\alpha XLj}, \quad (3)$$

где $\bar{\Delta}_{oj}$ - среднее значение отклонений показаний тензокалибратора в j -ой точке, мм;
 $\theta_{\alpha j}$ - неисключенная систематическая составляющая погрешность в j -ой точке, мм;
 $\Delta_{\alpha XLj}$ - допускаемая погрешность используемого эталона, мм.

Рассчитать среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности для каждого номинального линейного перемещения по формулам:

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_{Tji} - \bar{L}_{Tj})^2}{n(n-1)}}, \quad (4)$$

$$\bar{L}_{Tj} = \frac{\sum_{i=1}^n L_{Tji}}{n}, \quad (5)$$

где S_j - среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности, мм;
 n - количество измерений;
 L_{Tji} - i -е показание тензокалибратора при j -ом номинальном значении перемещения, мм;
 $\bar{L}_{Tj}$ - среднее арифметическое из n показаний, мм.

Погрешность воспроизведений линейных перемещений определить по формулам:

$$\Delta_j = \frac{t \cdot S_j + \theta_j}{S_j + \sqrt{\frac{\theta_j^2}{3}}} \cdot \sqrt{\frac{\theta_j^2}{3} + S_j^2}, \quad (6)$$

$$\delta_j = \frac{\Delta_j}{\bar{L}_{Tj}}, \quad (7)$$

где Δ_j - абсолютная погрешность воспроизведений линейных перемещений при j -ом номинальном значении перемещения, мм;
 t - 95 % квантиль распределения Стьюдента с $(n - 1)$ степенями свободы (для $n = 5, t = 2,78$, для $n = 3, t = 4,30$);
 δ_j - относительная погрешность воспроизведения линейных перемещений при j -ом номинальном значении перемещения, мм.

10.1.4 Результаты проверки признают положительными, если верхние границы погрешности во всех точках диапазона соответствуют пределам допускаемой погрешности, указанным в таблице 1.1.

10.2 Проверка диапазона и погрешностей воспроизведений угловых перемещений

10.2.1 Определение отклонений показаний тензокалибратора от действительных значений угловых перемещений при измерении угла поворота проводится с помощью системы XL-80 и комплекта оптических элементов для измерений угловых перемещений, входящего в ее состав.

Повернуть подвижный шток тензокалибратора из крайнего левого положения в крайнее правое положение и убедиться в том, что на всем диапазоне измерений лазерный луч не «теряется», и измерения ведутся корректно. Далее, задавая требуемые угловые перемещения, снять показания системы XL-80 и тензокалибратора.

10.2.2 Провести не менее трех серий измерений в направлении по часовой стрелке и трех серий измерений против часовой стрелки, содержащие не менее пяти ступеней во всем диапазоне измерений. В контрольных точках производят отсчет показаний системы XL-80 при достижении контролируемой ступени по показаниям тензокалибратора.

10.2.3 Значения отклонений показаний тензокалибратора от действительных значений угловых перемещений определить как разность отсчета по измерительной головке тензокалибратора и показаний системы XL-80 в каждой точке диапазоне по формуле

$$\Delta_{aji} = \alpha_{tji} - \alpha_{XLji}, \quad j = 0, 1, \dots, K, i = 1, 2, \dots, n, \quad (8)$$

где α_{tji} - показания тензокалибратора в j -ой точке, ...°;
 α_{XLji} - показания системы лазерной XL-80 в j -ой точке, ...°;
 K - число проверяемых точек;
 n - число повторных измерений (серий);
 i - номер измерения;
 Δ_{aji} - отклонение показаний тензокалибратора от действительных значений угловых перемещений в j -ой точке при i -ом измерении, мм.

Рассчитать среднее значение отклонений показаний тензокалибратора и неисключенную систематическую погрешность для каждого номинального углового перемещения по формуле

$$\bar{\Delta}_{Aj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_{aji}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

$$\theta_{aj} = \bar{\Delta}_{aj} + \Delta_{axLj}, \quad (10)$$

где n - число повторных измерений (серий);
 i - номер измерения;
 Δ_{axL} - допускаемая погрешность используемого эталона, ...°;
 $\bar{\Delta}_{Aj}$ - среднее арифметическое значение отклонение показаний тензокалибратора от действительных значений угловых перемещений в j -ой точке по результатам измерений, ...°;
 θ_{aj} - неисключенная систематическая составляющая погрешность, ...°.

Рассчитать среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности для каждого номинального перемещения по формулам

$$S_{aj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_{tji} - \alpha_{XLji})^2}{n(n-1)}}, \quad (11)$$

$$\bar{\alpha}_{tj} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_{tji}}{n}, \quad (12)$$

где S_j - среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности, мм;

- n - количество измерений;
 $\alpha_{\tau ji}$ - i -е показание тензокалибратора при j -ом номинальном значении углового перемещения, мм;
 $\bar{\alpha}_{\tau j}$ - среднее арифметическое из n показаний, мм.

Погрешность воспроизведений угловых перемещений определить по формуле:

$$\Delta_{\alpha j} = \frac{t \cdot S_j + \theta_{\alpha j}}{S_i + \sqrt{\frac{\theta_{\alpha j}^2}{3}}} \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\alpha j}^2}{3} + S_j^2}, \quad (13)$$

- где $\Delta_{\alpha j}$ - абсолютная погрешность при воспроизведении углового перемещения для j -ого номинального значения, мм;
 t - 95 % квантиль распределения Стьюдента с $(n - 1)$ степенями свободы (для $n = 5, t = 2,78$, для $n = 3, t = 4,30$).

Результаты поверки признают положительными, если верхние границы погрешности во всех точках диапазона соответствуют пределам допускаемой погрешности указанных таблице 1.1.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

- 11.1 Результаты поверки оформляются протоколом произвольной формы.
- 11.2 При положительных результатах поверки тензокалибраторы признают пригодными 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. В сведениях о результатах поверки приводят данные об объеме проведенной поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений линейных перемещений и (или) для меньшего числа измеряемых величин.

И.о. заведующего лабораторией 233

М.н.с. лаборатории 233



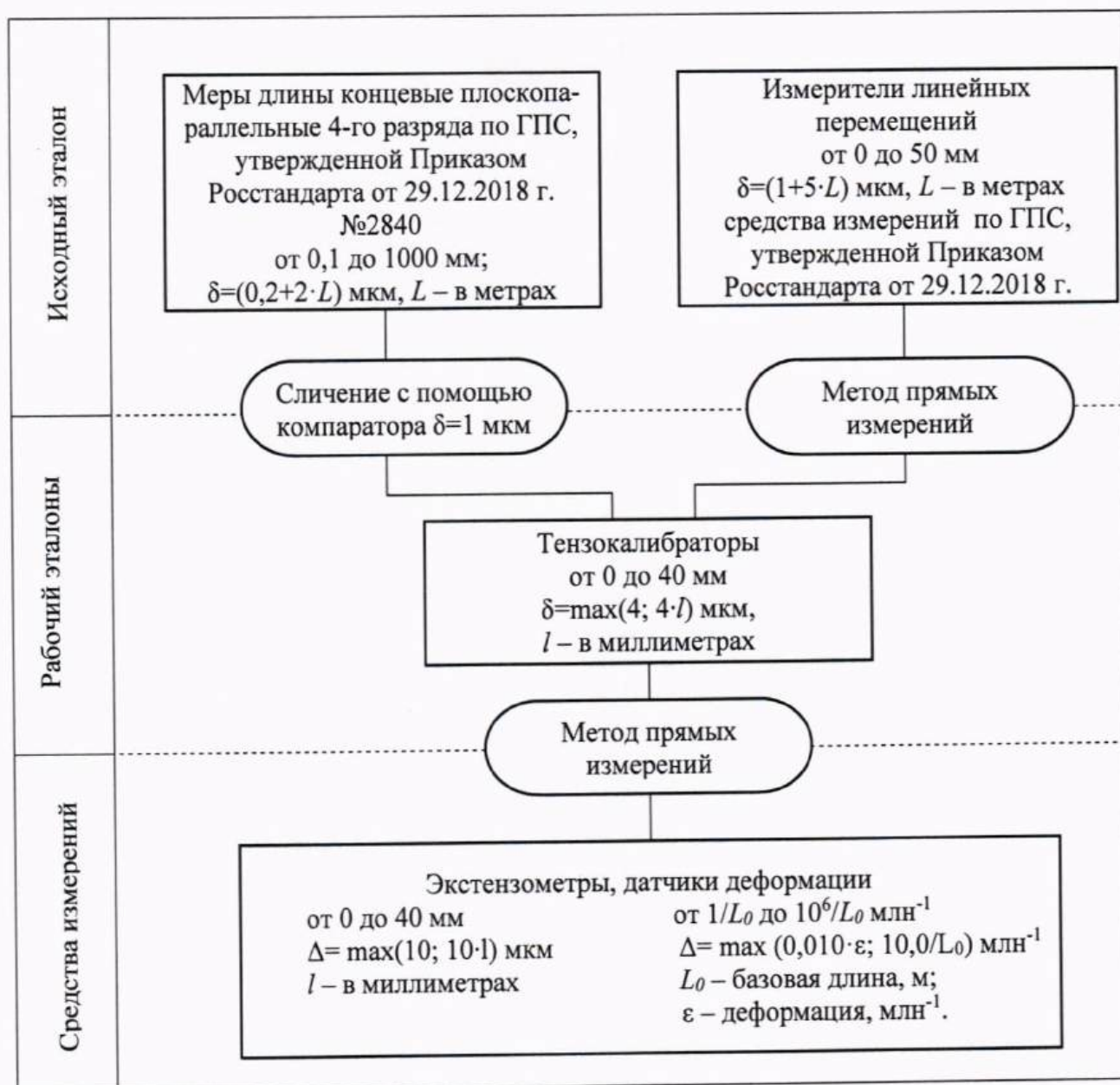
Трибушевская Л.А.

Осипов Л.Е.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Локальная поверочная схема для средств измерений деформации

(часть 1)



(часть 2)

