

Федеральное автономное учреждение
**«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е. Жуковского»**
ФАУ «ЦАГИ»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отделения измерительной
техники и метрологии -
главный метролог ФАУ «ЦАГИ»


В.В. Петроневич

« 25 » апреля 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики силоизмерительные тензорезисторные ГТМ РТ25

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 4.28.024-2022

Заместитель начальника НИО-7  А.И. Самойленко

Начальник сектора № 3 НИО-7  С.В. Дыцков

Инженер сектора № 3 НИО-7  А.А. Колпаков

г. Жуковский
2022

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Датчики силоизмерительные тензорезисторные универсальные GТМ РТ25 (далее – датчики), производства «GТМ Testing and Metrology», Германия и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Настоящая методика поверки разработана в соответствии с требованиями Приказа № 2907 от 28.08.2020 «Об утверждении порядка установления и изменения интервала между поверками средств измерений, порядка установления, отмены методик поверки и внесения изменений в них, требований к методикам поверки средств измерений».

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы силы ГЭТ32-2011 в соответствии с Приказом Росстандарта № 2498 от 22.10.2019 г. «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы».

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки: метод прямых измерений.

Интервал между поверками – 12 месяцев.

2 Перечень операций поверки средств измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операции | Номер пункта документа по поверке | Проведение операции при | |
|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| 1. Внешний осмотр | 6 | да | да |
| 2. Подготовка к поверке и опробование | 7 | да | да |
| 3. Определение метрологических характеристик | 8 | да | да |
| 4. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | | | |
| -определение составляющих погрешности, связанных с воспроизводимостью показаний и повторяемостью показаний датчиков, b и b' ; | 9.1 | да | да |
| -определение составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля, f_0 ; | 9.2 | да | да |
| -определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом, v ; | 9.3 | да | да |
| - определение составляющей погрешности, связанной с ползучестью, c ; | 9.4 | да | да |
| - определение составляющей погрешности, связанной с интерполяцией, f_c ; | 9.5 | да | да |
| - оценка относительной погрешности датчика. | 9.6 | да | да |
| 5. Оформление результатов поверки | 10 | да | да |

Допускается проведение периодической поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений (сокращенная поверка). Поверка в сокращенном объеме проводится на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, оформленного в произвольной форме.

Проведение поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средств измерений не предусмотрено.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

Температура воздуха, °С от 15 до 25

Изменение температуры в течение поверки, °С не более 2

Относительная влажность воздуха, %, не более.....80

Напряжение сети переменного тока, В 220 ± 22

Частота сети, Гц 50 ± 1

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяются средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

| Операции поверки, требующие применения средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|--|--|
| п. 7 Контроль условий поверки (подготовке к поверке и опробовании средства измерений) | Средства измерений температуры от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 %, с погрешностью не более 2 % | Измеритель влажности и температуры ИВТМ |
| п. 8 Определения метрологических характеристик | Машины силовоспроизводящие 1-го разряда с относительной погрешностью не более 0,05 % согласно государственной поверочной схеме для средств измерений силы, утвержденной приказом росстандарта № 2498 от 22 октября 2019 г.; Средства измерений электрических сигналов от первичных преобразователей физических величин (тензорезистивная мостовая схема) в виде отношения напряжений мВ/В, диапазон измерений $\pm 2,5$ мВ/В, класс точности, не ниже 0,005 % | Эталоны единицы силы 1 разряда; Аппаратура тензометрическая АИСТ МС-6 (рег. № 79841-20) |

Эталоны единиц величин, используемые в методике поверки, должны быть аттестованы в установленном порядке, в соответствии с действующим законодательством.

Средства измерений, указываемые в перечне рекомендуемых средств поверки, должны быть утвержденного типа и иметь действующие свидетельства о поверке.

Эталоны единиц величин и средства измерений, применяемые в методике поверки в качестве эталонов единиц величин, должны удовлетворять требованиям по точности государственных поверочных схем.

Примечания:

Допускается применять средства поверки, не приведенные в таблице 2, с метрологических и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений. Суммарное значение соотношения погрешности применяемых средств поверки и поверяемых средств измерений должно быть не более $1/3$.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки соблюдают требования безопасности ГОСТ 12.3.019-80 и требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемые датчики, а также на используемое поверочное, испытательное и вспомогательное оборудование.

6 Внешний осмотр

6.1 При внешнем осмотре проверяют комплектность поверяемых датчиков, отсутствие видимых повреждений, наличие необходимой маркировки, соответствие внешнего вида требованиям эксплуатационной документации и ее соответствие утвержденному типу.

7 Подготовка к поверке и опробование

7.1 Поверяемые датчики силы и средства поверки следует подготовить к работе в соответствии с технической документацией на них.

7.2 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке (об аттестации), сертификатов о калибровке или отметок о поверке (калибровке).

7.3 Выдержка датчиков в климатических условиях, которые указаны в п. 3 не менее 6 ч., если датчики находились в условиях, отличающихся от нормальных.

7.4 В помещении где будет проводиться поверка датчиков должен осуществляться контроль условий поверки при помощи измерителя влажности и температуры.

7.5 Временные интервалы между двумя последовательными нагружениями должны быть по возможности одинаковыми.

7.6 Регистрировать показания следует не ранее, чем через 30 секунд от начала измерения силы.

7.7 Опробование

7.7.1 При опробовании проверяют соответствие функционирования датчиков требованиям эксплуатационной документации.

8 Определение метрологических характеристик

Определение метрологических характеристик проводят при помощи силоизмерительных машин 1-го разряда. Установить датчик на силовоспроизводящую машину. Подключить датчик к усилителю измерительному.

Перед проведением измерений датчик нагружают максимальной силой в заданном режиме (растяжение или сжатие) и выдерживают в течении 30 минут.

Нагружают датчик двумя сериями эталонных сил только с возрастающими значениями, при одном положении датчика в рабочем пространстве эталонной машины. Регистрируют соответствующие показания датчика X_1, X_2 .

Затем нагружают и разгружают датчик двумя рядами силы с возрастающими и убывающими значениями в положениях с поворотом на 120° и 240° (рисунок 1) относительно первоначального положения. Регистрируют соответствующие показания датчика X_3, X_5 (при нагружении) и X_4, X_6 (при разгрузке).

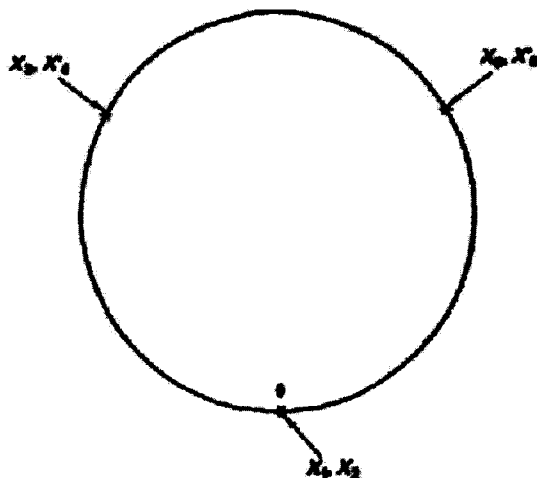


Рисунок 1

Каждый ряд нагружения (разгружения) должен содержать не менее пяти ступеней, по возможности, равномерно распределенных по каждому поддиапазону измерений датчика.

Следует соблюдать временной интервал не менее 3-х минут между последовательными рядами нагрузки.

После полного разгружения датчика следует регистрировать его нулевые показания после ожидания в течение, по крайней мере, 30 секунд.

Если датчик применяют только для возрастающей нагрузки, то при проверке определяют вместо гистерезиса характеристику ползучести. При этом записывают показания на 30 с и 300 с после приложения максимальной нагрузки, в каждом из режимов приложения силы. Если ползучесть измеряется при нулевой силе, датчик должен быть предварительно нагружен максимальной силой и выдержан под нагрузкой в течение 60 с. Определение ползучести может проводиться в любое время после предварительной нагрузки.

9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Составляющие погрешности, связанных с воспроизводимостью показаний и повторяемостью показаний датчиков, b и b' .

Эти составляющие погрешности рассчитываются для каждой ступени прикладываемой силы при вращении датчика (b) и без вращения (b'), с помощью следующих уравнений:

$$b = \left| \frac{X_{max} - X_{min}}{\bar{X}_r} \right| \times 100 \%$$

где $\bar{X}_r = \frac{X_1 + X_3 + X_5}{3}$

$$b' = \left| \frac{X_2 - X_1}{\bar{X}_{wr}} \right| \times 100 \%$$

где $\bar{X}_{wr} = \frac{X_1 + X_2}{2}$

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

9.2 Составляющая погрешности, связанной с дрейфом нуля, f_0 .

До и после каждой серии испытаний следует записывать показания без нагрузки. Нулевое показание следует регистрировать примерно через 30 секунд после того, как нагрузка полностью снята.

Составляющая погрешности, связанная с дрейфом нуля рассчитывается по формуле:

$$f_0 = \frac{i_f - i_0}{X_N} \times 100 \%$$

где i_0 и i_f – показания датчика до приложения нагрузки и после разгрузки соответственно;

X_N – показания датчика при максимальной нагрузке.

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

9.3 Составляющая погрешности, связанной с гистерезисом, v .

Составляющая погрешности, связанная с гистерезисом определяется при сериях нагружения с возрастающими силами и затем с уменьшающимися силами.

Разность между значениями, полученными для обеих серий с возрастающими силами и с убывающими силами, позволяет рассчитать составляющую погрешности, связанную с гистерезисом, используя следующие уравнения:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2},$$

где $v_1 = \left| \frac{X'_4 - X_3}{X_3} \right| \times 100 \%$, $v_2 = \left| \frac{X'_6 - X_5}{X_5} \right| \times 100 \%$

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

9.4 Составляющая погрешности, связанной с ползучестью, c .

Рассчитать разницу выходного сигнала i_{30} , полученного на 30 с и i_{300} , полученного на 300 с после приложения или снятия максимальной силы, выразить эту разницу в процентах от максимального отклонения по формуле:

$$c = \left| \frac{i_{300} - i_{30}}{X_N} \right| \times 100 \%$$

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

9.5 Составляющая погрешности, связанной с интерполяцией, f_c .

Для каждой ступени нагружения относительную погрешность градуировочной характеристики рассчитывают по формуле:

$$f_c = \frac{\bar{X}_r - X_a}{X_a} \times 100 \%,$$

где \bar{X}_r по 4.3.1, X_a – значение, рассчитанное по градуировочной характеристике $X_a = A_0 + A_1 * F + A_2 * F^2 + A_3 * F^3$, где U_a – значение выходного сигнала, мВ/В; A_0, A_1, A_2, A_3 – коэффициенты аппроксимирующего полинома, мВ/В; F – отношение приложенной нагрузки к номинальной $F_i / F_{ном}$.

Допускается при аппроксимации градуировочной характеристики использовать полином до 3 степени.

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

Примечание: полученные значения отклонений характеризуют временную нестабильность показаний датчика за интервал между поверками.

9.6 Оценка относительной погрешности датчика

Доверительная относительная погрешность, т.е. интервал, в котором с вероятностью 0,95 лежит значение погрешности оценивается по формуле:

$$\delta = \bar{f}_c \pm W$$

где \bar{f}_c – максимальное полученное значение относительной погрешности градуировочной характеристики;

W – относительная расширенная неопределенность определения погрешности градуировочной характеристики датчика рассчитанная для каждой нагрузки по формуле:

$$W = k \times w_c$$

$$w_c = \sqrt{w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + w_4^2 + w_5^2 + w_6^2}$$

где $k = 2$, для уровня доверия 0,95;

w_1 – относительная стандартная неопределенность, связанная с приложенной эталонной силой;

$w_2 = \frac{1}{|\bar{X}_r|} \times \sqrt{\frac{1}{6} \times \sum_{i=1,3,5} (X_i - \bar{X}_r)^2} \times 100\%$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с воспроизводимостью результатов измерений;

$w_3 = \frac{b}{\sqrt{3}}$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с повторяемостью результатов измерений;

$w_4 = \frac{1}{\sqrt{6}} \times \frac{r}{F} \times 100\%$ – относительная стандартная неопределенность, связанная разрешающей способностью индикатора, где F – показания при

приложенной нагрузке, r – разрешающая способность, равная дискретности отсчетного устройства;

$w_5 = \frac{v}{\sqrt[3]{3}}$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с гистерезисом, учитывается, если поверка датчика проводилась при возрастающей и убывающей нагрузках;

$w_5 = \frac{c}{\sqrt{3}}$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с ползучестью, учитывается, если поверка датчика проводилась только при возрастающей нагрузке;

$w_6 = f_0$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с дрейфом нуля.

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

Полученный интервал не должен выходить за пределы допускаемой относительной погрешности, что выражается неравенством:

$$|\bar{f}_c| + W \leq |\delta|,$$

где δ – пределы допускаемой относительной погрешности, %.

Результаты поверки считаются положительными, если значения относительной погрешности измерений силы не превышают пределов:

- $\pm 0,5$ % в диапазоне измерений силы от 2 до 10 % от номинальной нагрузки;
- $\pm 0,3$ % в диапазоне измерений силы от 10 до 100 % от номинальной нагрузки.

Примечание – Обработка результатов измерений проводится отдельно для каждого поддиапазона измерений.

10 Оформление результатов поверки

Результаты поверки датчиков силы подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений:

- при положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке и (или) в паспорт вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

- при отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

Результаты поверки заносят в протокол. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

Приложение А
(рекомендуемое)

Протокол поверки № _____ от « ___ » _____ 20__ г.

Вид поверки: _____ первичная/периодическая _____
 Заказчик: _____
 Тип и наименование СИ: _____ Номер Фиф: _____
 Номер СИ: _____
 Завод-изготовитель: _____ Год изготовления: _____
 Диапазон измерений: _____ Цена деления: _____
 Эталоны, используемые при поверке: _____
 Условия поверки: _____ температура °С _____ влажность % _____
 Методика поверки: _____ МП 4.28.024-2022 «ГСИ. Датчики силоизмерительные тензорезисторные GTM PT25. Методика поверки» _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

1. Внешний вид _____ соответствует/не соответствует требованиям нормативной документации п. методики поверки _____
2. Опробование _____ работоспособен, замечаний нет/ не работоспособен _____
3. Определение метрологических характеристик _____

| Эталонная сила (F) | Показания датчика, мВ/В | | | | Рассчитанные значения | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|-------|------------|------------|-----------------------|----------------|-------|-----|-------|-----------|-------|----------|
| | X_1 | X_2 | X_3/X_4' | X_5/X_6' | \bar{X}_r | \bar{X}_{wr} | X_a | b | b' | $v_{(c)}$ | f_c | δ |
| 0 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | | | | |
| f_0 | | | | | | | | | $k =$ | | $b =$ | |

Допускаемая погрешность ± _____

Действительная погрешность - _____

Результаты поверки: _____

Выдано свидетельство о поверке № _____ от « ___ » _____ 20__ г.

Выдано извещение о непригодности к применению № _____ от « ___ » _____ 20__ г.

Поверку провел(а): _____

_____ (должность)

_____ (подпись)

_____ (инициалы, фамилия)