

**Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

СОГЛАСОВАНО

И.о. генерального директора ФГУП  
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



А.Н. Пронин

«10» июня 2021 г.


Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики силоизмерительные тензорезисторные ТВ-25

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 2301-0324-2021

/ И.о. руководителя лаборатории  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

 С.А. Семенов

Инженер

 Д.В. Андреев

г. Санкт-Петербург  
2021 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на датчики силоизмерительные тензорезисторные ТВ-25 (далее – датчики) производства АО «ЦНИИмаш», Московская обл, г. Королев и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость поверяемых датчиков к ГЭТ 32-2011.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки: прямое измерение воспроизводимой эталоном величины, подвергаемым поверке датчиком.

Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей ссылку.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	Да	Да
Опробование	8	Да	Да
Определение относительной погрешности измерений силы	9	Да	Да

## 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Операции по всем пунктам настоящей методики проводить при следующих условиях испытаний:

- температура окружающего воздуха, °С ..... от +15 до +35

- относительная влажность, % ..... от 45 до 80

## 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Сотрудники, проводящие поверку, должны иметь высшее или среднее техническое образование и опыт работы в соответствующей области измерений, должны изучить правила работы с поверяемым средством измерений и обладать соответствующей квалификацией для работы со средствами поверки и вспомогательным оборудованием.

## 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7-8	-
9	Рабочие эталоны 1-го разряда единицы силы с пределами допускаемой относительной погрешности не более $\delta = 0,33 \%$

Примечание: Допускается применение аналогичных средств поверки не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.



## 6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемые датчики, а также на используемые средства поверки и вспомогательное оборудование.

## 7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие датчика следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида описанию типа СИ;
- отсутствие видимых повреждений корпуса;
- наличие и сохранность всех надписей маркировки.

Результаты внешнего осмотра признают положительными, если внешний вид соответствует Руководству по эксплуатации.

## 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением измерений датчик нагрузить три раза максимальной нагрузкой. Продолжительность каждого предварительного нагружения должна составлять от 1 минуты до 1,5 минут.

## 9 Определение метрологических характеристик

9.1 Нагружают датчик от НмПИ до НПИ двумя сериями эталонных сил только с возрастающими значениями, при одном положении датчика в рабочем пространстве эталонной машины. Регистрируют соответствующие показания динамометра  $X_1, X_2$ .

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

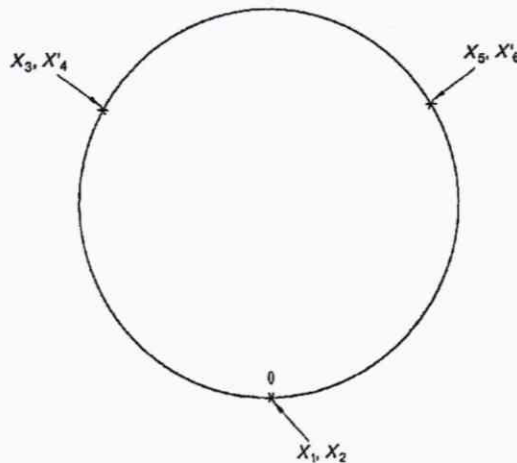


Рисунок. 1

Каждый ряд нагружения (разгружения) должен содержать не менее восьми ступеней, по возможности, равномерно распределенных по диапазону 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.

Не менее 1 раза за время поверки датчик должен быть разъединен с переходными деталями и заново собран. Рекомендуется делать это между вторым и третьим рядами нагружения.

Если датчик применяют только для возрастающей нагрузки, то при испытании 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. Испытание на ползучесть может проводиться в любое время после предварительной нагрузки.

## 9.2 Обработка результатов измерений

9.2.1 Определение составляющих погрешности, связанных с воспроизводимостью 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:

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

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

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

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

9.2.2 Определение составляющей 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:

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

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

$X_N$  - показания динамометра при максимальной нагрузке.

9.2.3 Определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом или определением составляющей погрешности, связанной с ползучестью.

9.2.3.1 Определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом

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 относительной погрешности, связанную с гистерезисом, используя следующие уравнения:

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

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

9.2.3.2 Определение составляющей погрешности, связанной с ползучестью

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:

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

9.3 Определение составляющей погрешности, связанной с интерполяцией.

Для каждой ступени нагружения относительную погрешность интерполяции рассчитывают по формуле:



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

где  $\bar{X}_r$  по п. 9.2.1;

$X_a$  - значение, рассчитанное по градуировочной характеристике  $X_a = X_a(F_i)$ , где  $F_i$  - приложенная эталонная сила.

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

$$\hat{f}_c \pm W$$

где  $\hat{f}_c$  - максимальное полученное значение относительной погрешности градуировочной характеристики;

$W$  - относительная расширенная неопределенность определения погрешности градуировочной характеристики динамометра рассчитанная для каждой нагрузки по формуле:

$$W = k \cdot w_c$$

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

где  $k = 2$ , для уровня доверия 0,95;

$w_1$  - относительная стандартная неопределенность, связанная с приложенной эталонной силой;

$$w_2 = \frac{1}{|\bar{X}_r|} \cdot \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1,3,5} (X_i - \bar{X}_r)^2} \cdot 100\% - \text{относительная стандартная неопределенность,}$$

связанная с воспроизводимостью результатов измерений;

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

$w_4 = \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \frac{r}{F} \cdot 100\%$  - относительная стандартная неопределенность, связанная с разрешающей способностью индикатора, где  $F$  - показания при приложенной нагрузке,  $r$  - разрешающая способность, равная дискретности отсчетного устройства;

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

$w_6 = \frac{c}{\sqrt{3}}$  - относительная стандартная неопределенность, связанная с ползучестью, учитывается, если испытания датчика проводилась только при возрастающей нагрузке;

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

Полученный интервал не должен выходить за пределы относительной погрешности  $\pm 1,0\%$ , что выражается неравенством:

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

где  $\delta$  - пределы относительной погрешности, %

## 10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Датчик соответствует метрологическим требованиям, установленным в описании типа, если относительная погрешность при каждом измерении не превышает  $\pm 1,0\%$ .

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 Положительные результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспече-

нию единства измерений. По заявке заказчика, положительные результаты поверки можно дополнительно оформлять выдачей свидетельства о поверке.

11.2 Отрицательные результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.