


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

«29» января 2024 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Датчики силоизмерительные тензорезисторные ДДР**


МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 4.28.037-2024

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  
2024

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки датчиков силоизмерительных тензорезисторных ДДР (далее – датчики), производства «ЦАГИ», используемые в качестве рабочих средств измерений 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».

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки должна обеспечиваться прослеживаемость передачи единицы силы к государственному первичному эталону ГЭТ32-2011 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений силы, утвержденной 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.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	Первичной поверке	Периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7
Определение метрологических характеристик средства измерений: -определение составляющей погрешности, связанной с повторяемостью показаний, $b'$ ; -определение составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля, $f_0$ ; -определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом, $v$ ; - определение составляющей погрешности, связанной с интерполяцией, $f_c$ ; - оценка относительной погрешности датчика.	Да	Да	8
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	9
Оформление результатов поверки	Да	Да	10

2.2 Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов из состава средства измерений с указанием в сведениях о результатах поверки



информации о количестве поверенных измерительных каналов. Поверка отдельных измерительных каналов проводится на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, оформленного в произвольной форме.

### 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 .....  $220 \pm 22$

Частота сети, Гц .....  $50 \pm 1$

### 4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение 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 5 %	Измеритель влажности и температуры ИВТМ
п. 8 Определения метрологических характеристик	Машины силовоспроизводящие, обеспечивающие расширенную относительную неопределенность измерений действительных значений погрешности, не превышающую 1/3 от пределов допускаемой погрешности конкретного датчика 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, верхний предел коэффициента преобразования до $\pm 5$ мВ/В, класс точности не ниже 0,003 % или Средства измерений напряжения постоянного тока с диапазоном измерений от 0 до 100 мВ, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm(9 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \cdot 10^{-7})$ В, где U – измеренное значение напряжения, В; Источник питания постоянного тока с диапазоном выходного напряжения от 5 до 20 В.	Силовоспроизводящие машины 3-го разряда  Усилитель измерительный MGCplus с измерительными модулями ML38 (рег. № 19298-09) или Мультиметр 3458A (рег. 77012-19); Источник питания постоянного тока GPR (рег. № 55898-13).

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



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

## **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**

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 и средства поверки следует подготовить к работе в соответствии с технической документацией на них.

7.2 Проверяют наличие действующей поверки (аттестации) у средств поверки.

7.3 В случае необходимости, выдерживают датчики при постоянной температуре окружающей среды для надежного выравнивания температуры не менее 6 ч., если датчики находились в условиях, отличающихся от указанных в п. 3.

7.4 В помещении где будет проводится поверка датчиков должен осуществляться контроль внешних условий поверки при помощи средств измерений влажности и температуры.

### **7.5 Опробование**

При опробовании проверяют соответствие функционирования датчиков требованиям эксплуатационной документации.

## **8 Определение метрологических характеристик**

Установить датчик в рабочее пространство силовоспроизводящей машины (далее по тексту – машины) и подобрать оснастку для нагружения. Оснастка для нагружения подбирается таким образом, чтобы линия приложения силы не искажалась.

Подключить датчик ко вторичной аппаратуре (измерительному усилителю или вольтметру и источнику питания постоянного тока) согласно электрической схеме, приведенной в паспорте.

Провести предварительное нагружение (обжатие) датчика. Для этого необходимо нагрузить датчик силой равной его верхнему пределу измерений и выдержать в течении 20-30 минут.

Показания вторичной аппаратуры при предварительном нагружении (обжатии) не записываются.

После предварительного нагружения датчик нагружают и разгружают двумя сериями эталонных сил с возрастающими и убывающими значениями. Регистрируют соответствующие показания датчика на каждой ступени.  $X_1$ ,  $X_3$  (при нагружении) и  $X'_2$ ,  $X'_4$  (при разгрузке).



Каждая серия нагружения (разгружения) должна содержать не менее пяти ступеней, по возможности, равномерно распределенных по диапазону измерений датчика, включая нижний и верхний предел измерений.

Следует соблюдать временной интервал не менее 3 мин и не более 60 мин между последовательными сериями нагрузки. Временные интервалы между двумя последовательными нагружениями должны быть по возможности одинаковыми.

Силосовпроизводящая машина подбирается таким образом, чтобы она могла охватить весь диапазон измерений силы поверяемого датчика. Если диапазоны измерений силы у поверяемого датчика и машины не совпадают, то датчик дополнительно устанавливается на другую машину. Сначала используется машина, которая позволяет обеспечить нагружения до номинального усилия датчика.

## 8.1 Определение составляющих погрешностей датчика

### 8.1.1 Составляющая погрешность $b'$ , связанная с повторяемостью показаний.

Составляющая погрешности, связанная с повторяемостью показаний рассчитывается для каждой ступени прикладываемой силы, с помощью следующего уравнения:

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

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

Результаты вычислений для каждой ступени нагрузки занести в протокол поверки.

### 8.1.2 Составляющая погрешности $f_0$ , связанная с дрейфом нуля.

До и после каждой серии испытаний следует записывать показания без нагрузки. Нулевое показание следует регистрировать примерно через 30 сек. 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 разгружения соответственно;

$X_N$  – показания датчика при максимальном усилии.

Результаты вычислений для каждой ступени нагрузки занести в протокол поверки.

### 8.1.3 Составляющая погрешности $v$ , связанная 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 погрешности, связанную с гистерезисом, используя следующие уравнения:

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

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

Результаты вычислений для каждой ступени нагрузки занести в протокол поверки.

8.1.4 Составляющая погрешности  $f_c$ , связанная с интерполяцией.

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 8.1.1;

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

Примечание – Допускается при аппроксимации использовать полином первой или второй степени.

Результаты вычислений для каждой ступени нагрузки занести в протокол поверки.

8.2 Оценка относительной погрешности датчика

Относительная погрешность  $\delta$ , в которой 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:

$$W = k \times w_c,$$

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

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

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

$w_2 = \frac{b}{\sqrt{3}}$  – относительная стандартная неопределенность, связанная с повторяемостью результатов измерений;

$w_3 = \frac{\Delta U_i}{\sqrt{6} \times U_{icp}} \times 100 \%$  – относительная стандартная неопределенность, связанная с применяемой вторичной аппаратурой, где  $\Delta U_i$  [мВ/В] – абсолютная погрешность вторичной аппаратуры измерения выходного сигнала датчика на ступени нагрузки,  $U_{icp}$  – среднее значение выходного сигнала датчика на ступени нагрузки;



$w_4 = \frac{v}{\sqrt[3]{3}}$  — относительная стандартная неопределенность, связанная с гистерезисом, учитывается, если поверка датчика проводилась при возрастающей и убывающей нагрузках;

$w_5 = f_0$  — относительная стандартная неопределенность, связанная с дрейфом нуля.

## **9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

Результаты поверки считаются положительными, если полученные значения не превышают соответствующих пределов допускаемой погрешности  $\pm 2,0 \%$ , что выражается неравенством:

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

## **10 Оформление результатов поверки**

10.1 Сведения о результатах поверки датчиков в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.2 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.

10.3 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 4.28.037-2024 «ГСОЕИ. Датчики силоизмерительные тензорезисторные ДДР. 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, $F_i/F_{ном}$	Эталонная сила (F)	Показания вторичной аппаратуры, мВ/В		Рассчитанные значения					
		$X_1/X_3'$	$X_1/X_4'$	$X_{ср.д.}$	$X_{\alpha}$	$b'$	$\nu$	$f_c$	$\delta$
	$f_0$								

Допускаемая погрешность  $\pm$  \_\_\_\_\_

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)