

Федеральное государственное унитарное предприятие
**«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е. Жуковского»**
ФГУП «ЦАГИ»

УТВЕРЖДАЮ

Начальник отделения измерительной
техники и метрологии,
главный метролог ФГУП «ЦАГИ»



В.В. Петров

Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики силоизмерительные тензорезисторные
UL

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 4.28.012-2020

Заместитель начальника НИО-7

А.И. Самойленко

Начальник сектора № 3 НИО-7

С.В. Дыцков

Инженер ФГУП «ЦАГИ»

А.А. Колпаков

г. Жуковский
2020

Настоящий документ разработан в соответствии с положениями рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 51-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения», распространяется на датчики силоизмерительные тензорезисторные (далее – датчики) и устанавливает методику его первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками – 12 месяцев.

1 Операции и средства поверки

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего метрологические и основные технические характеристики средства поверки
1. Внешний осмотр	4.1	-
2. Опробование	4.2	-
3. Определение метрологических характеристик	4.3.1-4.3.5	Машины силовоспроизводящие 3-го разряда по ГОСТ 8.640-2014;
3.1 Оценка относительной погрешности датчика	4.3.6	Вольтметр универсальный В7-78/1 (рег. № 52147-12), верхний предел измерений ± 100 В, Абсолют. погрешн. $\pm(0,000045 \cdot U_x + 0,000006 \cdot U_{пр})$ В, верхний предел измерений 100 мА, ПГ $\pm(0,0005 \cdot I_x + 0,000006 \cdot I_{пр})$; Усилитель измерительный MGCplus с измерительным модулем ML38, диапазон измерений $\pm 5,1$ мВ/В, класс точности 0,0025; Источник питания постоянного тока PPE-3323 (рег. № 46658-11)

Примечания:

Допускается применять средства поверки, не приведенные в перечне, но обеспечивающие определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью. Соотношение погрешностей средств поверки и поверяемых средств измерений должно быть не более 1/3.

Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов из состава СИ с указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

2 Требование безопасности

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

3 Условия поверки, подготовка к ней

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

Температура воздуха, °С от 15 до 25

Изменение температуры в течение 1 часа, °С не более 0,5

Относительная влажность воздуха, % от 30 до 80

Напряжение сети переменного тока, В 220 ± 22

Частота сети, Гц $50 \pm 0,2$

3.2 Для надежного выравнивания температуры датчика и окружающего воздуха, датчик должен быть доставлен на место поверки не менее чем за 12 часов до ее начала.

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

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

4 Проведение поверки

4.1 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.

4.2 Опробование

При опробовании проверяют соответствие функционирования датчиков требованиям эксплуатационной документации.

4.3 Определение метрологических характеристик

Определение метрологических характеристик проводят при помощи силоизмерительных машин 3-го разряда. В качестве вторичного преобразователя для датчиков:

– со встроенным усилителем использовать вольтметр В7/78-1 и источник питания постоянного тока РРЕ-3323;

– без встроенного усилителя использовать усилитель измерительный MGCplus с измерительным модулем ML38.

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

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 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).

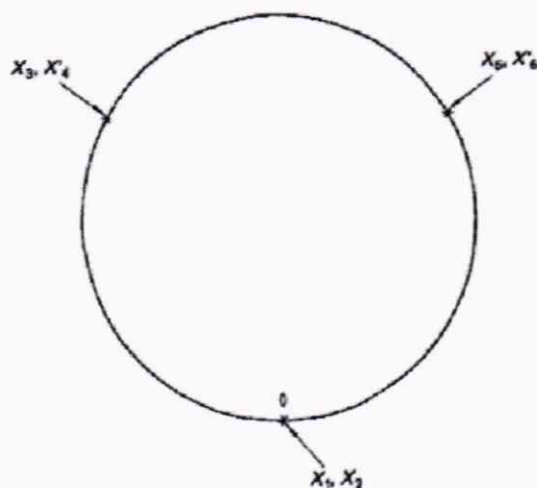


Рисунок 1

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

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.

Испытание на ползучесть может проводиться в любое время после предварительной нагрузки.

Результаты измерений заносят в протокол (Приложение А).

4.3.1 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:

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

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

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

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

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

4.3.2 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).

4.3.3 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:

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

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

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

4.3.4 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).

4.3.5 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 $X_a = kF + b$, где k – коэффициент чувствительности в мВ/В (модификации без встроенного усилителя) или В (модификации со встроенным усилителем), F – отношение приложенной нагрузки к номинальной $F_i/F_{ном}$, b – свободный член в мВ/В (В).

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

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

4.3.6 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;

$w_2 = \frac{1}{|X_r|} \times \sqrt{\frac{1}{6} \times \sum_{i=1,3,5} (X_i - \bar{X}_r)^2} \times 100\%$ – 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;

$w_5 = \frac{v}{\sqrt{3}}$ – 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 погрешности¹, %.

Результаты поверки считаются положительными, если значения относительной погрешности не превышает значений: $\pm 0,5\%$; $\pm 1\%$; $\pm 2\%$.

¹ Пределы допускаемой относительной погрешности указываются в паспорте.

5 Оформление результатов поверки

Результаты поверки оформляют в соответствии с установленными требованиями:

- при положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде оттиска клейма;
- при отрицательных результатах – извещение о непригодности².

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

² Примечание: При отрицательных результатах поверки по одному измерительному каналу и положительных по-другому выдается свидетельство о поверке установленной формы с соответствующей пометкой.

Приложение А

(рекомендуемое)

Протокол поверки № _____ от « ____ » _____ 201__ 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 °C _____ влажность % _____ давление мм рт. ст.
 Методика поверки: _____ МП 4.28.012-2020 «ГСИ. Датчики силоизмерительные тензорезисторные UL. Методика поверки» _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

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

Эталонная сила (F)	Показания				Рассчитанные значения						
	X_1	X_2	X_3/X_4'	X_5/X_6'	$\bar{X}_{wr}$	$\bar{X}_r$	b'	b	$v_{(c)}$	f_c	W
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 « ____ » _____ 201__ г.

Поверку провел(а): _____

(должность)

(подпись)

(инициалы, фамилия)