

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

СОГЛАСОВАНО

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


В.В. Петроневи́ч

« 01 » февраля 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Датчики силоизмерительные тензорезисторные универсальные
ДСТУ**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 4.28.023-2022

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 ДСТУ (далее – датчики), производства «ЦАГИ» и устанавливает методику его 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 ГЭТ 32-2011 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 следующие 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' ; -определение составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля, f_0 ; -определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом, v ; - определение составляющей погрешности, связанной с ползучестью, c ; - определение составляющей погрешности, связанной с интерполяцией, f_c ; - оценка относительной погрешности датчика	9.1	да	да
	9.2	да	да
	9.3	да	да
	9.4	да	да
	9.5	да	да
	9.6	да	да
5. Оформление результатов поверки	10	да	да

Поверка в сокращенном объеме не предусмотрена.

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 ± 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

Номер пункта методики поверки	Наименование типа (условное обозначение) средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8	Машины силовоспроизводящие 3-го разряда с относительной погрешностью не более 0,12 % согласно государственной поверочной схеме для средств измерений силы, утвержденной приказом Росстандарта № 2498 от 22 октября 2019 г.
8	Усилитель измерительный QuantumX мод. MX1601, диапазон измерений ± 10 В, класс точности – 0,03.
8	Источник питания постоянного тока, напряжение питания постоянного тока не менее 6 В

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.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности согласно 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 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 Временные интервалы между двумя последовательными нагружениями должны быть по возможности одинаковыми.

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

7.6 Опробование

7.6.1 При опробовании проверяют соответствие функционирования датчиков требованиям эксплуатационной документации.

8 Определение метрологических характеристик

Определение метрологических характеристик проводят методом прямых измерений с помощью силоизмерительной машины.

Установить датчик в силовоспроизводящую машину. Подключить датчик к источнику питания и 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 силоизмерительной 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 разгрузении).

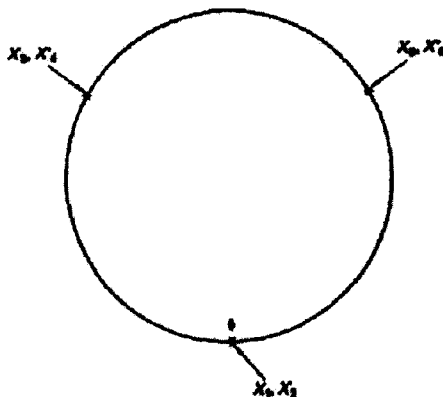


Рисунок 1

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 не менее чем через 30 секунд, после снятия нагрузки.

Если датчик применяют только для возрастающей нагрузки, то при поверке 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, связанные 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 X_{max} и X_{min} - максимальное и минимальное значения выходного сигнала в положения X_1 , X_3 и X_5 на данной ступени нагружения, В;

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

и

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

где X_1 и X_2 - значения выходного сигнала в положения X_1 , X_2 на данной ступени нагружения, В;

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

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

9.2 Составляющая погрешности, связанная с дрейфом нуля, f_0 .

До и после каждой серии испытаний следует записывать значение выходного сигнала без нагрузки. Нулевое значение выходного сигнала 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 – значение выходного сигнала до приложения нагрузки и после разгрузки соответственно;

X_N – значение выходного сигнала при максимальной нагрузке.

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

9.3 Составляющая погрешности, связанная 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 следующее уравнение:

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

$$\text{где } v_1 = \left| \frac{X_4' - X_3}{X_3} \right| \times 100 \%, \quad v_2 = \left| \frac{X_6' - X_5}{X_5} \right| \times 100 \%$$

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

9.4 Составляющая погрешности, связанная 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:

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

где i_{30} и i_{300} – значения выходного сигнала через 30 и 300 с соответственно, после приложения или снятия максимальной эталонной силы.

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

9.5 Составляющая погрешности, связанная 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 9.1, X_a – значение, рассчитанное по градуировочной характеристике $X_a = kF + b$, где k – коэффициент чувствительности, B , F – отношение приложенной нагрузки к номинальной $F_i/F_{ном}$, b – свободный член, B .

Результаты вычислений заносят в протокол (Приложение А).

Примечание: полученные значения отклонений характеризуют временную нестабильность значения выходного сигнала 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;

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

$w_6 = \frac{c}{\sqrt{3}}$ - 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.

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 пределов¹ $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$.

¹ Пределы относительной погрешности измерений силы указываются в каждом экземпляре паспорта на датчик.

10 Оформление результатов поверки

Результаты поверки датчиков 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 измерений².

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

² Примечание: При отрицательном результате поверки по одному измерительному каналу и положительном по-другому поверка считается выполненной. Информация об объеме поверке передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда.

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 °С влажность % давление мм рт. ст.
 Методика поверки: МП 4.28.023-2022 «ГСИ. Датчики силоизмерительные тензорезисторные универсальные ДСТУ. 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)	Значения выходного сигнала, 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)