

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

«17» мая 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений.

Датчики силоизмерительные тензорезисторные Z16AD1/7.5t

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-476-2024

г. Москва,
2024 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки датчиков силоизмерительных тензорезисторных Z16AD1/7.5t, производства Hottinger Brüel & Kjaer GmbH, Германия (далее – датчик(-и)), используемых в качестве рабочих средств измерений и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

1.2 В результате поверки должно быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики (требования)

Наименование характеристики	Значение
Номинальное усилие, $F_{\text{ном}}$, кН (т)	75 (7,5)
Выходной сигнал при $F_{\text{ном}}$, мВ/В	от 2,01 до 2,03
Нижний предел измерений, % от $F_{\text{ном}}$	2
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы, %	± 1
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с воспроизводимостью показаний (b), %	0,60
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с повторяемостью показаний (b'), %	0,30
Предельные значения составляющей погрешности, связанной с градуировочной характеристикой (f_c), %	$\pm 0,30$
Предельные значения составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля (f_0), %	$\pm 0,20$
Предельное значения составляющей погрешности, связанной с ползучестью (c), %	0,40
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом (v), %	0,40

1.3 В целях обеспечения прослеживаемости поверяемого средства измерений к государственным первичным эталонам единиц величин необходимо соблюдать требования настоящей методики поверки.

1.4 Определение метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивает передачу единицы силы методом прямых измерений в соответствии с Государственной поверочной схемы для средств измерений силы, утвержденной приказом Росстандарта от «22» октября 2019 г. № 2498, чем обеспечивается прослеживаемость к ГЭТ 32-2011.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование этапа поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.1

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.2
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	9
Определение значений составляющих погрешности, связанных с воспроизводимостью показаний (b), повторяемостью показаний (b'), интерполяцией (f_c), дрейфом нуля (f_0), гистерезисом (v) и ползучестью (c), относительной погрешности измерений силы	да	да	9.1 – 9.7

2.2 Последовательность проведения операций поверки обязательна.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающего воздуха, °C от плюс 15 до плюс 25
- относительная влажность воздуха, % от 40 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106
- изменение температуры за время поверки, °C ± 2

3.2 В помещении не допускаются сквозняки и сильные конвекционные воздушные потоки.

3.3 Должны отсутствовать источники вибрации, влияющие на работу средств поверки и датчиков.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационные документы и настоящую методику поверки на датчики, имеющие достаточные знания и опыт работы с ними, имеющие квалификацию поверителя в установленном порядке и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4.2 Для проведения поверки достаточно одного специалиста.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °С, с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 45 до 80 % с относительной погрешностью не более 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа.	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7М-Д, рег. № 71394-18
п. 8.2 Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений) п. 9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочие эталоны 3-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «22» октября 2019 г. № 2498 - машина силовоспроизводящая, диапазон измерений от 0,15 до 7,5 кН, обеспечивающая воспроизведение силы с погрешностью, не превышающей 1/3 пределов допускаемой относительной погрешности измерений силы, поверяемого датчика Вспомогательное оборудование: Средства измерений электрических сигналов от тензометрических датчиков различных физических величин с пределом измерений коэффициента преобразования $\pm 4,5$ мВ/В, пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений коэффициента преобразования 0,002% (далее – считывающее устройство) Средства измерений интервалов времени: диапазон измерений от 0 до 3600 с, КТ 2	Машины силовоспроизводящие гидравлические МС, рег. № 86729-22 Усилитель измерительный ТС 225, рег. № 80694-20 Секундомер механический СОСпр, рег. № 11519-11
<i>Примечания - Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i>		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Все операции поверки, предусмотренные настоящей методикой поверки, экологически безопасны. При их выполнении проведение специальных защитных мероприятий по охране окружающей среды не требуется.

6.2 При проведении поверки соблюдать требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на месте проведения поверки;
- правилами безопасности при эксплуатации используемых средств поверки и поверяемого датчика, приведенными в их эксплуатационной документации.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Внешний осмотр проводить визуально.

7.2 При внешнем осмотре установить:

- соответствие комплектности датчика требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений и дефектов, влияющих на правильность функционирования и метрологические характеристики датчика, а также отсутствие повреждений, препятствующих проведению поверки;
- соответствие внешнего вида датчика требованиям эксплуатационной документации, изображению и описанию, приведенным в описании типа средств измерений, в том числе соответствие идентификационных наклеек.

7.3 Внешний осмотр считать положительным, если датчик удовлетворяет всем перечисленным требованиям. Если результат отрицательный, дальнейшую поверку прекратить, а датчик забраковать и перейти к оформлению результатов поверки в соответствии с разделом 10.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

8.1.1 Перед проведением поверки датчик и средства поверки выдержать не менее четырёх часов в условиях окружающей среды, согласно раздела 3 настоящего документа.

П р и м е ч а н и е – контролировать изменение температуры в ходе поверки. Изменение температуры во время поверки не должно превышать значения, приведённого в разделе 3 настоящего документа. В противном случае поверку начать заново.

8.1.2 Подготовить к работе датчик и средства поверки согласно их эксплуатационной документации.

8.1.3 Проверить соблюдение мероприятий по технике безопасности в соответствии с п. 6 настоящей методики поверки.

8.1.4 В соответствии с эксплуатационной документацией установить датчик в рабочее пространство машины силовоспроизводящей для воспроизведения усилия растяжения.

8.1.5 Подключить датчик к усилителю в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схем подключения датчика

8.2 Опробование

8.2.1 Нагрузить датчик силой, равной его номинальному усилию.

П р и м е ч а н и е - Здесь и далее скорость нагружения (разгружения) не должна превышать 10 % номинального усилия датчика в секунду.

8.2.2 Выдерживать датчик под нагрузкой в течение не менее 10 минут.

8.2.3 Разгрузить датчик.

8.2.4 Выдержать датчик в разгруженном состоянии 3 – 3,5 минуты.

8.2.5 Повторить действия по п.п. 8.2.1 – 8.2.4 два раза, но выдержка под нагрузкой должна быть снижена и составлять 1 – 1,5 минуты.

8.2.6 Опробование считать положительным, если показания датчика по считывающему устройству под нагрузкой стабильны до третьей значащей цифры. Если результат отрицательный, дальнейшую поверку прекратить, а датчик забраковать и перейти к оформлению результатов поверки в соответствии с разделом 10.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение метрологических характеристик выполнить сразу же по завершению операций по п. 8.2.5.

9.1.1 Обнулить показания силовоспроизводящей машины.

9.1.2 Провести нагружение датчика эталонными силами (нагрузками) только с возрастающими значениями в точках равных 2 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % и 100 % от номинального усилия.

9.1.3 В каждой точке диапазона измерений считать и занести в протокол поверки значение по показаниям датчика (X_i) (рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А).

П р и м е ч а н и е - Здесь и далее считывание значений по показаниям датчика проводить спустя не менее 30 секунд.

9.1.4 Разгрузить датчик и далее считать, и занести в протокол поверки его показания в разгруженном состоянии.

9.1.5 Выдержать датчик в разгруженном состоянии 3 – 3,5 минуты

9.1.6 Повторить операции по п.п. 9.1.1 – 9.1.5 при неизменном положении датчика в рабочем пространстве машины силовоспроизводящей.

9.1.7 Разъединить датчик с переходными деталями и собрать заново.

9.1.8 Установить датчик в рабочее пространство силовоспроизводящей машины с поворотом вокруг своей оси, приблизительно, на 120° относительно исходного положения (см. рисунок 2)

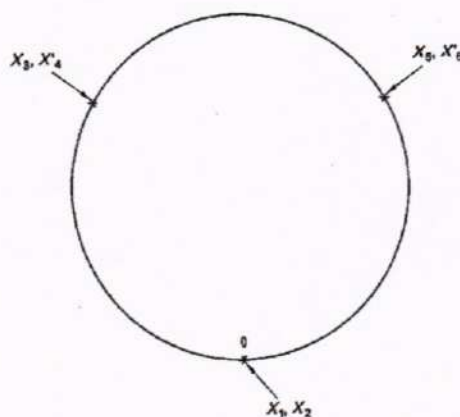


Рисунок 2 - Схема установки датчика в рабочем пространстве силовоспроизводящей машины

9.1.9 Провести нагружение датчика эталонными силами по тем же точкам диапазона измерений.

9.1.10 Провести разгрузку датчика по тем же точкам диапазона измерений.

9.1.11 В каждой точке диапазона измерений считать и занести в протокол поверки значение по показаниям датчика при нагружении (X_i) и разгрузке (X'_i)

9.1.12 Разгрузить датчик полностью и далее считать, и занести в протокол поверки его показания в разгруженном состоянии.

9.1.13 Выдержать датчик в разгруженном состоянии 3 – 3,5 минуты.

9.1.14 Повернуть датчик в рабочем пространстве силовоспроизводящей машины с вокруг своей оси ещё, приблизительно, на 120° .

9.1.15 Повторить операции по п.п. 9.1.9 – 9.1.12.

9.1.16 Если датчик при эксплуатации применяют только для измерений возрастающих нагрузок, то в любое время после операций по п. 8.2 необходимо выполнить операции по п.п. 9.1.16.1 - 9.1.16.2 или 9.1.16.3 - 9.1.16.5.

9.1.16.1 Обнулить показания силовоспроизводящей машины. Нагрузить датчик его номинальным усилием.

9.1.16.2 Считать и занести в протокол поверки значения по показаниям датчика спустя 30 и 300 секунд.

9.1.16.3 Обнулить показания силовоспроизводящей машины. Нагрузить датчик его номинальным усилием и выдержать под нагрузкой 60 секунд.

9.1.16.4 Разгрузить датчик.

9.1.16.5 Считать и занести в протокол поверки значения по показаниям датчика спустя 30 и 300 секунд.

9.2 Определение составляющих погрешности, связанных с воспроизводимостью показаний (b) и повторяемостью показаний динамометров (b').

9.2.1 Рассчитать эти составляющие погрешности для каждой точки нагружения при вращении датчика (b) и без вращения (b'), с помощью следующих формул (1) – (4):

$$b = \left| \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\bar{X}_r} \right| \cdot 100 \%, \quad (1)$$

$$\text{где } \bar{X}_r = \frac{X_1 + X_3 + X_5}{3} \quad (2)$$

$$b' = \left| \frac{X_2 - X_1}{\bar{X}_{wr}} \right| \cdot 100 \%, \quad (3)$$

$$\text{где } \bar{X}_{wr} = \frac{X_1 + X_2}{2} \quad (4)$$

9.2.2 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол поверки.

9.2.3 Полученные значения b и b' не должны превышать установленных пределов, указанных в таблице 1.

9.3 Определение составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля (f_0)

9.3.1 Рассчитать составляющую погрешности, связанную с дрейфом нуля, по формуле (5):

$$f_0 = \frac{i_f - i_0}{X_N} \cdot 100 \% \quad (5)$$

где i_0 и i_f - показания датчика до приложения нагрузки и после полного разгружения соответственно, мВ/В;

X_N - показание датчика после приложения эталонной нагрузки, равной номинальному усилию датчика, мВ/В.

9.3.2 За окончательный результат принять максимальное полученное значение f_0 . Результат занести в протокол поверки.

9.3.3 Полученное значение f_0 не должно превышать установленных пределов, указанных в таблице 1.

9.4 Определение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом (v).

9.4.1 Если датчик при эксплуатации применяют только для измерений возрастающих нагрузок, то при поверке допускается не определять составляющую погрешности, связанную с гистерезисом

9.4.2 Рассчитать составляющую погрешности, связанную с гистерезисом, по разности между значениями, полученными для серий нагружений с возрастающими и убывающими нагрузками, используя формулы (6) – (8):

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (6)$$

$$\text{где } v_1 = \left| \frac{x'_4 - x_3}{x_3} \right| \cdot 100 \% ; v_2 = \left| \frac{x'_6 - x_5}{x_5} \right| \cdot 100 \% \quad (7); (8)$$

9.4.3 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол поверки.

9.4.4 Полученные значения v не должны превышать установленного предела, указанного в таблице 1.

9.5 Определение составляющей погрешности, связанной с ползучестью (c).

9.5.1 Определение составляющей погрешности, связанной с ползучестью, проводить только при условии выполнении операций по п. 9.1.16

9.5.2 Для определения составляющей погрешности, связанной с ползучестью, рассчитать разницу значений по показаниям датчика i_{300} , полученному на 300 секунде, и i_{30} , полученному на 30 секунде, после приложения или снятия эталонной нагрузки, равной номинальному усилию датчика; выразить эту разницу в процентах от показания датчика после приложения эталонной нагрузки, равной номинальному усилию датчика, по формуле (9):

$$c = \left| \frac{i_{300} - i_{30}}{X_N} \right| \cdot 100 \% \quad (9)$$

9.5.3 Результаты вычислений занести в протокол поверки.

9.5.4 Полученное значение c не должно превышать установленного предела, указанного в таблице 1.

9.6 Определение составляющей погрешности, связанной с интерполяцией (f_c).

9.6.1 Для каждой точки нагружения рассчитать составляющую погрешность, связанную с интерполяцией, по формуле (10):

$$f_c = \frac{\overline{X_r} - X_a}{X_a} \cdot 100 \% \quad (10)$$

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

Для определения градуировочной характеристики полученные значения $\overline{X_r}$ занести в приложение MS Excel. Выбрать иконку «Мастер диаграмм» и построить график зависимости показаний по датчику от приложенной силы. В окне диаграммы щёлкнуть правой клавишей мыши на полученном графике и в открывшемся меню выбрать пункт «добавить линию тренда», выбрать тип «полиномиальная», во вкладке «Параметры» поставить галочку рядом с пунктом «Показывать уравнение на диаграмме». В окне диаграммы появится уравнение интерполяции. Записать уравнение интерполяции в протокол поверки.

9.6.2 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол поверки.

9.6.3 Полученные значения f_c не должны превышать установленных пределов, указанных в таблице 1.

9.7 Оценка относительной погрешности датчика.

9.7.1 Доверительную относительную погрешность, т.е. интервал, в котором с вероятностью 0,95 лежит значение погрешности, оценить по формуле (11):

$$W = k \cdot w_c \quad (11)$$

$$\text{где } w_c = \sqrt{w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + w_4^2 + w_5^2 + w_6^2 + w_7^2} \quad (12)$$

$k = 2$, для уровня доверия 0,95;

w_1 – относительная стандартная неопределенность, связанная с приложенной эталонной силы (принять равной половине допускаемой относительной погрешности измерений силы силовоспроизводящей машины);

w_2 – относительная стандартная неопределенность, связанная с воспроизводимостью результатов измерений. Определить по формуле (13):

$$w_2 = \frac{1}{|\bar{X}_r|} \cdot \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1,3,5} (X_i - \bar{X}_r)^2} \cdot 100 \% \quad (13)$$

w_3 – относительная стандартная неопределенность, связанная с повторяемостью результатов измерений. Определить по формуле (14):

$$w_3 = \frac{b'}{100 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \% \quad (14)$$

w_4 – относительная стандартная неопределенность, связанная с гистерезисом. Определить по формуле (15):

$$w_4 = \frac{v}{100 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \% \quad (15)$$

w_5 – относительная стандартная неопределенность, связанная с ползучестью. Определить по формуле (16):

$$w_5 = \frac{c}{100 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \% \quad (16)$$

$w_6 = \max(f_0)$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с дрейфом нуля.

$w_7 = f_c$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с интерполяцией.

9.7.2 Результаты вычислений занести в протокол испытаний.

9.7.3 Результаты считать положительными, если полученный интервал не выходит за пределы относительной погрешности, что выражается неравенством (17):

$$W \leq \delta \quad (17)$$

где δ – пределы допускаемой относительной погрешности, % (см. таблицу 1).

Если результат отрицательный, датчик забраковать и перейти к оформлению результатов поверки в соответствии с разделом 10.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Сведения о результатах поверки датчика передать в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений, предусмотренным частью 3 статьи 20 Федерального закона № 102-ФЗ.

10.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдать свидетельство о поверке средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование датчика не производится.

10.3 При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдать извещение о непригодности к применению средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

Ведущий инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

Е.В. Исаев

Инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

Д.А. Наточий

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки

Протокол (первичной/периодической) поверки №

1. Тип, модификация СИ: _____

2. Заводской номер: _____

3. Изготовитель: _____

4. Год изготовления: _____

5. Условия поверки:

- температура воздуха	_____ °C
- относительная влажность	_____ %
- атмосферное давление	_____ кПа

6. Наименование, ИНН (при наличии) и адрес заявителя: _____

7. Место проведения поверки: _____

8. Нормативная документация по поверке: _____

9. Поверка проводилась с использованием: _____

10. Результаты поверки:

10.1 Результаты внешнего осмотра: _____

10.2 Результаты опробования: _____

10.3 Определение метрологических характеристик средства измерений

[illegible]

Уравнение интерполяции: _____

Оценка относительной погрешности (при $p = 0,95$):

[illegible]

11. Заключение:

12. Поверитель:

Подпись

И.О. Фамилия