

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

К.Б. Козлов

«09» декабря 2022 г.



Государственная система обеспечения единства измерений.

Датчик силоизмерительный тензорезисторный ВВА-SS.

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-092-2022

г. Чехов,
2022 г.

О г л а в л е н и е

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки средства измерений	3
3 Требования к условиям проведения поверки	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	5
7 Внешний осмотр средства измерений	5
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	6
9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	7
10 Оформление результатов поверки	10
ПРИЛОЖЕНИЕ А	12

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки датчика силоизмерительного тензорезисторного ВВА-SS, сер. № D7647, производства ООО «ТОКВЕС», Россия (далее – датчик), используемого в качестве рабочего средства измерений и устанавливает методику его 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, $F_{\text{ном}}$, Н	50
Нижний предел измерений, % от $F_{\text{ном}}$	2
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы, %	$\pm 0,5$
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с воспроизводимостью показаний (b), %	0,4
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с повторяемостью показаний (b'), %	0,2
Предельные значения составляющей погрешности, связанной с интерполяцией (f_c), %	$\pm 0,2$
Предельные значения составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля (f_0), %	$\pm 0,1$
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом (v), %	0,5
Предельное значения составляющей погрешности, связанной с ползучестью (c), %	0,2

1.3 Определение метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивает передачу единицы силы методом прямых измерений от рабочего эталона 1-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «22» октября 2019 г. № 2498, чем обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений к следующему Государственному первичному эталону (далее – ГПЭ):

- ГЭТ 32-2011- ГПЭ единицы силы.

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
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	9

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
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
Оформление результатов поверки	да	да	10

2.2 Последовательность проведения операций поверки обязательна.

2.3 Если при проведении той или иной операции получают отрицательный результат, дальнейшую поверку прекратить, а датчик признать непригодным к применению и перейти к оформлению результатов поверки в соответствии с разделом 10.

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 ± 1

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 датчик, 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 °C, ПГ $\pm 0,2$ °C; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 45 до 80 %, ПГ ± 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа, ПГ $\pm 0,5$ кПа.	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7М-Д, рег. № 71394-18

Продолжение таблицы 3

1	2	3
п. 8.2 Опробование; р. 9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочие эталоны 1-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «22» октября 2019 г. № 2498 - машина силовоспроизводящая с диапазоном измерений от 1 до 50 Н и относительной погрешностью измерений, не превышающей $\pm 0,15\%$	Машины силовоспроизводящие гидравлические МС, рег. № 86729-22
	Средства измерений электрических сигналов от тензометрических датчиков с диапазоном измерений $\pm 2,5$ мВ/В, ПП $\pm 0,002\%$ ИЛИ Средства измерений напряжения постоянного тока с диапазоном измерений от 0 до 10 мВ, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm (2,5 \cdot 10^{-6} \cdot D + 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot E)$ В, D – измеряемое значение, E – верхнее граничное значение диапазона измерения. Источник питания постоянного тока с диапазоном выходного напряжения от 10 до 15 В	Усилитель измерительный ТС 225.1 (регистрационный номер 80694-20 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений) Мультиметр 3458А (регистрационный номер 25900-03 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений) Источник питания постоянного тока GPR мод. GPR-76030D (регистрационный номер 55898-13 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)
	Средства измерений интервалов времени: диапазон измерений от 0 до 3600 с, ПП $\pm 0,6$ с в интервале до 600 с.	Секундомер механический СОСпр, рег. № 11519-11
	Примечания: 1 Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа и поверены в установленном порядке. 2 Допускается применения средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.	

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 и изображению, и описанию, приведенным в описании типа средств измерений, в том числе соответствие идентификационных наклеек и наличие предусмотренных пломб.

7.3 Внешний осмотр считать положительным, если датчик удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям

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.

Примечание – контролировать изменение температуры в ходе поверки. Изменение температуры во время поверки не должно превышать значения, приведённого в разделе 3 настоящего документа.

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.

8.1.4 В соответствии с эксплуатационной документацией установить датчик в рабочее пространство машины силовоспроизводящей.

8.1.5 Подключить датчик к измерительному усилителю или источнику питания и мультиметру (далее измерительный усилитель или мультиметр – считывающее устройство) в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1.

Примечания

1 При использовании источника питания и мультиметра для упрощения расчёта выходного сигнала рекомендуется подавать питание напряжением 10 В.

2 Для задания нагрузки рекомендуется использовать металлический шарик номинальным диаметром 10 мм (см. рисунок 2).

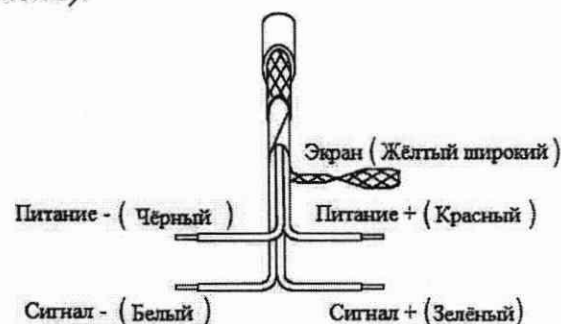


Рисунок 1 – Схема подключения датчика

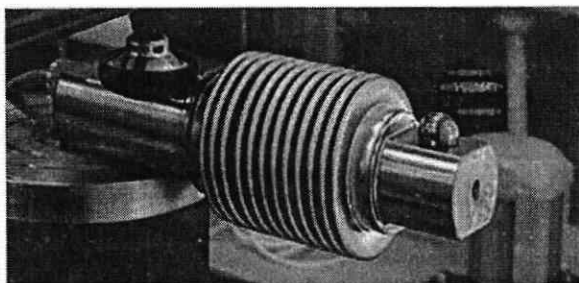


Рисунок 2 – Пример крепления датчика для приложения нагрузки

8.2 Опробование

8.2.1 Нагрузить датчик силой 50 Н.

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.

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.

9.1.1 Провести нагружение датчика эталонными силами (нагрузками) только с возрастающими значениями в точках 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 и 50 Н.

Примечание - перемены знака нагрузки до окончания нагружения не допускаются. В случае несоблюдения этого требования снять нагрузку и провести нагружения заново.

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

Примечание - Здесь и далее считывание значений по показаниям датчика проводить спустя не менее 10 секунд.

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

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

9.1.5 Повторить операции по п.п. 9.1.1 – 9.1.4 при неизменном положении датчика в рабочем пространстве машины.

9.1.6 Установить датчик в рабочее пространство машины с поворотом вокруг оси крепления, приблизительно, на 120° относительно исходного положения (см. рисунок 3)

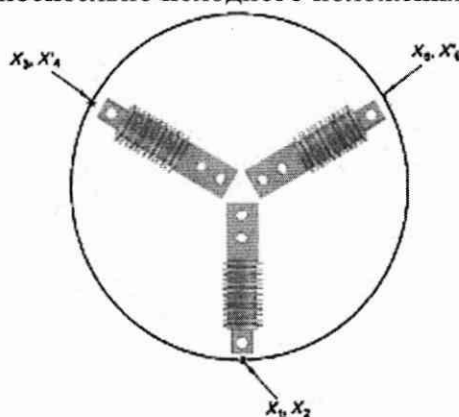


Рисунок 3 - Схема установки датчика в рабочем пространстве машины

9.1.7 Провести нагружение датчика эталонными силами по тем же точкам.

9.1.8 Провести разгружение датчика по тем же точкам.

9.1.9 В каждой точке считать и занести в протокол поверки значение по показаниям датчика при нагружении (X_i) и разгружении (X'_i)

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

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

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

9.1.13 Повторить операции по п.п. 9.1.7 – 9.1.10.

9.1.14 Если датчик при эксплуатации применяют только для измерений возрастающих нагрузок, то в любое время после операций по п. 8.2 выполнить операции по п.п. 9.1.14.1 - 9.1.14.2 или 9.1.14.3 - 9.1.14.5.

9.1.14.1 Нагрузить датчик усилием 50 Н.

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

9.1.14.3 Нагрузить датчик его усилием 50 Н и выдержать под нагрузкой 60 секунд.

9.1.14.4 Разгрузить датчик.

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

9.1.15 Развернуть датчик на 180° вокруг своей оси как показано на рисунке 4 и повторить операции по п.п. 9.1.1 – 9.1.14.

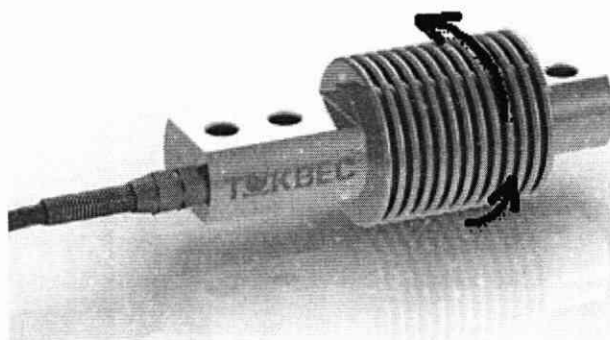


Рисунок 4 – Схема поворота датчика

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

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

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

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

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

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

9.1.16.2 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол поверки.

9.1.16.3 Полученные значения b и b' не должны превышать 0,4 % и 0,2 % соответственно.

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

9.1.17.1 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.

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

9.1.17.3 Полученное значение f_0 не должно превышать $\pm 0,1$ %.

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

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

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

$$\text{где } v_1 = \left| \frac{X'_4 - X_3}{X_3} \right| \cdot 100 \%; \quad v_2 = \left| \frac{X'_6 - X_5}{X_5} \right| \cdot 100 \% \quad (7); (8)$$

9.1.18.2 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол поверки.

9.1.18.3 Полученные значения v не должны превышать 0,5 %.

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

9.1.19.1 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):

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

9.1.19.2 Результаты вычислений занести в протокол поверки.

9.1.19.3 Полученное значение c не должно превышать 0,2 %.

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

9.1.20.1 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 испытаний.

9.1.20.2 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол испытаний.

9.1.20.3 Полученные значения f_c не должны превышать $\pm 0,2$ %.

9.1.21 Оценка относительной погрешности датчика.

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

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

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

$k = 2$, для уровня доверия 0,95;

w_1 – относительная стандартная неопределенность, связанная с приложенной эталонной силы (принять равной половине допускаемой относительной погрешности измерений силы 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, учитывать и рассчитывать, если датчик при эксплуатации применяют для измерений возрастающих и убывающих нагрузок. Определить по формуле (15):

$$w_5 = \frac{v}{100 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \% \quad (15)$$

w_4 – относительная стандартная неопределенность, связанная с ползучестью, учитывать и рассчитывать, если датчик при эксплуатации применяют для измерений только возрастающих нагрузок. Определить по формуле (16):

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

$w_5 = \max(f_0)$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с дрейфом нуля.

$w_6 = f_c$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с интерполяцией.

9.1.21.2 Результаты вычислений занести в протокол поверки.

9.1.21.3 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: $\pm 0,5 \%$

10 Оформление результатов поверки

10.1 Сведения о результатах поверки датчиков 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.

10.1.1 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.

10.1.2 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.

Инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

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

F_i	$w_1, \%$	$w_2, \%$	$w_3, \%$	$w_4, \%$	$w_5, \%$	$w_6, \%$	$W, \%$

11. Заключение: _____

12. Поверитель: _____

Подпись

И.О. Фамилия