

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



К.Б. Козлов

«01» сентября 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений.

Датчики силоизмерительные тензорезисторные 5000 СВНН.

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-022-2022

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	6
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.....	11
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	12
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	13

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки датчиков силоизмерительных тензорезисторных 5000 СВНН, производства Sensy S.A., Бельгия (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)	80 (8)	350 (35)
Выходной сигнал при $F_{\text{ном}}$, мВ/В	от 1 до 2 ¹⁾	
Нижний предел измерений, % от $F_{\text{ном}}$	2	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы, %	±1	
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с воспроизводимостью показаний (b), %	0,25	
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с повторяемостью показаний (b'), %	0,25	
Предельные значения составляющей погрешности, связанной с градуировочной характеристикой (f_c), %	±0,25	
Предельные значения составляющей погрешности, связанной с дрейфом нуля (f_0), %	±0,50	
Предельные значения составляющей погрешности, связанной с ползучестью (c), %	0,30	
Предельное значение составляющей погрешности, связанной с гистерезисом (v), %	0,50	
1) Конкретное значение указывается на маркировочной табличке и в паспорте		

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость датчиков в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений силы, утвержденной приказом Росстандарта от «22» октября 2019 г. № 2498, к государственному первичному эталону единицы силы ГЭТ 32-2011.

1.4 В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняются 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

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
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
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 забраковать 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, °С 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, °С ±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 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	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °С, с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С;	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7М-Д,

опробовании средства измерений)	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.	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 3-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «22» октября 2019 г. № 2498	Машина силовоспроизводящая (далее по тексту – машина), обеспечивающая воспроизведение силы с погрешностью, не превышающей 1/3 пределов допускаемой относительной погрешности измерений силы, поверяемого датчика.
	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 2 до 10 В	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, класс точности 2	Секундомер механический СОСпр, рег. № 11519-11
<i>Примечание - Возможно применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единицы величин поверяемому средству измерений.</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 и изображению, и описанию, приведенным в описании типа средств измерений, в том числе соответствие идентификационных наклеек и наличие предусмотренных пломб. При этом допускается конструктивное исполнение корпуса датчика, при котором выходной разъём расположен не в торце корпуса, а под прямым углом к продольной оси симметрии датчика, и это не является основанием для признания датчика несоответствующим эксплуатационной документации или изображению, приведенному в описании типа средств измерений.

7.3 Внешний осмотр считать положительным, если динамометр 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 для воспроизведения усилия сжатия.

Примечание. Пример переходников для установки в машину со столами сжатия приведён в Приложении А. При использовании захватов других типов переходники должны быть разработаны и изготовлены в соответствии с типом захватов.

8.1.5 Подключить датчик к источнику питания и считывающему устройству (мультиметру) в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1.

Примечание. Для упрощения расчёта выходного сигнала рекомендуется подавать питание напряжением 10 В.

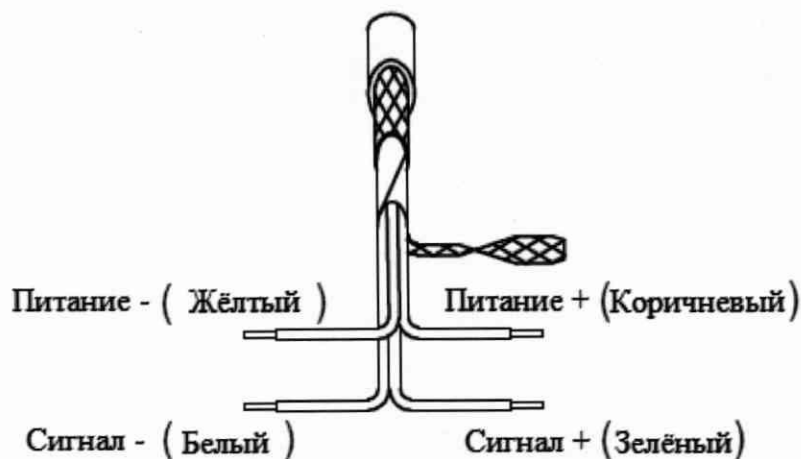


Рисунок 1 – Схем подключения датчика

Примечание - на рисунке 1 приведена стандартная цветовая схема подключения. При проведении поверки необходимо всегда сверяться с актуальной схемой подключения, приведённой в эксплуатационной документации на датчик.

8.2 Опробование

8.2.1 Нагрузить датчик силой, равной его номинальному усилию.

Примечание - 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.

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 машины силовоспроизводящей.

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.

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

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 Б).

Примечание - 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 машины силовоспроизводящей с

поворотом вокруг своей оси, приблизительно, на 120° относительно исходного положения (см. рисунок 2)

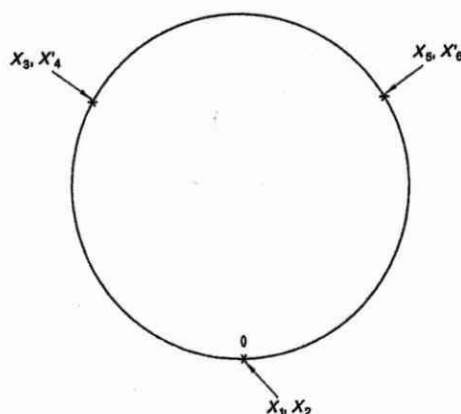


Рисунок 2 - Схема установки датчика в рабочем пространстве машины силовоспроизводящей

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 машины силовоспроизводящей 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 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 машины силовоспроизводящей. 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 машины силовоспроизводящей. 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):

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

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

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

$$\text{где } \overline{X_{wr}} = \frac{X_1 + X_2}{2} \quad (4)$$

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

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

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

9.4.2 Результаты вычислений для каждой точки занести в протокол поверки.

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

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

9.5.1 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):

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

9.5.2 Результаты вычислений занести в протокол поверки.

9.5.3 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):

$$f_c = \frac{\bar{X}_r - X_a}{X_a} \cdot 100 \% \quad (10)$$

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 \bar{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 машины силовоспроизводящей);

w_2 – относительная стандартная неопределенность, связанная с воспроизводимостью результатов измерений. Определить по формуле (14):

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

w_3 – относительная стандартная неопределенность, связанная с повторяемостью результатов измерений. Определить по формуле (15):

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

w_4 – относительная стандартная неопределенность, связанная с гистерезисом. Определить по формуле (16):

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

w_5 – относительная стандартная неопределенность, связанная с ползучестью. Определить по формуле (17):

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

$w_6 = \max(f_0)$ – 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).

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.

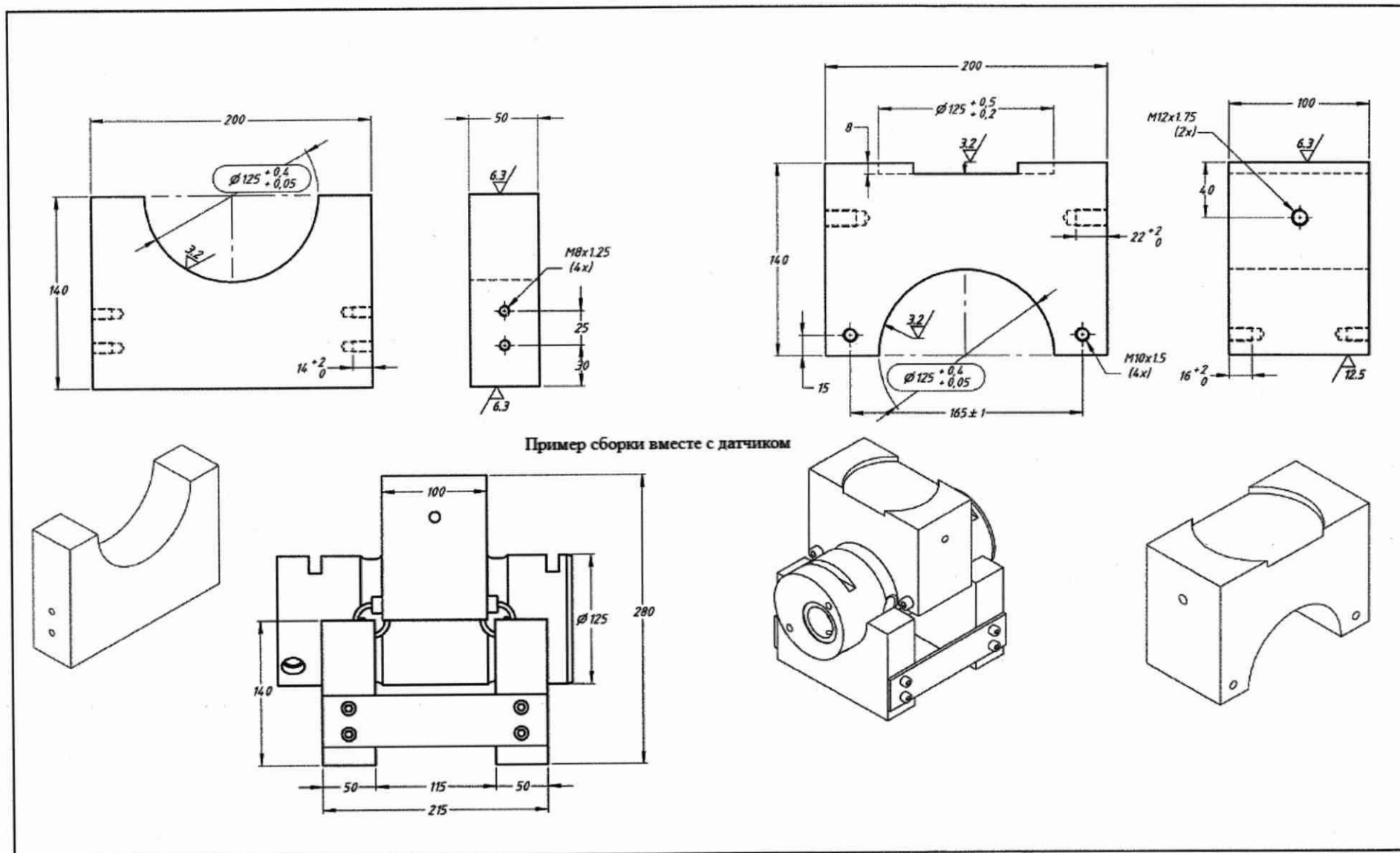
10.1.2 При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдать извещение о непригодности к применению средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

Инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)
Чертёж переходника



Примечание. Все размеры справочные

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(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 _____ °С
 - 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

<i>F_i</i>	<i>X₁</i>	<i>X₂</i>	<i>X₃'</i> / <i>X₄'</i>	<i>X₅'</i> / <i>X₆'</i>	<i>i</i> ₃₀ =			<i>i</i> ₃₀₀ =		<i>c</i> =	
					$\overline{X}_{\text{вр}}$	$\overline{X}_{\text{г}}$	<i>X_a</i>	<i>b'</i>	<i>b</i>	<i>f_c</i>	<i>v</i>
0							-	-	-	-	-
0											
<i>f₀</i>											

Уравнение интерполяции: _____

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

<i>F_i</i>	<i>w₁</i> , %	<i>w₂</i> , %	<i>w₃</i> , %	<i>w₄</i> , %	<i>w₅</i> , %	<i>w₆</i> , %	<i>w₇</i> , %	<i>W_i</i> , %

11. Заключение: _____

12. Поверитель:

Подпись

И.О. Фамилия