

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО НПП «ЭЛЕМЕР»

Технический директор
ООО «ИЦРМ»



В.М. Окладников

2020 г.



М.С. Казаков

2020 г.

**ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ
С УНИФИЦИРОВАННЫМ ВЫХОДНЫМ СИГНАЛОМ
ТПУ-205**

Методика поверки

НКГЖ.411611.009МП

г. Москва
2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Вводная часть	3
2 Операции поверки.....	3
3 Средства поверки	4
4 Требования к квалификации поверителей.....	6
5 Требования безопасности.....	6
6 Условия поверки	6
7 Подготовка к поверке	7
8 Проведение поверки	7
9 Оформление результатов поверки.....	12

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТПУ-205 (далее по тексту – ТПУ-205) и устанавливает методы, а также средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Настоящая методика поверки может быть применена при калибровке ТПУ-205.

1.3 Интервал между поверками составляет два года; 6 мес. для ТПУ-205 с ТП с верхним пределом диапазона измерений св. 1100 °С.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2 Проверка электрической прочности изоляции	8.2	Да	Нет
3 Проверка электрического сопротивления изоляции	8.3	Да	Нет
4 Опробование	8.4	Да	Да
5 Определение метрологических характеристик	8.5	Да	Да
6 Оформление результатов поверки	9	Да	Да

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки рекомендуется применять средства поверки, приведённые в таблице 2.

3.2 Применяемые средства поверки должны быть исправны, средства измерений поверены и иметь действующие документы о поверке. Испытательное оборудование должно быть аттестовано.

Таблица 2 - Средства поверки

№	Наименование средства поверки	Номер пункта методики поверки	Рекомендуемый тип средства поверки и его регистрационный номер в Федеральном информационном фонде или метрологические характеристики
Основные средства поверки			
1	Калибратор-измеритель унифицированных сигналов прецизионный «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012»	8.4, 8.5	№ 56318-14 (Диапазон измерений силы постоянного тока: от 0 до 25 мА, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности: $\pm (10^{-4} \cdot I + 1)$ мкА)
2	Калибратор температуры «ЭЛЕМЕР-КТ-150К/М1И»	8.4, 8.5	№ 60979-15 (Диапазон воспроизводимых температур: от -45 до +150 °С, нестабильность: $\pm 0,01$ °С)
3	Калибратор температуры «ЭЛЕМЕР-КТ-1100КИ»	8.4, 8.5	№ 75073-19 (Диапазон измерений: от +100 до +1100 °С, нестабильность: $\pm 0,1$ °С, основная погрешность: в диапазоне от +100 до +650 °С ключ. $\pm(0,2+0,0006 \cdot t)$; в диапазоне св. +650 °С $\pm 0,0009 \cdot t$)
4	Печь МТП-2М ТУ 50-239-84	8.4, 8.5	Диапазон воспроизведения температур: от +300 до +1200 °С, градиент температуры в рабочей зоне не более 0,8 °С/см
5	Трубчатая печь ПТ-1800	8.4, 8.5	Максимальная температура 1800 °С (<30 минут), погрешность поддержания температуры ± 1 °С
6	Термостат с флюидизированной средой ФВ-08	8.4, 8.5	№ 56927-14 (Диапазон воспроизводимых температур: от +50 до +700 °С, нестабильность: $\pm 0,01$ °С)
7	Термостат переливной прецизионный ТПП-1	8.4, 8.5	№ 33744-07 (Диапазон воспроизводимых температур: от -60 до +100 °С, нестабильность: $\pm 0,01$ °С)
8	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ-3	8.4, 8.5	№ 32777-06 (Диапазон измерений: от -50 до +500 °С, доверительная погрешность при доверительной вероятности 0,95 для диапазона измерений, °С, не более: (от -50 до 0) 0,03 °С, (от 0 до 30) 0,02 °С, (от 30 до 150) 0,03 °С, (от 150 до 450) 0,04 °С, (от 450 до 500) 0,07 °С)
9	Преобразователь термоэлектрический эталонный ТППО	8.4, 8.5	№ 19254-10 (Диапазон рабочих температур: от +300 до +1200 °С, доверительная погрешность при доверительной вероятности 0,95 не более: $\pm 0,9$ °С)

№	Наименование средства поверки	Номер пункта методики поверки	Рекомендуемый тип средства поверки и его регистрационный номер в Федеральном информационном фонде или метрологические характеристики
10	Преобразователь термоэлектрический платинородий-платинородиевый эталонный ПРО 2-го разряда	8.4, 8.5	№ 41201-09 (Диапазон измеряемых температур: от +600 до +1800 °С)
Вспомогательные средства поверки (оборудование)			
11	Установка для проверки электрической безопасности GPI-745A	8.2	№ 46633-11
12	Мегаомметр Ф4102/1-1М	8.3	№ 9225-88
13	Преобразователь давления измерительный АИР-20/М2-Н модель 030	8.4, 8.5	№ 63044-16
14	Преобразователи температуры и влажности измерительные РОСА-10	8.4, 8.5	№ 27728-09
15	Источники питания постоянного тока БП 906	8.1 - 8.5	Номинальное выходное напряжение 24 В, допускаемое отклонение напряжения номинального $\pm 2\%$
16	Измеритель электрических параметров качества, мощности и количества электрической энергии телеметрический LPW-305-1	8.1 - 8.5	№ 46877-11
17	Вольтметр универсальный В7-78/1	8.1 - 8.5	№ 69742-17
<p>1 Предприятием-изготовителем «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012», «ЭЛЕМЕР-КТ-150К/М1И», «ЭЛЕМЕР-КТ-650К/М1И», «ЭЛЕМЕР-КТ-1100/КИ», ПТСВ-3, АИР-20/М2-Н, РОСА-10, БП 906 является НПП «ЭЛЕМЕР».</p> <p>2 Все перечисленные в таблице 2 средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.</p> <p>3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых ТПУ-205 с требуемой точностью.</p>			

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускают лица, изучившие настоящую методику, руководства по эксплуатации на ТПУ-205 и средства поверки.

4.2 К проведению поверки допускают лица, являющиеся специалистами органа метрологической службы, юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на право поверки, непосредственно осуществляющие поверку средств измерений.

4.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При поверке ТПУ-205 выполняют требования техники безопасности, изложенные в документации на применяемые средства поверки и оборудование.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Условия проведения поверки:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1) температура окружающего воздуха, °С | от плюс 15 до плюс 25; |
| 2) относительная влажность воздуха, % | от 30 до 80; |
| 3) атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) | от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800); |
| 4) напряжение питания постоянного тока, В | 24±0,48; |
| 5) внешние электрические и магнитные поля должны отсутствовать или находиться в пределах, не влияющих на работу ТПУ-205; | |
| 6) вибрация, тряска, удары, влияющие на работу ТПУ-205, должны отсутствовать; | |
| 7) время выдержки ТПУ-205 во включенном состоянии 1 ч. | |

6.2 Для контроля температуры окружающей среды и относительной влажности воздуха используют преобразователь температуры и влажности измерительный РОСА-10.

6.3 Для контроля атмосферного давления используют преобразователь давления измерительный АИР-20/М2-Н модель 030.

6.4 Для питания ТПУ-205 используют источник питания постоянного тока БП 906.

6.5 Для контроля напряжения питания используют вольтметр универсальный В7-78/1.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- изучают эксплуатационные документы на поверяемые ТПУ-205, а также руководства по эксплуатации на применяемые средства поверки;
- выдерживают ТПУ-205 в условиях окружающей среды, указанных в п. 6.1 1)...6.1 3), не менее 4 ч;
- подготавливают к работе средства поверки и выдерживают во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре устанавливают отсутствие механических повреждений, правильность маркировки, проверяют комплектность.

При наличии дефектов покрытий, влияющих на работоспособность ТПУ-205, несоответствия комплектности, маркировки определяют возможность их дальнейшего применения.

8.1.2 У каждого ТПУ-205 проверяют наличие паспорта с отметкой ОТК.

Результаты внешнего осмотра считают положительными, если отсутствуют механические повреждения, маркировка и комплектность соответствуют требованиям эксплуатационной документации, в наличии имеется паспорт с отметкой ОТК.

8.2 Проверка электрической прочности изоляции

Проверку электрической прочности изоляции производят с помощью установки для проверки электрической безопасности GPI-745A (далее – установка), позволяющей поднимать напряжение равномерно ступенями, не превышающими 10 % значения испытательного напряжения, в следующей последовательности:

- 1) Подключают установку к ТПУ-205 согласно руководству по эксплуатации.
- 2) Заземляют используемые приборы.
- 3) Подготавливают и включают установку в соответствии с руководством по эксплуатации.
- 4) Подают испытательное напряжение практически синусоидальной формы частотой от 45 до 65 Гц в соответствии с руководством по эксплуатации при температуре окружающего воздуха (20 ± 5) °С и относительной влажности от 30 до 80 % 500 В между объединёнными цепью питания, входными, выходными цепями и корпусом.

Испытательное напряжение следует повышать, начиная с нуля или со значения, не превышающего номинальное напряжение цепи, до испытательного в течение не более 30 с.

Погрешность измерения испытательного напряжения не должна превышать $\pm 5\%$.

5) Изоляцию выдерживают под действием испытательного напряжения в течение 1 мин.

6) Затем напряжение снижают до нуля или значения, не превышающего номинальное, после чего установку отключают.

Результаты считают положительными, если не произошло пробоев и поверхностного перекрытия изоляции.

8.3 Проверка электрического сопротивления изоляции

8.3.1 Проверку электрического сопротивления изоляции производят с помощью мегаомметра Ф4102/1-1М в следующей последовательности:

1) Подключают мегаомметр к ТПУ-205 согласно их руководствам по эксплуатации.

2) Заземляют используемые приборы.

3) Подготавливают и включают мегаомметр в соответствии с его руководством по эксплуатации.

4) Подают испытательное напряжение 100 В между цепью питания, входными, выходными цепями и корпусом.

Результаты считают положительными, если электрическое сопротивление изоляции не менее 20 МОм.

8.4 Опробование

8.4.1 Опробование

8.4.1.1 Проверку работоспособности проводят в следующей последовательности:

1) Подключают ТПУ-205 к калибратору-измерителю унифицированных сигналов «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» (или источнику питания постоянного тока БП 906 и «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012»);

2) включают ТПУ-205 в соответствии с руководствами по эксплуатации.

Результаты считают положительными, если измеренное значение температуры соответствует температуре в помещении.

8.4.1.2 Проверяют и, при необходимости, производят подстройку «нуля» в следующей последовательности:

1) помещают первичный преобразователь ТПУ-205 в калибратор, термостат или печь;

2) устанавливают в калибраторе, термостате или печи температуру, соответствующую нижнему пределу измерений; после выхода калибратора, термостата или печи на заданную температуру выдерживают ТПУ-205 при данной температуре в течение не менее 15 мин;

3) при необходимости с помощью потенциометра «0» устанавливают выходной ток, соответствующий $(4,000 \pm 0,005)$ мА.

8.4.1.3 Проверяют и, при необходимости, производят подстройку верхнего предела измерений в следующей последовательности:

1) помещают первичный преобразователь ТПУ-205 в калибратор, термостат или печь.

2) устанавливают в калибраторе, термостате или печи температуру, соответствующую верхнему пределу измерений; после выхода калибратора, термостата или печи на заданную температуру выдерживают ТПУ-205 при данной температуре в течение не менее 15 мин;

3) при необходимости с помощью потенциометра «Д» устанавливают выходной ток, соответствующий $(20,000 \pm 0,005)$ мА;

4) повторяют процедуры по п. 8.4.1.2, если проводилась подстройка «нуля», то повторяют также и процедуры по п. 8.4.1.3.

8.5 Определение метрологических характеристик

8.5.1 Определение метрологических характеристик заключается в определении основной приведенной к диапазону измерений погрешности (далее – основная погрешность).

8.5.2 Основную погрешность определяют в пяти контрольных отметках, соответствующих 5, 25, 50, 75, 95 % диапазона измерений температуры.

8.5.3 При поверке ТПУ-205 с помощью термостата или калибратора помещают первичный преобразователь ТПУ-205 в калибратор или термостат на глубину не менее 160 мм, если калибратор или термостат – сухоблочный и на глубину не менее 100 мм, если калибратор или термостат – жидкостный.

При поверке ТПУ-205 с длиной монтажной части первичного преобразователя от 10 до 120 мм помещают первичный преобразователь ТПУ-205 в термостат с помощью приспособления для крепления на длину не менее минимальной длины погружения эталонного термометра.

8.5.4 Определение основной погрешности проводят в следующей последовательности:

1) Подключают ТПУ-205 к калибратору-измерителю унифицированных сигналов «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» (или источнику питания постоянного тока БП 906 и «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012»).

2) Включают ТПУ-205 и основные средства поверки в соответствии с руководствами по эксплуатации.

3) Помещают первичный преобразователь ТПУ-205 в калибратор, термостат или печь в соответствии с п. 8.5.3.

4) Устанавливают в калибраторе, термостате или печи температуру, соответствующую поверяемой точке.

5) После выхода калибратора, термостата или печи на заданную температуру выдерживают ТПУ-205 при данной температуре в течение не менее 15 мин.

6) Температуру в калибраторе, термостате или печи измеряют с помощью эталонного термометра сопротивления или преобразователя термоэлектрического.

7) С помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» измеряют выходной ток $I_{\text{вых.}i}$ ТПУ-205.

8) Определяют измеряемую температуру T_i в проверяемой точке по формуле

$$T_i = \frac{(I_{\text{вых.}i} - I_H)}{(I_B - I_H)} \cdot (T_B - T_H) + T_H, \quad (8.1)$$

где $I_{\text{вых.}i}$ - измеренное значение унифицированного выходного сигнала, соответствующее измеряемой температуре T_i , мА;

I_H, I_B - нижний и верхний пределы диапазона унифицированного выходного сигнала, мА;

T_H, T_B - нижний и верхний пределы диапазона измерений температуры, °С.

9) Рассчитывают значение основной приведенной погрешности по формуле

$$\gamma = \frac{(T_i - T_3)}{(T_B - T_H)} \cdot 100 \%, \quad (8.2)$$

где T_i - значение температуры, рассчитанное по формуле (8.1), °С;

T_3 - температура в калибраторе, термостате или печи, °С;

T_H, T_B - нижний и верхний пределы диапазона измерений температуры, °С.

Результаты считают положительными, если полученные значения основной приведенной погрешности измерений не превышают соответствующих пределов допускаемой основной приведенной погрешности.

Примечание - Допускается основную приведенную погрешность определять в двух точках, соответствующих 5 и 95 % диапазона измерений для ТПУ-205 с первичными преобразователями типа ТС и в трех точках, соответствующих 5, 50, 95 % диапазона измерений температуры для ТПУ-205 с первичными преобразователями типа ТП, при предварительной проверке нелинейности ИП с помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» с допускаемым отклонением не более 0,5 от основной приведенной погрешности ТПУ-205. Нелинейность ИП проверяют при определении основной приведенной погрешности методике по п. 8.5.5.

8.5.5 Проверка нелинейности ИП

8.5.5.1 Для проверки нелинейности ИП при работе с входными сигналами от ТС выполняют следующие операции.

1) «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» подготавливают к работе в режиме эмуляции температур, соответствующих входным сигналам от ТС, например, с НСХ Pt100, и подключают его ко входам ИП.

2) Выдерживают ТПУ-205 в таком состоянии в течение 15 мин.

3) Поочередно устанавливают с помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» значения эмулируемой (действительной T_d) температуры, равные 5, 25, 50, 75 и 95 % от диапазона измерений.

4) Производят измерение выходного токового сигнала ИП в каждой из проверяемых точек и по формуле (8.1) рассчитывают соответствующее значение измеряемой температуры.

5) Определяют значение абсолютной погрешности измеряемой температуры в каждой из проверяемых точек по формуле

$$\Delta T = T_i - T_d, \quad (8.3)$$

где T_i - значение температуры, рассчитанное по формуле (8.1), °С;

T_d - эмулируемое (действительное) значение, установленное с помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012», °С.

6) Рассчитывают значение основной приведенной погрешности по формуле (8.2).

8.5.5.2 Для проверки нелинейности ИП при работе с входными сигналами от ТП выполняют следующие операции.

1) «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» подготавливают к работе в режиме эмуляции температур, соответствующих входным сигналам от ТП типа ТХА (К), и подключают его ко входам ИП соответствующим кабелем.

2) Выдерживают ТПУ-205 в таком состоянии в течение 15 мин.

3) Поочередно устанавливают с помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-2012» значения эмулируемой температуры, равные 5, 25, 50, 75 и 95 % от диапазона измерений.

4) Производят измерение выходного токового сигнала ИП в каждой из проверяемых точек и по формуле (8.1) рассчитывают соответствующее значение измеряемой температуры.

5) Определяют значение абсолютной погрешности измеряемой температуры в каждой из проверяемых точек по формуле (8.3).

6) Рассчитывают значение основной приведенной погрешности в каждой из проверяемых точек по формуле (8.2).

8.5.5.3 Нелинейность ИП определяют по значению наибольшего отклонения рассчитанных значений основной приведенной погрешности измеряемой температуры от линейной зависимости, при которой минимизируется значение этого отклонения в проверяемом диапазоне температур.

8.5.5.4 Результаты считают положительными, если полученные значения нелинейности ИП не превышают 0,5 предела соответствующих значений допускаемой основной приведенной погрешности ТПУ-205.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Положительные результаты поверки термопреобразователей с унифицированным выходным сигналом ТПУ-205 оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в документе «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденном приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 2 июля 2015 г. № 1815 и документе «Изменения, которые вносятся в приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 2 июля 2015 г. № 1815», утвержденном приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 28 декабря 2018 года № 5329 или отметкой в паспорте и нанесением знака поверки.

9.1.1 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) в паспорт.

9.2 При отрицательных результатах поверки ТПУ-205 не допускаются к применению до выяснения причин неисправностей и их устранения.

После устранения обнаруженных неисправностей проводят повторную поверку, результаты повторной поверки - окончательные.

9.3 Отрицательные результаты поверки ТПУ-205 оформляют извещением о непригодности по форме, установленной в документе «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденном приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 2 июля 2015 г. № 1815 и документе «Изменения, которые вносятся в приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 2 июля 2015 г. № 1815», утвержденном приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 28 декабря 2018 года № 5329, свидетельство о предыдущей поверке аннулируют, а ТПУ-205 не допускают к применению.

Разработчики настоящей методики:

Заместитель начальника ОС и ТД
ООО НПП «ЭЛЕМЕР»



Д.В. Строганова

Заместитель начальника отдела испытаний и
поверки средств измерений ООО «ИЦРМ»



Ю. А. Винокурова