



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «НИЦ ПМ-РОСТЕСТ»

С.А. Денисенко

« 12 »

2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Термопреобразователи с унифицированным
выходным сигналом ТПУ-205**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

НКГЖ.411611.009МП
с изменением № 1

г. Москва
2026

Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТПУ-205 (далее – термопреобразователи или ТПУ), изготавливаемые ООО НПП «ЭЛЕМЕР», г. Москва, г. Зеленоград, находящиеся в эксплуатации и вновь выпускаемые, и устанавливает объем и методы их первичной и периодической поверок.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении А настоящей методики.

При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость термопреобразователей к Государственным первичным эталонам:

- единицы температуры в диапазоне от 0 °С до 3200 °С – ГЭТ 34-2020 и единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К – ГЭТ 35-2026 в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений (СИ) температуры, ч. 1, 2, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 января 2026 № 147;

- единицы силы постоянного электрического тока ГЭТ 4-91 согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений силы постоянного электрического тока, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию метрологии от 1 октября 2018 № 2091;

- единицы электрического напряжения ГЭТ 13-2023 согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию метрологии от 28 июля 2023 № 1520;

- единицы электрического сопротивления постоянного и переменного тока ГЭТ 14-2014 согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию метрологии от 30 декабря 2019 № 3456.

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки – метод прямых измерений и метод непосредственного сличения.

1 Перечень операций поверки

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

Таблица 1 - Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	7.1
Подготовка к поверке средства измерений (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	7.2
Проверка электрической прочности изоляции (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Нет	7.3
Проверка электрического сопротивления изоляции (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Нет	7.4
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	7.5
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9
Примечание – при получении отрицательных результатов в процессе проведения той или иной операции поверка прекращается.			

2 Требования к условиям проведения поверки

2.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от плюс 15 до плюс 25;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800).

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

3.1 Поверка СИ должна выполняться специалистами организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющими необходимую квалификацию, ознакомленными с руководством по эксплуатации и освоившими работу с СИ.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 2 – Средства поверки

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха в диапазоне измерений от 30 до 80 % с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности ± 3 %. Средства измерений температуры в диапазоне измерений от $+15$ °С до $+25$ °С с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности ± 1 °С. Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа с пределами допускаемой основной приведенной погрешности не более $\pm 0,5$ %	Преобразователь температуры и влажности измерительный РОСА-10, рег. № 27728-09. Преобразователь давления измерительный АИР-20/М2-Н модель 030, рег. № 63044-16
7.3 Проверка электрической прочности изоляции (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Установка для проверки электрической безопасности, значения испытательного напряжения: 500 В, 900 В, 1500 В, частота испытательного напряжения: от 45 до 65 Гц	Установка для проверки электрической безопасности GPI-745A, рег. № 46633-11
7.4 Проверка электрического сопротивления изоляции (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Мегаомметр, верхний предел измерений сопротивления изоляции не менее 20 МОм	Мегаомметр Ф4102/1-1М, рег. № 9225-88

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7.5 Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	<p>Эталон единицы силы постоянного электрического тока 1-го разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091.</p> <p>Эталон единицы постоянного электрического напряжения 3-го разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 28.07.2023 № 1520.</p> <p>Эталон единицы электрического сопротивления 4-го разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3456.</p> <p>Источники питания постоянного тока, номинальное выходное напряжение 24 В, допустимое отклонение напряжения от номинального $\pm 2\%$</p>	<p>Калибратор-измеритель унифицированных сигналов эталонный «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000», рег. № 85582-22</p> <p>Источник питания постоянного тока БП 96/24-1, БП 96/36-1</p>
8 Проверка программного обеспечения средства измерений	<p>Персональный компьютер</p> <p>Объем оперативной памяти не менее 1 Гбайт; объем жесткого диска не менее 10 Гбайт; операционная система Windows с установленным программным обеспечением</p>	-
9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	<p>Эталон единицы силы постоянного электрического тока 1-го разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091.</p> <p>Эталон единицы постоянного электрического напряжения 3-го разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 28.07.2023 № 1520.</p> <p>Эталон единицы электрического сопротивления 4-го разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3456.</p> <p>Источники питания постоянного тока, номинальное выходное напряжение 24 В, допустимое отклонение напряжения от номинального $\pm 2\%$</p>	<p>Калибратор-измеритель унифицированных сигналов эталонный «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000», рег. № 85582-22</p> <p>Источник питания постоянного тока БП 96/24-1, БП 96/36-1</p>

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Калибраторы температуры, горизонтальные (вертикальные) трубчатые печи, термостаты температуры, криостаты с нестабильностью поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	<p>Калибраторы температуры «ЭЛЕМЕР-КТ-900К», «ЭЛЕМЕР-КТ-1100К», рег. № 75073-19.</p> <p>Калибраторы температуры «ЭЛЕМЕР-КТ-150К», «ЭЛЕМЕР-КТ-200К», «ЭЛЕМЕР-КТ-500К», «ЭЛЕМЕР-КТ-650К», рег. № 80030-20.</p> <p>Калибраторы температуры жидкостные ЭЛЕМЕР-ТК-М, ЭЛЕМЕР-Т, рег. № 78676-20.</p> <p>Малоинерционная трубчатая печь МТП-2МР (диапазон воспроизводимых температур: от +100 °С до +1200 °С)</p> <p>Печь высокотемпературная ВТП 1800-1 (диапазон воспроизводимых температур: от +600 °С до +1780 °С)</p> <p>Термостат с флюидизированной средой FB-08</p> <p>Термостаты переливные прецизионные ТПП-1.0, ТПП-1.2, рег. № 33744-07</p>
	Эталоны единицы температуры, соответствующие требованиям к эталонам 1-го, 2-го, 3-го разрядов по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 29.01.2026 № 147	<p>Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ, регистрационный № 32777-06</p> <p>Преобразователи термоэлектрические платинородий-платинородиевые эталонные ПРО, рег. № 41201-09</p> <p>Преобразователи термоэлектрические платинородий-платиновые эталонные ППО, рег. № 83756-21</p>

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Персональный компьютер. Объем оперативной памяти не менее 1 Гбайт; объем жесткого диска не менее 10 Гбайт; операционная система с установленным программным обеспечением	-

Примечания:

- 1) Эталоны и средства измерений, применяемые в качестве эталонов, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке; применяемые средства измерений должны быть поверены; испытательное оборудование - аттестовано.
- 2) Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденные приказом Минэнерго РФ от 12.08.2022 г. № 811;
- требования безопасности, которые предусматривают «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ), утвержденные приказом Министерства труда России от 15.12.2020 г. № 903н;
- требования безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталоны и средства поверки;
- требования безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации на преобразователи.

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 При внешнем осмотре устанавливаются правильность маркировки, отсутствие механических повреждений, коррозии, нарушений покрытий, надписей и других дефектов, которые могут повлиять на работу термопреобразователей, безопасность и на качество поверки и их метрологические характеристики.

6.2 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если отсутствуют механические повреждения, сорванные нитки резьбы и коррозия, а также соответствуют требованиям эксплуатационной документации маркировка и комплектность.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Контроль условий поверки

7.1.1 В помещении, где будет проходить поверка средств измерений необходимо провести контроль условий окружающей среды – определить температуру и влажность окружающей среды, а также атмосферное давление. Климатические условия проведения поверки должны соответствовать значениям, указанным в п. 2.1 настоящей методики поверки.

7.2 Подготовка к поверке средства измерений

7.2.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- изучают эксплуатационные документы на поверяемые термопреобразователи, а также руководства по эксплуатации на применяемые средства поверки;
- выдерживают термопреобразователь в условиях окружающей среды, указанных в п.2.1, не менее 4 ч;

- подготавливают к работе средства поверки и выдерживают во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации;

- перед проведением периодической поверки проверяется соответствующая запись в сведениях о результатах предыдущей поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений в части наличия сведений о проведенной подстройке средства измерения.

7.3 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 согласно руководству по эксплуатации.
- 2) Заземляют используемые приборы.
- 3) Подготавливают и включают установку в соответствии с руководством по эксплуатации.
- 4) Подают испытательное напряжение синусоидальной формы частотой от 45 до 65 Гц в соответствии с руководством по эксплуатации 500 В между цепью выходного токового сигнала 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.

- 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.

7.4 Проверка электрического сопротивления изоляции

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

- 1) Подключают мегаомметр к ТПУ 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 цепями выходного токового сигнала и корпусом.

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

7.5 Опробование

7.5.1 Проверку работоспособности проводят в следующей последовательности:

- 1) Подключают ТПУ-205 к калибратору-измерителю унифицированных сигналов эталонному «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000» (или источнику питания постоянного тока БП 906 и «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000»);
- 2) Включают ТПУ-205 в соответствии с руководством по эксплуатации.

Результаты считают положительными, если есть выходной сигнал и измеренное значение температуры находится близко к текущей температуре в помещении.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

Проверку программного обеспечения проводят в следующей последовательности:

- 1) Подключают ТПУ-205Н, ТПУ-205НР персональному компьютеру.
- 2) Включают персональный компьютер и загружают программное обеспечение.
- 3) В появившемся окне фиксируют номер версии и идентификационное наименование внешнего ПО.

Результаты считают положительными, если наименование и номер версии внешнего ПО совпадают с данными, представленными в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные внутреннего ПО для ТПУ-205Н, ТПУ-205НР

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	IP205H
Номер версии (идентификационный номер) ПО	12.XX ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО	-

¹⁾ В идентификационном номере фиксированные цифры отвечают за метрологически значимую часть и являются неизменными, при этом X – может быть любым целым числом из ряда 0, 1, ..., 9

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

9.1 Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности ТПУ-205 ТПУ-205Р, ТПУ-205Н, ТПУ-205НР

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

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

9.1.3 Определение основной погрешности проводят в следующей последовательности:

1) Подключают термопреобразователь к калибратору-измерителю унифицированных сигналов «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000».

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

3) Помещают первичный преобразователь ТПУ в калибратор, термостат или печь в соответствии с п. 9.1.2.

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

5) После выхода калибратора, термостата или печи на заданную температуру выдерживают ТПУ 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-3000» измеряют выходной ток $I_{\text{вых.}i}$ ТПУ.

8) Определяют результат измерений температуры T_i в проверяемой точке по формуле:

$$T_i = \frac{(I_{\text{вых.}i} - I_H)}{(I_B - I_H)} \cdot (T_B - T_H) + T_H, \quad (1)$$

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,

T_H, T_B мА;

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

9) Рассчитывают значение основной приведенной погрешности по формуле:

$$\gamma = \frac{(T_i - T_э)}{(T_B - T_H)} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где T_i - значение температуры, рассчитанное по формуле (1), и отображенное на мониторе ПК при поверке ТПУ-205Н по HART-сигналу, °С;

T_3 - значение температуры по эталону, °С;
 T_H, T_B - нижний и верхний пределы диапазона измерений температуры термопреобразователя, °С.

Результаты считают положительными, если полученные значения основной приведенной погрешности измерений не превышают соответствующих значений, приведенных в приложении А.

В случае, если полученные значения основной приведенной погрешности измерений превышают соответствующие пределы допускаемой основной приведенной погрешности и термопреобразователь по результатам предыдущей поверки не подвергался процедуре подстройки, то производят подстройку «нуля» и верхнего предела измерений в последовательности, приведенной в п.п. 9.2, 9.3. После подстройки повторяют определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности в соответствии с п. 9.1. Информация о факте проведенной подстройки должна быть приведена в виде соответствующей записи в дополнительных сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (в обязательном порядке), а также в паспорте (при наличии). В случае установления факта подстройки термопреобразователя по результатам предыдущей поверки средство измерений признается непригодным к дальнейшему применению. В случае, если после проведения операций подстройки полученные значения основной приведенной погрешности измерений превышают соответствующие пределы допускаемой основной приведенной погрешности, то средство измерений признается непригодным к дальнейшему применению.

Примечание – Допускается основную приведенную погрешность определять в двух точках, соответствующих 5 и 95 % диапазона измерений для ТПУ с первичными преобразователями типа ТС и в трех точках, соответствующих 5, 50, 95 % диапазона измерений температуры для ТПУ с первичными преобразователями типа ТП, при предварительной проверке нелинейности ИП с помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000» с допускаемым отклонением не более 0,5 от основной приведенной погрешности ТПУ. Нелинейность ИП проверяют при определении основной приведенной погрешности по методике по п. 9.1.4.

9.1.4 Проверка нелинейности ИП-205, ИП-205Н

9.1.4.1 Проверку нелинейности ИП-205, ИП-205Н допускается не проводить в случае проверки термопреобразователей в пяти контрольных точках в соответствии с п. 9.1.1.

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

1) «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000» подготавливают к работе в режиме воспроизведения температуры, соответствующей входным сигналам от ТС, например, с НСХ Pt100, и подключают его ко входам ИП в соответствии с эксплуатационной документацией;

2) Подключают ИП 205Н к персональному компьютеру и запускают программное обеспечение «HART MultiConfig».

3) Для ИП 205Н устанавливают с помощью программного обеспечения «HART MultiConfig»:

- тип первичного преобразователя, соответствующий входным сигналам от ТС с НСХ Pt100;

- нижний предел измерений и преобразования минус 200 °С;

- верхний предел измерений и преобразования плюс 600 °С.

4) Выдерживают ИП 205, ИП 205Н в таком состоянии в течение 15 мин.

5) Поочередно устанавливают с помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000» воспроизводимые (действительные T_d) значения температуры, равные 5, 25, 50, 75 и 95 % от диапазона измерений.

6) Для ИП 205 считывают показания унифицированного выходного сигнала $I_{\text{вых.}i}$ с помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000».

7) для ИП 205 вычисляют измеряемую температуру T_i в поверяемой точке по формуле:

$$T_i = \frac{(I_{\text{вых.}i} - I_H)}{(I_B - I_H)} \cdot (T_B - T_H) + T_H \quad (3)$$

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

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

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

8) Для ИП 205 рассчитывают значение основной приведенной погрешности γ , %, по формуле:

$$\gamma = \frac{T_i - T_{\text{Э}}}{T_B - T_H} \cdot 100 \quad (4)$$

где T_i - значение температуры, рассчитанное по формуле (3), °С;

$T_{\text{Э}}$ - значение температуры, воспроизводимое «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000», °С;

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

9) Для ИП 205Н считывают показания цифрового выходного сигнала T_i по HART-протоколу.

10) Для ИП 205Н рассчитывают значение основной абсолютной погрешности $\Delta_{\text{очт}}$, °С, по формуле:

$$\Delta_{\text{очт}} = T_i - T_{\text{Э}} \quad (5)$$

где T_i - значение температуры, измеренное ИП 205Н, °С;

$T_{\text{Э}}$ - значение температуры, воспроизводимое «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000», °С.

9.1.4.3 Определение значений основных погрешностей ИП 205, ИП 205Н в конфигурации с входными сигналами от ТС с НСХ 100М производят в следующей последовательности.

1) «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000» подготавливают к работе в режиме воспроизведения температуры, соответствующей входным сигналам от ТС с НСХ 100М.

2) Для ИП 205Н устанавливают с помощью программного обеспечения «HART MultiConfig»:

- тип первичного преобразователя, соответствующий входным сигналам от ТС с НСХ 100М;
- нижний предел измерений и преобразования минус 50 °С;
- верхний предел измерений и преобразования плюс 200 °С.

3) Выдерживают ИП 205, ИП 205Н в таком состоянии в течение 15 мин.

4) Поочередно устанавливают с помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000» воспроизводимые (действительные) значения температуры, равные 5, 25, 50, 75 и 95 % от диапазона измерений.

5) Для ИП 205 повторяют операции по п.п. 9.1.4.1 6), 9.1.4.1 7).

6) Для ИП 205Н повторяют операции по п. 9.1.4.1 8), 9.1.4.1 9).

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

1) «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000» подготавливают к работе в режиме воспроизведения температуры, соответствующей входным сигналам от ТП типа ТХА (К) и подключают его ко входам ИП 205, ИП 205Н в соответствии с эксплуатационной документацией.

2) Подключают ИП 205Н к персональному компьютеру и запускают программное обеспечение «HART MultiConfig».

3) Для ИП 205Н устанавливают с помощью программного обеспечения «HART MultiConfig»:

- тип первичного преобразователя, соответствующий входным сигналам от ТП типа ТХА (К);
 - нижний предел измерений и преобразования минус 50 °С;
 - верхний предел измерений и преобразования плюс 1300 °С.
- 4) «Выдерживают ИП 205, ИП 205Н в таком состоянии в течение 15 мин.

5) Поочередно устанавливают с помощью «ЭЛЕМЕР-ИКСУ-3000» воспроизводимые (действительные) значения температуры, равные 5, 25, 50, 75 и 95 % от диапазона измерений.

6) Для термопреобразователей повторяют операции по п.п. 9.1.3. 7),...,9.1.3. 9).

9.1.4.5 Нелинейность ИП 205 определяют по значению наибольшего отклонения рассчитанных значений основной приведенной погрешности измеряемой температуры от линейной зависимости, при которой минимизируется значение этого отклонения в проверяемом диапазоне температуры.

Значение нелинейности не должно превышать 0,5 предела соответствующих значений допускаемой основной приведенной погрешности ТПУ 205, ТПУ 205Р.

9.1.4.6 Нелинейность ИП 205Н определяют по значению наибольшего отклонения рассчитанных значений основной абсолютной погрешности измеряемой температуры от линейной зависимости, при которой минимизируется значение этого отклонения в проверяемом диапазоне температуры.

Значение нелинейности не должно превышать 0,5 предела соответствующих значений допускаемой основной абсолютной погрешности ТПУ 205Н, ТПУ 205НР.

9.2 В случае, если полученные значения основной приведенной погрешности измерений превышают соответствующие пределы допускаемой основной приведенной погрешности, производят подстройку «нуля» и верхнего предела измерений ТПУ-205, ТПУ-205Р в следующей последовательности:

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

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

3) С помощью потенциометра «0» устанавливают выходной ток, соответствующий $(4,000 \pm 0,005)$ мА;

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

5) С помощью потенциометра «Д» устанавливают выходной ток, соответствующий $(20,000 \pm 0,005)$ мА;

6) Повторяют процедуры по п. 9.1 и в случае, если после проведения операции подстройки полученные значения основной приведенной погрешности измерений превышают соответствующие значения, приведенные в приложении А, то средство измерений признается непригодным к дальнейшему применению.

9.3 В случае, если полученные значения основной приведенной погрешности измерений превышают соответствующие пределы допускаемой основной приведенной погрешности производят подстройку «нуля» и верхнего предела измерений ТПУ-205Н, ТПУ-205НР в следующей последовательности:

1) Помещают первичный преобразователь ТПУ-205Н, ТПУ-205НР в калибратор, термостат или печь;

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

3) ТПУ-205Н, ТПУ-205НР подключают к персональному компьютеру и запускают программное обеспечение «HART MultiConfig»;

- входят в окно «переменной «Температура»» нажимают кнопку «Подстройка нижней точки» (нижнего диапазона измерений);

- в появившемся окне записывают значение температуры, установленное в

калибраторе, термостате или печи, в поле «Эталонное значение»;

- нажимают кнопку «Подстроить»;

4) Подстройку верхнего диапазона измерений осуществляют в следующей последовательности:

- помещают первичный преобразователь ТПУ-205Н, ТПУ-205НР в калибратор, термостат или печь;

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

- в окне «переменной «Температура»» нажимают кнопку «Подстройка верхней точки» (верхнего диапазона измерений);

- в появившемся окне записывают значение, установленное в калибраторе, термостате или печи, в поле «Эталонное значение»;

- нажимают кнопку «Подстроить»;

5) Повторяют процедуры по п. 9.1 и в случае, если после проведения операции подстройки полученные значения основной приведенной погрешности измерений превышают соответствующие значения, приведенные в приложении А, то средство измерений признается непригодным к дальнейшему применению.

9.4 При осуществлении первичной и периодических проверок термопреобразователей модификаций ТПУ-205Р, ТПУ-205НР допускается поэлементная поверка первичных преобразователей температуры и измерительных преобразователей, входящих в состав ТПУ, проводимая по действующим методикам поверки для конкретного утвержденного типа средства измерения.

Оформление результатов поверки на термопреобразователи модификации ТПУ-205Р, ТПУ-205НР в соответствии с разделом 10 осуществляется на основании положительных результатов проведенной поверки входящих в состав ТПУ первичных преобразователей температуры и измерительных преобразователей.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Сведения о результатах поверки средств измерений в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. В случае проведения подстройки средства измерений, соответствующая информация в обязательном порядке должна быть отражена в дополнительных сведениях о результатах поверки средства измерений.

10.2 Средства измерений, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке.

10.3 При отрицательных результатах поверки на средство измерений по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформляется извещение о непригодности к применению.

Разработчик настоящей методики:

Начальник отдела метрологического обеспечения
термометрии (207) ФБУ «НИЦ ПМ-РОСТЕСТ»

А.А. Игнатов

Таблица А1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Метрологические характеристики термопреобразователей	приведены в таблицах А2 – А5
Выходные сигналы: - унифицированный сигнал силы постоянного тока, мА - унифицированный сигнал силы постоянного тока (мА) + цифровой сигнал (только для ТПУ-205Н, ТПУ-205НР)	от 4 до 20 от 4 до 20 + HART
Пределы допускаемой дополнительной приведенной к диапазону измерений погрешности измерений температуры, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной до любой температуры в пределах рабочих температур на каждые 10 °С, %: - для ТПУ-205, ТПУ-205Н с кодом класса точности 0,25 - для ТПУ-205, ТПУ-205Н с кодами классов точности 0,5; 1; 1,5 - для ТПУ-205Р ТПУ-205НР	$\pm 0,5 \cdot \gamma^1$ $\pm 0,25 \cdot \gamma^1$ $\pm 0,25 \cdot \gamma_1^1$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений температуры для конфигурации с ТП и компенсатором температуры холодного спая (КХС), вызванной изменением температуры их свободных концов от нормальной $+(20 \pm 5)$ °С до любой температуры в пределах рабочих температур, °С: ТПУ-205, ТПУ-205Р ТПУ-205Н, ТПУ-205НР	$\pm (0,4 + 0,01 \cdot T_{н.у.} - T)^2$ $\pm (0,2 + 0,01 \cdot T_{н.у.} - T)^2$
¹⁾ γ – пределы допускаемой основной приведенной погрешности термопреобразователей ТПУ-205, ТПУ-205Н, ТПУ-205Р (информация приведена в таблице А2), %; γ_1 – пределы допускаемой основной приведенной погрешности термопреобразователей ТПУ-205Р, ТПУ-205НР (информация приведена в примечании к таблице А2), %; ²⁾ $T_{н.у.}$ – температура, соответствующая нормальным условиям измерений (+20 °С), °С T – температура окружающей среды, °С.	

Таблица А2 - Метрологические характеристики термопреобразователей ТПУ-205, ТПУ-205Н, ТПУ-205Р, ТПУ-205НР

Диапазон измерений температуры ¹⁾ , °С	Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности измерений температуры ²⁾³⁾ , γ , % (пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры, Δ , °С)	Тип НСХ первичного преобразователя	Индекс заказа (код класса точности)	Минимальная длина монтажной (погружаемой) части L, мм
от -60 до +200	$\pm 0,15 (\pm 0,39)$	Pt100	0,15 ⁴⁾	100
от -60 до +600	$\pm 0,15 (\pm 0,99)$			200
от -60 до +200	$\pm 0,25 (\pm 0,65)$	Pt100	0,25	100
от -60 до +600	$\pm 0,25 (\pm 1,65)$			200
от -60 до +600	$\pm 0,3 (\pm 1,98)$	К	0,30 ⁴⁾	200
от -60 до +1300	$\pm 0,3 (\pm 4,08)$			320

Диапазон измерений температуры ¹⁾ , °С	Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности измерений температуры ²⁾³⁾ , γ, % (пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры, Δ, °С)	Тип НСХ первичного преобразователя	Индекс заказа (код класса точности)	Минимальная длина монтажной (погружаемой) части L, мм
от -60 до +200	±0,5 (±1,3)	100М, Pt100	0,50	80
от -60 до +600	±0,5 (±3,3)	Pt100		160
		К		200
от -60 до +1300	±0,5 (±6,8)	К	1,00	320
от -60 до +200	±1,0 (±2,60)	100М, Pt100		60
		Pt100		120
от -60 до +600	±1,0 (±6,6)	К	1,50	200
от -60 до +1300	±1,0 (±13,60)	К		320
от -60 до +200	±1,5 (±3,9)	100М, Pt100		10
		Pt100	20	
от -60 до +600	±1,5 (±9,9)	К	1,50	160
от -60 до +1300	±1,5 (±20,4)	К		250

¹⁾ Рабочие диапазоны измерений могут находиться в пределах диапазона измерений с учетом минимального интервала измерений без переконфигурирования. Для ТПУ-205 с ТС минимальный интервал измерений равен 30 °С, для ТПУ-205 с ТП – 300 °С;

²⁾ В зависимости от заказа;

³⁾ Конкретное значение погрешности указывается в эксплуатационной документации (паспорте);

⁴⁾ Только для ТПУ-205Н.

Примечание:

ТПУ-205, ТПУ-205Н изготавливаются с индексами заказа (кодами классов точности) 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; с индексом заказа (кодом класса точности) «С».

ТПУ-205Р, ТПУ-205НР - с индексом заказа (кодом класса точности) «С».

Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности (индекс заказа «С»), γ₁, % вычисляют по формуле:

$$\gamma_1 = \pm \frac{\Delta_0}{T_N} \cdot 100, \quad (1)$$

где диапазон измерений $T_N = T_B - T_H$, где T_H , T_B – нижний и верхний пределы измерений, °С;

Δ_0 – пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователей, °С, вычисляют по формуле:

$$\Delta_0 = \pm \sqrt{(\Delta_{\text{оснт}} + \frac{\Delta_{\text{оснI}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \cdot T_N)^2 + \Delta_{\text{ПП}}^2}, \quad (2)$$

где $\Delta_{\text{оснт}}$ – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности ИП, °С (таблицы А3, А4);

$\Delta_{\text{оснI}}$ – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности преобразования цифрового сигнала в унифицированный выходной сигнал силы постоянного тока, мА (таблица А4), для ИП-205Н. Для ИП-205 не учитывается;

$\Delta_{\text{ПП}}$ – пределы допускаемого отклонения от НСХ ПП, °С (таблицы А5, А6).

Таблица А3 – Метрологические характеристики ИП 205 для ТПУ-205 (с индексом заказа С), ТПУ-205Р

Тип НСХ ¹⁾ (входного сигнала)	Диапазон измерений и преобразования входного сигнала (в температурном эквиваленте), °С ²⁾	Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности измерений температуры, γ, % (в зависимости от кода класса точности (индекса заказа))		Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры, Δ _{осн} , °С (в зависимости от кода класса точности (индекса заказа))	
		А	В	А	В
Pt100	от -200 до +600	$\pm \left(\frac{0,2}{T_B - T_H} \cdot 100 + 0,1 \right)$	$\pm \left(\frac{0,3}{T_B - T_H} \cdot 100 + 0,2 \right)$	$\pm (0,2 + 0,001 \cdot (T_B - T_H))$	$\pm (0,3 + 0,001 \cdot (T_B - T_H))$
100М	от -50 до +200	$\pm \left(\frac{0,2}{T_B - T_H} \cdot 100 + 0,1 \right)$	$\pm \left(\frac{0,3}{T_B - T_H} \cdot 100 + 0,2 \right)$	$\pm (0,2 + 0,001 \cdot (T_B - T_H))$	$\pm (0,3 + 0,001 \cdot (T_B - T_H))$
К	от -50 до +1300	$\pm \left(\frac{0,7}{T_B - T_H} \cdot 100 + 0,1 \right)$	$\pm \left(\frac{0,9}{T_B - T_H} \cdot 100 + 0,2 \right)$	$\pm (0,7 + 0,001 \cdot (T_B - T_H))$	$\pm (0,9 + 0,001 \cdot (T_B - T_H))$

¹⁾ Типы НСХ по ГОСТ 6651-2009 для термопреобразователей сопротивления (ТС) и по ГОСТ Р 8.585-2001 для преобразователей термоэлектрических (ТП);
²⁾ T_В, T_Н - верхний и нижний пределы диапазона измерений, °С.
Код класса точности (индекс заказа) А или В указывается в паспорте на ИП 205.

Таблица А4 – Метрологические характеристики ИП 205Н для ТПУ-205Н (с индексом заказа С), ТПУ-205НР

Тип НСХ ¹⁾ входного сигнала	Диапазон измерений температуры, °С ²⁾	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры ИП 205Н по цифровому сигналу $\Delta_{оснт}$, °С (в зависимости от кода класса точности (индекса заказа))	
		А	В
Pt100	от -200 до +600	±0,15	±0,2
100М	от -50 до +200	±0,15	±0,2
К	от -50 до +1300	±0,50	±0,7

¹⁾ Тип НСХ по ГОСТ 6651-2009 для термопреобразователей сопротивления (ТС) и ГОСТ Р 8.585-2001 для преобразователей термоэлектрических (ТП);

²⁾ Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности преобразования цифрового сигнала в унифицированный выходной сигнал силы постоянного тока ($\Delta_{оснт}$):

±0,008 мА – для кода класса точности (индекса заказа) А;

±0,012 мА – для кода класса точности (индекса заказа) В.

Код класса точности (индекс заказа) А или В указывается в паспорте на ИП 205Н.

Таблица А5 – Метрологические характеристики ПП типа ТС

Диапазон измерений температуры, °С	Допуск ПП ($\Delta_{пп}$) в зависимости от класса допуска по ГОСТ 6651-2009, °С		Тип НСХ ПП (по ГОСТ 6651- 2009)
	А	В	
от -50 до +200	-	±(0,3+0,005· t)	100М
от -50 до +250	±(0,15+0,002· t)		Pt100
от -100 до +450			
от -196 до +660	-		

Примечание – |t| – абсолютное значение температуры, °С, без учета знака

Таблица А6 – Метрологические характеристики ПП типа ТП

Диапазон измерений температуры, °С	Пределы допускаемого отклонения ТЭДС от НСХ ПП ($\Delta_{пп}$) в зависимости от класса допуска по ГОСТ Р 8.585-2001, °С		Тип НСХ ПП (по ГОСТ Р 8.585- 2001)
	1	2	
от -40 до +375 включ.	±1,5	-	К
св. +375 до +1300	±0,004·t	-	
от -40 до +333 включ.	-	±2,5	
св. +333 до +1300	-	±0,0075·t	

Примечание – t – значение измеряемой температуры, °С