

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИМС»

Ф.В. Булыгин

06 2023 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Преобразователи температуры программируемые ТСМУ 031,
ТСПУ 031, ТХАУ 031, ТХКУ 031, ТННУ 031**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 207-031-2023**

г. Москва
2023 г.

Общие положения

Настоящая методика распространяется на преобразователи температуры программируемые ТСМУ 031, ТСПУ 031, ТХАУ 031, ТХКУ 031, ТННУ 031 (далее по тексту – ППТ), изготавливаемые Закрытым акционерным обществом Специализированное конструкторское бюро «Термоприбор» (ЗАО СКБ «Термоприбор»)), Московская область, г. Королев, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы температуры в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2022 г. № 3253 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений температуры», подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 34-2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С» и ГЭТ 35-2021 «Государственный первичный эталон единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К».

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод непосредственного сличения с эталонным термометром в жидкостных термостатах, в термостатах с флюидизированной средой, а также в сухоблочных (жидкостных) калибраторах температуры.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в документе РГАЖ 0.282.007 РЭ «Преобразователи температуры программируемые ТСМУ 031, ТСПУ 031, ТХАУ 031, ТХКУ 031, ТННУ 031. Руководство по эксплуатации» (далее по тексту – РЭ) и в паспорте на ППТ.

1 Перечень операций поверки средства измерений

1.1 При проведении первичной и периодической поверок выполняют операции, приведённые в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Наименование операции поверки	Обязательность проведения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	6
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	7.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	7.4
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	8
Проверка электрического сопротивления изоляции	Да	Да	8.1
Проверка допускаемой основной погрешности	Да	Да	8.2
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	9
Оформление результатов поверки	Да	Да	10

Примечания:

1. При получении отрицательных результатов в процессе проведения той или иной операции поверка прекращается.
2. Методикой поверки не допускается проводить поверку в сокращенном диапазоне измерений.

2 Требования к условиям проведения поверки

2.1 Поверку ППТ, если это не оговорено отдельно, проводить в нормальных климатических условиях:

- температура окружающего воздуха – от 15 до 25 °С;
- относительная влажность – от 30 до 80 %;
- атмосферное давление – от 84 до 106,7 кПа;

2.2 Средства поверки и поверяемые СИ подготовить к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

2.3 Средства поверки и поверяемые СИ должны быть защищены от вибраций, тряски, ударов и других внешних воздействий, влияющих на их работу.

2.4 Операции, проводимые со средствами поверки и поверяемыми СИ, должны соответствовать указаниям, приведенным в эксплуатационной документации.

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

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 эксплуатационной документацией и освоившими работу с техническими средствами, используемыми при поверке.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Операция поверки, требующая применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 7.1 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %	Приборы комбинированные Testo 608-H1, Testo 608-H2, Testo 610, Testo 622, Testo 623 (Регистрационный № 53505-13) и др.
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 5 гПа	Измерители давления Testo 510, Testo 511 (Регистрационный № 53431-13) Прибор комбинированный Testo 622 (Регистрационный № 53505-13) и др.

Операция поверки, требующая применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Определение метрологических характеристик средства измерений	Термометры сопротивления (платиновые), электронные (цифровые) термометры эталонные, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 2, 3-го разрядов по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 23 декабря 2022 г. № 3253	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ (Регистрационный № 57690-14) и др.
	Преобразователи термоэлектрические эталонные, соответствующие рабочим эталонам 3 разряда (или выше) по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 23 декабря 2022 г. № 3253	Преобразователь термоэлектрический эталонный ТППО (Регистрационный № 19254-10) и др.
	Термостаты и/или криостаты температуры с нестабильностью поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допускаемой погрешности поверяемого СИ	Термостаты жидкостные Термотест (Регистрационный № 39300-08) Термостат нулевой типа ТН-3М Криостат КТ-4 и др.
	Калибраторы температуры сухоблочные (жидкостные) с нестабильностью поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Калибратор температуры типа КТ-1М (Регистрационный № 29228-11) Калибратор температуры типа КТ-2М (Регистрационный № 28811-12) Калибратор температуры типа КТ-2 (Регистрационный № 28811-05) Калибратор температуры типа КТ-3 (Регистрационный № 30917-05) Калибратор температуры типа КТ-5.3 (Регистрационный № 65779-16) и др.
	Термостаты с флюидизированной средой с нестабильностью поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Термостат с флюидизированной средой FB-08 и др.

Операция поверки, требуемая применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Горизонтальные (вертикальные) трубчатые печи с нестабильностью поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Печь малоинерционная горизонтальная трубчатая типа МТП-2МР и др.
	Сосуд Дьюара с жидким азотом	-
	Измерители сопротивления изоляции с диапазоном измерений сопротивления изоляции от 0 до 20 ГОм. Номинальное рабочее напряжение 100 В, 500 В	Мегаомметр типа Ф 4101 (Регистрационный № 4542-74) и др.
	Измерители сопротивления прецизионные, соответствующие требованиям к эталонам 3 разряда (или выше) по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 (Регистрационный № 19736-11) Катушки электрического сопротивления измерительные P321, P331 (Регистрационный № 1162-58) Калибратор токовой петли Fluke 709H (Регистрационный № 60323-15) и др.
	Измерители напряжения постоянного тока с эталонами 3 разряда (или выше) по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3457	Вольтметр универсальный В7- 78/1 (регистрационный № 52147-12) и др.
	Измерители силы постоянного тока, соответствующие требованиям к эталонам 2 разряда (или выше) по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091	Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R) (регистрационный № 52489-13) и др.
	Источники питания постоянного тока с диапазоном выходного напряжения от 0 до 50 В; диапазоном выходного постоянного тока от 0 до 500 мА	-

Операция поверки, требующая применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Персональный компьютер с минимальным аппаратным обеспечением: процессор 486, видеоадаптер VGA 800x640, 256 цветов, наличие сводного COM-порта, 10 Мбайт свободного пространства на жестком диске; операционная система Microsoft Windows XP/2003/2010, Vista7/8/10	-
	Программно-аппаратный комплекс с поддержкой протоколов HART, USB-UART, USB-RS485, IrDA InfraRed USB Adaptor, FOUNDATION Fieldbus, позволяющих осуществлять настройку ППТ и визуализировать измеренные значения Тизм.	-
<p>Примечания:</p> <p>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.</p> <p>2. Допускается применение аналогичных средств поверки, разрешенных к применению в Российской Федерации (внесенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений) и обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.</p>		

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования безопасности, которые предусматривают «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭЭП);
- требования безопасности, которые предусматривают «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» (ПОТЭУ);
- указания по технике безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации средства измерений;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки.

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 Внешний осмотр ППТ проводить по методике п. 2.3.2.4 РЭ.

6.2 ППТ с загрязнённой поверхностью защитного корпуса к поверке не допускать.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Контроль условий поверки

7.1.1 В помещении, где будет проходить поверка средства измерений, необходимо провести контроль условий окружающей среды – определить температуру и влажность окружающей среды, а также атмосферное давление.

7.1.2 Результаты контроля окружающей среды занести в журнал наблюдений.

7.2 Эталоны и вспомогательное оборудование подготовить к работе в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

7.3 Подготовка к поверке средства измерений.

7.3.1 Места заделки соединительного кабеля в защитный корпус погружаемых ППТ и поверхностных ППТ с соединительными кабелями (далее по тексту – ППТСК и ППТП соответственно) с внешней оболочкой из металлорукава, фторопластовой трубки, металлорукава и фторопластовой трубки или металлической оплетки не допускается погружать в термостатирующую среду жидкостных термостатов для предотвращения выхода таких ППТСК и ППТП из строя.

7.3.2 Перед помещением указанных выше ППТСК с длиной монтажной части менее 60 мм или ППТП в жидкостной термостат защитные корпуса таких ППТСК и ППТП необходимо установить в пробирку из кварцевого стекла или в тонкостенную металлическую трубку с запаянным или заваренным дном.

7.4 Опробование

7.4.1 Опробование ППТ проводить по методикам, приведённым в п.п. 2.3.2.7-2.3.2.15, 2.3.2.15.а, 2.3.2.15.6 РЭ.

8 Определение метрологических характеристик средства измерений

8.1 Проверку электрического сопротивления изоляции измерительной цепи ППТ относительно корпуса проводить по методике, приведённой в п. 2.3.2.6 РЭ.

8.2 Проверка допускаемой основной погрешности

8.2.1 Проверку допускаемой основной погрешности проводить в диапазоне измерений температуры, установленном в представленном на поверку ППТ.

8.2.2 Подготовка к проверке

Проверку допускаемой основной погрешности проводить:

- для ППТ, кроме ППТСп, с интервалом измерений не более 300 °С в 3-х температурных точках T1, T2, T3:

- T1 = Tнач.⁺¹⁰, °С (в начале установленного в ППТ диапазона измерений температуры);

- T2 = ((Tнач. + (Tкон.-Tнач.)/2) ± 10), °С (в середине установленного в ППТ диапазона измерений температуры);

- T3 = Tкон.-10, °С (в конце установленного в ППТ диапазона измерений температуры);

- для ППТ с интервалом измерений свыше 300 °С в 4-х температурных точках T1, T2, T3, T4:

- T1 = Tнач.⁺¹⁰, °С (в начале установленного в ППТ диапазона измерений температуры);

- T2 = ((Tнач. + (Tкон.-Tнач.)/3) ± 10), °С (в температурной точке, отстоящей на 1/3 интервала измерений от Tнач.);

- T3 = ((Tкон. - (Tкон.-Tнач.)/3) ± 10), °С (в температурной точке, отстоящей на 1/3 интервала измерений от Tкон.);

- T4 = Tкон.-10, °С (в конце установленного в ППТ диапазона измерений температуры),

- для ППТСп – в одной температурной точке (20 ± 5) °С,

в следующей последовательности.

Собрать схемы подключения, приведенные в п.п. 2.3.2.7, 2.3.2.8, 2.3.2.12, 2.3.2.15 РЭ:

- для ППТ/МП – в соответствии с рисунками 2.12, 2.13 РЭ;

- для ППТ/ХТ – в соответствии с рисунками 2.14, 2.15 РЭ.

Примечания:

1 При определении выходного токового сигнала методом измерения падения напряжения $U_{Rн}$ на сопротивлении нагрузки $Rн$. с помощью вольтметра V в качестве сопротивления нагрузки $Rн$. использовать катушку сопротивления типа Р331 с номинальным сопротивлением 100 Ом.

При использовании в качестве вольтметра V многоканального прецизионного измерителя/регулятора температуры МИТ 8.10 в качестве сопротивления нагрузки R_n использовать катушку сопротивления типа P321 с номинальным сопротивлением 10 Ом.

2 При измерении цифрового сигнала ППТ/ХТ суммарное сопротивление $R_n + R_b$ на рисунке 2.14 РЭ должно быть 250^{+5} Ом.

3 При измерении цифрового сигнала ППТ/ХТ-PR, ППТ/ХТ-Y, ППТ/ХТ-Э1, ППТ/ХТ-М сопротивления R_n , R_b подключить к минусовому выходу источника питания G1;

- для ППТ/МБ – в соответствии с рисунком 2.20 РЭ;

- для ППТ/ФБ, ППТ/ПБ-PR – в соответствии с рисунками 2.23, 2.24 РЭ.

Подготовить программно-аппаратный комплекс, позволяющий визуализировать измеренную ППТ/БП температуру, к работе.

Вывести ППТ/БП из режима «Глубокий сон», если ППТ/БП был переведен в указанный режим ранее. Для этого необходимо извлечь блок батарей из его отсека, подождать не менее 30 с и вновь установить блок батарей в отсек.

Убедиться, что ППТ/БП находится в состоянии соединения с аппаратно-программным комплексом.

Перед подключением ППТ/ИНД, за исключением ППТ/БП/ИНД, провести демонтаж ЦД из головки, после подключения ППТ/ИНД перед проведением проверки ЦД установить в головку.

Включить кабель питания источника питания G1 в сеть напряжением 220 В частотой 50 Гц и установить на выходе источника питания напряжение $(24 \pm 0,5)$ В.

Включить источник питания G1.

Примечание – Для схем подключения в соответствии с рисунками 2.13 (для ППТ/МП), 2.15 (для ППТ/ХТ), 2.24 (для ППТ/ФБ, ППТ/ПБ-PR) РЭ источник питания не использовать.

При определении выходного токового сигнала ППТ либо измерить падение напряжения U_{Rn} на сопротивлении нагрузки R_n с помощью вольтметра V и рассчитать выходной токовый сигнал $I_{вых}$ по формуле (1.1)

$$I_{вых} = U_{Rn} / R_n. \quad (1.1),$$

либо считать показания с экрана калибратора токовой петли.

У ППТ/ИНД значение температуры $T_{инд}$ считать с экрана ЦД.

У ППТ/ХТ значение температуры $T_{изм}$ считать с экрана монитора ПК в текстовых строках:

- «Measured value» окна «Display measured value» в соответствии с рисунком 2.16 РЭ для ППТ/ХТ-W;

- «PV» окна «Device setup» в соответствии с рисунком 2.17 РЭ для ППТ/ХТ-Y;

- «Input» или «Sensor1» поля «Device values» окна «Monitoring» в соответствии с рисунком 2.18 РЭ для ППТ/ХТ-PR и ППТ/ХТ-PR1 соответственно;

- «Основная переменная» окна «Монитор» главного окна программы «HARTConfig» в соответствии с рисунком 2.19 РЭ для ППТ/ХТ-Э1;

- «PV» окна онлайн-параметрирования в соответствии с рисунком 2.22 РЭ для ППТ/ХТ-E;

- «PV» панели «Monitor» окна «Device Scan» в соответствии с рисунком 2.27 РЭ для ППТ/ХТ-М;

- «PV» панели «Первичная переменная» окна «Процесс» программы «HARTmanager» в соответствии с рисунком 2.28 настоящего РЭ для ППТ/ХТ-Э2.

У ППТ/МБ значение температуры $T_{изм}$ считать с экрана монитора ПК в поле «Вход» закладки «Измерения» окна программы «Термоприбор-2М» в соответствии с рисунком 2.21 РЭ.

У ППТ/ФБ значение температуры $T_{изм}$ считать с экрана монитора ПК в окне «Параметрирование Online»:

- в строке «Primary value 1» в соответствии с рисунком 2.25 РЭ для ППТ/ФБ-E,

- в строке «Value» в соответствии с рисунком 2.26 РЭ для ППТ/ФБ-PR, ППТ/ПБ-PR.

Переход к упомянутым выше окнам программ для ППТ осуществить в соответствии с последовательностью операций, указанных в приложениях Д – Н, Ф, Х РЭ.

У ППТ/БП значение температуры Тизм. считать с экрана устройства визуализации выходного сигнала аппаратно-программного комплекса.

8.2.3 Проведение проверки

ППТ поместить в термостат, калибратор температуры или нагревательную печь (далее по тексту – средства задания температуры), в которых установить температуру Т1.

Примечание – Для погружаемых ППТ с длинами монтажной части менее 370 мм проверку основной допускаемой погрешности в температурных точках, расположенных в области измерений температуры в диапазоне температур свыше -196 до -70 °С, допускается проводить при температуре от -80 до -70 °С.

Фактическую температуру Тф. в используемом средстве задания температуры измерить платиновым эталонным термометром или преобразователем термоэлектрическим эталонным.

После выхода средства задания температуры на заданный температурный режим и достижения стабильного состояния поверяемого ППТ и эталонного средства измерений температуры провести измерения фактической температуры Т1ф. в средстве задания температуры, напряжения $U_{RnT1ф.}$ на сопротивлении нагрузки Rн. или с помощью калибратора токовой петли выходного токового сигнала $I_{вых.изм.Т1ф.}$, индицируемой температуры Т1инд., измеряемой температуры Т1изм.

По формуле (1.1) рассчитать выходной токовый сигнал $I_{вых.изм.Т1ф.}$ по измеренному напряжению $U_{RnT1ф.}$ на сопротивлении нагрузки Rн.

По формуле (1.2) определить расчётное значение выходного токового сигнала $I_{вых.расч.Т1ф.}$ при фактической температуре Т1ф.:

$$I_{вых.расч.Т1ф.} = 4 + 16 \cdot (Т1ф. - Тнач.) / (Ткон. - Тнач.), \text{ мА} \quad (1.2).$$

ППТ поместить в соответствующие средства задания температуры, в которых последовательно установить температуру Т2, Т3 и Т4. Тип средства задания температуры выбрать из таблицы 4.1.

Повторить операции измерения фактической температуры Т2ф., Т3ф., Т4ф., напряжения U_{RnT2} , U_{RnT3} , U_{RnT4} или выходного токового сигнала $I_{вых.Т2ф.}$, $I_{вых.Т3ф.}$, $I_{вых.Т4ф.}$, индицируемой температуры Т2инд., Т3инд., Т4инд., измеряемой температуры Т2изм., Т3изм., Т4изм. в температурных точках Т2, Т3 и Т4.

Рассчитать значения выходного токового сигнала $I_{вых.расч.Т2ф.}$, $I_{вых.расч.Т3ф.}$, $I_{вых.расч.Т4ф.}$ при фактической температуре Т2ф., Т3ф., Т4ф. по формуле (1.2).

9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определить в каждой задаваемой температурной точке T_i ($i = 1, 2, 3, 4$) основную приведенную погрешность:

- по выходному токовому сигналу σ_{0i} , %, по формуле (1.3):

$$\sigma_{0i} = (I_{вых.изм.Тiф.} - I_{вых.расч.Тiф.}) \cdot 100\% / 16 \quad (1.3),$$

- индикации $\sigma_{0iинд.}$, %, по формуле (1.4):

$$\sigma_{0iинд.} = (Тiинд. - Тiф.) \cdot 100\% / (Ткон. - Тнач.) \quad (1.4),$$

- по выходному цифровому сигналу σ_{0it} , %, по формуле (1.5):

$$\sigma_{0it} = (Тiизм. - Тiф.) \cdot 100\% / (Ткон. - Тнач.) \quad (1.5)$$

или основную абсолютную погрешность:

- по выходному цифровому сигналу Δ_{0it} , °С, по формуле (1.6):

$$\Delta_{0\text{г}} = (T_{\text{изм.}} - T_{\text{ф.}}) \quad (1.6),$$

- индикации $\Delta_{0\text{инд.}}$, °С, по формуле (1.7):

$$\Delta_{0\text{гинд.}} = (T_{\text{инд.}} - T_{\text{ф.}}) \quad (1.7).$$

Примечание – При определении допускаемой основной погрешности ППТ выбрать максимальное значение между минимальным пределом основной абсолютной погрешности $\Delta_{0\text{мин.}}$, °С, и рассчитанными значениями (в °С) определенных по формулам (1.3) – (1.5) значений основной приведенной погрешности σ_0 от установленного в ППТ интервала диапазона измерений температуры (см. таблицы 1.5, 1.6, 1.7 – 1.7б РЭ).

9.2 Результаты поверки считаются положительными, если основная погрешность ППТ в каждой проверяемой температурной точке не превышает значений допускаемой основной погрешности, указанной в паспортах или на этикетках поверяемых ППТ.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Сведения о результатах поверки ППТ в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.2 ППТ, 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.

Начальник отдела 207
ФГБУ «ВНИИМС»

А.А. Игнатов