

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ» (ФГУП «ВНИИМС»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



Н.В. Иванникова

«15» 03 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
**Термопреобразователи сопротивления платиновые
iTHERM ModuLine**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 207-013-2021

г. Москва
2021 г.

Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Термопреобразователи сопротивления платиновые iTHERM ModuLine (далее по тексту – термопреобразователи или ТС) производства фирмы «Endress+Hauser Sicestherm S.r.L.», Италия.

ТС предназначены для измерений температуры жидких, газообразных и сыпучих сред химически неагрессивных к материалу измерительной вставки или защитной арматуры ТС.

Настоящая методика устанавливает процедуру первичной и периодической поверки ТС.

Поверяемые средства измерений должны иметь прослеживаемость к ГЭТ 35-2021 «Государственный первичный эталон единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К», ГЭТ 34-2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С» в соответствии с ГОСТ 8.558-2009.

Метрологические характеристики ТС приведены в Приложении А настоящей методики.

1. Перечень операций поверки

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	6	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	Да	Да
Определение метрологических характеристик	8	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9	Да	Да

1.2 Допускается проводить поверку в диапазоне измерений, согласованным с пользователем, но лежащим внутри полного диапазона измерений ТС. При этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

При использовании ТС в комплекте с измерительным преобразователем (ИП) серии iTEMP ТМТ диапазон измерений температуры ТС соответствует диапазону измерений, настроенному на ИП. Допускается поверять сенсор и ИП отдельно друг от друга, в соответствии с п. 8.1 МП 207-013-2021 и утвержденной действующей методикой поверки на измерительный преобразователь. При этом результаты поверки подтверждаются отдельными сведениями о результатах поверки ТС и ИП в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

2. Метрологические и технические требования к средствам поверки

2.1 При проведении поверки применяют эталоны, средства измерений, испытательное и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Измерители сопротивления изоляции	Диапазон измерений сопротивления изоляции от 2 Мом. Номинальное рабочее напряжение 100 В.	Измеритель сопротивления изоляции АРРА 607 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 56407-14) и др.
Определение метрологических характеристик	Термометры сопротивления (платиновые), электронные (цифровые) термометры эталонные	Эталоны 3 разряда и (или) выше по ГПС в соответствии с ГОСТ 8.558-2009	Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 19916-10) и др.
	Измерители электрического сопротивления	Эталоны 3 разряда и (или) выше по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 мод. МИТ 8.15 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 19736-11) и др.
	Термостаты (криостаты)	Нестабильность поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Термостат переливной прецизионный ТПП-1 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 33744-07), термостат жидкостной «ТЕРМОТЕСТ-300» (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 25190-03), Термостат с флюидизированной средой FB-08 (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 44370-10) и др.
	Калибраторы температуры сухоблочные (жидкостные)	Нестабильность поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой	Калибраторы температуры JOFRA серий АТС-R и RTC-R (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 46576-11) и др.

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
		погрешности поверяемого СИ	
	Сосуд Дьюара с азотом	Нестабильность поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	-
	Измерители силы постоянного тока	Эталоны 2 разряда и (или) выше по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 01.10.2018г. № 2091	Калибратор многофункциональный и коммуникатор ВЕАМЕХ МС6 (-R) (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 52489-13), мультиметр 3458А (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 25900-03) и др.
	Программно-аппаратный комплекс	Поддержка протоколов HART, Profibus PA или FOUNDATION Fieldbus, Bluetooth®, позволяющие визуализировать измеренные значения выходного сигнала ТС и ИП	-

Примечания:

1. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений или действующий сертификат о калибровке. Испытательное оборудование должно быть аттестовано.

2. Допускается применение аналогичных средств поверки, разрешенных к применению в Российской Федерации, и обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

3.1 Поверка СИ должна выполняться аккредитованными в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, ознакомленные с руководством по эксплуатации и освоившими работу с СИ.

4 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные в следующих документах:

- ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;
- «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ)» (Приказ от 24 июля 2013 года № 328н);
- требования разделов «Указания мер безопасности» эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

5. Требования к условиям проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.);
- частота питающей сети – ($50\pm 0,5$) Гц.

5.2 Средства поверки, оборудование готовят к работе в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

5.3 При работе термостатов включают местную вытяжную вентиляцию.

5.4 Поверяемый ТС и используемые средства поверки должны быть защищены от вибраций, тряски, ударов, влияющих на их работу.

5.5 Операции, проводимые со средствами поверки, с поверяемым ТС должны соответствовать указаниям, приведенным в эксплуатационной документации.

6 Внешний осмотр, проверка комплектности и маркировки

6.1 При внешнем осмотре устанавливают:

- соответствие внешнего вида, комплектности СИ технической и эксплуатационной документации;
- наличие и четкость маркировки;
- отсутствие механических повреждений и дефектов покрытия, ухудшающих внешний вид и препятствующих применению;
- отсутствие обрывов и нарушения изоляции проводов;
- прочность соединения проводов, отсутствие следов коррозии.

6.2 Результат проверки положительный, если выполняются все вышперечисленные требования.

Не допускается к дальнейшей поверке СИ, у которого обнаружено хотя бы один недостаток (несоответствие).

Примечание – при оперативном устранении пользователем датчика недостатков, замеченных при внешнем осмотре, поверка продолжается по следующим операциям.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Подготовка к поверке средства измерений:

7.1.1. Извлечь (при возможности) измерительную вставку из защитной арматуры ТС.

7.2 Опробование средства измерений

7.2.1 Опробование проводят, путем проверки электрического сопротивления изоляции ТС.

Для проверки используют мегаомметр с номинальным рабочим напряжением 100 В.

7.2.2 Подключают один из зажимов мегомметра к закороченным между собой выходным контактам измерительной вставки ТС, а другой – к краю измерительной вставки или металлической защитной арматуре.

7.2.3 Запускают процесс измерения электрического сопротивления изоляции ТС.

7.2.4. Результат проверки считается положительным, если полученное значение электрического сопротивления изоляции не менее 100 МОм.

8 Определение метрологических характеристик

Определение метрологических характеристик проводят в соответствии с п. 8.1 (для термопреобразователей без ИП) или п. 8.2 (для термопреобразователей с ИП).

8.1 Проверка отклонения от НСХ (для термопреобразователей без ИП)

8.1.1 Проверку отклонения сопротивления ТС от НСХ выполняют для одной температурной точки, расположенной в диапазоне от минус 5 °С до плюс 30 °С (предпочтительная температура 0 °С) и для одной дополнительной температурной точке, отстоящей от первой не менее чем на 90 °С, либо при температуре, соответствующей верхнему пределу диапазона измерений (если этот предел ниже плюс 100 °С), методом сравнения с эталонным термометром в криостате, термостате или калибраторе температуры.

8.1.2 При проверке ТС в криостате (термостате) погружают на одну глубину в криостат (термостат) поверяемый ТС вместе с эталонным термометром, используя при этом металлические выравнивающие блоки.

8.1.3 При проверке ТС в калибраторе температуры опускают эталонный термометр и ТС до упора в дно блока. При испытаниях в сухоблочных калибраторах используют двухканальные металлические блоки.

8.1.4 В соответствии с эксплуатационной документацией устанавливают на криостате, термостате или калибраторе требуемую температурную точку.

8.1.5 После установления заданной температуры и установления теплового равновесия между эталонным термометром, ТС и термостатирующей средой (стабилизация показаний эталонного термометра и ТС) снимают измеренное значение температуры эталонного термометра, индицируемое на дисплее измерительного прибора, а значение сопротивления в температурном эквиваленте, измеренное поверяемым ТС индицируемое на дисплее измерительного прибора.

8.1.6 Операции по 8.1.4, 8.1.5 повторить для остальных температурных точек.

8.1.7 Проводят подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в соответствии с п. 9.

8.2 Определение основной погрешности (для термопреобразователей с ИП)

8.2.1 Основную погрешность ТС находят в пяти температурных точках, равномерно расположенных в диапазоне измерений, включая начальное и конечное значение диапазона измерений, методом сравнения с эталонным термометром в криостате, в термостате, в сухоблочном (или жидкостном) калибраторе температуры, при этом необходимо не допускать перегрева соединительной головки ТС.

8.2.2 При проверке ТС в криостате (термостате) погружают на одну глубину в криостат (термостат) поверяемый ТС вместе с эталонным термометром, используя при этом металлические выравнивающие блоки.

8.2.3 При проверке ТС в калибраторе температуры опускают эталонный термометр и ТС до упора в дно блока. При проверке в сухоблочных калибраторах используют двухканальные металлические блоки.

8.2.4 В соответствии с эксплуатационной документацией устанавливают на криостате, термостате или калибраторе требуемую температурную точку.

8.2.5 После установления заданной температуры и установления теплового равновесия между эталонным термометром, ТС и термостатирующей средой (стабилизация показаний эталонного термометра и ТС) снимают измеренное значение температуры эталонного термометра, индицируемое на дисплее измерительного прибора, а также цифровой выходной сигнал ТС в температурном эквиваленте индицируемый на дисплее коммуникатора (или на встроенном индикаторе ТС) и (или) аналоговый выходной сигнал поверяемого ТС при помощи прецизионного измерителя постоянного тока.

8.2.6 Операции по 8.2.4, 8.2.5 повторить для остальных температурных точек, находящихся в интервале измеряемых температур поверяемого ТС.

8.2.7 Проводят подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в соответствии с п. 9.

9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Для термопреобразователей без ИП

9.1.1 Отклонение от НСХ вычисляют по формуле 1:

$$\Delta = t_{ТС} - t_{ЭТ} \quad (1)$$

Где $t_{ТС}$ – значение сопротивления в температурном эквиваленте, измеренное поверяемым ТС, °С;

$t_{ЭТ}$ – значение температуры, измеренное эталоном, °С

9.2 Для термопреобразователей с ИП

9.2.1 Основную абсолютную погрешность ТС вычисляют по формулам 2 и 3:

- для цифрового выходного сигнала ($\Delta_{Ц}$, °С):

$$\Delta_{Ц} = T_{ЦСИ} - T_{Э} \quad (2)$$

где: $T_{Э}$ – значение температуры, измеренное эталоном, °С;

$T_{ЦСИ}$ – значение цифрового выходного сигнала в температурном эквиваленте, °С.

- для аналогового выходного сигнала (Δ_A , °С):

$$\Delta_A = T_{АСИ} - T_{Э} \quad (3)$$

где: $T_{Э}$ – значение температуры, измеренное эталоном, °С;

$T_{АСИ}$ – значение аналогового выходного сигнала в температурном эквиваленте, рассчитанное по формуле 4, °С.

9.2.2 Значение аналогового выходного сигнала в температурном эквиваленте ($T_{АСИ}$, °С), рассчитывают по формуле 4:

$$T_{АСИ} = T_{\min} + \frac{I_{изм} - I_{вых\min}}{I_{вых\max} - I_{вых\min}} \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \quad (4)$$

где: T_{\max} , T_{\min} – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона измерений ИП ТС, °С;

$I_{вых\max}$, $I_{вых\min}$ – соответственно верхний и нижний пределы настроенного диапазона выходных сигналов ИП ТС, мА;

$I_{изм}$ – среднее арифметическое значение измеренного выходного сигнала ИП ТС, мА.

Примечания:

Если ТС работает только с цифровым выходным сигналом, при поверке допускается определять основную абсолютную погрешность только для цифрового выходного сигнала. Полученная погрешность сравнивается с допускаемой основной погрешностью ТС с использованием цифрового выходного сигнала ИП, при этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о проведении проверки ТС с использованием цифрового выходного сигнала ИП.

Если ТС работает только с аналоговым выходным сигналом, при поверке допускается определять основную абсолютную погрешность только для аналогового выходного сигнала. Полученная погрешность сравнивается с допускаемой основной погрешностью ТС с использованием аналогового выходного сигнала ИП, при этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о проведении проверки ТС с использованием аналогового выходного сигнала ИП.

9.3 Результат поверки считается положительным, а средство измерений соответствующим метрологическим требованиям, если полученные значения метрологических характеристик не превышают нормированных значений, указанных в Приложении А настоящей методики.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Средства измерений, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению.

Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке или вносится запись о проведенной поверке в паспорт средства измерений, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

10.2 При отрицательных результатах поверки в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ на средство измерений оформляется извещение о непригодности к применению.

10.3 В случае, если причиной непригодности ТС с индивидуальной статической характеристикой преобразования (ИСХ) является превышение предельно допускаемой основной абсолютной погрешности, то по согласованию с Заказчиком проводят переградуировку ТС.

При переградуировке ТС проводят следующие операции:

1) При возможности извлекают измерительную вставку. Для этого необходимо отключить провода сенсорной части от клемм преобразователя и извлечь термовставку из корпуса ТС.

2) Осуществляют калибровку ТС на требуемом диапазоне температур и вычисляют коэффициенты Каллендара - ван Дюзена в соответствии с Приложением А ГОСТ 8.461-2009 «ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Методика поверки».

3) Далее вносят коэффициенты Каллендара - ван Дюзена программным образом в ИП (например, с помощью HART-коммуникатора или HART-модема) в соответствии с руководством по эксплуатации на ИП.

4) Подключают измерительную вставку к ИП (вновь собрать ТС) и осуществляют повторную поверку ТС по п. 8.2.


Разработчики настоящей методики:

Научный сотрудник отдела 207
метрологического обеспечения термометрии
ФГУП «ВНИИМС»



Л.Д. Маркин

Начальник отдела 207
метрологического обеспечения термометрии
ФГУП «ВНИИМС»



А.А. Игнатов

Таблица А1 - Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
<p>Диапазон измерений температуры ТС в зависимости от модели и типа ЧЭ ⁽¹⁾⁽²⁾, °С:</p> <ul style="list-style-type: none"> - для моделей ТМ101, ТМ121: <ul style="list-style-type: none"> - с ЧЭ типа «TF», классов А, В - для моделей ТМ111, ТМ131: <ul style="list-style-type: none"> - с ЧЭ типа «TF», класс АА - с ЧЭ типа «TF», класс А - с ЧЭ типа «TF», класс В - с ЧЭ типа «StrongSens», класс АА - с ЧЭ типа «StrongSens», класс А - с ЧЭ типа «StrongSens», класс В - с ЧЭ типа «QuickSens», класс АА - с ЧЭ типа «QuickSens», класс А - с ЧЭ типа «QuickSens», класс В - с ЧЭ типа «WW», класс АА - с ЧЭ типа «WW», класс А - с ЧЭ типа «WW», класс В - для моделей ТС с ИСХ 	<p>от -50 до +200 °С</p> <p>от 0 до +100 °С</p> <p>от -50 до +250 °С</p> <p>от -50 до +400 °С</p> <p>от 0 до +200 °С</p> <p>от -30 до +300 °С</p> <p>от -50 до +500 °С</p> <p>от 0 до +150 °С</p> <p>от -50 до +200 °С</p> <p>от -50 до +200 °С</p> <p>от -50 до +250 °С</p> <p>от -196 до +600 °С</p> <p>от -196 до +600 °С</p> <p>от -60 до +200 °С</p>
Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования (НСХ) по ГОСТ 6651-2009 / МЭК 60751	Pt100
Класс допуска ТС по ГОСТ 6651-2009 / МЭК 60751	А, В (для моделей ТМ101, ТМ121); АА, А, В (для моделей ТМ111, ТМ131)
<p>Пределы допускаемого отклонения сопротивления ТС от НСХ в температурном эквиваленте (пределы допускаемой погрешности ТС без ИП) в зависимости от класса допуска ЧЭ по ГОСТ 6651-2009 / МЭК 60751 ⁽³⁾, °С:</p> <ul style="list-style-type: none"> - для класса АА - для класса А - для класса В 	<p>$\pm(0,1+0,0017 \cdot t)$, где t – значение измеряемой температуры, °С</p> <p>$\pm(0,15+0,002 \cdot t)$</p> <p>$\pm(0,3+0,005 \cdot t)$</p>
Пределы допускаемого отклонения сопротивления ТС от ИСХ в температурном эквиваленте (без ИП) ⁽³⁾ , °С	$\pm 0,05^{(4)}$ или $\pm 0,1$
<p>Примечания:</p> <p>(1) - При использовании ТС в комплекте с ИП серии iTEMP ТМТ диапазон измерений температуры ТС соответствует диапазону измерений, настроенному на ИП;</p> <p>(2) - Допускается использование ТС в диапазонах измерений температуры, согласованных с пользователем, но лежащих внутри полного диапазона измерений ТС;</p> <p>(3) - Пределы допускаемой погрешности ТС в комплекте с ИП (Δ, °С) вычисляются по формуле $\Delta = \pm\sqrt{(\Delta_{ТС})^2 + (\Delta_{ИП})^2}$, где:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\Delta_{ТС}$ - предел допускаемого отклонения сопротивления ТС от НСХ (ИСХ) в температурном эквиваленте, °С; - $\Delta_{ИП}$ - предел допускаемой основной погрешности ИП серии iTEMP ТМТ в температурном эквиваленте, приведенный в описании типа для Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, °С; 	

Наименование характеристики	Значение
	<p>Пределы допускаемой погрешности ТС в комплекте с ИП (Δ, °С) с учётом дополнительной погрешности от изменения температуры окружающей среды от нормальных условий вычисляются по формуле $\Delta = \pm\sqrt{(\Delta_{ТС})^2 + (\Delta_{ИП})^2 + (\Delta_{ИПДОП})^2}$, где:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\Delta_{ТС}$ - предел допускаемого отклонения сопротивления ТС от НСХ (ИСХ) в температурном эквиваленте, °С; - $\Delta_{ИП}$ - предел допускаемой основной погрешности ИП серии iTEMP ТМТ в температурном эквиваленте, приведенный в описании типа для Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, °С; - $\Delta_{ИПДОП}$ - предел допускаемой дополнительной погрешности ИП серии iTEMP ТМТ в температурном эквиваленте (в зависимости от температуры окружающей среды), приведенный в описании типа для Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений <p>⁽⁴⁾ - При использовании чувствительного элемента Pt100 с 4х-проводной схемой подключения.</p>