

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



_____ А.Е. Коломин

« 28 » 10 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Термопреобразователи сопротивления
iTHERM CompactLine**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 207-053-2021

1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Термопреобразователи сопротивления iTHERM CompactLine (далее по тексту – термопреобразователи или ТС) производства фирмы «Endress+Hauser Sicestherm S.r.L.», Италия и фирмой Endress+Hauser Wetzler GmbH+Co.KG, Германия.

ТС для измерений температуры жидких и газообразных сред, химически неагрессивных к материалу защитной оболочки измерительной части 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.

2. Перечень операций поверки

2.1 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, проверка комплектности и маркировки	7	Да	Да
Подготовка к поверке, опробование и проверка встроенной части программного обеспечения (ПО) средства измерений	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик	9	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да

2.2 Не допускается проводить поверку в сокращенном диапазоне измерений.

3. Метрологические и технические требования к средствам поверки

3.1 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) переливного типа	Нестабильность поддержания заданного значения температуры в полезном объеме не более 1/5 от предельно допустимой погрешности поверяемого СИ	Термостаты жидкостные ТЕРМОТЕСТ (Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 39300-08) и др.
	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 BEAMEX MC6 (-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 цифрового сигнала промышленной коммуникационной сети IO-link , позволяющая визуализировать измеренные значения	-

Операция поверки	Средство поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемые типы средств поверки
		выходного цифрового сигнала ТС	
Контроль условий проведения поверки	Приборы для измерений температуры и относительной влажности окружающего воздуха; измерители давления	Измерение температуры окружающего воздуха в диапазоне от плюс 22 до плюс 25 °С ($\Delta = \pm 0,5$ °С (не более)), относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % ($\Delta = \pm 3$ % (не более)) Измерение атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа ($\Delta = \pm 5$ гПа (не более))	Приборы комбинированные Testo 608-H1, Testo 608-H2, Testo 610, Testo 622, Testo 623 (Регистрационный № 53505-13) и др. Измерители давления Testo 510, Testo 511 (Регистрационный № 53431-13) и др.
Примечания: 1. Все средства измерений и эталоны, применяемые при поверке, должны иметь соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений или об аттестации (при необходимости) в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, или действующий сертификат о калибровке. Испытательное оборудование должно быть аттестовано. 2. Допускается применение других эталонов и средств поверки, разрешенных к применению в Российской Федерации, и обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.			

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 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.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 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.

6. Требования к условиям проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +22 до +25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха - не более 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.);

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

6.3 При работе термостатов включают местную вытяжную вентиляцию.

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

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

7. Внешний осмотр, проверка комплектности и маркировки

7.1 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.

7.2 Результат проверки положительный, если выполняются все вышеперечисленные 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.

8. Подготовка к поверке, опробование и проверка встроенной части программного обеспечения (ПО) средства измерений

8.1 Подготовка к поверке средства измерений:

ТС перед проведением поверки должен предварительно выдерживаться в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха от +22 до +25 °C не менее 30 минут.

8.2 Опробование средства измерений

8.2.1 Опробование проводят, путем проверки электрического сопротивления изоляции ТС.

Для проверки используют мегаомметр с номинальным рабочим напряжением 100 В.

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

8.2.3 Запускают процесс измерения электрического сопротивления изоляции ТС.

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

8.3 Проверка встроенной части программного обеспечения (ПО) средства измерений.

8.3.1 Проверить номер версии встроенной части ПО, указанный на корпусе ТС при помощи наклейки и (или) гравировки.

8.3.2 Сравнить номер версии встроенной части ПО с данными указанными в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже ⁽¹⁾	01.00.zz
Цифровой идентификатор программного обеспечения	отсутствует
Примечание: ⁽¹⁾ z – служебный идентификационный номер, не влияющий на функциональность и метрологические характеристики ТС	

8.3.3 Результат проверки положительный, если номер версии встроенной части ПО, не ниже указанного в таблице 3. Если номер версии ПО ниже указанного в таблице 3, дальнейшую поверку не проводят.

9 Определение метрологических характеристик

9.1 Проверка отклонения от НСХ (для ТС без электронного модуля)

9.1.1 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 точки, 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 (непосредственного сличения) с эталонным термометром в жидкостных термостатах и криостатах.

9.1.2 При поверке ТС в криостате (термостате) погружают на одну глубину (по возможности) в криостат (термостат) поверяемый ТС вместе с эталонным термометром, используя при этом металлические выравнивающие блоки (при необходимости). При этом, эталонный термометр должен быть погружен на нормируемую глубину погружения.

9.1.3 В соответствии с эксплуатационной документацией устанавливают на криостате или термостате требуемую температурную точку.

9.1.4 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.

9.1.5 Проводят подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в соответствии с п. 10.1.

9.2 Определение основной погрешности (для ТС с электронным модулем)

9.2.1 Определение основной погрешности проводят в 5-ти контрольных температурных точках, равномерно расположенных в диапазоне измерений поверяемого ТС, включая нижний и верхний пределы диапазона измерений, методом сравнения (непосредственного сличения) с эталонным термометром в жидкостных термостатах и криостатах по методике, изложенной в п.8.1.

9.2.2 Проводят подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям в соответствии с п.п. 10.2-10.3.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 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

10.2 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 ($\Delta_{А}$, °С):

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

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

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

10.3 Значение аналогового выходного сигнала в температурном эквиваленте ($T_{АСИ}$, °C), 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, °C;

$I_{вых\max}$, $I_{вых\min}$ – 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, при этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о проведении поверки ТС с использованием цифрового выходного сигнала.

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, при этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений о проведении поверки ТС с использованием аналогового выходного сигнала.

10.4 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.

11 Оформление результатов поверки

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

Результаты поверки средств измерений передаются 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.

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

Разработчик 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
Диапазон измерений температуры ТС в зависимости от типа ЧЭ ⁽¹⁾ , °C: - с ЧЭ типа «TF» - с ЧЭ типа «iTHERM TipSens»	от -50 до +150 от -50 до +200
Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования (НСХ) по ГОСТ 6651-2009 (МЭК 60751)	Pt100
Класс допуска ЧЭ ТС по ГОСТ 6651-2009 (МЭК 60751)	A
Пределы допускаемого отклонения сопротивления ТС от НСХ (допуск) в температурном эквиваленте (для ТС без электронного модуля), °C:	$\pm(0,15+0,002 \cdot t)$, где t – значение измеряемой температуры, °C
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности аналого-цифрового преобразования ($\Delta_{АЦП}$), °C	$\pm(0,127+0,00074 \cdot (t - t_{\min}))^{(2)}$ или $\pm(0,215+0,00134 \cdot (t - t_{\min}))^{(3)}$, где: t – значение измеряемой температуры, °C, $t_{\min}$ – значение нижнего предела диапазона измерений (-50 °C), °C
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности цифро-аналогового преобразования ($\Delta_{ЦАП}$), % (от настроенного диапазона измерений)	$\pm 0,05$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности аналого-цифрового преобразования ($\Delta_{ДАЦП}$) при изменении температуры окружающей среды от нормальных условий (от +22 до +28 °C включ.) в диапазоне температуры окружающей среды от -40 до +85 °C включ., °C/ 1 °C	$\pm 0,008$ или $\pm 0,00004 \cdot (t - t_{\min})$, где: t – значение измеряемой температуры, °C, $t_{\min}$ – значение нижнего предела диапазона измерений (-50 °C), °C; берут большее значение
Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности цифро-аналогового преобразования ($\Delta_{ДЦАП}$) при изменении температуры окружающей среды от нормальных условий (от +22 до +28 °C включ.) в диапазоне от -40 до +85 °C, % (от настроенного диапазона измерений) / 1 °C	$\pm 0,003$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности аналого-цифрового преобразования ($\Delta_{ДАЦП}$) при изменении напряжения питания постоянного тока от нормальных условий (24 В ± 10 %), °C/ 1 В	$\pm 0,008$ или $\pm 0,00004 \cdot (t - t_{\min})$, где: t – значение измеряемой температуры, °C, $t_{\min}$ – значение нижнего предела диапазона измерений (-50 °C), °C; берут большее значение
Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности цифро-аналогового преобразования ($\Delta_{ДЦАП}$) при изменении напряжения питания от нормальных условий (24 В ± 10 %), % (от настроенного диапазона измерений) / 1 В	$\pm 0,003$
Примечания: (1) – приведены значения максимального диапазона измерений. По заказу, для ТС со встроенным электронным модулем возможно настроить диапазон измерений, отличный от приведенного в таблице, но находящийся в его пределах, но при этом, минимальное значение интервала для данного диапазона должно быть не менее 50 °C; (2) - для ТС с электронным модулем и с индивидуальным согласованием первичного преобразователя температуры с индивидуальной градуировкой функции Каллендара – ван Дюзена (КВД) и измерительного преобразователя (выбирается при заказе);	

Наименование характеристики	Значение
(3) - для ТС с электронным модулем (выбирается при заказе). Пределы допускаемой основной и дополнительной абсолютной погрешности ТС с цифровым выходом IO-link равны погрешности аналого-цифрового преобразования ($\Delta_{АЦП}$ и $\Delta_{ДАЦП}$ соотв.). Пределы допускаемой основной и дополнительной абсолютной погрешности ТС с аналоговым выходом в диапазоне от 4 до 20 мА вычисляются по формуле: $\Delta_{4+20} = \sqrt{\Delta_{(Д)АЦП}^2 + \Delta_{(Д)ЦАП}^2}$ При расчете суммарной погрешности измерений, учитывающей в т.ч. и влияние изменения температуры окружающей среды и изменения напряжения питания, используют формулу (1), но при этом, под квадратным корнем к основной погрешности прибавляют значение дополнительной погрешности в квадрате.	