

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

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



Н.В. Иванникова

« 02 » 08 2018 г.

Датчики температуры ТМТ142R, ТМТ142С, ТМТ162R, ТМТ162С

МП 63821-16

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

С изменением № 1

2018 г.

Настоящая методика распространяется на датчики температуры TMT142R, TMT142C, TMT162R, TMT162C (далее – датчики), изготовленные фирмой Endress+Hauser Sicestherm S.r.L., Италия, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками:

- 5 лет (для сборок с сенсорами Pt100 (классов А, В с диапазоном измерений температуры от минус 50 до плюс 300 °С); с сенсором К-типа (класса допуска 2 и диапазоном измерений температуры от минус 40 до плюс 600 °С));
- 2 года (для сборок с сенсорами Pt100 с ИСХ и для остальных сборок).

Основные метрологические характеристики датчиков приведены в Приложении А настоящей методики.

1 Операции поверки

1.1 При проведении поверки датчиков должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр (п.5.1);
- опробование, проверка версии встроенного программного обеспечения (ПО) (п.5.2);
- определение основной погрешности (п.5.3).

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства измерений и вспомогательное оборудование:

- термометр сопротивления платиновый эталонный 2-го разряда ПТС-10М (Регистрационный № 11804-99);
- термометр сопротивления ЭТС-100 эталонный 3 разряда в диапазоне температур от минус 196 до плюс 660 °С;
- эталонные 1, 2, 3-го разрядов ТП типа ППО в диапазоне температур от плюс 300 до плюс 1200 °С;
- термостаты жидкостные прецизионные переливного типа моделей ТПП-1.0, ТПП-1.2, ТПП-1.3 с диапазоном воспроизводимых температур от минус 75 до плюс 300 °С и нестабильностью поддержания заданной температуры $\pm(0,004 \dots 0,02)$ °С;
- калибраторы температуры JOFRA серий АТС-R и RTC-R с общим диапазоном воспроизводимых температур от минус 48 до плюс 700 °С и нестабильностью поддержания заданной температуры $\pm(0,005 \dots 0,02)$ °С;
- термостат с флюидизированной средой FB-08, рабочий диапазон температур от плюс 50 до плюс 700 °С;
- сосуд Дьюара с азотом;
- криостат КТ-4, диапазон воспроизводимых температур от минус 180 до 0 °С, нестабильность поддержания заданной температуры $\pm 0,01$ °С;
- горизонтальная трубчатая печь сопротивления типа МТП-2М с диапазоном температур от плюс 300 до плюс 1100 °С;
- многоканальный прецизионный измеритель температуры МИТ 8.10(М) с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности измерения напряжения $\pm(10^{-4} \cdot U + 1)$ мкВ, где U – измеряемое напряжение, мВ; сопротивления $\pm(10^{-5} \cdot R + 5 \cdot 10^{-4})$, где R – измеряемое сопротивление, Ом;
- калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R) (Регистрационный № 52489-13);
- коммуникатор модели 375 или иной программно-аппаратный комплекс с поддержкой протоколов HART, FOUNDATION Fieldbus и Profibus PA, позволяющий визуализировать измеренную датчиком температуру;
- измеритель сопротивления изоляции APPA607, диапазон измерения: от 2 МОм до 22 ГОм, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm(0,015 \cdot R + 5 \text{ е.м.р.})$ (в диапазоне от 2 до 2000 МОм), $\pm(0,1 \cdot R + 3 \text{ е.м.р.})$ (в диапазоне св. 2000 МОм до 22 ГОм);
- магазин сопротивлений типа P4831 с классом точности 0,02 (для нагрузки);

- источник питания постоянного тока.

2.2 Все средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2.3 Допускается применение других средств измерений с метрологическими характеристиками, удовлетворяющими следующему критерию: $\Delta_{\text{э}}/\Delta_{\text{п}} \leq 1/3$, где: $\Delta_{\text{э}}$ – погрешность эталонных СИ, $\Delta_{\text{п}}$ – погрешность поверяемого датчика.

3 Требования безопасности

При проведении поверки необходимо соблюдать:

– требования безопасности, которые предусматривают «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» ПОТ РМ-016-2001;

– указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства испытаний;

– указания по технике безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации измерителей.

К проведению поверки допускаются лица, аттестованные на право проведения поверки данного вида средств измерений, ознакомленные с руководством по эксплуатации измерителей и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха (25 ± 5) °С;

- относительная влажность от 30 до 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.

4.2 Электрическое питание печей, термостатов должно осуществляться стабилизированным напряжением, изменение напряжения не должно превышать 2%.

4.3 Все приборы, установки должны быть заземлены, сопротивление заземления – не более 0,1 Ом, сечение проводов заземления – не менее 0,75 мм².

4.4 Средства поверки, оборудование готовят в соответствии с руководствами по их эксплуатации.

4.5 При работе печей, термостатов включают местную вытяжную вентиляцию.

4.6 Поверяемые датчики и используемые средства поверки должны быть защищены от вибраций, тряски, ударов, влияющих на их работу.

4.7 Операции, проводимые со средствами поверки, с поверяемыми датчиками должны соответствовать указаниям, приведенным в эксплуатационной документации.

4.8 В рабочем пространстве горизонтальной трубчатой печи устанавливают выравнивающие никелевые блоки.

4.9 При установке датчиков в калибраторы температуры для обеспечения лучшего теплового контакта используют теплопередающие металлические вставки.

4.10 Для уменьшения погрешности при измерениях вследствие теплопередачи из зоны нагрева по защитной арматуре выступающую из калибратора часть датчика теплоизолируют.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают отсутствие механических повреждений, коррозии, нарушений покрытий, надписей и других дефектов, которые могут повлиять на работу датчиков и на качество поверки.

5.2 Опробование, проверка версии встроенного программного обеспечения (ПО) (Измененная редакция, Изм.№1)

5.2.1 Опробование

Подают напряжение питания на преобразователь датчика. После включения происходит самотестирование прибора с последовательным отображением этапов тестирования на встроенном ж/к дисплее (в случае его наличия). В случае индицирования каких-либо кодов ошибки поверку прекращают. После прохождения процедуры самотестирования датчик готов к работе и на его ж/к дисплее, в случае, если ИП датчика настроен на соответствующий диапазон измерений, должна отображаться комнатная температура.

В случае отсутствия встроенного ж/к дисплея проверяют наличие выходного сигнала, также соответствующего комнатной температуре.

5.2.2 Проверка версии программного обеспечения

Подключают ИП датчика к HART-коммуникатору или иному программно-аппаратному комплексу с поддержкой протоколов HART, FOUNDATION Fieldbus и Profibus PA, и после установления соединения находят в коммуникаторе раздел меню с информацией о ПО, в котором должна быть информация об идентификационном номере встроенного программного обеспечения (см. таблицу 1).

Таблица 1

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО	01.0y.zz ^(*)
Цифровой идентификатор программного обеспечения	отсутствует

Примечание:

(*) - y, z – числа от 0 до 9, характеризующие функциональность ИП (различные протоколы цифровой коммуникации, а также совместимость с сервисными программами) и служебный идентификационный номер.

Значащей частью в идентификационном номере являются все цифры. Если значащая часть идентификационного номера не совпадает, дальнейшую поверку не проводят.

5.3 Проверка электрического сопротивления изоляции

5.3.1 Для проверки используют мегаомметр с номинальным рабочим напряжением 100 В.

Подключают один из зажимов мегомметра к закороченным между собой выходным контактам датчика, а другой – к металлической защитной арматуре. По истечении 1 мин или через меньшее время, за которое показания средств измерения практически установятся, производят отсчет показаний, определяющих электрическое сопротивление изоляции.

Электрическое сопротивление изоляции должно быть не менее 100 МОм.

5.4 Определение основной погрешности датчиков (Измененная редакция, Изм.№1)

5.4.1 Основную погрешность датчиков находят в четырех температурных точках, равномерно расположенных в диапазоне измерений, включая начальное и конечное значение диапазона измерений, методом непосредственного сличения с эталонным термометром в криостате, в термостате, в сухоблочном (или жидкостном) калибраторе температуры или в печи.

При первичной и периодической поверке допускается проводить поверку в диапазоне измерений, согласованным с пользователем, но лежащим внутри полного диапазона измерений и не менее нормированного минимального интервала измерений. При этом делают соответствующую запись в паспорте и (или) в свидетельстве о поверке.

5.4.2 При поверке датчика в криостате (термостате) погружают на одну глубину в криостат (термостат) поверяемый датчик вместе с эталонным термометром, используя при этом металлические выравнивающие блоки.

5.4.3 При поверке датчика в сухоблочном калибраторе температуры используют двухканальные металлические блоки.

При поверке в калибраторах необходимо не допускать перегрева соединительной головки датчика.

5.4.3.1 При поверке датчика с термопреобразователем сопротивления в калибраторе опускают эталонный термометр и датчик до упора в дно блока, а при поверке датчика с термоэлектрическим преобразователем его опускают на глубину, соответствующую середине чувствительного элемента эталонного термометра сопротивления (примерно 20 мм от дна).

5.4.4 При поверке датчиков в печах помещают эталонный термоэлектрический преобразователь (ТП) в защитную пробирку из кварцевого стекла, при этом рабочий конец ТП должен касаться дна пробирки. Свободные концы ТП соединяют с медными соединительными проводами. Места соединения (скрутку) свободных концов ТП с медными соединительными проводами помещают в пробирки, заполненные трансформаторным маслом, которые погружают в сосуд Дьюара с льдо-водяной смесью. Температуру в сосуде Дьюара контролируют по термометру с пределом допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,05$ °С.

5.4.4.1 В рабочем пространстве (в зоне равномерного распределения температуры) печи устанавливают никелевый блок.

5.4.4.2 Помещают поверяемый датчик и эталонный термоэлектрический преобразователь в каналы никелевого блока.

5.4.5 В соответствии с эксплуатационной документацией устанавливают на криостате, термостате, в калибраторе или в печи температурную точку.

5.4.6 После установления заданной температуры и установления теплового равновесия между эталонным термометром, датчиком и термостатирующей средой (стабилизация показаний эталонного термометра и датчика) снимают не менее 10 показаний (в течение 10 минут) температуры эталонного термометра t_d , индицируемой на дисплее измерительного прибора, цифрового выходного сигнала ($t_{iц}$) с дисплея коммуникатора, ПК или со встроенного индикатора датчика температуры, аналогового сигнала ($I_{вых i}$) поверяемого датчика при помощи прецизионного измерителя постоянного тока.

Значение температуры, соответствующее измеренному аналоговому выходному сигналу $I_{вых i}$ рассчитывают по формуле:

$$t_{ia} = \frac{I_{вых i} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \times (t_{max} - t_{min}) + t_{min}, \quad (1)$$

где $I_{вых i}$ – значение выходного тока, соответствующее измеряемой температуре, мА;

I_{min} , I_{max} – нижний и верхний пределы диапазона измерений выходного тока, мА;

t_{min} , t_{max} – нижний и верхний пределы, соответственно, диапазона измерений, согласно заказу, °С.

5.4.7 Операции по 5.4.5, 5.4.6 повторить для остальных температурных точек, находящихся в интервале измеряемых температур поверяемого датчика.

5.4.8 Основную абсолютную погрешность датчика вычисляют по формулам:

- для цифрового выходного сигнала

$$\Delta_{0ц} = t_{iц} - t_d, \text{ °С} \quad (2)$$

- для аналогового выходного сигнала

$$\Delta_{0a} = t_{ia} - t_d, \text{ °С} \quad (3)$$

Для расчета основной погрешности используются усредненные значения измеренных выходных сигналов.

Примечание - Если датчик работает только с цифровым выходным сигналом, при поверке допускается определять основную абсолютную погрешность цифрового сигнала по формуле (2). При этом полученная погрешность сравнивается с допускаемой основной погрешностью цифрового сигнала датчика, а в свидетельстве о поверке и (или) в паспорте делается соответствующая запись о проведении проверки только погрешности цифрового сигнала.

Результаты измерений заносят в протокол произвольной формы.

5.4.9 Датчик считается выдержавшим испытание, если значение основной погрешности в каждой проверяемой точке не превышает значений, указанных в технической документации на датчики температуры.

5.4.10 В случае, если датчик с ЧЭ типа Pt100 с индивидуальной статической характеристикой преобразования (ИСХ) не удовлетворяет требованиям по предельно допускаемой основной абсолютной погрешности, то по согласованию с Заказчиком проводят переградуировку датчика.

При переградуировке датчика проводят следующие операции:

1) Извлекают измерительную вставку из датчика температуры. Для этого необходимо отключить провода сенсорной части от клемм преобразователя и выкрутить термовставку из резьбового соединения с корпусом датчика температуры.

2) Осуществляют калибровку измерительной вставки 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 необходимо скачать и установить последние версии библиотек DD или DTM на датчики температуры TMT142R или TMT162R в зависимости от типа используемого оборудования (например, HART-коммуникатор или HART-модем) и программного обеспечения, используя ссылки:

DTM: <https://portal.endress.com/webdownload/FieldCareDownloadGui/>

DD: <http://www.ru.endress.com/ru/download>

При этом необходимо осуществить поиск по типу датчика температуры, например, TMT142R.

4) Устанавливают соединение с датчиком температуры, войти в меню прибора.

5) Проверяют настройку преобразователя на тип входного сигнала:

- для TMT142R: Sensor -> Value Sensor -> Sensor type -> Callendar Van-Dusen

- для TMT162R: Sensor 1 -> Value Sensor 1 -> Sensor type S1 -> Callendar Van-Dusen

При использовании двойного чувствительного элемента Pt100 в датчике температуры TMT162R, необходимо проверить аналогичную настройку второго канала преобразователя: Sensor 2 -> Value Sensor 2 -> Sensor type S2 -> Callendar Van-Dusen

6) Вносят новые коэффициенты Каллендара - ван Дюзена в соответствующие разделы меню датчиков температуры, сохранить настройки:

- для TMT142R: Sensor -> Special linearization 1

- для TMT162R: Sensor 1 -> Special linearization 1

При использовании двойного чувствительного элемента Pt100 в датчике температуры TMT162R, необходимо ввести коэффициенты КВД для второго канала преобразователя:

Sensor 2 -> Special linearization 2.

7) Подключают измерительную вставку к электронике прибора (вновь собрать датчик температуры) и осуществляют повторную поверку датчика температуры по п.п.5.4.1-5.4.3, 5.4.5-5.4.9.

6 Оформление результатов поверки (Измененная редакция, Изм.№1)

6.1 Положительные результаты первичной поверки оформляют записью в паспорте, удостоверенной подписью поверителя и нанесением знака поверки или выдают свидетельство о поверке по установленной форме в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

6.2 Положительные результаты периодической поверки оформляют выдачей свидетельства о поверке по установленной форме в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

6.3 При отрицательных результатах поверки средство измерений к дальнейшему применению не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Начальник лаборатории МО термометрии
ФГУП «ВНИИМС»

А.А. Игнатов



ПРИЛОЖЕНИЕ А (Измененная редакция, Изм.№1)

ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тип НСХ (обозначение модели датчика)	Диапазон измерений температуры, °С	Минимальный интервал измерений, °С	Пределы допускаемого отклонения сопротивления (ТЭДС) от НСХ (в температурном эквиваленте) ЧЭ (в зависимости от класса допуска), $\Delta_{ТС}$, °С	Пределы допускаемой основной погрешности ИП, $\Delta_{ИП}$	
				$\Delta_{АЦП}$, °С	$\Delta_{ЦАП}$, % (от диапазона измерений)
Pt100 ⁽²⁾ (ТМТ142R)	От -196 до +600	10	$\pm 0,05^{(5)}$ или $\pm 0,1$ (с ИСХ функции КВД в диапазоне от -60 до +200 °С); класс А: $\pm(0,15 + 0,002 \cdot t)$ (в диапазоне от -100 до +450 °С); класс АА: $\pm(0,1 + 0,0017 \cdot t)$ (в диапазоне от -50 до +250 °С); класс В: $\pm(0,30 + 0,005 \cdot t)$ (в диапазоне от -196 до +600 °С)	$\pm 0,1^{(3)}$ или $\pm 0,2$	$\pm 0,02$
Pt100 ⁽²⁾ (ТМТ162R)				$\pm(0,072 + 0,00006 \cdot t)$	$\pm 0,03$
J (ТМТ142С)	От -40 до +750	50	класс 1: $\pm 1,5$ (от -40 до +375 °С), $\pm 0,004 \cdot t$ (св. +375 до +750 °С); класс 2: $\pm 2,5$ (от -40 до +333 °С), $\pm 0,0075 \cdot t$ (св. +333 до +750 °С)	$\pm 0,25^{(3)}$ или $\pm 0,5$	$\pm 0,02$
J (ТМТ162С)				$\pm(0,28 + 0,00005 \cdot t)$	$\pm 0,03$
K (ТМТ142С)	От -40 до +1100	50	класс 1: $\pm 1,5$ (от -40 до +375 °С), $\pm 0,004 \cdot t$ (св. +375 до +1000 °С); класс 2: $\pm 2,5$ (от -40 до +333 °С), $\pm 0,0075 \cdot t$ (св. +333 до +1100 °С)	$\pm 0,25^{(3)}$ или $\pm 0,5$	$\pm 0,02$
K (ТМТ162С)				$\pm(0,36 + 0,00005 \cdot t)$	$\pm 0,03$

Примечания:

(1) Пределы допускаемой основной погрешности датчиков температуры ТМТ142R, ТМТ162R ($\Delta_{дт}$, °С) вычисляются по формуле: $\Delta_{дт} = \pm \sqrt{(\Delta_{ТС})^2 + (\Delta_{ИП})^2}$;

Пределы допускаемой основной погрешности датчиков температуры ТМТ142С, ТМТ162С ($\Delta_{дт}$, °С) вычисляются по формуле: $\Delta_{дт} = \pm \sqrt{(\Delta_{ТП})^2 + (\Delta_{ИП})^2 + (\Delta_{ХС})^2}$, где:

- $\Delta_{ТС}$ - пределы допускаемого отклонения сопротивления от НСХ (в температурном эквиваленте) ЧЭ, °С;

- $\Delta_{ТП}$ - пределы допускаемого отклонения ТЭДС от НСХ (в температурном эквиваленте) ЧЭ, °С;

- $\Delta_{ХС}$ - пределы допускаемой абсолютной погрешности внутренней автоматической компенсации температуры свободных (холодных) концов термопары датчиков температуры ТМТ142С, ТМТ162С (± 1 °С);

- $\Delta_{ИП}$ - пределы допускаемой основной погрешности измерительного преобразователя (°С), которые равны погрешности $\Delta_{АЦП}$ (для обмена данными по HART-протоколу) или вычисляется по формуле: $\Delta_{ИП} = \pm \sqrt{(\Delta_{АЦП})^2 + (\Delta_{ЦАП})^2}$ (для аналогового выхода), где

- $\Delta_{АЦП}$ - пределы допускаемой основной погрешности аналого-цифрового преобразования ИП;

- $\Delta_{ЦАП}$ - пределы допускаемой основной погрешности цифро-аналогового преобразования ИП;

(2) подключение чувствительного элемента к преобразователю измерительному осуществляется по 3х или по 4х-проводным схемам.

(3) при использовании датчиков с опцией повышенной точности «advanced electronics».

(4) t – значение измеряемой температуры (°С).

(5) при использовании ЧЭ с 4-х проводной схемой подключения.