

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ФГУП СИ
Заместитель генерального директора



ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛАТИНОВЫЕ ВИБРОПРОЧНЫЕ
ТСПВ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП РТ 1715-2012

МОСКВА
2012 г.

1 Введение

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок термометров сопротивления платиновых вибропрочных ТСПВ (далее - термометр).

Диапазоны измерения температуры, разряды по ГОСТ 8.558-2009 и доверительные погрешности для модификаций термометров ТСПВ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Модификация	Разряд по ГОСТ 8.558-2009	Диапазон измерения температуры, °С	Доверительная погрешность при доверительной вероятности 95%, °С
ТСПВ-1	3	-80... 200	$\pm (0,02+0,00005 \cdot t)^*$
ТСПВ-2	3	-80... 300	$\pm (0,02+0,00005 \cdot t)^*$
ТСПВ-3	3	-80... 500	$\pm (0,02+0,00005 \cdot t)^*$
ТСПВ-1.1	-	-80... 200	$\pm 0,1$
ТСПВ-2.1	-	-80... 300	$\pm 0,1$
ТСПВ-3.1	-	-80... 500	$\pm 0,1$

*t - измеряемая температура, °С.

Примечание: по заказу термометр может изготавливаться с рабочим диапазоном, лежащим внутри диапазона измерений, указанного в таблице.

1.2 Рекомендуется проводить периодическую поверку термометра после наработки 1000 часов при температурах, составляющих более 80% от максимальной температуры, но не реже одного раза в год.

2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки термометра ТСПВ должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр и опробование	8.1	да	да
2 Проверка электрического сопротивления изоляции	8.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик термометров	8.3	да	да
3.1 Определение нестабильности	8.3.1	да	да
3.2 Определение коэффициентов градуировочной характеристики	8.3.2	да	да

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений и оборудование, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

№ п/п	Наименование, тип средств поверки, вспомогательного оборудования	Нормированные значения метрологических характеристик
1	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.15	$0,1 \dots 750 \text{ Ом}; \pm (0,0005+10^{-6} \cdot t), \text{ °С};$ $\pm (0,00001+10^{-6} \cdot R), \text{ Ом}.$
2	Термометр сопротивления платиновый эталонный ПТС-10М, градуировка типа А	$-196 \dots 0 \text{ °С}; 1\text{-й разряд}$

3	Термометр сопротивления платиновый эталонный ПТС-10М, градуировка типа В	0... 660,323 °С; 1-й разряд
4	Термостат переливной прецизионный ТПП-1.1	-40... 100 °С; разность температур в каналах выравнивающего блока $\pm 0,001$ °С
5	Термостат переливной прецизионный ТПП-1.0	35... 300 °С; разность температур в каналах выравнивающего блока $\pm 0,001$ °С
6	Термостат калибровочный ТК-1	40... 500 °С; разность температур в каналах $\pm 0,005$ °С
7	Мегомметр Ф 4102/1-1М	0... 2000 МОм; кл. 0,5

3.2 Допускается применять другие средства поверки, не уступающие по техническим и метрологическим характеристикам средствам, указанным в п 3.1.

Все средства и оборудование, используемые при поверке, должны иметь действующие свидетельства о поверке или быть аттестованы.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие квалификацию инженера, ознакомленные с эксплуатационными документами на ТСРВ.

5 Требования безопасности

5.1 К работе с термометром допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, обученные правилам техники безопасности при работе с термометром, изучившие ЭД на термометр.

5.2 При подготовке и проведении поверки необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.019-80, «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Гостехнадзором.

Требования безопасности при проверке сопротивления изоляции - в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

5.3 При проведении поверки необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в НТД на поверяемый прибор и средства поверки.

5.4 При работе с термометром с использованием охлажденных газов необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты (очки и перчатки) и соблюдать осторожность, так как попадание жидких газов на незащищенные участки кожного покрова и слизистые оболочки приводит к тяжелым обморожениям.

5.5 При работе с термометром запрещается прикасаться к нагретым и охлажденным его частям, имеющим температуру выше 50 °С и ниже минус 30 °С, во избежание получения ожогов и обморожений, а также запрещается помещать нагретые термометры на легковоспламеняющуюся поверхность во избежание возгораний.

5.6 При проведении поверки средства поверки должны быть надежно заземлены. Сопротивление заземления не должно превышать 0,1 Ом.

5.7 Все работы по обслуживанию термометра проводить только при достижении всеми его частями температуры 25 ± 15 °С.

6 Условия поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены (если другое не оговаривается отдельно) следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С	от 15 до 25;
относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80;
атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7;
отсутствие внешних электрических и магнитных полей;	
отсутствие вибрации.	

7 Подготовка к поверке

7.1 Средства поверки и вспомогательное оборудование, применяемые при поверке, должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

7.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 6.

7.3 Протереть погружаемые части термометра ректификованным техническим спиртом (ГОСТ 18300).

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр и опробование

Комплектность, упаковка, маркировка и габаритные размеры термометра должны соответствовать требованиям нормативной документации на термометры.

Корпус термометра и кабель не должен иметь механических повреждений и дефектов.

8.1.2 В комплект эксплуатационной документации должны входить паспорт термометра ТСРВ с отметкой ОТК и свидетельство о предыдущей поверке (при периодической поверке).

8.1.3 Опробование заключается в проверке целостности электрических цепей термометра. Термометр, охлажденный до комнатной температуры, подключают к измерителю температуры МИТ 8.15. Измеренное сопротивление должно быть приблизительно на 10% больше номинального (R_0). Нарушения электрической цепи термометра не допускаются.

8.1.4 Термометры, не удовлетворяющие требованиям, изложенным выше, дальнейшим операциям поверки не подвергают.

8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции термометров

Проверку проводят с помощью мегомметра при температуре поверяемых термометров 20 ± 5 °C и относительной влажности воздуха 60 ± 15 %. Электрическое сопротивление изоляции между выводами и корпусом термометра должно быть не менее 100 МОм. В противном случае термометр бракуется.

8.3 Определение метрологических характеристик термометров

8.3.1 Определение нестабильности термометров

Нестабильность термометров определяют по изменениям их сопротивлений при температуре, близкой к температуре тройной точки воды после нагрева, и охлаждения их до температур границ рабочего диапазона.

8.3.1.1 При первичной поверке нестабильность термометров определяют в следующем порядке.

Устанавливают поверяемый и эталонный термометры в выравнивающий блок термостата ТПП-1.1. В термостате задают температуру, близкую к температуре тройной точки воды ($0,01 \pm 0,02$ °C). После выхода термостата на заданную температуру начинают измерения. Измерения проводят при помощи МИТ 8.15.

Производят серию из пяти измерений электрического сопротивления поверяемого и эталонного термометров. Рассчитывают средние значения сопротивлений поверяемых термометров R_{Π} и температуры эталонного термометра T_3 .

Вычисляют сопротивление поверяемых термометров при температуре тройной точки воды:

$$R_{\text{ТТВ1}} = R_{\Pi} - 0,004 \cdot R_0 \cdot (T_3 - 0,01),$$

где R_0 - номинальное значение сопротивления поверяемого термометра.

Примечание: допускается прямое измерение $R_{\text{ТТВ1}}$ в ампуле тройной точки воды.

Примечание: термометры с длиной монтажной части менее 150 мм перед измерениями помещают во влагозащитные гильзы.

Полученные значения сопротивлений $R_{\text{ТТВ1}}$ не должны отличаться от номинальных более чем на 0,5%.

8.3.1.2 После измерения $R_{\text{ТТВ1}}$ термометр помещают в печь или калибратор температуры при температуре верхнего предела рабочего диапазона измерения согласно таблице 1. Допускаемое отклонение температуры печи от верхнего предела рабочего диапазона термометра - ± 5 °C. После выдержки при этой температуре в течение 5 часов термометр помещают на 0,5 часа в среду с нормальной температурой по п. 6.1 и затем повторно измеряют сопротивление при температуре тройной точки воды $R_{\text{ТТВ2}}$.

8.3.1.3 Вычисляют абсолютные значения разностей сопротивлений поверяемого термометра:

$$\Delta R_{\text{ТТВ}} = |R_{\text{ТТВ1}} - R_{\text{ТТВ2}}|.$$

Значения $\Delta R_{\text{ТТВ}}$ в температурном эквиваленте не должны превышать 0,007 °C для термометров 3-его разряда и 0,04 °C - для рабочих термометров. Значения $\Delta R_{\text{ТТВ}}$ в температурном эквиваленте определяются по формуле:

$$\Delta T_{\text{ТВ}} = \Delta R_{\text{ТВ}} / (0,004 \cdot R_0)$$

8.3.1.4 При периодической поверке нестабильность термометра определяют в следующем порядке.

Измеряют сопротивления термометра при температуре тройной точки воды $R_{\text{ТВ1}}$ по методике, изложенной в 8.3.1.1.

Вычисляют разности между значениями сопротивлений в тройной точке воды поверяемого термометра $R_{\text{ТВП}}$ (из свидетельств о предыдущей поверке) и $R_{\text{ТВ1}}$ в температурном эквиваленте:

$$\Delta T_{\text{ТВ}} = |R_{\text{ТВП}} - R_{\text{ТВ1}}| / (0,004 \cdot R_0)$$

Значения $\Delta T_{\text{ТВ}}$ не должны превышать 0,01 °С для термометров 3-го разряда и 0,09 °С - для рабочих термометров.

8.3.1.5 Термометры 3-го разряда, не удовлетворяющие требованиям нестабильности, бракуют или переводят в разряд РСИ. Рабочие термометры, не удовлетворяющие требованиям нестабильности, бракуют.

8.3.2 Определение градуировочной характеристики

Градуировочная характеристика термометра представляет собой функцию $\Delta W(T)$ отклонения относительного сопротивления термометра $W(T)$ от стандартной функции МТШ-90 $W_r(T)$.

Градуировку термометра проводят методом сличения градуируемого термометра с эталонным термометром 1-го разряда в устройствах, реализующих температуры рабочего диапазона градуируемых термометров.

Градуировка может производиться по ГОСТ Р 8.571-98 или в соответствии с методикой, приведенной в п. п. 8.3.2.1, 8.3.2.2.

8.3.2.1 Градуировка термометров ТСПВ ниже 0,01 °С

Градуировочные точки указаны в таблице 4.

Таблица 4

Диапазон измерений температуры ТСПВ	Градуировочные точки
-80 °С... 0,01 °С	$T_{\text{ТВ}}, T_{\text{ТР}}$

Примечание: в таблице 4 использованы обозначения: $T_{\text{ТВ}}$ – температура, близкая к температуре тройной точки воды ($0,01 \pm 0,02$ °С), $T_{\text{ТР}}$ – температура, близкая к температуре тройной точки ртути (-39 ± 1 °С).

Градуировку термометра в диапазонах температур ниже 0,01 °С проводят методом непосредственного сличения градуируемого термометра с эталонным термометром 1-го разряда в термостате ТПП-1.1 с использованием выравнивающего блока.

Измеряют сопротивления поверяемого термометра при температуре тройной точки воды $R_{\text{ТВ1}}$ согласно методике, изложенной в п. 8.3.1.1.

В термостате задают температуру, близкую к температуре тройной точки ртути ($T_{\text{ТР}}$). После выхода термостата на заданную температуру начинают измерения.

Производят серию из пяти измерений электрического сопротивления поверяемого и эталонного термометров. Рассчитывают усредненное значение сопротивлений поверяемого термометра $R_{\text{ТР}}$ и температуры эталонного термометра $T_{\text{ТР}}$.

Повторно измеряют сопротивления поверяемого термометра при температуре тройной точки воды $R_{\text{ТВ2}}$ согласно методике, изложенной в п. 8.3.1.1.

Используя средние арифметические значения сопротивлений термометров при температуре тройной точки воды:

$$R_{\text{ТВ}} = (R_{\text{ТВ1}} + R_{\text{ТВ2}}) / 2,$$

рассчитывают значение относительного сопротивления градуируемого термометра при температуре $T_{\text{ТР}}$:

$$W(T_{\text{ТР}}) = R_{\text{ТР}} / R_{\text{ТВ}}.$$

По температуре эталонного термометра $T_{\text{ТР}}$ рассчитывают значение $W_r(T_{\text{ТР}})$ стандартной функции МТШ-90.

Рассчитывают ΔW для поверяемого термометра в точке градуировки:

$$\Delta W_{\text{ТР}} = W(T_{\text{ТР}}) - W_r(T_{\text{ТР}}).$$

Рассчитывают коэффициент M поправочного полинома $\Delta W = M \cdot (W - 1)$ градуируемого термометра:

$$M = \Delta W_{\text{ТР}} / [W(T_{\text{ТР}}) - 1]$$

Примечание: допускается заменить измерения сопротивлений градуируемых термометров в жидкостном термостате измерениями в устройстве реализации тройной точке ртути - реперной точки МТШ-90.

8.3.2.2 Градуировка термометров ТСПВ выше 0,01 °С

В зависимости от рабочего диапазона термометр градуируют в точках, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Диапазон измерений температуры ТСПВ	Градуировочные точки
0,01... 200 °С	$T_{\text{ТВ}}$, $T_{\text{ТИ}}$
0,01... 300 °С	$T_{\text{ТВ}}$, $T_{\text{ТО}}$
0,01... 500 °С	$T_{\text{ТВ}}$, $T_{\text{ТО}}$, $T_{\text{ТЦ}}$

Примечание: в таблице 5 использованы обозначения: $T_{\text{ТВ}}$ – температура, близкая к температуре тройной точки воды ($0,01 \pm 0,02$ °С), $T_{\text{ТИ}}$ – температура, близкая к температуре затвердевания индия (156 ± 2 °С), $T_{\text{ТО}}$ – температура, близкая к температуре затвердевания олова (232 ± 2 °С), $T_{\text{ТЦ}}$ – температура, близкая к температуре затвердевания цинка (420 ± 4 °С).

Градуировка термометров при температуре $T_{\text{ТВ}}$ осуществляется в термостате ТПП-1.1, при температурах $T_{\text{ТИ}}$ и $T_{\text{ТО}}$ в термостате ТПП-1.0, при температуре $T_{\text{ТЦ}}$ – в термостате калибровочном ТК-1. При работе с термостатами ТПП-1.0 и ТПП-1.1 необходимо использовать выравнивающий блок. В качестве измерительной установки необходимо использовать прецизионный измеритель температуры МИТ 8.15.

Производят измерения и расчеты ΔW аналогично п. 8.3.2.1 для каждой из точек, указанных в таблице 6.

Для термометров, градуируемых в двух точках, рассчитывают коэффициент a полинома $\Delta W = a \cdot (W-1)$ аналогично п. 8.3.2.1.

Для термометров, градуируемых в трех точках, коэффициенты a и b полинома

$$\Delta W = a \cdot (W-1) + b \cdot (W-1)^2$$

рассчитывают как корни системы линейных уравнений:

$$a \cdot [W(T_{\text{ТО}}) - 1] + b \cdot [W(T_{\text{ТО}}) - 1]^2 - \Delta W_{\text{ТО}} = 0$$

$$a \cdot [W(T_{\text{ТЦ}}) - 1] + b \cdot [W(T_{\text{ТЦ}}) - 1]^2 - \Delta W_{\text{ТЦ}} = 0$$

$$a = D_a / D; \quad b = D_b / D$$

где: D - определитель матрицы:

$$\begin{vmatrix} [W(T_{\text{ТО}}) - 1] & [W(T_{\text{ТО}}) - 1]^2 \\ [W(T_{\text{ТЦ}}) - 1] & [W(T_{\text{ТЦ}}) - 1]^2 \end{vmatrix}$$

D_a - определитель матрицы:

$$\begin{vmatrix} -\Delta W_{\text{ТО}} & [W(T_{\text{ТО}}) - 1]^2 \\ -\Delta W_{\text{ТЦ}} & [W(T_{\text{ТЦ}}) - 1]^2 \end{vmatrix}$$

D_b - определитель матрицы:

$$\begin{vmatrix} [W(T_{\text{ТО}}) - 1] & -\Delta W_{\text{ТО}} \\ [W(T_{\text{ТЦ}}) - 1] & -\Delta W_{\text{ТЦ}} \end{vmatrix}$$

Примечание: допускается заменить измерения сопротивлений градуируемых термометров в термостатах измерениями в устройствах реализации точек затвердевания индия, олова и цинка - реперных точек МТШ-90.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Положительные результаты первичной и периодической поверки оформляют выдачей свидетельства о поверке ТСПВ.

На лицевой стороне свидетельства должны быть приведены следующие данные:

- наименование средства измерения и обозначение его типа;

- заводской номер;
- данные о владельце термометра;
- изготовитель и год изготовления;
- диапазон градуировки термометра;
- вид поверки: первичная или периодическая;
- разряд эталонного средства измерения, или значение погрешности (для РСИ);
- дата поверки;
- срок проведения следующей поверки.

На оборотной стороне свидетельства должны быть приведены:

- значения температур градуировки и соответствующие им значения относительного сопротивления;
- коэффициенты функции $\Delta W(T)$ или таблицы функции $\Delta W(W)$;
- порядок расчета температуры, в том числе коэффициенты стандартных полиномов $T_{90}=f(W_r)$
- значение измерительного тока, при котором проведена поверка.

9.2 При отрицательных результатах поверки оформляют извещение о непригодности установленной формы и ТСПВ не допускают к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.