ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.854— 2013

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭТАЛОННЫЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗ ПЛАТИНЫ И СПЛАВА РОДИЙ-ЖЕЛЕЗО

Методика поверки

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ФГУП «ВНИИФТРИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 206 «Эталоны и поверочные схемы», подкомитетом ПК 206.6 «Эталоны и поверочные схемы в области температурных, теплофизических и дилатометрических измерений»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 2096-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2015, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭТАЛОННЫЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗ ПЛАТИНЫ И СПЛАВА РОДИЙ-ЖЕЛЕЗО

Методика поверки

State system for ensuring the uniformity of measurements. Standard platinum and rhodium-iron resistance thermometers. Methods of calibration

Дата введения — 2015—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок для низкотемпературных эталонных термопреобразователей сопротивления (далее — ТС), в соответствии с ГОСТ 8.558, чувствительные элементы которых изготовлены из платины и из сплава родий-железа. Настоящий стандарт распространяется на ТС, предназначенные для измерения температуры методом непосредственного погружения в среду, с чувствительными элементами из платины на диапазон измеряемых температур от 13,81 К до 373 К и чувствительными элементами из сплава родий-железа на диапазон от 1,5 до 303 К. Общие технические требования к ТС установлены ГОСТ Р 8.855.

Значения температуры в данном стандарте соответствуют Международной температурной шкале 1990 г. МТШ—90 [1].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.381 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения точности

ГОСТ 8.558 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры

ГОСТ 8.764* Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений электрического сопротивления

ГОСТ 12.3.019 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

ГОСТ 166 (ИСО 3599—76) Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 427 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 23737 Меры электрического сопротивления. Общие технические условия

ГОСТ Р 8.571—98 Государственная система обеспечения единства измерений. Термометры сопротивления платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов. Методика поверки

ГОСТ Р 8.855 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления эталонные низкотемпературные из платины и сплава родий-железо. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ Р 52931 Приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия

ГОСТ Р 55878 Спирт этиловый технический гидролизный ректификованный. Технические условия

* Отменен.

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, сокращения и обозначения

Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **термопреобразователь сопротивления; ТС:** Средство измерения температуры, состоящее из чувствительного элемента сопротивления (ЧЭ) и внутренних соединительных проводов, помещенных в герметичный защитный корпус, внешних клемм или проводов, предназначенных для подключения к измерительному прибору.

3.2 **чувствительный элемент термопреобразователя; ЧЭ:** Резистор из металлической проволоки или пленки с выводами для крепления соединительных проводов, имеющий определенную зависимость электрического сопротивления от температуры и предназначенный для применения в термопреобразователях сопротивления.

3.3 **защитный корпус:** Конструктивный элемент ТС, обеспечивающий его механическую прочность и устойчивость к воздействию внешней среды.

3.4 **длина погружаемой части ТС:** Максимально возможная глубина погружения ТС в среду при температурах рабочего диапазона без нарушения его работоспособности.

3.5 **минимальная глубина погружения ТС:** Глубина погружения ТС в среду с равномерным распределением температуры, такая, что дальнейшее погружение не приводит к изменению показаний на значение, превышающее 0,8 допускаемой погрешности

Примечание — Минимальная глубина погружения ТС при эксплуатации зависит от теплообмена с измеряемым объектом и окружающей средой.

3.6 **относительное сопротивление ТС при температуре *t*:** Отношение сопротивления ТС при температуре t к его сопротивлению в тройной точке воды (273,16 К).

3.7 **диапазон измерений ТС:** Диапазон температур, в котором выполняется зависимость сопротивления ТС от температуры в пределах погрешности, нормированной в данном стандарте.

3.8 **рабочий диапазон температур ТС:** Диапазон температур, находящийся внутри измерительного диапазона или равный ему, в пределах которого изготовителем установлены показатели надежности ТС.

3.9 **номинальное сопротивление ТС:** Сопротивление ТС при температуре тройной точки воды ($R_{ТТВ}$), нормированное изготовителем сопротивления ТС и указанное в его маркировке. Рекомендуется выбирать из ряда: 10, 25, 50, 100 Ом.

3.10 **нестабильность ТС:** Изменение сопротивления ТС после циклического изменения температуры в рабочем диапазоне или за время межповерочного интервала.

3.11 **измерительный ток:** Сила электрического тока, протекающего через чувствительный элемент ТС при измерении температуры.

3.12 **самонагрев ТС:** Повышение температуры термопреобразователя, вызванное нагревом чувствительного элемента измерительным током.

Примечание — Самонагрев ТС при эксплуатации зависит от теплообмена с измеряемым объектом и окружающей средой.

3.13 **электрическое сопротивление изоляции ТС:** Электрическое сопротивление между внешними выводами термометра и защитным корпусом при комнатной или другой заданной температуре, измеряемое при заданном измерительном напряжении.

3.14 **время термической реакции:** Время, которое требуется для изменения показаний ТС на определенный процент от полного изменения, при ступенчатом изменении температуры среды.

Примечание — Для определения времени термической реакции необходимо указывать параметры среды (как правило, вода и воздух), нормировать процент от полного изменения показаний ТС (как правило, 10 %, 50 %, 63,2 % или 90 %) и указывать скорость потока (как правило, от 0,1 до 1 м/с в воде, более 3 м/с на воздухе).

3.15 **характеристика преобразования электрического сопротивления в температуру:** Зависимость сопротивления ТС от температуры, индивидуальная для каждого эталонного ТС, должна определяться при проведении первичной поверки или при калибровке.

3.16 **поверка термопреобразователя сопротивления:** Установление пригодности термопреобразователя сопротивления к применению на основании контроля соответствия основных характеристик требованиям ГОСТ Р 8.855 и технических документов изготовителя.

3.17 **градуировка ТС сопротивления:** Определение значения сопротивления ТС при нескольких заданных значениях температуры (в градуировочных точках) в целях построения индивидуальной зависимости сопротивления ТС от температуры.

3.18 **эталонный [образцовый] термометр:** Термометр любого типа, поверенный путем прямой или опосредованной передачи единицы от государственного первичного эталона единицы температуры и предназначенный для передачи единицы температуры в соответствии с ГОСТ 8.558.

Сокращения

ТСП — термопреобразователь с ЧЭ из платины;
ТСРЖ — термопреобразователь с ЧЭ из сплава родий-железо.

Обозначения

$W_t = R_t/R_{273,16\ К}$ — относительное сопротивление ТС при температуре t;
R_t — сопротивление ТС при температуре t, Ом;
$R_{273,16\ К}$ (или $R_{ТТВ}$) — сопротивление ТС при температуре тройной точки воды, Ом;
W_{Ga} — относительное сопротивление ТС при температуре плавления галлия;
W_{Hg} — относительное сопротивление ТС при температуре тройной точки ртути;
W_{100} — относительное сопротивление ТС при температуре 100 °С (373,15 К);
$W_{4,2\ К}$ — относительное сопротивление ТС при температуре 4,2 К.

4 Общие положения

4.1 ТС подвергают первичной и периодической поверкам. Периодичность поверки устанавливают в технических документах на ТС конкретного типа, прошедших испытания на соответствие типу. Поверку осуществляют в аккредитованных в установленном порядке поверочных лабораториях. Допускается первичную поверку совмещать с приемо-сдаточными испытаниями ТС, если ее выполняют в аккредитованной на право проведения поверки лаборатории предприятия-изготовителя.

4.2 ТС 0-го разряда поверяют на аппаратуре ГЭТ 35—2010.

4.3 ТС 1, 2, 3-го разрядов поверяют в аккредитованных в установленном порядке лабораториях.

5 Операции поверки

Поверка ТС включает в себя операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 — Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта настоящего стандарта	Обязательность проведения операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр и опробование	10.1	+	+
2 Проверка электрического сопротивления изоляции	10.2	+	+

Окончание таблицы 1

Наименование операции	Номер пункта настоящего стандарта	Обязательность проведения операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
3 Определение метрологических характеристик ТС:	11	+	+
3.1 Определение нестабильности	11.5	+	+
3.2 Определение сопротивления в тройной точке воды	11.2	+	+
3.3 Определение относительного сопротивления	11.3, 11.4	+	–
3.4 Определение градуировочной характеристики	11.6, 11.7	+	+
3.5 Определение доверительной погрешности	12.1, 12.4	+	+
Примечание — Знак «+» указывает обязательность операции поверки.			

6 Средства поверки

При поверке должны быть использованы средства измерений и вспомогательные средства, указанные в таблице 2.

Таблица 2 — Средства поверки

Наименование средства поверки	Основные метрологические и технические характеристики средства поверки
1 Линейка металлическая	Диапазон измерений от 0 до 1000 мм; предельная погрешность — 1 мм; по ГОСТ 427
2 Штангенциркуль ШЦ: 2.1 Прибор комбинированный Ц 4312	Диапазон измерений от 0 до 125 мм; предельная погрешность — 0,1 мм: по ГОСТ 166 Диапазон измерений от 0 до 500 Ом; класс точности 2
3 Аппаратура ГЭТ 35—2010: 3.1 Ампула тройной точки воды	— Длина внутреннего колодца 350 мм, диаметр 12 мм; U = 0,28 мК
3.2 Однокомпонентная ячейка тройной точки водорода	T = 13,8033 К, U = 0,38 мК
3.3 Однокомпонентная ячейка тройной точки неона	T = 24, 5561 К, U = 0,36 мК
3.4 Однокомпонентная ячейка тройной точки кислорода	T = 54,3584 К, U = 0,36 мК
3.5 Однокомпонентная ячейка тройной точки аргона	T = 83,8058 К, U = 0,36 мК
3.6 Однокомпонентная ячейка тройной точки ртути	T = 234,3156 К, U = 0,34 мК
3.7 Ампула тройной точки воды	Длина внутреннего колодца 300—350 мм, диаметр 10—20 мм; U = 0,4 мК
3.8 Криостаты-вставки КВ-1 № 1 и № 2	Нестабильность температуры не более ±0,3 мК за 15 мин, неоднородности температуры не более 0,05 мК
3.9 Мост сопротивлений F18 фирмы «ASL»	Класс точности $2 \cdot 10^{-5}$
3.10 Набор эталонных мер сопротивления 5685А фирмы «Tinsley»	Номинальные значения: 1, 10, 25, 100 Ом; класс точности $2 \cdot 10^{-5}$
3.11 Термометр типа ТСРЖ	Эталон-копия, диапазон от 0,3 до 273,16 К; U не более 0,9 мК
3.12 Термометр типа ТСПН 3.13	Эталон-копия, диапазон от 13,8 до 273,16303 К; U не более 0,9 мК

Продолжение таблицы 2

Наименование средства поверки	Основные метрологические и технические характеристики средства поверки
3.14 Устройство реализации точки плавления галлия	T = 302,9146 К, U = 0,38 мК
3.15 Устройство реализации тройной точки аргона	T = 83,8058 К, U = 0,40 мК
3.16 Устройство реализации тройной точки ртути	T = 234,3156 К, U = 0,38 мК
3.17 Термостат эталонных мер типа ТЭМП-2	T = (20 ± 0,1) °С; нестабильность температуры не более ±0,005 °С/ч; неоднородность температуры не более ±0,01 °С
3.18 Персональный компьютер типа IBM/PC	—
4 Мост сопротивлений F700 фирмы «ASL»	Класс точности $5 \cdot 10^{-5}$
5 Прецизионный многоканальный измеритель температуры МИТ 8.15	Δ пред. $\pm(0{,}001 + 3 \cdot 10^{-6} t)$, °С
6 Криостат типа УГТ-7	Диапазон от 3,5 до 373 К; нестабильность температуры не более ±0,3 мК за 10 мин, неоднородности температуры не более 0,1 мК
7 Устройство для реализации ванн ожиженных газов типа ВКГ	T = (77,3 ± 0,2) К, нестабильность температуры за время измерения не более 1 мК; неоднородность температуры не более ±0,5 мК
8 Криостат типа УГТ	Диапазон измерений от 4 до 373 К, нестабильность температуры за время измерения не более 1 мК; неоднородность температуры не более ±0,5 мК
9 Термометр сопротивления платиновый эталонный типа ТСРЖ	Диапазон температур от 1,5 (4,2) до 273 (303) К, 0, 1, 2-го разрядов (в зависимости от разряда поверяемого ТС)
10 Термометр сопротивления платиновый эталонный типа ТСПН	Диапазон температур от 13,8 (77) до 303 (373) К, 0, 1, 2-го разрядов (в зависимости от разряда поверяемого ТС)
11 Измеритель температуры типа МИТ 8.15	Диапазон измерений от 0 до 300 Ом; предельная допускаемая погрешность не более ± $(0{,}0002 + 10^{-6} \cdot R)$, Ом
12 Ампула тройной точки воды	Длина внутреннего колодца 300—350 мм, диаметр 10—20 мм; U = 0,4 мК
13 Эталонная мера электрического сопротивления	Номинальные значения: 0,1; 1; 10; 100 Ом — по ГОСТ 23737, 1-го разряда по ГОСТ 8.764. Мера электрического сопротивления должна быть термостатирована. Нестабильность поддержания температуры не должна приводить к изменению значения меры электрического сопротивления за время измерения более чем на 0,0002 %
14 Термометр для измерения температуры меры электрического сопротивления	Предел погрешности не более ±0,05 °С
15 Термостат переливной прецизионный типа ТПП-1.0	Диапазон температуры от 35 °С до 300 °С; градиент — не более ± 0,01 °С/м, стабильность поддержания температуры в металлическом блоке ± 0,005 °С
16 Термостат переливной прецизионный типа ТПП-1.3	Диапазон температуры от минус 70 °С до плюс 100 °С, градиент — не более ±0,01 °С/м, стабильность поддержания температуры в металлическом блоке ±0,005 °С

Окончание таблицы 2

Наименование средства поверки	Основные метрологические и технические характеристики средства поверки
17 Измеритель температуры и влажности типа ИТВ 1522	Диапазоны: температуры — от 0 °С до 50 °С, относительной влажности — от 1 % до 100 %; пределы погрешности не более: температура ±0,25 °С, относительная влажность — ±3 %
18 Мегомметр типа Е6-17	Диапазон измерений от 10 до $3 \cdot 10^{10}$ Ом, класс точности 2,5
19 Бинокулярный микроскоп БМ-51-2	—
20 Прибор комбинированный типа Ц 4312	Диапазон измерений от 0 до 500 Ом; класс точности 2
21 Транспортный сосуд Дьюара типа СК-25	—
22 Транспортный сосуд Дьюара типа КГ-40/45	—
23 Печь МТП-2М	Диапазон воспроизведения температуры от 300 °С до 1300 °С, градиент температуры в рабочей зоне не более 0,8 °С/см
Примечание — Для поверки ТС 1, 2 и 3-го разрядов допускается применять другие, вновь разработанные или находящиеся в применении средства измерений, прошедшие поверку и аттестацию, удовлетворяющие требованиям настоящего стандарта.	

7 Условия поверки

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

- температура окружающего воздуха . . . . . (20 ± 2,5) °С;
- относительная влажность окружающего воздуха . . . . . от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление. . . . . (101,3 ± 10) кПа;
- номинальные значения электрического напряжения питания должны быть в пределах, установленных эксплуатационной документацией на средства поверки;
- должны отсутствовать влияющие на работу средств поверки вибрации, тряски, внешние электрические и магнитные поля.

7.2 Операции, проводимые со средствами поверки и с поверяемыми ТС, должны соответствовать указаниям, приведенным в эксплуатационной документации.

7.3 Поверку с применением аппаратуры ГЭТ должны проводить на месте его размещения с соблюдением условий, изложенных в Правилах хранения и применения ГЭТ 35—2010.

8 Требования безопасности

8.1 К работам по поверке допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, обученные правилам техники безопасности, приведенным в эксплуатационной документации на применяемые СИ и оборудование.

8.2 При подготовке и проведении поверки необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.019, правил [2] и правил [3].

Требования безопасности при проверке сопротивления изоляции — в соответствии с ГОСТ Р 52931 и ГОСТ 12.3.019.

8.3 Помещение лаборатории должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

8.4 При проведении поверки необходимо также соблюдать меры безопасности, изложенные в НД на калибруемый прибор и средства калибровки.

8.5 При работах по поверке с применением ожиженных газов необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты (очками, перчатками, халатом) и соблюдать осторожность, так как попадание жидких газов на незащищенные участки кожного покрова и слизистые оболочки приводит к тяжелым обморожениям.

8.6 Сосуды Дьюара, предназначенные для работы с жидкими газами, должны быть чистыми и сухими. Необходимо беречь сосуды Дьюара от попадания в них органических веществ.

Запрещается заливать ожиженные газы в сосуды Дьюара при отсутствии в них вакуума.

8.7 При работе с ампулами тройной точки воды следует соблюдать особую осторожность. Работать с ампулами разрешается только в защитных очках.

8.8 Во время проведения поверки при низких температурах ТС следует извлекать из ожиженных газов медленно, соблюдая особую осторожность во избежание получения обморожения.

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

8.10 Все работы по обслуживанию и ремонту применяемой аппаратуры необходимо проводить только в соответствии с эксплуатационной документацией на нее.

9 Подготовка к поверке

9.1 Проверяют наличие документации по эксплуатации средств поверки: свидетельств о поверке средств измерений, аттестатов на испытательное оборудование, необходимой документации на поверяемый ТС (паспорт или руководство по эксплуатации, клейма или свидетельства о предыдущей поверке).

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

9.3 Проверяют соответствие условий поверки требованиям раздела 7.

9.4 Протирают погружаемые части термометра ректифицированным техническим спиртом по ГОСТ Р 55878.

10 Проведение поверки

10.1 Внешний осмотр и опробование

10.1.1 При осмотре должно быть установлено соответствие ТС требованиям, изложенным далее.

Комплектность, упаковка, маркировка и размеры ТС должны соответствовать требованиям эксплуатационной нормативной документации на ТС поверяемой модификации и ГОСТ Р 8.855.

Оболочка ТС и электрические выводы должны быть без заметных повреждений.

ТС в стеклянной оболочке проверяют с помощью бинокулярного микроскопа. Витки платиновой спирали чувствительного элемента не должны быть деформированы и замкнуты.

10.1.2 Опробование электрической схемы проводят с помощью омметра. Электрические цепи ТС не должны быть нарушены.

Значения сопротивлений между токовыми и потенциальными выводами должны соответствовать номинальному сопротивлению ТС с учетом изменения сопротивления ТС от влияния температуры окружающей среды.

ТС, не удовлетворяющие требованиям, изложенным в 10.1, дальнейшим операциям поверки не подвергают.

10.2 Проверка электрического сопротивления изоляции ТС

Проверку электрического сопротивления изоляции проводят при температуре окружающей среды (20 ± 5) °С и относительной влажности воздуха (60 ± 15) %. Сопротивление изоляции измеряют между выводами и корпусом ТС мегаомметром напряжением 10 В. Значение электрического сопротивления изоляции должно быть не менее 150 МОм для ТС 0-го разряда и 100 МОм для ТС 1-го, 2-го и 3-го разрядов.

11 Определение метрологических характеристик

11.1 Метрологические характеристики ТС определяют по результатам проведения градуировки.

11.1.1 Для ТС 1, 2 и 3-го разрядов измерительный ток при проведении градуировки устанавливают согласно технической документации на данный тип ТС.

Градуировочную характеристику для ТС 0-го разряда определяют при измерительном токе, экстраполированном к нулевому значению. Для этого при установившемся температурном режиме про-

водят последовательно измерения с двумя измерительными токами: номинальным (I_1) и при токе в $\sqrt{2}$ раз большем (I_2). Экстраполируя в координатах R и I^2 линейно полученную зависимость от тока $I = 0$, получают значение сопротивления ТС при нулевом токе.

11.2 Определение сопротивления в тройной точке воды

Сопротивление ТС в тройной точке воды измеряют в начале и конце процедуры градуировки. Ампула тройной точки воды должна быть предварительно подготовлена к работе согласно технической документации на данный прибор. ТС погружают в канал ампулы тройной точки воды так, чтобы чувствительный элемент отстоял от дна колодца ампулы на (5 ± 1) мм. После установления теплового равновесия (~ через 30 мин) начинают измерение сопротивления. За результат измерения сопротивления в начале градуировки ($R_{ТТВ1}$) принимают среднее арифметическое из результатов пяти отсчетов. ТС капсульной модификации до погружения в ампулу помещают во влагозащитную гильзу.

11.3 Определение относительного сопротивления ТС типа ТСП

11.3.1 Для выполнения технических требований ГОСТ Р 8.855 на ТС типа ТСП каждого разряда достаточно соответствия одного из приведенных в нем значений относительного сопротивления (W_{Ga} или W_{Hg}, или W_{100}). Относительное сопротивление ТС определяют перед градуировкой при низких температурах.

ТС помещают в ампулу реперной точки, в которой достигнуто состояние фазового перехода — тройной точки ртути (ТТР) или точки плавления галлия (ТПГ). Изменение значения сопротивления в температурном эквиваленте за 10 мин не должно превышать ±0,0003 К, что является критерием достижения теплового равновесия ТС и металла. Если данное условие не выполняется, измерения повторяют до тех пор, пока не будет достигнуто тепловое равновесие. После этого измеряют сопротивление ТС, соответствующее температуре реперной точки ($R_{ТТР}$ или $R_{ТПГ}$).

Выполняют не менее пяти отсчетов сопротивления ТС на площадке фазового перехода. За значение сопротивления в реперной точке принимают среднее арифметическое из результатов пяти отсчетов. Используя значение $R_{ТТВ1}$ (по 11.2) поверяемого ТС, рассчитывают соответствующее значение W_{Hg} или W_{Ga}. Полученное значение должно быть не менее значений, приведенных в таблице 3 для соответствующего разряда.

11.3.2 Поверку ТС типа ТСП с целью определения значения относительного сопротивления W_{100} осуществляют путем совместных измерений в термостате испытуемого ТСП с ТС более высокого разряда при двух температурах в диапазоне (100 ± 1) °С. При этом разность двух измеряемых температур должна быть не менее 0,5 °С и не более 1 °С. По результатам измерений сопротивлений двух ТС рассчитывают относительные сопротивления тестируемого ТСП при двух температурах, используя значение его $R_{ТТВ}$ и температур по показаниям ТС более высокого разряда. Значение W_{100} испытуемого ТС определяют по формуле

$$W_{100} = W_1 + [(W_1 - W_2)/T_1 - T_2] \cdot (100 - T_1), \quad (1)$$

где W_1 и W_2 — значения относительного сопротивления испытуемого ТСП при температурах T_1 и T_2 соответственно, определенных по показаниям ТС более высокого разряда. Полученное значение W_{100} должно быть не менее значений, приведенных в таблице 3 для соответствующего разряда.

Примечание — Проверку с целью определение W_{100} рекомендуется проводить для ТСП не выше 2-го разряда.

Таблица 3 — Требования к относительным сопротивлениям W_{Ga}, W_{Hg}, W_{100}, $W_{4,2\,К}$

Тип ТС	ЧЭ	Разряд ТС	Диапазон температур, К	W_{Ga}, не менее	W_{Hg}, не более	W_{100}, не менее	$W_{4,2\,К}$
ТСП	Проволочный	0	От 13,8 до 303	1,11807	0,844235	1,3925	—
		1	От 13,8 до 373	1,11807	0,844235	1,3925	
		2		1,11795	0,844391	1,3921	
		3		1,11761	—	1,3825	—

Окончание таблицы 3

Тип ТС	ЧЭ	Разряд ТС	Диапазон температур, К	W_{Ga}, не менее	W_{Hg}, не более	W_{100}, не менее	$W_{4,2\ К}$
ТСП	Проволочный	1	От 77 до 373	1,11807	0,844235	1,3925	—
		2		1,11795	0,844391	1,3921	
		3		1,11761	—	1,3825	—
	Пленочный	2	От 77 до 373	—	—	1,391	—
		3		—	—	1,385	—
ТСРЖ	Проволочный	0 и 1	От 1,5 до 303	—	—	—	От 0,072 до 0,08
	Проволочный и пленочный	2 и 3	От 1,5 до 303	—	—	—	От 0,07 до 0,085

11.4 Определение относительного сопротивления ТС типа ТСРЖ ($W_{4,2\ К}$)

Для проверки соответствия требованиям ГОСТ Р 8.855 по значению относительного сопротивления $W_{4,2\ К}$ для ТС типа ТСРЖ проводят измерение его сопротивления при температуре 4,2 К.

Измерения сопротивления $R_{4,2\ К}$ осуществляют с выравнивающим медным блоком в сосуде Дьюара с жидким гелием, находящимся под атмосферным давлением $P = (10^5 \pm 6 \cdot 10^3)$ Па. Устанавливают поверяемый ТС в канал блока, охлаждают в жидком азоте и затем медленно опускают в жидкий гелий. Через 30 мин после погружения в гелий поверяемого ТСРЖ измеряют его сопротивление.

Применяя значение $R_{ТТВ1}$ для ТСРЖ, рассчитывают $W_{4,2\ К}$.

Значение $W_{4,2\ К}$ должно быть не менее значений, приведенных в таблице 3 для соответствующего разряда.

Допускается, когда температура 4,2 К входит в набор точек градуировки ТСРЖ, определение относительных сопротивлений осуществлять во время проведения цикла градуировки.

11.5 Определение нестабильности ТС осуществляют в процессе проведения градуировки. Нестабильность ТС определяют по результатам повторных измерений, после проведения первичного цикла градуировки, при температуре тройной точки воды и нижней температуре рабочего диапазона ТС.

11.6 Определение градуировочной характеристики термопреобразователей типа ТСП (платиновых)

Градуировку термопреобразователей типа ТСП проводят методом сличения градуируемого ТС с ТС более высокого разряда вблизи температур реперных точек МТШ—90.

Примечание — Допускается проводить градуировку ТСП методом калибровки непосредственно в реперных точках МТШ—90 для соответствующего рабочего диапазона температур (от 13,8 до 303 К; от 13,8 до 373 К; от 77 до 373 К).

Градуировку ТСП 0-го разряда проводят на аппаратуре ГЭТ 35-2010.

11.6.1 Градуировка ТС типа ТСП заключается в измерении их сопротивлений в тройной точке воды и в последующем измерении сопротивлений градуируемых ТС и эталонного в температурных точках рабочего диапазона, реализуемых в установке для градуировки ТС. Применяя результаты градуировки, определяют нестабильность ТС.

11.6.2 При градуировке и определении нестабильности ТС типа ТСП в диапазоне от 13,8 до 303 К и от 13,8 до 373 К выполняют измерения их сопротивлений при следующих температурах:

- в тройной точке воды; при температуре $T_1 = (83,8 \pm 0,5)$ К; $T_2 = (14 \pm 0,2)$ К; $T_3 = (17 \pm 0,2)$ К; $T_4 = (20 \pm 0,2)$ К; $T_5 = (24,5 \pm 0,2)$ К; $T_6 = (54 \pm 0,5)$ К; $T_7 = (234 \pm 0,5)$ К; $T_8 = (303 \pm 0,2)$ К.

После первой серии измерений ТС отогревают до комнатной температуры и повторяют измерения при следующих температурах: повторно при $T_2 = (14 \pm 0,2)$ К; при $T_9 = (15 \pm 0,2)$ К; повторно при $T_5 = (24,5 \pm 0,2)$ К; при $T_{10} = (35 \pm 1)$ К; повторно в тройной точке воды.

Примечание — Температуры повторных измерений не должны отличаться от первоначальных более чем на 0,1 К.

11.6.3 При градуировке и определении нестабильности ТС типа ТСП для диапазона температур 77—373 К выполняют измерения их сопротивлений при следующих температурах:

- в тройной точке воды при $T_1 = -(77{,}5 \pm 0{,}5)$ К; $T_2 = (303 \pm 0{,}2)$ К; повторно в тройной точке воды.

11.6.4 В тройной точке воды измеряют сопротивление только поверяемого ТС. ТС погружают в канал ампулы тройной точки воды и через 30—40 мин, после установления теплового равновесия (изменение сопротивления ТС в температурном эквиваленте за 5 мин не более ±0,0001 К) начинают измерение сопротивления. Ампула тройной точки воды должна быть предварительно подготовлена к работе согласно технической документации на данный прибор.

При измерениях с применением приборов, не имеющих автоматического усреднения результатов при инверсии измерительного тока, каждое измерение должно включать в себя не менее пяти пар отсчетов сопротивления эталонного и поверяемого ТС при двух направлениях измерительного тока. За результат измерения сопротивления ($R_{ТТВ}$) принимают среднее арифметическое из результатов пяти отсчетов.

11.6.5 Для проведения градуировки ТС типа ТСП капсульной модификации в низкотемпературных точках в последовательности, соответствующей 11.6.2, их вместе с эталонным ТС (более высокого разряда) помещают в блок сравнения криостата (термостата) и монтируют электроизмерительную схему согласно эксплуатационной документации на криостат.

Измерение сопротивлений ТС в температурных точках проводят по методике, изложенной в эксплуатационной документации на криостат.

Нестабильность температуры при реализуемой температурной точке должна быть не более 0,2 допускаемого предельного значения погрешности для разряда поверяемого (градуируемого) эталонного термопреобразователя.

11.6.6 Для проведения градуировки ТС типа ТСП стержневой модификации при температуре кипения азота их вместе с рабочим эталоном (если градуируют ТС 1-го разряда) или с эталоном 1-го разряда (если градуируют ТС 2-го и 3-го разрядов) помещают в блок сравнения установки для реализации ванн ожиженных газов при атмосферном давлении. Измерение сопротивления ТС стержневой модификации проводят в соответствии с эксплуатационной документацией на указанную установку.

11.6.7 В диапазоне температур 13,8—303 К при каждой градуировочной температуре выполняют не менее пяти отсчетов при измерении сопротивлений эталонного и поверяемого ТС. При измерениях с применением приборов, не имеющих автоматического усреднения результатов при инверсии измерительного тока, каждое измерение должно включать в себя не менее пяти пар отсчетов сопротивления эталонного и поверяемого ТС при двух направлениях измерительного тока.

За результат измерения сопротивления эталонного и поверяемого ТС принимают среднее арифметическое из пяти отсчетов для каждой точки диапазона 13,8—303 К.

11.6.8 При градуировке ТС в диапазоне температур 77—273,16 К проводят не менее пяти измерений в каждой температурной точке — при температуре кипения азота и в тройной точке воды.

Значения сопротивлений ТС рассчитывают как среднее арифметическое результатов пяти измерений при каждой температуре.

11.6.9 Допускается градуировка капсульных ТС до температуры 373,15 К, осуществляемая по методике поверки, изложенной в эксплуатационной документации на ТС данного типа.

11.7 Градуировка термопреобразователей типа ТСРЖ (сплав родий-железо) проводят методом сличения градуируемого ТС с ТС более высокого разряда.

Градуировку ТСРЖ 0-го и 1-го разрядов проводят на аппаратуре ГЭТ 35-2010.

11.7.1 Градуируемые ТС и два эталонных ТС устанавливают в блок сравнения криостата. Градуировка заключается в поочередном измерении сопротивления калибруемого термометра и двух эталонных термометров из сплава родий-железо в рабочем диапазоне температур.

11.7.2 При градуировке и определении нестабильности ТС типа ТСРЖ в диапазоне от 1,5 до 303 К последовательность измерений следующая: в тройной точке воды; в 45—60 температурных точках рабочего диапазона; повторно в тройной точке воды. После первой серии измерений ТС отогревают до комнатной температуры и проводят вторую серию измерений при следующих температурах: при минимальной температуре рабочего диапазона, при температуре 4,2 К, при температуре 77 К и повторно в тройной точке воды.

Примечание — Температуры повторных измерений не должны отличаться от первоначальных более чем на 0,1 К.

Число температурных точек и шаг между ними в серии измерений должны быть определены в технической документации на данный тип ТСРЖ в зависимости от разряда градуируемого термопреобразователя.

Нестабильность температуры в реализуемых температурных точках должна быть не более 0,2 значения допускаемой предельной погрешности для разряда градуируемого термопреобразователя.

11.7.3 В результате градуировки в каждой точке получают значение сопротивления калибруемого ТС и сопротивления двух эталонных ТС из сплава родий-железо. По паспортным данным эталонных термометров определяют показываемые ими температуры, среднее значение которых применяют для дальнейших расчетов.

12 Обработка результатов поверки

12.1 Обработку результатов поверки, определение нестабильности, оценку значений доверительной погрешности для ТС типа ТСП проводят по методике ГОСТ Р 8.571—98 (раздел 10) и ГОСТ 8.381.

12.1.1 Значения нестабильности ТС в температурном эквиваленте не должны превышать значений, приведенных в таблице 4.

Таблица 4 — Допустимые значения нестабильности ТС

Тип ТС	Разряд ТС	Диапазон температур, К	Нестабильность ΔT, К, не более				
			при 13,8 К	при 24,5 К	при 77,3 К	при 273,16 К	при 4,2 К
ТСП	0	От 13,8 до 303	±0,001	±0,001	±0,0008	±0,0008	—
	1	От 13,8 до 373	±0,003	±0,003	±0,002	±0,002	—
	2		±0,006	±0,005	±0,004	±0,004	—
	3		±0,010	±0,007	±0,006	±0,006	—
ТСРЖ	0	От 1,5 до 303	—	—	—	±0,001	±0,0005
	1		—	—	—	±0,003	±0,002
	2		—	—	—	±0,010	±0,005
	3		—	—	—	±0,020	±0,020

Для ТС типа ТСП в диапазоне температур от 13,8 до 303 К нестабильность определяют по результатам повторных измерений при температурах: (14 ± 0,2) К; (24,5 ± 0,2) К; в тройной точке воды (по 11.6.2).

Для ТС типа ТСП в диапазоне температур от 77 до 373 К нестабильность определяется по результатам повторных измерений при температуре тройной точки воды (11.6.3).

Значения нестабильности ΔT в температурном эквиваленте вычисляют по формуле

$$\Delta T = \Delta R_T/(\mathrm{d}R/\mathrm{d}T)_T, \qquad (2)$$

где ΔT — нестабильность в температурном эквиваленте, К;

ΔR_T — изменение сопротивления R_T;

$(\mathrm{d}R/\mathrm{d}T)_T$ — значение производной функции изменения сопротивления ТС от температуры при температуре T, Ом/К.

12.1.2 Значения доверительных погрешностей ТС в температурном эквиваленте не должны превышать значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5 — Допустимая доверительная погрешность при доверительной вероятности 0,95 эталонных ТС

Тип ТС	ЧЭ	Разряд ТС	Диапазон температур, К	Границы доверительных абсолютных погрешностей, К
ТСП	Проволочный	0	От 13,8 до 303	0,002
		1	От 13,8 до 373	От 0,005 до 0,01
		2		От 0,015 до 0,05
		3		От 0,03 до 0,08

Окончание таблицы 5

Тип ТС	ЧЭ	Разряд ТС	Диапазон температур, К	Границы доверительных абсолютных погрешностей, К
ТСП	Пленочный	2	От 77 до 373	От 0,015 до 0,05
		3		От 0,03 до 0,08
ТСРЖ	Проволочный	0	От 1,5 до 303	От 0,001 до 0,002
		1		От 0,003 до 0,01
	Проволочный и пленочный	2	От 1,5 до 303	От 0,015 до 0,05
		3		От 0,03 до 0,1

12.2 Обработка результатов поверки для ТСРЖ

12.2.1 Полученные в результате градуировки по 11.7 пары значений сопротивления градуируемого ТС R, Ом, и среднего значения температуры по показаниям двух эталонных ТС применяют для вычисления сглаженной градуировочной кривой $R = f(T)$ для всего диапазона температур.

Аппроксимацию экспериментальной зависимости проводят по методу наименьших квадратов, применяя полиномы от 9 до 12 степеней. При этом для лучшей аппроксимации весь рабочий диапазон разбивают на два участка: от 1,5 до 30 К и от 28 до 303 (273) К. В результате расчета находят коэффициенты полинома и его отклонения в температурном эквиваленте от экспериментальных точек.

Вид полинома:

$$T = \sum_{0}^{9} Ai\left(\frac{R - A}{B}\right)^{i} \text{ в диапазоне температур от 1,5 К до 30 К;} \quad (3)$$

$$T = \sum_{0}^{10} Ai\left(\frac{R - A}{B}\right)^{i} \text{ в диапазоне температур от 28 К до 303 К.} \quad (4)$$

12.2.2 Нестабильность ТСРЖ определяют по разности значений сопротивлений в тройной точке воды и по разности значений $W_{4,2\ К}$, полученных в двух сериях измерений по 11.7.2, с промежуточным отогревом до комнатных температур.

Значения нестабильности ТСРЖ в температурном эквиваленте не должны превышать значений, приведенных в таблице 4.

12.3 Оценку значений доверительной погрешности для ТС типа ТСРЖ проводят по методике ГОСТ Р 8.571—98 (раздел 10) и ГОСТ 8.381 с применением результатов измерений во второй серии градуировок по 11.7.2: при минимальной температуре рабочего диапазона, при температуре 4,2 К, при температуре 77 К и повторно в тройной точке воды.

12.4 Значения доверительных погрешностей ТСРЖ в температурном эквиваленте не должны превышать значений, указанных в таблице 5.

13 Оформление результатов поверки

При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке. В свидетельство должны быть включены следующие данные:

- наименование средства измерений температуры и обозначение его типа;
- заводской номер;
- изготовитель и год изготовления;
- диапазон градуировки термометра;
- значение измерительного тока, при котором определяли градуировочные характеристики;
- значение сопротивления ТС в тройной точке воды;

- значения температур градуировки и соответствующие им значения относительного сопротивления термометра для ТС типа ТСП; значения температур градуировки и соответствующие им значения сопротивления для ТС типа ТСРЖ; для ТС типа ТСРЖ приводится вид полинома зависимости $R = f(T)$ и его коэффициенты;
- дату градуировки;
- градуировочную характеристику ТС в виде функции $\Delta W(T)$ со значениями коэффициентов для типа ТСП; для ТС типа ТСРЖ приводят вид полинома зависимости $R = f(T)$ и его коэффициенты;
- указание срока проведения следующей поверки;
- печать организации, проводящей поверку или клеймо в виде наклейки.

Библиография

[1] МТШ—90 Международная температурная шкала 1990 г. Echelle Internationale de temperature de 1990 (EIT-90). Bureau International des Poids et Measures. Paris.X. 1990

[2] Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей

[3] Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей

УДК 536.531:669.231:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: низкотемпературные эталонные термопреобразователи сопротивления, платина, сплав родий-железо, методика поверки

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 11.03.2019. Подписано в печать 01.04.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru