

Поверка термометров сопротивления в терминах неопределенности

В международной температурной шкале используются температуры фазового равновесия чистых веществ. В диапазоне температур выше 0 °С реперными точками являются:

- тройная точка воды – 273,16 К (0,01 °С);
- температура плавления галлия – 302,9146 К (29,7646 °С);
- температура затвердевания индия – 429,7485 К (156,5985 °С);
- температура затвердевания олова – 505,078 К (231,928 °С);
- температура затвердевания цинка – 692,677 К (419,527 °С);
- температура затвердевания алюминия – 933,473 К (660,323 °С);
- температура затвердевания серебра – 1234,93 К (961,78 °С);
- точка затвердевания золота – 1337,33 К (1064,18 °С);
- точка затвердевания меди – 1357,77 К (1084,62 °С).

Под температурой тройной точки воды понимается температура равновесия между твердой, жидкой фазами и паром.

Под температурой плавления или затвердевания понимается температура равновесия жидкой и твердой фаз металла при давлении 101325 Па.

ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 до 3000 °С



Платиновые термометры сопротивления

Кельвин - единица измерения температуры в СИ, предложена в 1848 году. Один кельвин равен $1/273,16$ термодинамической температуры тройной точки воды. Начало шкалы (0 K) совпадает с абсолютным нулём. Пересчет в градусы Цельсия. $C = K - 273,15$.

До 1968 года кельвин официально именовался *градусом Кельвина*.

Термометры сопротивления

Технические характеристики термометра ЭТС-100

Внешний диаметр защитной трубки	5 мм
Длина погружаемой части термометра	500 мм
Диаметр головки термометра	20 мм
Длина термометра	670 мм
Минимальная глубина погружения	150 мм
Номинальное сопротивление	100 ± 0.05 Ом
Максимальный рабочий ток	1 мА



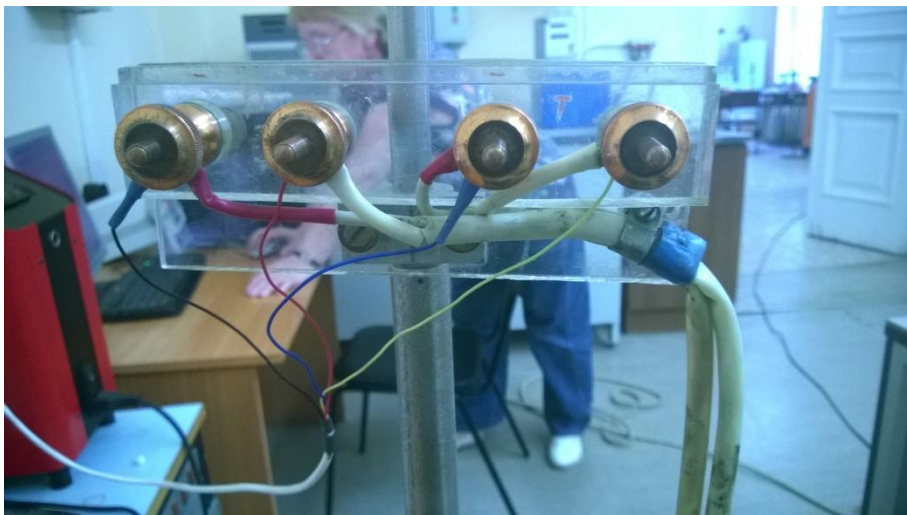
Поверка термопреобразователей сопротивления в жидкостном термостате

Используемые эталоны и вспомогательное
оборудование:

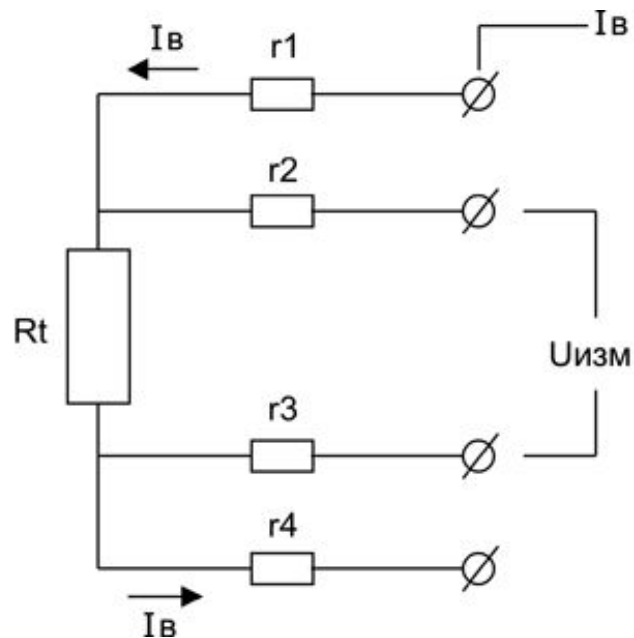
- Эталонный термометр сопротивления ЭТС 100
07-271.
- преобразователь сигналов ТСиТП «Теркон»,
- калибратор температуры «SIKA»



Схема подключения



Четырехточечный способ подключения термометра.



Панель управления калибратора

Суммарную стандартную и расширенную неопределенность поверки ТС рассчитывают для каждой температуры поверки. **При расчете суммарной неопределенности поверки учитывают неопределенность измерений температуры эталонным [образцовым] термометром и неопределенность измеренного значения сопротивления поверяемого термометра.** Для расчета используют данные, полученные при проведении измерений данные, полученные при предварительной экспериментальной оценке неопределенности, связанной **со случайными эффектами** при измерении в конкретной поверочной лаборатории, а также **данные, приведенные в свидетельствах о поверке средств измерений: термостата, калибратора, реперной точки, эталонного ТС и измерительной установки.**

Бюджет неопределенности для температуры, измеренной эталонным ТС, включает в себя следующие составляющие:

1.1 Стандартную неопределенность, обусловленную случайными эффектами при измерениях, $u(r_{lab1-j})$ рассчитывают как среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего значения результатов измерений, выполненных в одном измерительном цикле эталонным ТС по формуле:

$$u(r_{lab1-j}) = \frac{u(r_{lab1})}{\sqrt{N_j}}, \quad (2.3)$$

где $u(r_{lab1})$ – СКО единичного измерения сопротивления эталонного ТС;

N_j – число измерений в одном измерительном цикле (10).

$$u(r_{lab1-j}) = \frac{0,022}{\sqrt{10}} = 0,006957 \text{ K}$$

1.2 Стандартную неопределенность, обусловленную нестабильностью температуры в термостате за время всех циклов измерений $u(t_s)$, рассчитывают методом по типу В по формуле:

$$u(t_s) = \frac{t_{max} - t_{min}}{2\sqrt{3}}, \quad (2.4)$$

где t_{max} , t_{min} – соответственно максимальная и минимальная температура, измеренная эталонным ТС за время проведения всех измерительных циклов.

$$u(t_s) = \frac{0,028 - 0,021}{2\sqrt{3}} = 0,009813 \text{ K}$$

1.3 Стандартную неопределенность градуировки эталонного ТС $u(\delta t_{\text{э}})$, рассчитывают по формуле

$$u(\delta t_{\text{э}}) = \frac{U_{\text{э}}}{2}, \quad (2.5)$$

где $U_{\text{э}}$ — расширенная неопределенность градуировки эталонного термометра при $k = 2$, приведенная в свидетельстве о его поверке (или доверительная погрешность при доверительной вероятности 95 %).

$$u(\delta t_{\text{э}}) = \frac{0,005}{2} = 0,0025 \text{ К}$$

1.4 Стандартную неопределенность, обусловленную неточностью электроизмерительной установки $u(\delta r_{\text{с}})$, рассчитывают следующим образом:

$$u(\delta r_{\text{с}}) = \frac{U_{\text{с}}}{2}, \quad (2.6)$$

где $U_{\text{с}}$ — расширенная неопределенность измерения при $k = 2$, приведенная в свидетельстве о поверке установок для измерения сопротивления.

$$u(\delta r_{\text{с}}) = \frac{0,005}{2} = 0,0025 \text{ К}$$

1.5 Стандартную неопределенность, вызванную ограниченной разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки $u(\delta rrs)$, оценивают по типу В по формуле

$$u(\delta rrs) = \frac{\pm ars}{\sqrt{3}}, \quad (2.7)$$

где $\pm ars$, — разрешающая способность установки для измерения сопротивления эталонного [образцового] ТС.

$$u(\delta rrs) = \frac{0,001}{\sqrt{3}} 0,00057735 \text{ К}$$

1.6 Стандартную неопределенность из-за нестабильности эталонного [образцового] ТС за межповерочный интервал $u(\delta tT)$ оценивают методом по типу В по формуле

$$u(\delta tT) = \frac{\pm aT}{\sqrt{3}}, \quad (2.8)$$

где $\pm aT$ — интервал возможного изменения сопротивления эталонного ТС в тройной точке воды в температурном эквиваленте, определенный экспериментально при периодической поверке эталонного [образцового] термометра и приведенный в свидетельстве о его поверке.

$$u(\delta tT) = \frac{0,005}{\sqrt{3}} = 0,003 \text{ К}$$

1.7 Суммарную стандартную неопределенность результата измерения температуры эталонным термометром $u_c(t_x)$ рассчитывают по формуле

$$u_c(t_x) = \sqrt{\frac{1}{c_1^2} u^2(r_{lab1} - j) + u^2(t_S) + u^2(\delta t_c) + \frac{1}{c_1^2} u^2(\delta r_s) + \frac{1}{c_1^2} u^2(\delta r_{rs}) + u^2(\delta t_T)} \quad (2.9)$$

$$u_c(t_x) = \sqrt{\frac{1}{1} 0,006957^2 + 0,009813^2 + 0,0025^2 + \frac{1}{1} 0,0025^2 + \frac{1}{1} 0,00057735^2 + 0,003^2} = 0,010951 \text{ K}$$

Примечание

1 Расчет неопределенности измерения температуры при использовании эталонных ТС, для которых характерны другие функции преобразования, проводят аналогично вышеизложенному.

2 C_1 – коэффициент чувствительности эталонного ТС $\frac{dR}{dt}$, Ом/°C, определяемый при температуре t_{Sp0} уравнению, приведенному в свидетельстве о поверке ТС.

Бюджет неопределенности

Стандартная неопределенность, обусловленная случайными эффектами при измерениях	0,007
Стандартная неопределенность, обусловленная нестабильностью температуры в термостате за время всех циклов измерений	0,0098
Стандартная неопределенность градуировки эталонного термометра сопротивления	0,0025
Стандартная неопределенность, обусловленная нестабильностью электроизмерительной установки	0,0025
Стандартная неопределенность из-за нестабильности эталонного термометра сопротивления за <u>межповерочный интервал</u>	0,003
Суммарная стандартная неопределенность измерений эталонным термометром	0,011

Расчет неопределенности поверки

Включили в расчёт неопределенностей	Пренебрегли в расчетах
Стандартная неопределенность, обусловленная случайными эффектами при измерениях	Стандартная неопределенность из-за перепада по вертикальной оси рабочего объема термостата
Стандартную неопределенность, обусловленную нестабильностью температуры в термостате за время всех циклов измерений	Стандартная неопределенность из-за горизонтального градиента в рабочем объеме термостата
Стандартную неопределенность градуировки эталонного ТС	
Стандартную неопределенность, обусловленную неточностью электроизмерительной установки	
Стандартную неопределенность, вызванную ограниченной разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки	
Стандартную неопределенность из-за нестабильности эталонного [образцового] ТС за межповерочный интервал	
Суммарную стандартную неопределенность	