ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО СТАНДАРТАМ

НПО "Всесоюзный научно-исследовательский институт
метрологии им.Д.И.Менделеева"
(НПО "ВНИИМ им.Д.И.Менделеева")

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель директора
НПО "ВНИИМ им.Д.И.Менделеева"
_____ В.А.Шеглов
_____ 1986 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МИ 1604-87

Ленинград
1986

gost.e-ecolog.ru

Разработаны Научно-производственным объединением "Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева" (НПО "ВНИИМ им.Д.И.Менделеева")

Исполнители: В.И.Лагутин, канд.техн.наук (руководитель темы); Н.Н.Григорович

Подготовлены к утверждению сектором законодательной метрологии НПО "ВНИИМ им.Д.И.Менделеева"

Начальник сектора М.Н.Селиванов

Ведущий инженер И.А.Евреинов

Старший инженер Е.А.Соколова

Утверждены НПО "ВНИИМ им.Д.И.Менделеева"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МИ 1607-87

ВЗАМЕН МИ 108-76
Введены в действие
с . . . . . .

Настоящие методические указания (далее – МУ) распространяются на рабочие термопреобразователи (термоэлектрические, сопротивления, полупроводниковые и др.) и термометры, предназначенные для измерения температуры плоских поверхностей твердых тел контактным способом в диапазоне от 20 до 500 °С, и устанавливают методику их первичной и периодической поверок.

I. ОПЕРАЦИЯ ПОВЕРКИ

I.I. При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в табл.I.

Таблица I

Наименование операции	Номер пункта МУ	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	эксплуатации и хранении
I. Внешний осмотр	5.I.	Да	Да
2. Проверка электрического сопротивления изоляции	5.2.	Да	Да
3. Определение номинальной статической характеристики чувствительного элемента термопреобразователя (термометра)	5.3.	Да	Да

Продолжение табл.I

Наименование операции	Номер пункта МУ	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	эксплуатации и хранении
4. Определение поправок к показаниям термопреобразователя (термометра) при измерении температуры поверхности	5.4	Нет	Да
5. Определение поправок к показаниям термопреобразователя (термометра) при измерении температуры поверхности в условиях, отличных от условий градуировки	5.5.	Нет	Да

Примечание. Допускается проверку по п.2 не проводить, а совместить с проверкой по п.3, определяя при этом зависимость показаний термопреобразователя (термометра) от температуры поверхности.

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.I. При проведении поверки должны быть применены средства, указанные в табл.2.

Таблица 2

Номер пункта МУ	Наименование средств поверки и их нормативно-технические характеристики
5.3.	Образцовые ртутные стеклянные термометры 3-го разряда в соответствии с ГОСТ 8.080-80 (диапазон измерения температуры от 0 до 600 °С, погрешность от 0,03 до 3,0 °С); образцовые платинородий-платиновые термоэлектрические термометры 3-го разряда в соответствии с ГОСТ 8.080-80 (диапазон измерения температуры от 0 до I200 °С, погрешность от 0,8 до 2,0 °С); установка УТТ-6ВМП, диапазон измерения температуры от 0 до I200 °С.

Продолжение табл.2

Номер пункта МУ	Наименование средств поверки и их нормативно-технические характеристики
5.4.	Комплекс аппаратуры УГТП-2, диапазон измерения температуры от 20 до 500 °С, погрешность поддержания температуры поверхности $(0,2 + 0,002t)$ °С
5.2.	Мегаомметр типа М 1101 М по ГОСТ 23706-79

2.2. Допускается применять другие средства поверки и поверочные установки, прошедшие метрологическую аттестацию или поверенные в органах государственной метрологической службы и удовлетворяющие требованиям настоящих МУ.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. При поверке термопреобразователей и термометров должны соблюдаться "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденные Госэнергонадзором, и требования, установленные ГОСТ 12.2.007.0-75.

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающего воздуха	(20 ± 5) °С
атмосферное давление	(100 ± 4) кПа
относительная влажность	(65 ± 15) %
условия теплообмена с окружающей средой	естественная конвекция (коэффициент теплообмена около 10 Вт/(м^2·°С))
материал поверхности градуировочной плиты установки УГТП-2	нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т

4.2. Перед проведением поверки должны быть выполнены подготовительные работы, предусмотренные техническим описанием на применяемые средства поверки.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1. Внешний осмотр

5.1.1. При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемых средств измерений следующим требованиям: рабочая поверхность поверяемого средства измерения должна быть без вмятин, царапин и следов коррозии. Маркировка поверяемого средства измерений должна соответствовать его паспорту.

5.2. Проверка электрического сопротивления изоляции – по ГОСТ 6651-84 (термопреобразователи сопротивления), ГОСТ 6616-74 (преобразователи термоэлектрические) или в соответствии с требованиями ТУ на другие типы термопреобразователей.

5.3. Определение номинальной статической характеристики преобразования

Определение номинальной статической характеристики преобразования термопреобразователей (термометров) в зависимости от их типов проводить по ГОСТ 8.461-82, ГОСТ 8.338-78 или в соответствии с НТД на поверяемые средства измерений.

Для термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей номинальная статическая характеристика преобразования должна соответствовать требованиям ГОСТ 6651-84 и ГОСТ 3044-84, соответственно. Для других типов термопреобразователей (термометров) номинальная статическая характеристика преобразования должна соответствовать установленной в НТД на поверяемое средство измерения.

5.4. Определение поправок к показаниям термопреобразователя (термометра) при измерении температуры поверхности

5.4.I. Определение поправок к показаниям термопреобразователя (термометра) при измерении температуры поверхности производят на комплексе аппаратуры УГТП-2.

5.4.2. Поправки к показаниям термопреобразователя (термометра) определяют при максимальной температуре его применения.

5.4.3. Устанавливают на поверхности градуировочной плиты установки УГТП-2 необходимую температуру. После достижения стационарного режима определяют температуру поверхности плиты $t_п$ по формуле

$$t_п = t_4 - \frac{h(t_4 - t_1)}{h_{14}},$$

где h_4 – расстояние от поверхности градуировочной плиты до места расположения 4-й термопары внутри плиты (для установки УГТП-2 h_4 = 28 мм);

h_{14} – расстояние между I-й и 4-й термопарами (для УГТП-2 h_{14} = 2I мм);

t_1, t_4 – температура в I-й и IУ-й точках по высоте плиты.

5.4.4. Устанавливают поверяемый термопреобразователь (термометр) на поверхности плиты.

5.4.5. Снимают показания поверяемого термопреобразователя (термометра) $t_т$ в соответствии с методикой, изложенной в НТД на поверяемое средство измерения.

5.4.6. Определяют поправку Δt_{max} термопреобразователя (термометра) при максимальной температуре его применения

$$\Delta t_{max} = t_п - t_т .$$

5.4.7. Вычисляют поправки Δt_i соответствующие промежуточным температурам заданного диапазона применения термопреобразователя (термометра), путем линейной интерполяции. Второй базовой точкой является температура поверхности плиты, равная температуре окружающей среды, когда поправка Δt_i равна нулю.

5.4.8. Поправка Δt_i не должна превышать значений, указанных в НТД на конкретный термопреобразователь (термометр).

5.5. Поправки к показаниям термопреобразователя (термометра) при измерении температуры поверхности в условиях, отличных от условий градуировки (п.4.1) определяют по методу, изложенному в Приложении 2.

6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1. На термопреобразователь (термометр), удовлетворяющий требованиям настоящих МУ, выдают свидетельство о поверке установленной формы. Форма оборотной стороны свидетельства приведена в приложении I.

6.2. Термопреобразователи (термометры), не удовлетворяющие требованиям настоящих МУ, к выпуску в обращение и к применению не допускают, и на них выдают извещения о непригодности с указанием причины.

Начальник НИС — Ь.Н.Олейник

Начальник сектора законодательной метрологии — М.И.Селиванов

Начальник лаборатории — А.И.Походун

Руководитель темы и исполнитель — К.Г.Черкасова

ПРИЛОЖЕНИЕ I
Справочное

Форма оборотной стороны свидетельства
о поверке термопреобразователя (термометра)

I. Определение статической номинальной характеристики (НСХ) преобразования термопреобразователя (термометра).

Температура, °С	Показания термометра

Градуировка произведена в термостате типа _____ сличением с образцовыми 3-го разряда ртутными стеклянными термометрами и образцовыми 3-го разряда платинородий-платиновыми термометрами.

2. Определение поправок термопреобразователя (термометра) на поверхности градуировочной плиты установки УГТП-2.

Температура поверхности $t_п$, °С	Показания термометра, $t_т$, °С	Поправка, °С $\Delta t_i = t_п - t_т$

Градуировка произведена на поверхности массивной плиты из нержавеющей стали марки Х18Н10Т (параметр шероховатости R_a от 0,32 до 0,25 мкм), при нормальных окружающих условиях.

Поверитель

Дата поверки

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

Учет различия условий градуировки и эксплуатации термометра

Поправка Δt_i экспериментально определена на поверхности массивной плиты из нержавеющей стали марки Х18Н10Т (параметр шероховатости Ra от 0,32 до 0,25 мкм), усилие прижима 5 – 15 Н, при нормальных окружающих условиях: атмосферное давление (100 ± 4) кПа, относительная влажность (65 ± 15) %, температура окружающей среды (20 ± 5) °С, условия теплообмена с окружающей средой – естественная конвекция.

В случае отличия условий эксплуатации термометра от условий его градуировки производят пересчет поправки Δt_i. Для этой цели определяют температуру поверхности плиты (при заданной температуре градуировки) до установления термометра t_n и после его установления t_n'. Тогда поправку Δt_i рассчитывают по формуле:

$$\Delta t_i = \frac{\Lambda_э \frac{\alpha_t}{\alpha_{t0}} - \alpha_t \sigma}{\Lambda_0 + \Lambda_э \frac{\alpha_t}{\alpha_{t0}}} t_n + \frac{\Lambda_0 \frac{\alpha_t}{\alpha_{t0}}}{\Lambda_к} t_n',$$

где Λ_0 – тепловая проводимость контролируемого объекта, Вт/°С;

$\Lambda_т$ – тепловая проводимость термометра между его чувствительным элементом и окружающей средой, Вт/°С;

$\Lambda_к$ – тепловая проводимость между чувствительным элементом термометра и контролируемой поверхностью, Вт/°С;

$\Lambda_э$ – эквивалентная тепловая проводимость термометра и контактного слоя, Вт/°С;

α_t – коэффициент теплообмена поверхности плиты с окружающей средой при температуре поверхности плиты, равной в условиях эксплуатации, Вт/(м^2·°С);

α_{30} – коэффициент теплообмена поверхности с окружающей средой при температуре поверхности плиты, равной 30 °С; в условиях естественной конвекции, Вт/(м².°С);

$б$ – площадь теплового контакта термометра с контролируемой поверхностью, м².

Тепловая проводимость контролируемого объекта Λ_o является функцией материала, размеров контролируемого объекта и конструкции измерителя температуры поверхности. Значение теплопроводности рассчитывают по формулам:

для массивных тел (диаметр и толщина не менее чем в 10 раз превышают размер контакта)

$$\Lambda_o = \frac{3}{8}\pi^2 r \lambda_o ;$$

для тонких пластин (толщина менее 1.10^{-2} м) и

для металлических пластин (толщина менее $0{,}5.10^{-3}$ м – для изоляционных материалов)

$$\Lambda_o = 2\pi\lambda_o \delta \mu r \frac{K_1(\mu r)}{K_0(\mu r)},$$

где $\mu = \sqrt{\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\lambda_o \delta}}$;

λ_o – коэффициент теплопроводности материала пластины, Вт/(м.°С);

δ – толщина пластины, м;

r – радиус пятна теплового контакта термометра с поверхностью, м;

α_1, α_2 – коэффициенты теплообмена с обеих сторон пластины, Вт/(м².°С);

$K_0(\mu r)$ – модифицированные функции Бесселя нулевого и $K_1(\mu r)$ первого порядков.

Тепловая проводимость термометра $\Lambda_т$ характеризует конструкцию термометра, а тепловая проводимость контактного слоя $\Lambda_к$ характеризует условия теплового контакта термометра с поверхностью и зависит от чистоты обработки, материала контролируемого объекта и усилия прижима термометра к поверхности. Значения $\Lambda_т$ и $\Lambda_к$ определяют экспериментально следующим образом.

I. Определение тепловой проводимости термометра $\Lambda_т$

I.I. Устанавливают между градуируемым термометром и поверхностью градуировочной плиты дополнительное тепловое сопротивление R_w с известным значением.

I.2. При температуре поверхности, равной (30 ± 2) °С определяют температуру термометра $t'_т$.

1.3. Повторяют операцию п.I.2 без дополнительного теплового сопротивления, определяя температуру термометра $t_т$.

I.4. Вычисляют тепловую проводимость термометра по формуле

$$\Lambda_т = \frac{\sigma}{R_w} t_п \left(\frac{1}{t'_т} - \frac{1}{t_т} \right).$$

2. Определяют тепловую проводимость контактного слоя между чувствительным элементом термометра и поверхностью по формуле

$$\Lambda_к = \frac{\sigma}{R_w} \frac{t_п (t_т - t'_т)}{t'_т (t_п - t_т)}.$$

3. Эквивалентную тепловую проводимость термометра и контактного слоя вычисляют по формуле

$$\Lambda_э = \frac{\Lambda_к \cdot \Lambda_т}{\Lambda_к + \Lambda_т}.$$

Пример. Термометр предназначен для измерения температуры поверхности изоляционного материала (шамот) в условиях обдува воздухом со скоростью 16 м/с. Температура поверхности объекта $t_n = 50\ ^{\circ}C$.

Поправку к показаниям термометра рассчитывают по формуле

$$\Delta t = \frac{\Lambda_э \frac{\alpha_t}{\alpha_{30}} - \alpha_t \sigma}{\Lambda_o + \Lambda_э \frac{\alpha_t}{\alpha_{30}}} t_n + \frac{\Lambda_o \frac{\alpha_t}{\alpha_{30}}}{\Lambda_к} \cdot t_n'$$

(обозначения к формуле раскрыты ранее).

Тепловая проводимость объекта

$$\Lambda_o = 190.10^{-4}\ Вт/^{\circ}C$$

Тепловые проводимости термометра ($\Lambda_т$), контактного слоя ($\Lambda_к$) и эквивалентная ($\Lambda_э$), экспериментально определенные в соответствии с разделом 1 настоящего приложения, равны:

$$\Lambda_т = 29{,}7.10^{-4}\ Вт/^{\circ}C;$$
$$\Lambda_к = 600.10^{-4}\ Вт/^{\circ}C;$$
$$\Lambda_э = 28{,}3.10^{-4}\ Вт/^{\circ}C.$$

Коэффициент теплообмена поверхности плиты с окружающей средой α_t при скорости обдува 16 м/с равен 64,5 $Вт/(м^2.^{\circ}C)$.

Коэффициент теплообмена поверхности плиты в условиях естественной конвекции при температуре поверхности 30 °С

$$\alpha_{30} = 10\ Вт/(м^2.^{\circ}C).$$

Площадь теплового контакта термометра с контролируемой поверхностью $\sigma = 3.10^{-4}\ м^2$.

Подставляя расчетно-экспериментальные данные в формулу для определения поправки, получаем

$$\Delta t = 13{,}5\ ^{\circ}C.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

Аппаратура для градуировки измерителей температуры поверхности твердых тел контактным способом (установка УГТП-2)

В комплект аппаратуры для градуировки измерителей температуры поверхности входят:

I. Установка для градуировки чувствительных элементов термометров методом погружения, включающая:

термостат нулевой ТН-5 для определения сопротивления чувствительного элемента термометра (R_0) при 0 °С;

термостат паровой ТП-5 для определения сопротивления чувствительного элемента термометра (R_{100}) при 100 °С;

термостат водяной для градуировки чувствительного элемента термометра в диапазоне 20 – 95 °С;

термостат масляный для градуировки чувствительного элемента термометра в диапазоне 100 – 300 °С;

печь СУОЛ 04.4/12 для градуировки чувствительного элемента термометра в диапазоне до 500 °С.

II. Установка для определения поправок на теплообмен контактного термометра с поверхностью объекта и окружающей средой (температурный диапазон 20 – 500 °С).

III. Набор образцовых ртутных стеклянных термометров 3-го разряда; образцовый платинородий-платиновый термоэлектрический термометр 3-го разряда.

IУ. Измерительный пульт.

В качестве поверхности градуировочного объекта выбрана поверхность массивной плиты (для поверхности градуировочной плиты параметр шероховатости Ra от 0,32 до 0,25 мкм) из нержавеющей стали марки Х18Н10Т.

Для создания градиента температурного поля плита установлена на плоском нагревателе. С целью выравнивания температурного поля боковая поверхность плиты окружена охранным нагревателем. Плита с нагревателем изолирована от окружающей среды шамотной кромкой.

Для определения неискаженной и искаженной температур поверхности необходимо знать температурное поле. Для этой цели внутри плиты расположено четыре дифференциальных термопари, позволяющих определять температуру в различных точках по высоте и радиусу плиты ($t_1 - t_4$). Холодные спаи термопар помещены в сосуд Дьюара с маслом с фиксируемой комнатной температурой ($t_{х.с.}$). Контрольные термопары через бесторкоточный переключатель соединены с потенциометрической установкой, на которой измеряют Т ЭД С..

Установка снабжена системой автоматического регулирования и поддержания температуры поверхности градуировочной плиты.

gost.e-ecolog.ru