

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ**

**ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И  
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ (ВНИИФТРИ)**

**М Е Т О Д И К А**  
**ПОВЕРКИ РАБОЧИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**  
**ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ**  
**ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ**  
**ТВЕРДЫХ ТЕЛ**  
**МИ 153—78**

**Москва**  
**ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ**  
**1979**

**РАЗРАБОТАНА** Всесоюзным Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательским институтом физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ)

Директор В. К. Коробов

Исполнители: Я. С. Агранович, В. А. Медведев

**ПОДГОТОВЛЕНА К УТВЕРЖДЕНИЮ** Сектором госиспытаний и стандартизации

Руководитель сектора И. И. Турунцева

Исполнитель И. Ш. Генфон

**УТВЕРЖДЕНА** Научно-техническим советом ВНИИФТРИ 28 декабря 1977 г. (протокол № 12)

## МЕТОДИКА

### ПОВЕРКИ РАБОЧИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

#### МИ 153—78

Настоящая методика распространяется на дилатометры, предназначенные для определения температурных коэффициентов линейного расширения (ТКЛР) твердых тел в диапазоне  $3 \cdot 10^{-7}$ — $2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  с допустимой погрешностью от  $1 \cdot 10^{-7}$  до  $1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  при температурах 20—300 К, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

#### 1. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства, указанные в таблице.

Наименование операции	Номер пункта методики	Средство поверки и его нормативно-техническая характеристика	Обязательность проведения операции при		
			выпуске из производства	ремонте	эксплуатации и хранении
Проверка комплектности дилатометра	3.1		Да	Нет	Нет
Внешний осмотр	3.2		Да	Да	Да
Определение погрешности $\Delta$	3.3	Меры дилатометрические образцовые 3-го разряда типа МТ по ГОСТ 8.158—75	Да	Да	Да

Примечание. Разрешается применение отдельных вновь разработанных или находящихся в эксплуатации средств поверки, прошедших метрологическую аттестацию в установленном порядке.

© Издательство стандартов, 1979

## 2. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки температура и влажность воздуха в помещении должны соответствовать указанным в НТД поверяемого дилатометра.

2.2. Применяемые образцовые меры (образцы с известной зависимостью ТКЛР от температуры — ГОСТ 8.158—75) по форме и размерам должны быть идентичны образцам, исследуемым на поверяемом дилатометре.

2.3. При проведении поверки последовательность операций при измерениях должна соответствовать указанной в НТД на дилатометр.

## 3. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 3.1. Проверка комплектности дилатометра

3.1.1. При проверке комплектности дилатометра должно быть установлено ее соответствие комплектности, указанной в технической документации.

### 3.2. Внешний осмотр

3.2.1. При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие дилатометра следующим требованиям:

отсутствие повреждений, влияющих на работу дилатометра; размещение образцовой меры в дилатометре, а также монтаж схем регулирования и измерения в соответствии с указанным в технической документации на дилатометр.

### 3.3. Определение погрешности $\Delta$

3.3.1. Случайную и систематическую составляющие погрешности  $\Delta$  определяют измерением ТКЛР образцовой меры на поверяемом дилатометре; измерения проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации поверяемого дилатометра.

3.3.2. ТКЛР определяют в начале, середине и конце температурного диапазона работы дилатометра пять раз на каждом участке.

3.3.3. В указанных (см. п. 3.3.2) участках температурного диапазона находят средние значения ТКЛР образцовой меры в интервале  $\Delta T$ , выбранном в соответствии с техническими условиями на поверяемый дилатометр (например,  $\Delta T = 5, 10, 20$  или  $50$  К). Каждое из найденных средних значений ТКЛР относят к температуре середины интервала:

$$T_c = T_1 + \frac{\Delta T}{2}. \quad (1)$$

3.3.4. Среднее значение ТКЛР вычисляют по формуле

$$\alpha_t^{\text{сп}} = \frac{1}{l_0} \frac{\Delta l_t}{\Delta T}, \quad (2)$$

где  $l_0$  — длина образцовой меры, приведенная в паспорте на меру;  
 $\Delta l_t$  — приращение длины образцовой меры.

3.3.5. Каждое из найденных значений ТКЛР приводят к одному и тому же целочисленному значению температуры  $T^n$  в середине выбранного интервала методом линейной интерполяции с помощью значений первых разностей  $\Delta\alpha(T)$ , приведенных в паспорте на образцовую меру.

3.3.6. Случайную составляющую погрешности  $\dot{\Delta}$  вычисляют по формуле

$$\begin{aligned} \dot{\Delta} &= t_q \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i^n - \alpha_{cp}^n)^2}{n(n-1)}} = 2,78 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\alpha_i^n - \alpha_{cp}^n)^2}{5 \cdot 4}} = \\ &= 0,62 \sqrt{\sum_{i=1}^5 (\alpha_i^n - \alpha_{cp}^n)^2}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\alpha_i^n$  — значение  $\alpha_i$ , приведенное к температуре  $T^n$ :

$$\alpha_{cp}^n = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \alpha_i^n; \quad (4)$$

$t_q$  — коэффициент Стьюдента.

3.3.7. Систематическую составляющую  $\Delta_c$  погрешности определяют по формуле

$$\Delta_c = |\alpha_0^{cp} - \alpha_{cp}^n|, \quad (5)$$

где  $\alpha_0^{cp}$  — среднее значение ТКЛР образцовой меры в интервале измерений (см. п. 3.3.3), вычисляемое по формуле

$$\alpha_0^{cp} = \frac{1}{m-1} \left[ \sum_{i=2}^{m-1} \alpha_0^i + \frac{1}{2} (\alpha_0^1 + \alpha_0^m) \right]; \quad (6)$$

здесь  $\alpha_0^1$ ,  $\alpha_0^i$ ,  $\alpha_0^m$  — значения ТКЛР меры, приведенные в паспорте на нее в интервале измерений;  $m$  — число значений  $\alpha_0^i$  в этом же интервале.

Формула (6) выведена интегрированием по методу трапеций.

3.3.8. Погрешность  $\Delta$  поверяемого dilatометра для начала, середины и конца рабочего диапазона температур вычисляют по формуле

$$\Delta = \sqrt{\dot{\Delta}^2 + \Delta_c^2 + \Delta_m^2}, \quad (7)$$

где  $\Delta_m$  — допустимая погрешность образцовой меры, указанная в паспорте.

3.3.9. Погрешность  $\Delta$  не должна превышать значения, указанного в НТД на поверяемый dilatометр.

3.3.10. Результаты поверки заносят в протокол, форма которого приведена в обязательном приложении I.

3.3.11. Пример расчетов по обработке результатов поверки приведен в обязательных приложениях II и III.

#### **4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**

4.1. При выпуске дилатометра из производства и после ремонта результаты поверки заносят в паспорт дилатометра.

4.2. На дилатометры, удовлетворяющие требованиям настоящей методики, выдают свидетельство установленной формы.

4.3. Не допускается выпуск в обращение и применение средств измерений, прошедших поверку с отрицательными результатами.

4.4. При отрицательных результатах поверки погашают клеймо и в документ о поверке вносят указание о непригодности поверенных средств измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
(обязательное)

ПРОТОКОЛ

поверки дилатометра типа \_\_\_\_\_

заводской номер \_\_\_\_\_

рабочий диапазон температур \_\_\_\_\_

мера дилатометрическая образцовая № \_\_\_\_\_  $\Delta_M =$

Диапазон	№ п/п	$T_1, K$	$T_2, K$	$\Delta T, K$	$T_c, K$	$\alpha_i^{cp} \cdot 10^6, K^{-1}$	$T^p, K$	$\alpha_i^p \cdot 10^6, K^{-1}$	$\alpha_{cp}^p \cdot 10^6, K^{-1}$	$(\alpha_i^p - \alpha_{cp}^p) \times 10^6, K^{-1}$	$(\alpha_i^p - \alpha_{cp}^p)^2 \times 10^{12}, K^{-2}$	$\Delta \cdot 10^6, K^{-1}$	$\alpha_0^{cp} \cdot 10^6, K^{-1}$	$\Delta_c \cdot 10^6, K^{-1}$	$\Delta \cdot 10^6, K^{-1}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Начало диапазона	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
Середина диапазона	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
Конец диапазона	1														
	2														
	3														
	4														
	5														

Пример

расчетов по обработке результатов поверки дилатометра

1. Проведение измерений

1.1. Внести в протокол поверки данные о поверяемом дилатометре и примененной мере.

1.2. Выбрать начало, середину и конец диапазона работы дилатометра. Например, если рабочий диапазон температур 80—300 К (см. приложение III), то выбираем температуры 85 К, 180 К и 280 К.

1.3. Выбрать интервал температур нагрева. Например,  $\Delta T \approx 7$  К.

1.4. Охладить образцовую меру до минимальной температуры данного участка. Например,  $T_1 = 80,21$  К. Записать значение  $T_1$  в графу 2 протокола поверки.

1.5. Нагреть меру на  $\Delta T \approx 7$  К. Когда наступит ее стабилизация, измерить  $T_2$  и результат записать в графу 3 протокола. Например,  $T_2 = 87,64$  К.

1.6. Вычислить  $\Delta T = T_2 - T_1 = 87,64 - 80,21 = 7,43$  К, результат записать в графу 4.

1.7. Вычислить температуру отнесения по формуле (1) данной методики.

$$T_c = T_1 + \frac{\Delta T}{2} = 80,21 + \frac{7,43}{2} = 83,92 \text{ К.}$$

Результат записать в графу 5 протокола.

1.8. Записать на отдельном листе значение  $\Delta l$ , измеренное дилатометром, и вычислить  $\alpha_1^{\text{ср}}$  по формуле (2) методики. Полученное значение записать в графу 6 протокола. Значение  $l_0$  меры использовать из ее паспорта. Например, расчет дал  $\alpha_1^{\text{ср}} = 8,79 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

1.9. Повторить последовательность изложенных в пп. 1.4—1.8 операций пять раз подряд, записывая каждый раз данные в соответствующие графы протокола (см. приложение III) в строку «Начало диапазона».

1.10. Нагреть образцовую меру до температуры  $\sim 180$  К.

1.11. Вблизи этой температуры нагреть меру на  $\Delta T \approx 7$  К и произвести все операции аналогично пп. 1.4—1.8 (см. приложение III) пять раз подряд. Данные занести в протокол в строку «Середина диапазона».

1.12. Нагреть образцовую меру до температуры  $\sim 280$  К.

1.13. Вблизи этой температуры нагреть меру на  $\Delta T \approx 7$  К и повторить все операции аналогично пп. 1.4—1.8 (см. приложение III) пять раз подряд. Данные занести в протокол в строку «Конец диапазона».

2. Определение погрешности

2.1. Найти средние значения температур отнесения для начала, середины и конца рабочего диапазона и выбрать температуры приведения, близкие к этим значениям. Например, для начала диапазона

$$T_{\text{отв}} = \frac{83,92 + 83,75 + 85,13 + 84,86 + 85,84}{5} = 84,7 \text{ К.}$$

Выберем температуру приведения  $T_1 = 85$  К. Для середины диапазона  $T_2 = 181$  К. Для конца аналогично получим  $T_3 = 276$  К. Занесем результаты в графу 7 протокола.

2.2. Вычислить приведенные значения  $\alpha_i^{\text{п}}$  для каждого участка диапазона.

2.2.1. Для начала диапазона  $T^{\text{п}} = 85$  К;  $T_{\text{отн}} = 83,92$  К. Найдем разность  $T^{\text{п}} - T_{\text{отн}} = 85 - 83,92 = 1,08$  К. Поскольку разность более 1 К, приведение осуществим в два этапа.



2.2.1.1. Сначала вычислим приведенное значение ТКЛР для  $T=84$  К. Из паспорта на образцовую меру найдем разность значений ТКЛР между 84 и 83 К. Она равна  $0,115 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Следовательно, поправка приведения  $\Delta\alpha' = 0,115 \cdot 10^{-6} \cdot 0,08 = 0,0092 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Тогда значение ТКЛР, приведенное к  $T=84$  К,  $\alpha' = 8,79 \cdot 10^{-6} + 0,0092 \cdot 10^{-6} \approx 8,80 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ .

2.2.1.2. Затем определим значение ТКЛР, приведенное к  $T^n = 85$  К. Разность значений ТКЛР меры между 85 и 84 К равна  $0,113 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Следовательно,  $\alpha_1^n = \alpha' + 0,113 \cdot 10^{-6} = 8,80 \cdot 10^{-6} + 0,113 \cdot 10^{-6} \approx 8,91 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Этот результат заносим в графу 8 протокола.

Затем аналогично, тоже в два этапа, установим  $\alpha_2^n$ , так как  $T^n - T_{отн2} = 85 - 83,75 = 1,25$  К, т. е. тоже более 1 К. Сначала найдем приведенное значение для  $T=84$  К, а затем для  $T=85$  К.

Приведенное значение для  $T=84$  К:  $\Delta\alpha'' = 0,115 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25 = 0,0287 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ .  $\Delta\alpha' = 8,82 \cdot 10^{-6} + 0,0287 \cdot 10^{-6} = 8,85 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ .  $\alpha_2^n = 8,85 \cdot 10^{-6} + 0,113 \cdot 10^{-6} = 8,96 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Занесем результат в графу 8 протокола. Найдем  $\alpha_3^n$ .  $T_{отн3} = 85,13$  К.  $T^n = 85$  К. Следовательно,  $T^n - T_{отн3} = 85 - 85,13 = -0,13$  К. Найдем разность ТКЛР меры между 86 и 85 К по паспорту меры. Она равна  $0,111 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Тогда поправка приведения  $\Delta\alpha''' = 0,111 \cdot 10^{-6} \cdot (-0,13) = -0,0144 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Следовательно, приведенное значение  $\alpha_3^n = \alpha_2^{cp} + \Delta\alpha''' = 8,96 \cdot 10^{-6} - 0,0144 \cdot 10^{-6} = 8,94 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Продолжая аналогичные вычисления, получим  $\alpha_4^n = 9,08 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ ,  $\alpha_5^n = 9,16 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Результаты занесем в графу 8 протокола.

2.2.2. Для середины диапазона  $T_{отн1} = 178,84$  К;  $T^n = 181$  К;  $T^n - T_{отн1} = 181 - 178,84 = 2,16$  К. Поскольку разность более 2 К, приведение проведем в три этапа.

Вначале приведем к температуре 179 К. По паспорту меры найдем разность значений ТКЛР между 179 и 178 К. Она равна  $0,028 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Следовательно, значение ТКЛР, приведенное к  $T=179$  К, составляет  $\alpha' = \Delta\alpha' + \alpha_1^{cp} = 0,028 \cdot 10^{-6} \cdot 0,16 + 14,66 \cdot 10^{-6} \approx 14,66 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ .

Затем последовательно приведем ТКЛР к температурам 180 и 181 К. Из паспорта на меру возьмем разность ТКЛР между 180 и 179 К и между 181 и 180 К. Она равна соответственно  $\Delta\alpha'' = 0,027 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$  и  $\Delta\alpha''' = 0,027 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Следовательно  $\alpha_1^n = \alpha' + \Delta\alpha'' + \Delta\alpha''' = 14,66 \cdot 10^{-6} + 0,027 \cdot 10^{-6} + 0,027 \cdot 10^{-6} = 14,71 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Результат занесем в графу 8 протокола. Далее,  $T_{отн2} = 180,02$  К;  $T^n = 181$  К;  $T^n - T_{отн2} = 181 - 180,02 = 0,98$  К.

Следовательно,  $\Delta\alpha_2' = 0,027 \cdot 10^{-6} \cdot 0,98 = 0,0265 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Значит  $\alpha_2^n = \alpha_2^{cp} + \Delta\alpha_2' = 14,82 \cdot 10^{-6} + 0,0265 \cdot 10^{-6} \approx 14,85 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Занесем результат в графу 8 протокола. Проведя аналогичные вычисления, найдем  $\alpha_3^n = 14,88 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ ;  $\alpha_4^n = 14,82 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ ;  $\alpha_5^n = 14,80 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Результаты занесем в графу 8 протокола.

2.2.3. Для конца диапазона проведем аналогичные вычисления; если разность между  $T^n$  и  $T_{отн}$  превышает 1 К, то приведение осуществляем в два этапа, если превышает 2 К, то в три этапа и т. д.

Для конца диапазона получим  $\alpha_1^n = 16,63 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ ;  $\alpha_2^n = 16,54 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ ;  $\alpha_3^n = 16,53 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ ;  $\alpha_4^n = 16,51 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ ;  $\alpha_5^n = 16,47 \cdot 10^{-6}$  К $^{-1}$ . Занесем результаты в графу 8 протокола.

2.3. Значение  $\alpha_{cp}^n$  для каждого участка диапазона вычислим по формуле (4) методики. Результаты запишем в графе 9 протокола.

2.4. Вычислим последовательно разности  $\alpha_i^n - \alpha_{cp}^n$  и  $(\alpha_i^n - \alpha_{cp}^n)^2$  для каждого участка диапазона. Результаты занесем в графы 10 и 11.

2.5. Определим случайную составляющую погрешности  $\Delta$  для каждого участка диапазона по формуле (3) методики. Результаты занесем в графу 12 протокола.

2.6. Вычислим  $\alpha_0^{\text{cp}}$  для каждого участка диапазона по формуле (6) методики. Данные возьмем из паспорта меры. Для начала диапазона самая низкая температура в интервале  $\Delta T - T_1$  составляет 80,21 К, самая высокая  $T_2 - 89,21$  К. Из паспорта выпишем все значения ТКЛР меры, лежащие между 80 и 89 К через 1 К. Всего значений 10.

По формуле (6) методики определим

$$\alpha_0^{\text{cp}} = \frac{1}{10-1} \left[ \sum_2^9 \alpha_{0i} + \frac{\alpha_{01} + \alpha_{010}}{2} \right] = \frac{1}{9} \left[ 71,3 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1} + \frac{8,388 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1} + 9,407 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}}{2} \right] \approx 8,91 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}.$$

(суммируем значения от  $\alpha_{02}$  при  $T=81$  К до  $\alpha_{09}$  при  $T=88$  К).

Для середины диапазона самая низкая температура в интервале  $\Delta T - T_1$  равна 174,51 К, самая высокая  $T_2 - 187,13$  К. Из паспорта выпишем все значения ТКЛР меры, лежащие между 174 и 187 К. Всего значений 14. По формуле (6) методики определим

$$\alpha_0^{\text{cp}} = \frac{1}{14-1} \left[ \sum_2^{13} \alpha_{0i} + \frac{\alpha_{01} + \alpha_{014}}{2} \right] = \frac{1}{13} \left[ 176,65 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1} + \frac{14,540 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1} + 14,890 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}}{2} \right] \approx 14,72 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$$

(суммируем значения от  $\alpha_{02}$  при  $T=175$  К до  $\alpha_{013}$  при  $T=186$  К). Аналогичные вычисления для конца диапазона дают  $\alpha_0^{\text{cp}} = 16,44 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ . Результаты запишем в графу 13 протокола.

2.7. Вычислим систематическую составляющую  $\Delta_c$  по формуле (5) методики. Результаты запишем в графу 14 протокола.

2.8. Вычислим погрешность  $\Delta$  для начала, середины и конца рабочего диапазона поверяемого dilatометра по формуле (7) методики. Результаты запишем в графу 15 протокола.

Например, для начала диапазона

$$\Delta = \sqrt{\Delta^{\circ 2} + \Delta_c^2 + \Delta_m^2} = \sqrt{(0,131)^2 \cdot 10^{-12} + (0,10)^2 \cdot 10^{-12} + (0,06)^2 \cdot 10^{-12}} = 10^{-6} \sqrt{0,017161 + 0,01 + 0,0036} = 10^{-6} \sqrt{0,030761} \approx 0,175 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}.$$

Значение  $\Delta_m$  возьмем из паспорта на меру.

Пример заполнения протокола поверки

ПРОТОКОЛ

поверки дилатометра типа ДНК-4В

Заводской номер 034

Рабочий диапазон температур 80—300 К

Мера дилатометрическая образцовая № 21

$\Delta_M = 0,06 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$

Диапазон	№ п/п	$T_1, \text{ К}$	$T_2, \text{ К}$	$\Delta T, \text{ К}$	$T_{\text{ср}}, \text{ К}$	$\alpha_t^{\text{ср}} \cdot 10^6, \text{ К}^{-1}$	$T^{\text{п}}, \text{ К}$	$\alpha_t^{\text{п}} \cdot 10^6, \text{ К}^{-1}$	$\alpha_{\text{ср}}^{\text{п}} \cdot 10^6, \text{ К}^{-1}$	$(\alpha_t^{\text{п}} - \alpha_{\text{ср}}^{\text{п}}) \times 10^6, \text{ К}^{-1}$	$(\alpha_t^{\text{п}} - \alpha_{\text{ср}}^{\text{п}})^2 \times 10^{12}, \text{ К}^{-2}$	$\bar{\Delta} \cdot 10^6, \text{ К}^{-1}$	$\alpha_0^{\text{ср}} \cdot 10^6, \text{ К}^{-1}$	$\Delta_{\text{с}} \cdot 10^6, \text{ К}^{-1}$	$\Delta \cdot 10^6, \text{ К}^{-1}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Начало диапазона	1	80,21	87,64	7,43	83,92	8,79	85	8,91	9,01	-0,10	0,0100	0,131	8,91	0,10	0,175
	2	80,48	87,03	6,65	83,75	8,82		8,96		-0,05	0,0025				
	3	81,32	88,95	7,63	85,13	8,96		8,94		-0,07	0,0049				
	4	81,33	88,39	7,06	84,86	9,07		9,08		+0,07	0,0049				
	5	82,47	89,21	6,74	85,84	9,25		9,16		+0,15	0,0225				
Середина диапазона	1	175,32	182,36	7,04	178,84	14,66	181	14,71	14,83	-0,12	0,0144	0,092	14,72	0,11	0,155
	2	176,53	183,51	6,98	180,02	14,82		14,85		+0,02	0,0002				
	3	174,51	181,83	7,32	178,17	14,80		14,88		+0,05	0,0025				
	4	178,83	185,99	7,16	182,41	14,86		14,82		-0,01	0,0001				
	5	179,99	187,13	7,14	183,56	14,87		14,90		+0,07	0,0049				
Конец диапазона	1	270,28	277,60	7,32	273,94	16,60	276	16,63	16,54	+0,09	0,0081	0,073	16,44	0,10	0,137
	2	273,63	281,13	7,50	277,38	16,56		16,54		0	0				
	3	271,61	278,57	6,96	275,09	16,52		16,53		-0,01	0,0001				
	4	271,28	278,34	7,06	274,81	16,49		16,51		-0,03	0,0009				
	5	275,68	282,80	7,12	279,24	16,52		16,47		-0,07	0,0049				

## **МЕТОДИКА**

**поверки рабочих средств измерений температурных коэффициентов  
линейного расширения твердых тел**

**МИ 153—78**

Редактор *Э. А. Абрамова*

Технический редактор *О. Н. Никитина*

Корректор *Г. В. Бобкова*

Сдано в набор 17.07.78 Подп. в печ. 04.10.78 Формат 60×90 Бумага типографская №2. Гарнитура литературная. Печать высокая 0,75 усл. п. л. 0,70 уч.-изд. л. Тираж 3000 Зак. 2318 Цена 5 коп. Изд. № 5634/4

---

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, Москва, Д-557, Новопресненский пер., 3  
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256.