ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 8.992— 2020**

# Государственная система обеспечения единства измерений

# СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

# Армко железо. Никель. Температурный коэффициент линейного расширения и удельное электрическое сопротивление в диапазоне температур от 300 К до 1000 К

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Главным научным метрологическим центром «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов» (ГНМЦ «ССД»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 180 «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 апреля 2020 г. № 185-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*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 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, 2020

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

## Содержание

1 Область применения ..... 1
2 Нормативные ссылки ..... 1
3 Общие положения ..... 1
Приложение А (справочное) Экспериментальные данные ..... 6
Библиография ..... 16

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ**

# Армко железо. Никель. Температурный коэффициент линейного расширения и удельное электрическое сопротивление в диапазоне температур от 300 К до 1000 К

State system for ensuring the uniformity of measurements. Standard reference data. Armko iron. Nickel. Temperature coefficient linear expansion and electrical resistivity in the temperature range from 300 K to 1000 K

**Дата введения — 2021—02—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на стандартные справочные данные (ССД) о температурном коэффициенте линейного расширения (ТКЛР) и электрических сопротивлений.

Настоящий стандарт предназначен для использования ССД о ТКЛР Армко железа и никеля в металлургии, машиностроении, материаловедении в диапазоне температур от 300 К до 1000 К, измерения которого выполнены на кварцевом дилатометре [1], и данных об удельном электрическом сопротивлении, определяемых четырехзондовым методом на постоянном токе (см. приложение А).

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ Р 34100.3 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

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 Общие положения

Тепловое (линейное) расширение — деформация, вызванная изменением температуры. ТКЛР представляет собой относительное изменение линейного размера при изменении температуры на 1 К. ССД о ТКЛР представлены в виде таблиц и рассчитаны по уравнениям, отображающим зависимость ТКЛР от значений температуры.

Относительное удлинение (тепловую деформацию) $\Delta L$ вычисляют по формуле

$$\Delta L = \Delta L_{(T-T_0)} / L_{T_0} = \left(L_T - L_{T_0}\right) / L_{T_0}, \quad (1)$$

**Издание официальное**

где $\Delta L_{(T - T_0)}$ — удлинение в интервале температуры $(T - T_0)$, м;

$T$ — конечная температура интервала, К;

$T_0$ — начальная температура, при которой определялись размеры образца $L$, К;

$L_{T_0}$ — размер образца при температуре $T_0$, м;

$L_T$ — размер образца при температуре $T$, м.

Средний (интегральный) ТКЛР в интервале температуры $(T - T_0)$ $\bar{\alpha}_{(T - T_0)}$, $K^{-1}$ вычисляют по формуле

$$\bar{\alpha}_{(T - T_0)} = (1/L_{T_0}) \cdot \Delta L_{(T - T_0)} / (T - T_0). \quad (2)$$

Полученные значения $\bar{\alpha}_{(T - T_0)}$ относились к значениям температуры $T$.

Значения истинного (дифференциального) ТКЛР $\alpha$ вычисляли путем нахождения аппроксимирующего полинома $L = f(T)$ и его дифференцирования. Расчетная формула для истинного ТКЛР имеет следующий вид

$$\alpha_j = (\delta L/\delta T) \cdot (1/L_i). \quad (3)$$

Поправки, учитывающие тепловое расширение кварца вводили непосредственно в программу для расчетов.

Значения электросопротивления $\rho$ вычисляли по формуле

$$\rho \simeq (1 + \bar{\alpha}\Delta T) \cdot \frac{SU_x R_0}{U_0 l_\rho}, \quad (4)$$

где $\bar{\alpha}$ — коэффициент теплового расширения образца в интервале температуры $\Delta T = T - T_0$;

$\Delta T = T - T_0$ — интервал температуры;

$S$ — площадь сечения рабочего участка образца;

$U_x$ и $U_0$ — падения напряжения на образце и эталонном сопротивлении $R_0$ соответственно;

$R_0$ — эталонное сопротивление;

$l_\rho$ — длина рабочего участка образца (расстояние между потенциальными зондами).

Стандартные справочные данные для образцов Армко железа и никеля, востребованные в ряде отраслей техники, представлены в актуальных для практического применения интервалах температур (300—1100) К и (300—1050) К соответственно, для которых нет надежных аттестованных данных.

В таблице 1 приведены стандартные справочные значения среднего $\bar{\alpha}_{(T - T_0)}$ и истинного ТКЛР, а также удельного электросопротивления образцов. При составлении окончательных таблиц приведены термодинамические значения температуры, К. Температура, при которой определялся начальный размер образцов, составляла 293,15 К. Начальная температура при измерениях температурных зависимостей была, как правило, 303,15 К. Температурные зависимости $\Delta L$ после исследований экстраполировались к значению при температуре 293,15 К. Для каждого состава проводили три серии измерений «нагрев — охлаждение», итого получали шесть температурных зависимостей. Каждая серия представляла собой температурные зависимости длины образца и электросопротивления при нагреве и охлаждении. Температуры, а следовательно и значения при этих температурах не были одними и теми же. Поэтому проводилось усреднение значений ($T$, $L$, $\rho$) в каждой серии следующим образом:

1-я серия измерений:

$(T_{i\,наг} + T_{i\,охл})/2 = T_{i\,сред1}$;

$(L_{i\,наг} + L_{i\,охл})/2 = L_{i\,сред1}$;

$(\rho_{i\,наг} + \rho_{i\,охл})/2 = \rho_{i\,сред1}$.

***Пример***

| $T_{наг}$, К | $T_{охл}$, К | $L_{наг}$, мм | $L_{охл}$, мм | $\rho\ 10^8$ наг, Ом·м | $\rho\ 10^8$ охл, Ом·м | $T_{ср}$, К | $L_{ср}$, мм | $\rho \cdot 10^8{}_{ср}$, Ом·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 324,65 | 337,90 | 70,1040 | 70,1130 | 11,840 | 11,962 | 331,28 | 70,1085 | 11,901 |
| 334,15 | 347,90 | 70,1090 | 70,1210 | 12,514 | 12,760 | 341,03 | 70,1150 | 12,637 |
| 364,40 | 357,40 | 70,1330 | 70,1305 | 13,027 | 13,949 | 360,90 | 70,1317 | 13,488 |

Расчеты проводились аналогичным образом для двух последующих серий.

2-я серия измерений:

$(T_{i\,наг} + T_{i\,охл})/2 = T_{i\,сред2}$;

$(L_{i\,наг} + L_{i\,охл})/2 = L_{i\,сред2}$;
$(\rho_{i\,наг} + \rho_{i\,охл})/2 = \rho_{i\,сред2}$.
3-я серия измерений:
$(T_{i\,наг} + T_{i\,охл})/2 = T_{i\,сред3}$;
$(L_{i\,наг} + L_{i\,охл})/2 = L_{i\,сред3}$;
$(\rho_{i\,наг} + \rho_{i\,охл})/2 = \rho_{i\,сред3}$.

Далее значения трех серий усреднялись и окончательные значения для данного образца следующие:

$(T_{i сред1} + T_{i сред2} + T_{i сред3})/3 = T_{i сред}$ — температура для данного образца, усредненная по трем сериям;

$(L_{i сред1} + L_{i сред2} + L_{i сред3})/3 = L_{i сред}$ — длина для данного образца, усредненная по трем сериям;

$(\rho_{i сред1} + \rho_{i сред2} + \rho_{i сред3})/3 = \rho_{i сред}$ — электросопротивление для данного образца, усредненное по трем сериям.

Для получения ССД о ТКЛР ($\bar{\alpha}$ и $\alpha$), приведенных в таблице 1, использовался аппроксимирующий полином $L = f(T)$, результат его дифференцирования представлялся также полиномом. Для каждого значения температуры $T_i$, к которой относились значения $\bar{\alpha}_{(T - T_0)}$ и $\alpha_i$, вычислялись значения $L_i$, $(L_{T_i} - L_{T_0})$ и $(\delta L/\delta T)_i$ по формулам (2) и (3) соответственно. Ниже приведены стандартные справочные данные о температурном коэффициенте линейного расширения и электросопротивлении Армко железа и никеля.

Таблица 1 — Стандартные справочные данные о температурном коэффициенте линейного расширения и электросопротивлении Армко железа и никеля

| Армко железо | | | | Никель | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T$,К | $\bar{\alpha}\,10^6$, $К^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6$, $К^{-1}$ | $\rho\,10^8$, Ом м | $T$,К | $\bar{\alpha}\,10^6$, $К^{-1}$ | $\alpha\,10^6$, $К^{-1}$ | $\rho\,10^8$, Ом м |
| 300 | 10,02 | 9,42 | 10,882 | 300 | 12,80 | 12,80 | 6,2058 |
| 310 | 10,17 | 9,66 | 11,268 | 310 | 12,78 | 12,78 | 6,6969 |
| 320 | 10,31 | 9,90 | 11,679 | 320 | 12,77 | 12,77 | 7,1808 |
| 330 | 10,45 | 10,13 | 12,115 | 330 | 12,77 | 12,76 | 7,6596 |
| 340 | 10,59 | 10,36 | 12,574 | 340 | 12,77 | 12,77 | 8,1354 |
| 350 | 10,72 | 10,58 | 13,056 | 350 | 12,77 | 12,78 | 8,6100 |
| 360 | 10,84 | 10,80 | 13,561 | 360 | 12,77 | 12,80 | 9,0854 |
| 370 | 10,96 | 11,02 | 14,087 | 370 | 12,78 | 12,82 | 9,5637 |
| 380 | 11,08 | 11,23 | 14,634 | 380 | 12,79 | 12,86 | 10,046 |
| 390 | 11,19 | 11,43 | 15,202 | 390 | 12,81 | 12,91 | 10,536 |
| 400 | 11,30 | 11,64 | 15,790 | 400 | 12,83 | 12,96 | 11,035 |
| 410 | 11,40 | 11,83 | 16,398 | 410 | 12,85 | 13,03 | 11,545 |
| 420 | 11,50 | 12,02 | 17,025 | 420 | 12,88 | 13,10 | 12,067 |
| 430 | 11,60 | 12,21 | 17,670 | 430 | 12,91 | 13,19 | 12,605 |
| 440 | 11,69 | 12,39 | 18,333 | 440 | 12,95 | 13,29 | 13,159 |
| 450 | 11,78 | 12,57 | 19,014 | 450 | 12,98 | 13,40 | 13,732 |
| 460 | 11,87 | 12,74 | 19,713 | 460 | 13,03 | 13,52 | 14,326 |
| 470 | 11,95 | 12,91 | 20,429 | 470 | 13,07 | 13,65 | 14,942 |
| 480 | 12,03 | 13,07 | 21,161 | 480 | 13,12 | 13,80 | 15,584 |
| 490 | 12,11 | 13,23 | 21,910 | 490 | 13,17 | 13,96 | 16,252 |
| 500 | 12,18 | 13,38 | 22,676 | 500 | 13,23 | 14,13 | 16,950 |
| 510 | 12,23 | 13,53 | 23,457 | 510 | 13,29 | 14,32 | 17,678 |
| 520 | 12,28 | 13,67 | 24,254 | 520 | 13,35 | 14,52 | 18,439 |
| 530 | 12,33 | 13,81 | 25,067 | 530 | 13,42 | 14,73 | 19,235 |

*Продолжение таблицы 1*

| Армко железо | | | | Никель | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T$,K | $\tilde{\alpha}\ 10^6$, $K^{-1}$ | $\alpha\ 10^6$, $K^{-1}$ | $\rho\ 10^8$, Ом м | $T$,K | $\tilde{\alpha}\ 10^6$, $K^{-1}$ | $\alpha \cdot 10^6$, $K^{-1}$ | $\rho\ 10^8$, Ом м |
| 540 | 12,37 | 13,95 | 25,896 | 540 | 13,49 | 14,96 | 20,068 |
| 550 | 12,42 | 14,08 | 26,740 | 550 | 13,57 | 15,21 | 20,940 |
| 560 | 12,47 | 14,20 | 27,599 | 560 | 13,65 | 15,46 | 21,853 |
| 570 | 12,52 | 14,32 | 28,475 | 570 | 13,73 | 15,74 | 22,809 |
| 580 | 12,58 | 14,44 | 29,366 | 580 | 13,82 | 16,03 | 23,810 |
| 590 | 12,63 | 14,55 | 30,272 | 590 | 13,91 | 16,34 | 24,858 |
| 600 | 12,68 | 14,66 | 31,194 | 600 | 14,00 | 16,66 | 25,956 |
| 610 | 12,73 | 14,76 | 32,132 | 610 | 14,10 | 17,00 | 27,104 |
| 620 | 12,79 | 14,85 | 33,086 | 620 | 14,20 | 17,36 | 28,306 |
| 630 | 12,84 | 14,95 | 34,055 | 630 | 14,31 | 17,74 | 29,272 |
| 650 | 12,95 | 15,12 | 36,044 | 650 | 14,53 | 17,08 | 30,104 |
| 660 | 13,00 | 15,19 | 37,063 | 660 | 14,58 | 16,70 | 30,514 |
| 670 | 13,06 | 15,27 | 38,099 | 670 | 14,60 | 16,33 | 30,920 |
| 680 | 13,11 | 15,33 | 39,153 | 680 | 14,62 | 15,96 | 31,323 |
| 690 | 13,17 | 15,40 | 40,224 | 690 | 14,65 | 15,58 | 31,722 |
| 700 | 13,22 | 15,46 | 41,313 | 700 | 14,68 | 15,51 | 32,118 |
| 710 | 13,28 | 15,51 | 42,421 | 710 | 14,70 | 15,58 | 32,511 |
| 720 | 13,33 | 15,56 | 43,548 | 720 | 14,73 | 15,65 | 32,900 |
| 730 | 13,38 | 15,60 | 44,694 | 730 | 14,75 | 15,71 | 33,285 |
| 740 | 13,43 | 15,64 | 45,859 | 740 | 14,78 | 15,78 | 33,668 |
| 750 | 13,49 | 15,68 | 47,046 | 750 | 14,81 | 15,85 | 34,047 |
| 760 | 13,54 | 15,71 | 48,253 | 760 | 14,84 | 15,92 | 34,422 |
| 770 | 13,59 | 15,73 | 49,482 | 770 | 14,87 | 15,99 | 34,795 |
| 780 | 13,64 | 15,76 | 50,733 | 780 | 14,90 | 16,07 | 35,163 |
| 790 | 13,69 | 15,77 | 52,007 | 790 | 14,93 | 16,14 | 35,529 |
| 800 | 13,73 | 15,78 | 53,304 | 800 | 14,96 | 16,22 | 35,891 |
| 810 | 13,78 | 15,79 | 54,626 | 810 | 14,99 | 16,29 | 36,250 |
| 820 | 13,83 | 15,79 | 55,973 | 820 | 15,02 | 16,37 | 36,605 |
| 830 | 13,87 | 15,79 | 57,345 | 830 | 15,05 | 16,45 | 36,957 |
| 840 | 13,91 | 15,78 | 58,744 | 840 | 15,08 | 16,53 | 37,305 |
| 850 | 13,96 | 15,77 | 60,170 | 850 | 15,12 | 16,62 | 37,650 |
| 860 | 14,00 | 15,75 | 61,625 | 860 | 15,15 | 16,71 | 37,992 |
| 870 | 14,04 | 15,73 | 63,109 | 870 | 15,18 | 16,79 | 38,330 |
| 880 | 14,07 | 15,70 | 64,622 | 880 | 15,22 | 16,88 | 38,665 |
| 890 | 14,11 | 15,67 | 66,167 | 890 | 15,25 | 16,98 | 38,997 |
| 900 | 14,14 | 15,64 | 67,744 | 900 | 15,29 | 17,07 | 39,325 |
| 910 | 14,18 | 15,60 | 69,354 | 910 | 15,32 | 17,17 | 39,650 |
| 920 | 14,21 | 15,55 | 70,998 | 920 | 15,36 | 17,27 | 39,971 |
| 930 | 14,24 | 15,50 | 72,678 | 930 | 15,39 | 17,38 | 40,289 |
| 940 | 14,26 | 15,45 | 74,393 | 940 | 15,43 | 17,48 | 40,604 |

*Окончание таблицы 1*

| Армко железо | | | | Никель | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T$,K | $\tilde{\alpha}\ 10^6$, $K^{-1}$ | $\alpha\ 10^6$, $K^{-1}$ | $\rho\ 10^8$, Ом м | $T$,K | $\tilde{\alpha}\ 10^6$, $K^{-1}$ | $\alpha\ 10^6$, $K^{-1}$ | $\rho\ 10^8$, Ом м |
| 950 | 14,29 | 15,39 | 76,147 | 950 | 15,47 | 17,59 | 40,915 |
| 960 | 14,31 | 15,32 | 77,938 | 960 | 15,51 | 17,71 | 41,223 |
| 970 | 14,33 | 15,25 | 79,770 | 970 | 15,55 | 17,82 | 41,528 |
| 980 | 14,35 | 15,18 | 81,642 | 980 | 15,58 | 17,94 | 41,829 |
| 990 | 14,37 | 15,10 | 83,557 | 990 | 15,62 | 18,07 | 42,126 |
| 1000 | 14,38 | 15,02 | 85,516 | 1000 | 15,66 | 18,19 | 42,421 |
| 1010 | 14,39 | 14,93 | 87,519 | 1010 | 15,70 | 18,32 | 42,712 |
| 1020 | 14,40 | 14,84 | 89,569 | 1020 | 15,75 | 18,46 | 42,999 |
| 1030 | 14,41 | 14,74 | 91,666 | 1030 | 15,79 | 18,60 | 43,283 |
| 1040 | 14,41 | 14,64 | 93,813 | 1040 | 15,83 | 18,74 | 43,564 |
| 1050 | 14,41 | 14,53 | 96,010 | 1050 | 15,87 | 18,89 | 43,841 |
| | | | | 1060 | 15,91 | 19,04 | 44,115 |
| | | | | 1070 | 15,96 | 19,20 | 44,386 |
| | | | | 1080 | 16,00 | 19,36 | 44,653 |
| | | | | 1090 | 16,05 | 19,52 | 44,917 |
| | | | | 1100 | 16,09 | 19,70 | 45,177 |

## Приложение А
(справочное)

## Экспериментальные данные

Таблицы экспериментальных данных о температурном коэффициенте линейного расширения и электросопротивлении Армко железа и никеля приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Экспериментальные данные о ТКЛР $\alpha$ и электросопротивлении $\rho$ Армко железа и никеля

| Армко железо | | | Никель | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $T$, К | $\alpha \cdot 10^6$, $К^{-1}$ | $\rho$ $10^8$, Ом м | $T$, К | $\alpha$ $10^6$, $К^{-1}$ | $\rho$ $10^8$, Ом м |
| 331,28 | 10,153 | 11,901 | 310 | 12,78 | 6,67 |
| 341,03 | 10,377 | 12,637 | 330 | 12,76 | 7,63 |
| 360,90 | 10,819 | 13,488 | 350 | 12,78 | 8,57 |
| 379,40 | 11,214 | 14,852 | 370 | 12,82 | 9,52 |
| 388,78 | 11,407 | 15,128 | 390 | 12,91 | 10,48 |
| 403,15 | 11,696 | 15,687 | 400 | 12,96 | 10,98 |
| 413,03 | 11,889 | 16,439 | 420 | 13,1 | 12,00 |
| 428,15 | 12,175 | 17,428 | 440 | 13,29 | 13,09 |
| 437,65 | 12,349 | 18,218 | 460 | 13,52 | 14,24 |
| 447,90 | 12,532 | 18,732 | 480 | 13,8 | 15,49 |
| 458,28 | 12,712 | 19,892 | 500 | 14,13 | 16,84 |
| 467,40 | 12,866 | 20,23 | 520 | 14,52 | 18,31 |
| 477,78 | 13,036 | 20,864 | 540 | 14,96 | 19,92 |
| 487,15 | 13,186 | 21,467 | 560 | 15,47 | 21,69 |
| 499,15 | 13,371 | 22,474 | 580 | 16,03 | 23,62 |
| 507,40 | 13,495 | 23,116 | 600 | 16,66 | 25,74 |
| 517,52 | 13,642 | 23,984 | 620 | 17,36 | 28,06 |
| 527,03 | 13,775 | 24,67 | 630 | 17,74 | 29,01 |
| 537,03 | 13,911 | 25,548 | 631 | 17,7847 | 29,05 |
| 547,15 | 14,044 | 26,259 | 632 | 17,7474 | 29,09 |
| 559,28 | 14,197 | 27,286 | 633 | 17,7101 | 29,13 |
| 567,15 | 14,292 | 27,906 | 634 | 17,6728 | 29,18 |
| 579,53 | 14,436 | 28,896 | 635 | 17,6355 | 29,22 |
| 586,03 | 14,508 | 29,575 | 636 | 17,5982 | 29,26 |
| 595,90 | 14,615 | 30,625 | 637 | 17,5609 | 29,30 |
| 605,03 | 14,709 | 31,329 | 638 | 17,5236 | 29,34 |
| 619,65 | 14,852 | 32,688 | 639 | 17,4863 | 29,38 |
| 629,15 | 14,939 | 33,679 | 640 | 17,449 | 29,42 |
| 638,53 | 15,022 | 34,573 | 641 | 17,4117 | — |
| 648,40 | 15,104 | 35,617 | 642 | 17,3744 | — |
| 667,15 | 15,246 | 37,47 | 643 | 17,3371 | — |
| 678,90 | 15,327 | 38,72 | 644 | 17,2998 | — |
| 686,65 | 15,377 | 39,36 | 645 | 17,2625 | — |
| 697,03 | 15,439 | 40,742 | 650 | 17,076 | 29,82 |

*Окончание таблицы А.1*

| Армко железо | | | Никель | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $T$, К | $\alpha \cdot 10^6$, $К^{-1}$ | $\rho$ $10^8$, Ом·м | $T$, К | $\alpha$ $10^6$ $К^{-1}$ | $\rho$ $10^8$, Ом·м |
| 705,15 | 15,485 | 41,539 | 668 | 16,4046 | — |
| 714,78 | 15,534 | 42,521 | 688 | 15,6586 | — |
| 724,28 | 15,578 | 43,715 | 700 | 15,211 | 31,79 |
| 738,40 | 15,637 | 45,173 | 750 | 15,85375 | 33,67 |
| 748,65 | 15,673 | 46,387 | 763 | 15,91182 | — |
| 755,40 | 15,694 | 47,213 | 800 | 16,26 | 35,47 |
| 772,40 | 15,738 | 49,331 | 820 | 16,39 | 36,16 |
| 780,03 | 15,754 | 50,056 | 840 | 16,54 | 36,84 |
| 791,90 | 15,773 | 51,3 | 850 | 16,7 | 37,17 |
| 798,78 | 15,779 | 52,721 | 860 | 16,87 | 37,50 |
| 809,90 | 15,787 | 54,156 | 880 | 17,06 | 38,16 |
| 818,40 | 15,789 | 55,44 | 900 | 17,26 | 38,79 |
| 827,15 | 15,787 | 56,632 | 920 | 17,47 | 39,42 |
| 837,90 | 15,780 | 57,885 | 940 | 17,7 | 40,02 |
| 846,78 | 15,771 | 59,108 | 950 | 17,95 | 40,32 |
| 855,90 | 15,757 | 60,338 | 960 | 18,2 | 40,62 |
| 865,90 | 15,737 | 61,927 | 980 | 18,47 | 41,20 |
| 874,40 | 15,716 | 62,983 | 1000 | 18,75 | 41,77 |
| 883,90 | 15,689 | 64,588 | 1020 | 19,05 | — |
| 893,28 | 15,659 | 66,033 | 1040 | 19,36 | — |
| 902,40 | 15,625 | 67,012 | 1050 | 19,68 | 43,12 |
| 912,53 | 15,583 | 68,32 | 1060 | 19,78 | — |
| 920,40 | 15,547 | 70,183 | 1080 | 19,76 | — |
| 931,15 | 15,493 | 71,817 | 1100 | 19,78 | 44,39 |
| 944,65 | 15,418 | 74,256 | | | |
| 952,40 | 15,371 | 75,334 | | | |
| 966,28 | 15,280 | 77,72 | | | |
| 976,53 | 15,207 | 79,777 | | | |
| 985,53 | 15,138 | 82,211 | | | |
| 993,65 | 15,074 | 83,185 | | | |
| 1004,90 | 14,979 | 85,01 | | | |
| 1015,65 | 14,883 | 86,706 | | | |
| 1023,53 | 14,809 | 89,16 | | | |
| 1033,15 | 14,716 | 90,769 | | | |
| 1041,65 | 14,629 | 93,428 | | | |

На рисунках 1—10 приведены температурные зависимости электросопротивления и ТКЛР для Армко железа и никеля и полиномы их описывающие.

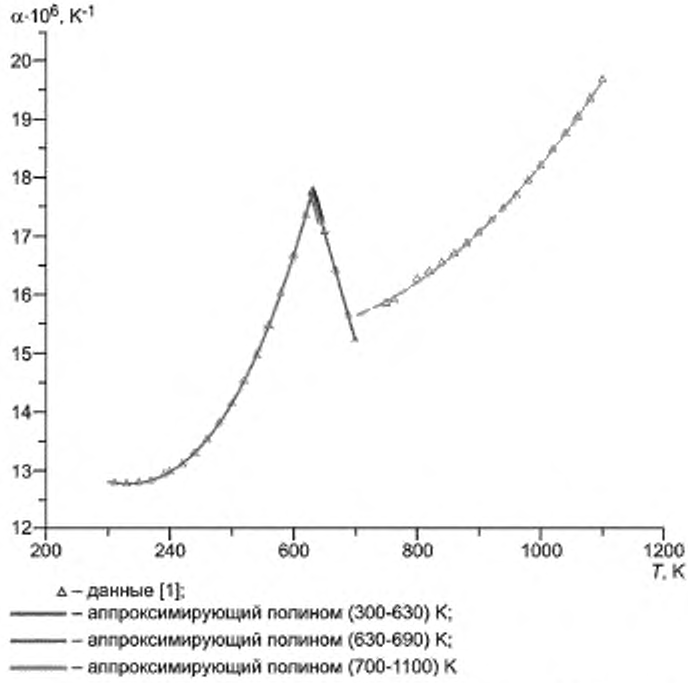



Рисунок А.1 — Экспериментальные данные о температурной зависимости дифференциального ТКЛР никеля и аппроксимирующие полиномы

Уравнения, описывающие температурные зависимости дифференциального ТКЛР α никеля в соответствующих интервалах температур:

$\alpha \cdot 10^6 = 14{,}82198 - 0{,}00596 \cdot T - 2{,}02955 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 5{,}88968 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$ (300—630) K

$\alpha \cdot 10^6 = 41{,}321 - 0{,}0373 \cdot T$ (630—690) K

$\alpha \cdot 10^6 = 19{,}86357 - 0{,}01628 \cdot T + 1{,}46316 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$ (700—1100) K

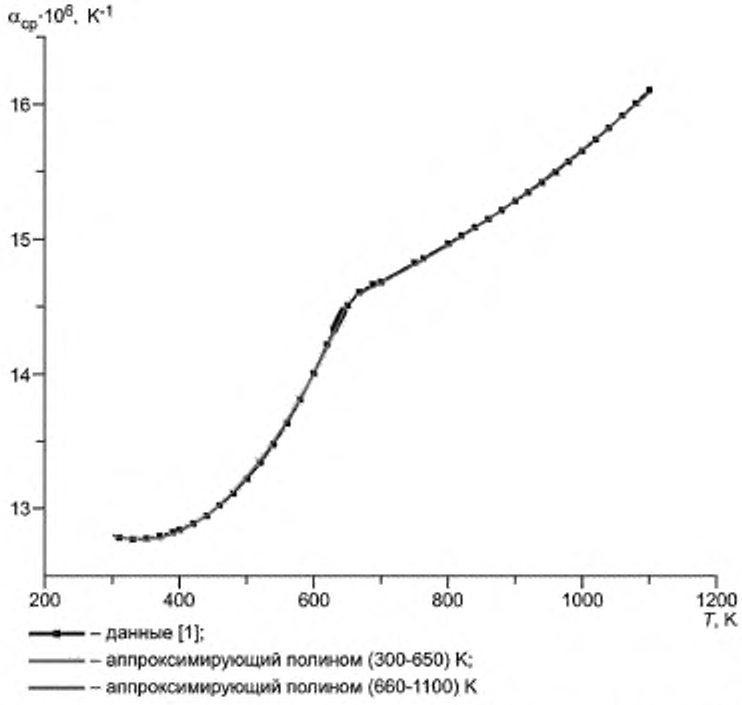



Рисунок А.2 — Экспериментальные данные о температурной зависимости среднего ТКЛР никеля и аппроксимирующие полиномы

Уравнения, описывающие температурные зависимости среднего ТКЛР $\bar{\alpha}$ никеля в соответствующих интервалах температур.

$\bar{\alpha} \cdot 10^6 = 14{,}9283 - 1{,}26548 \cdot 10^{-2} \cdot T + 1{,}85172 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$ (300—650) К

$\bar{\alpha} \cdot 10^6 = 14{,}0559 - 8{,}0402 \cdot 10^{-4} \cdot T + 2{,}41209 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$ (660—1100) К

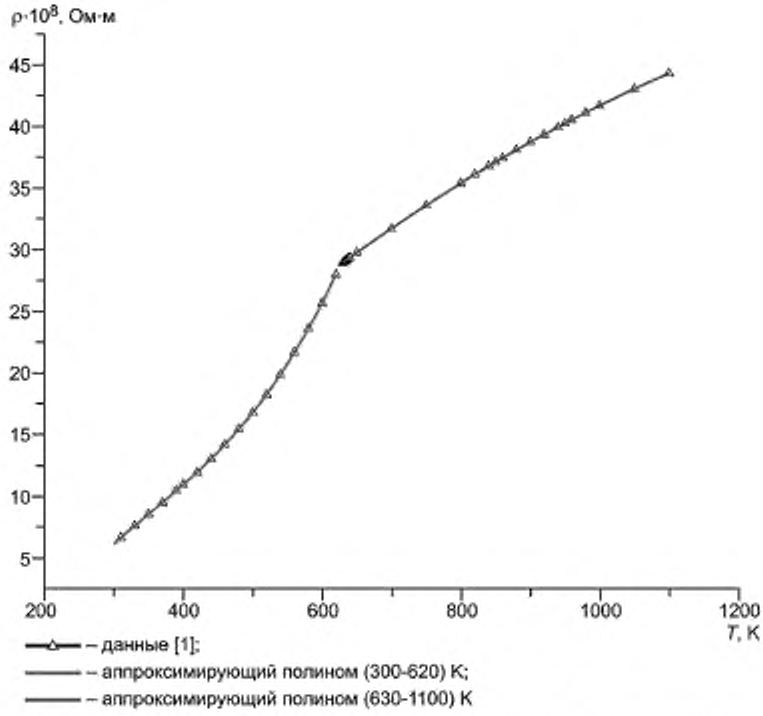



Рисунок А.3 — Экспериментальные данные о температурной зависимости электросопротивления никеля и аппроксимирующие полиномы

Уравнения, описывающие температурные зависимости электросопротивления ρ никеля в соответствующих интервалах температур:

$\rho \cdot 10^8 = -21{,}63126 + 0{,}16585 \cdot T - 3{,}42787 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 + 3{,}29914 \cdot 10^{-7} \cdot T^3$ (300—620) K

$\rho \cdot 10^8 = -3{,}73306 + 0{,}063 \cdot T - 1{,}75002 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 8{,}3522 \cdot 10^{-14} \cdot T^3$ (630—1100) K

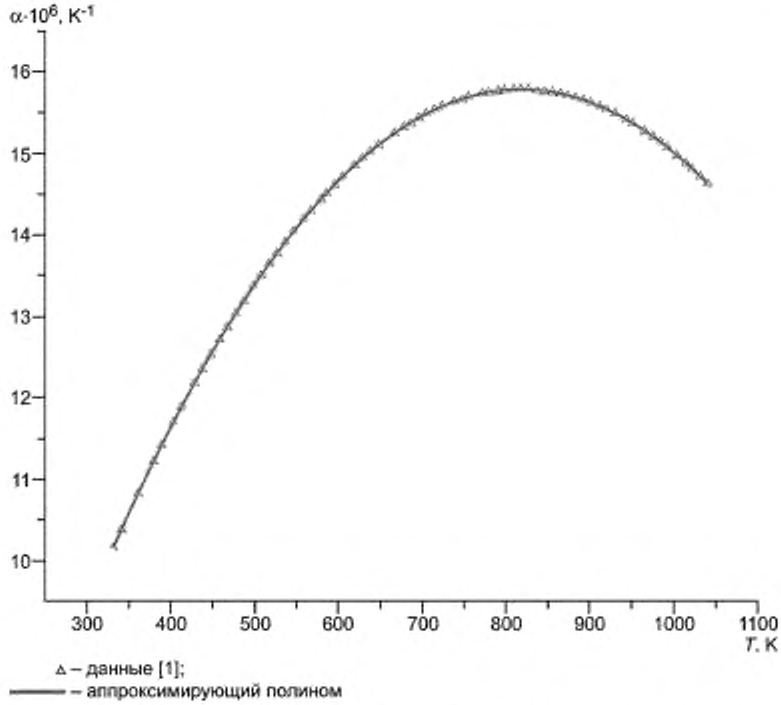



Рисунок А.4 — Экспериментальные данные о температурной зависимости дифференциального ТКЛР Армко железа и аппроксимирующий полином

Уравнение, описывающее температурную зависимость дифференциального ТКЛР α Армко железа во всем интервале температур

$$\alpha \cdot 10^6 = -0{,}08234 + 0{,}03876 \cdot T - 2{,}36552 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$$

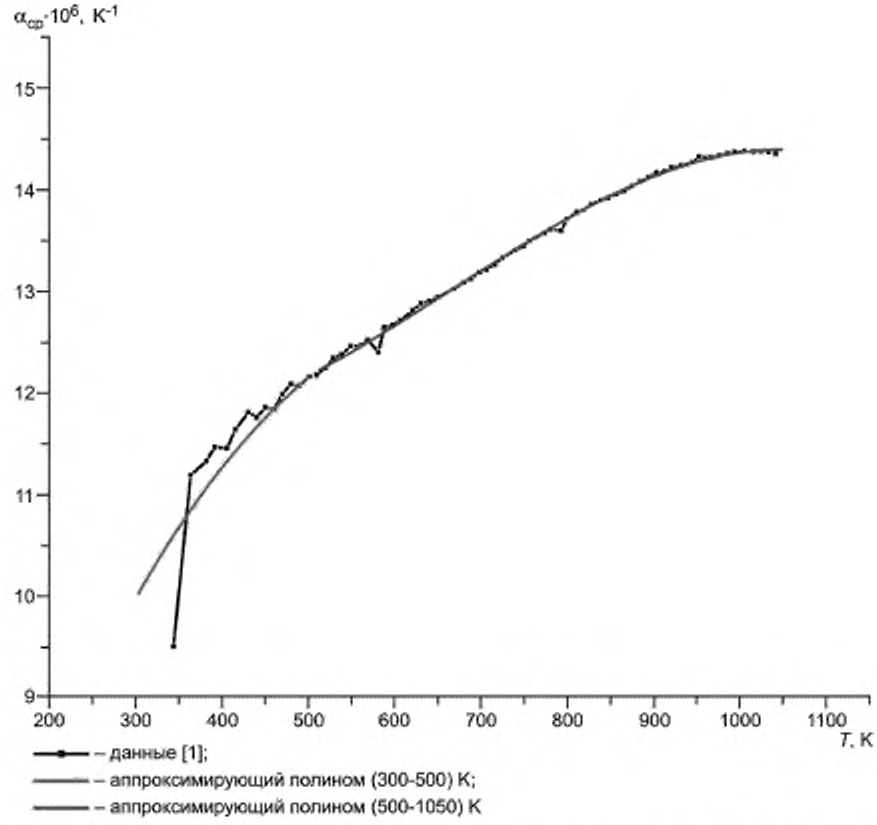



Рисунок А.5 — Экспериментальные данные о температурной зависимости среднего ТКЛР Армко железа и аппроксимирующие полиномы

Уравнения, описывающие температурные зависимости среднего ТКЛР $\bar{\alpha}$ в соответствующих интервалах температур:

$\bar{\alpha} \cdot 10^6 = 2{,}65553 + 0{,}03575 \cdot T - 4{,}32205 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 1{,}96467 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$ (300—500) К

$\bar{\alpha} \cdot 10^6 = 12{,}96673 - 0{,}01067 \cdot T + 2{,}43377 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 1{,}22576 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$ (510—1050) К

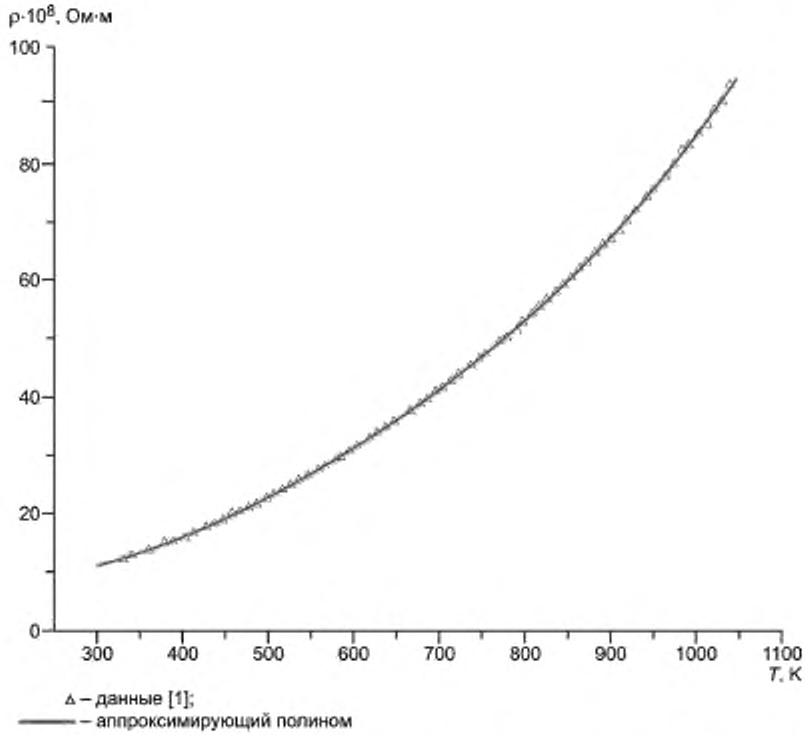



Рисунок А.6 — Экспериментальные данные о температурной зависимости электросопротивления Армко железа и аппроксимирующий полином

Уравнение, описывающее температурную зависимость электросопротивления ρ Армко железа в соответствующем интервале температур

$$\rho \cdot 10^8 = 15{,}98008 - 0{,}09012 \cdot T + 3{,}17782 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 2{,}85874 \cdot 10^{-7} \cdot T^3 + 1{,}26538 \cdot 10^{-10} \cdot T^4$$

Оценка достоверности полученных данных о ТКЛР и электросопротивлении никеля и Армко железа осуществлялась многократным повторением измерений ТКЛР и электросопротивления в выбранном температурном диапазоне, с последующей совместной обработкой большого числа серий измерений, а также сопоставлением с аналогичными данными из литературных источников. Сравнение с литературными данными по электросопротивлению и ТКЛР для никеля проведено в диапазоне температур (300—1100) К и для Армко железа — в диапазоне температур (300—1050) К. Ниже приведены графики сопоставлений температурных зависимостей электросопротивления и ТКЛР никеля и Армко железа. Расширенная неопределенность данных о ТКЛР не превышает 8 %. Расширенная неопределенность данных об удельном электрическом сопротивлении составляет 1,2 %.

Расширенная неопределенность получена путем умножения стандартной неопределенности на коэффициент охвата k = 2, соответствующий уровню доверия 95 % при допущении нормального распределения. Оценивание неопределенности проведено в соответствии с ГОСТ Р 34100.3

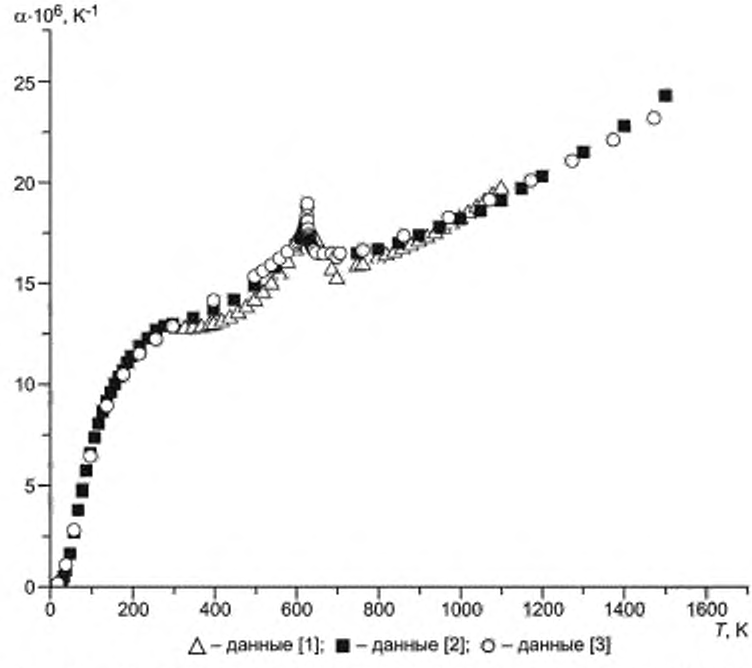



Рисунок А.7 — Экспериментальные данные температурных зависимостей ТКЛР никеля

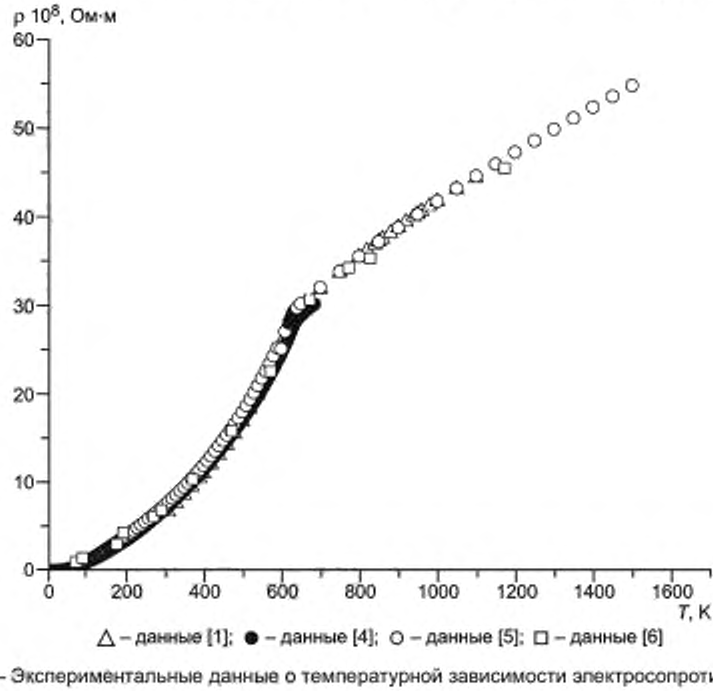



Рисунок А.8 — Экспериментальные данные о температурной зависимости электросопротивления никеля

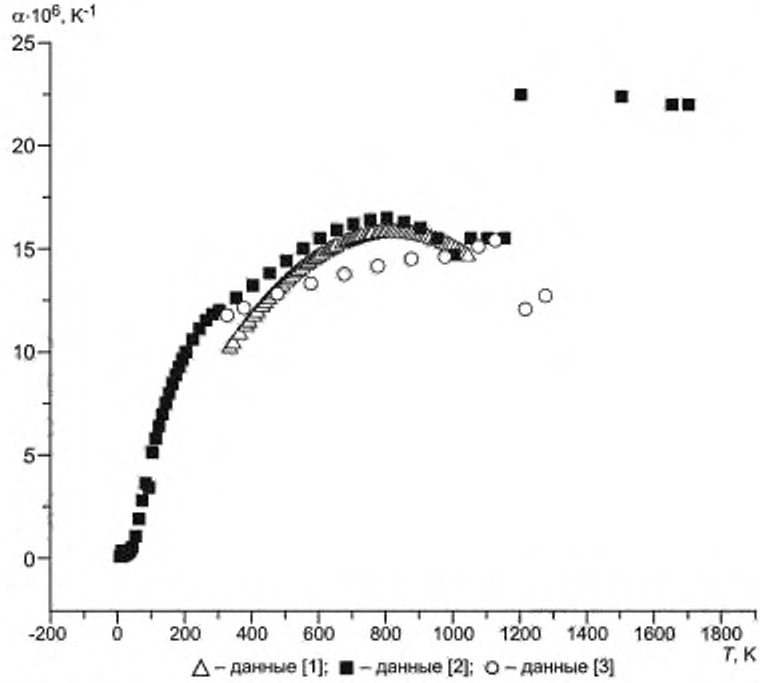



Рисунок А.9 — Экспериментальные данные температурных зависимостей ТКЛР Армко железа

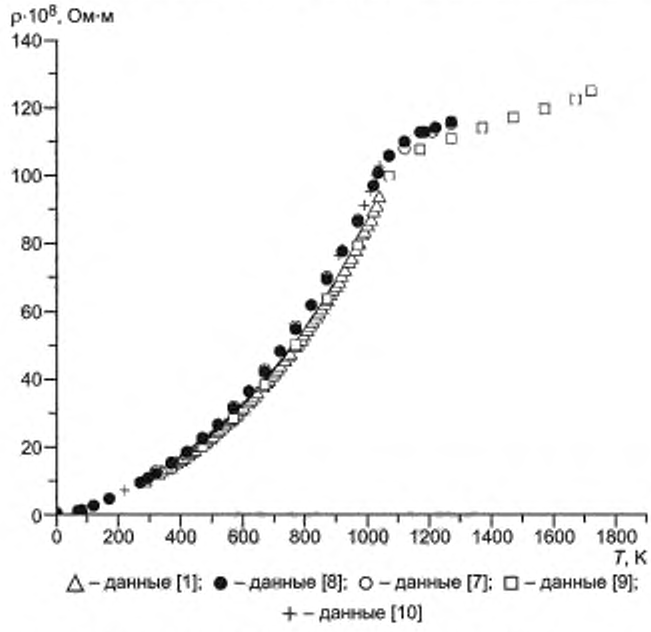



Рисунок А.10 — Экспериментальные данные о температурной зависимости электросопротивления Армко железа

## Библиография


[1] ГСССД 372—2020. Армко железо. Никель. Температурный коэффициент линейного расширения и удельное электрическое сопротивление в диапазоне температур от 300 К до 1000 К / Д.К. Палчаев, Ж.Х. Мурлиева, М.Э. Исхаков, С.Х. Гаджимагомедов. — М.: ВНИИМС, 2020. — 30 с.

[2] Новикова С.И. Тепловое расширение твердых тел. — М.: Наука, 1974.— 291 с.

[3] Kollie T.G. Phys. Rev. — B 1611 (1977) — 4872

[4] Kamalakar M.V. Thesis Ph.D. — Jadavpur University — Kolkata, 2009

[5] Bel'skaya E.A, Peletsky V.E. Nickel. The electrical resistivity in the temperature range 200—1500 K: Standard Reference Data. — Moscow, 1985

[6] Shmatko O.A., Usov. Y.A. Electric and Magnetic properties of metals and alloys (Handbook) — Kiev. Naukova Dumka, 1987

[7] Laubitz M.I., J Canad. J. Phys. 38 (1960) — 887

[8] Shanks H.R., Klein A.H., Danielson G.C. — J. Appl. Phys. 38 (1967) — 2885

[9] Gumenuk V.S., Lebedev V.V. — ФММ (Russian) — 8 (1959) — 223

[10] Watson T.W., Flynn D.R., Robinson H.E. Res. J. — NBS-C. — Engineering and Instrumentation — 71 (1967) — 285



УДК 669.539.5-536:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: стандартные справочные данные, вещества, материалы, свойства, неопределенность

**БЗ 6-7—2020/14**

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 15.05.2020. Подписано в печать 17.06.2020 Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,90.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во 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