МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 6651— 2009

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗ ПЛАТИНЫ, МЕДИ И НИКЕЛЯ

Общие технические требования и методы испытаний

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—97 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева») Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 36 от 10 ноября 2009 г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызстан	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Российская Федерация	RU	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Госпотребстандарт Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1120-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 6651—2009 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации

5 ВЗАМЕН ГОСТ 6651—94

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных (государственных) стандартов, издаваемых в этих государствах.

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе (каталоге) «Национальные стандарты», а текст изменений — в информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Национальные стандарты»

© Стандартинформ, 2011

В Российской Федерации 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 Термины и определения . . . 2
4 Классификация . . . 4
5 Номинальная статическая характеристика и классы допусков . . . 4
6 Основные технические требования . . . 7
7 Виды испытаний и правила приемки . . . 9
8 Методы испытаний . . . 10
9 Комплектность . . . 13
10 Маркировка . . . 13
11 Упаковка, транспортирование и хранение . . . 13
12 Гарантии изготовителя . . . 14
Приложение А (справочное) Таблицы номинальной статической характеристики . . . 15
Приложение Б (справочное) Уравнения для расчета температуры по сопротивлению термопреобразователей сопротивления . . . 22
Приложение В (справочное) Условия приемки термопреобразователей сопротивления изготовителем и отбраковки потребителем . . . 24
Библиография . . . 25

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗ ПЛАТИНЫ, МЕДИ И НИКЕЛЯ

Общие технические требования и методы испытаний

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Platinum, copper and nickel resistive temperature transducers.
General technical requirements and test methods

Дата введения — 2011—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие технические требования к техническим термопреобразователям сопротивления (далее — ТС), чувствительные элементы (далее — ЧЭ) которых изготовлены из платины, меди и никеля, и методы их испытаний. Требования к классу допуска и стабильности распространяются также на ЧЭ ТС. Стандарт распространяется на ТС, предназначенные для измерения температуры от минус 200 °С до плюс 850 °С или в части данного диапазона.

Значения температуры в настоящем стандарте соответствуют Международной температурной шкале 1990 г. МТШ-90 [1]. Настоящий стандарт соответствует международному стандарту МЭК 60751 [2] в части определения зависимости сопротивления от температуры и допусков на платиновые ЧЭ и ТС с температурным коэффициентом сопротивления $\alpha = 0{,}00385\ °C^{-1}$.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.461—2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Методика поверки

ГОСТ 9.014—78 Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования

ГОСТ 356—80 Арматура и детали трубопроводов. Давления номинальные, пробные и рабочие. Ряды

ГОСТ 12997—84[1)] Изделия ГСП. Общие технические условия

ГОСТ 14192—96 Маркировка грузов

ГОСТ 14254—96 (МЭК 529—89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 15150—69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 27883—88 Средства измерения и управления технологическими процессами. Надежность. Общие требования и методы испытаний

[1)] Утратил силу в Российской Федерации. На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 52931—2008 «Приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия».

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 ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом, следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **термопреобразователь сопротивления;** ТС: Средство измерений температуры, состоящее из одного или нескольких термочувствительных элементов сопротивления и внутренних соединительных проводов, помещенных в герметичный защитный корпус, внешних клемм или выводов, предназначенных для подключения к измерительному прибору.

Примечание — В состав ТС могут входить конструктивно связанные с ним монтажные и коммутационные средства.

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

3.3 **защитный корпус:** Конструктивный элемент термопреобразователя сопротивления, обеспечивающий его механическую прочность и устойчивость к воздействию внешней среды, как правило, представляющий собой заваренную с одной стороны металлическую трубку с приспособлениями для монтажа термопреобразователей сопротивления или без этих приспособлений.

3.4 **длина монтажной части термопреобразователя сопротивления:** Для термопреобразователя сопротивления с неподвижным штуцером или фланцем — расстояние от рабочего конца защитного корпуса до опорной плоскости штуцера или фланца; для термопреобразователя сопротивления с подвижным штуцером или фланцем, а также без штуцера или фланца — расстояние от рабочего конца защитной арматуры до головки, а при ее отсутствии — до мест заделки выводов проводников.

3.5 **длина погружаемой части термопреобразователя сопротивления:** Максимально возможная глубина погружения термопреобразователя сопротивления в среду при температуре верхнего предела рабочего диапазона без нарушения работоспособности термопреобразователя сопротивления.

Примечание — Для ТС с монтажными элементами длина погружаемой части ТС равна длине монтажной части ТС.

3.6 **минимальная глубина погружения термопреобразователя сопротивления:** Такая глубина погружения термопреобразователя сопротивления в среду с однородным распределением температуры, что при дальнейшем погружении показания термопреобразователя сопротивления не изменяются более чем на 1/5 допуска соответствующего класса, а сопротивление термопреобразователя сопротивления при этом остается в пределах допуска.

3.7 **диапазон измерений термопреобразователя сопротивления:** Диапазон температур, в котором выполняется нормированная в соответствии с настоящим стандартом зависимость сопротивления термопреобразователя сопротивления от температуры в пределах соответствующего класса допуска.

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

3.9 **номинальная температура применения термопреобразователя сопротивления:** Температура эксплуатации термопреобразователя сопротивления, для которой нормированы показатели надежности и долговечности.

Примечание — Номинальная температура применения ТС может быть установлена равной верхнему пределу рабочего диапазона температур ТС и (или) определена как одно или несколько наиболее вероятных значений внутри рабочего диапазона.

3.10 **номинальное сопротивление термопреобразователя сопротивления; R_0, Ом:** Нормированное изготовителем сопротивление термопреобразователя сопротивления при 0 °С, округленное до целых единиц, указанное в его маркировке и рекомендуемое для выбора из ряда: 10, 50, 100, 500, 1000 Ом.

3.11 **номинальная статическая характеристика;** НСХ: Зависимость сопротивления термопреобразователя сопротивления или чувствительного элемента от температуры, рассчитанная по формулам, приведенным в разделе 5, для термопреобразователя сопротивления или чувствительного элемента с конкретным значением R_0.

Примечание — Условное обозначение НСХ состоит из значения номинального сопротивления ТС или ЧЭ R_0 и обозначения типа (таблица 1). Русское обозначение типа приводят за значением номинального сопротивления, латинское обозначение — перед значением номинального сопротивления. Например: 100 П означает НСХ для платинового ТС (или ЧЭ) с α = 0,00391 °С$^{-1}$ и R_0 = 100 Ом; Pt 100 означает НСХ для платинового ТС (или ЧЭ) с α = 0,00385 °С$^{-1}$ и R_0 = 100 Ом.

3.12 **температурный коэффициент термопреобразователя сопротивления; α, °С$^{-1}$:** Коэффициент, определяемый по формуле $\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100\ °C}$, где R_{100}, R_0 — значения сопротивления термопреобразователя сопротивления по номинальной статической характеристике соответственно при 100 °С и 0 °С, и округляемый до пятого знака после запятой.

3.13 **допуск:** Максимально допустимое отклонение от номинальной статической характеристики, выраженное в градусах Цельсия.

3.14 **электрическое сопротивление изоляции термопреобразователя сопротивления:** Электрическое сопротивление между внешними выводами термопреобразователя сопротивления и защитным корпусом, а также между цепями термопреобразователя сопротивления с двумя или более чувствительными элементами при комнатной или другой заданной температуре, измеряемое при заданном испытательном напряжении.

3.15 **электрическая прочность изоляции термопреобразователя сопротивления:** Напряжение между выводами и корпусом термопреобразователя сопротивления (или, в случае если термопреобразователь имеет несколько чувствительных элементов, — также и между цепями чувствительного элемента), которое термопреобразователь сопротивления может выдержать без повреждения в течение заданного времени.

3.16 **самонагрев термопреобразователя сопротивления:** Повышение температуры термопреобразователя сопротивления, вызванное нагревом чувствительного элемента измерительным током.

3.17 **максимальный измерительный ток:** Измерительный ток, вызывающий самонагрев термопреобразователя сопротивления, не превышающий 20 % допуска соответствующего класса и не приводящий к выходу показаний термопреобразователя сопротивления за пределы допуска.

3.18 **время термической реакции:** Время, которое требуется для изменения показаний термопреобразователя сопротивления на определенный процент полного изменения при ступенчатом изменении температуры среды.

3.19 **термоэлектрический эффект:** Эффект возникновения термоэлектродвижущей силы в измерительной цепи термопреобразователя сопротивления в условиях температурных градиентов вследствие использования различных металлов и их неоднородности.

3.20 **гистерезис:** Разность показаний термопреобразователя сопротивления при одной и той же температуре, полученных в температурных циклах при нагреве и охлаждении термопреобразователя сопротивления.

4 Классификация

Типы ТС и ЧЭ, на которые распространяется настоящий стандарт, приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Обозначения типа, температурные коэффициенты и классы допусков термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов

Тип ТС	Обозначение типа ТС	α, °С$^{-1}$	Класс допуска		
			для проволочных ЧЭ	для пленочных ЧЭ	для ТС
Платиновый	Pt	0,00385	W 0.1, W 0.15, W 0.3, W 0.6	F 0.1, F 0.15, F 0.3, F 0.6	AA, A, B, C
	П	0,00391	AA, A, B, C	AA, A, B, C	AA, A, B, C
Медный	М	0,00428	A, B, C	—	A, B, C
Никелевый	Н	0,00617	C	—	C

5 Номинальная статическая характеристика и классы допусков

5.1 Метрологические характеристики, нормируемые согласно настоящему стандарту, распространяются на ЧЭ ТС при подключении непосредственно к их выводам и на ТС при подключении к клеммам головки в соответствии с указанной изготовителем схемой. Если на корпусе ТС с двухпроводной схемой указано значение сопротивления внутренних проводов, то оно должно быть вычтено из значения измеренного сопротивления ТС.

Примечание — При подключении двухпроводного ТС к измерительной установке с помощью двух соединительных проводов их сопротивление входит в состав измеренного сопротивления ТС и должно быть вычтено из результата измерения.

5.2 Формулы для расчета номинальной статической характеристики

НСХ ТС и ЧЭ в пределах диапазона измерений рассчитывают по следующим формулам:

5.2.1 Платиновые ТС и ЧЭ, $\alpha = 0{,}00385$ °С$^{-1}$

Для диапазона измерений от минус 200 °С до 0 °С:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100\ °C)t^3]. \quad (1)$$

Для диапазона измерений от 0 °С до 850 °С:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2), \quad (2)$$

где R_t — сопротивление ТС, Ом, при температуре t, °С;

R_0 — номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре 0 °С.

Значения постоянных следующие:

$$A = 3{,}9083 \cdot 10^{-3}\ °C^{-1};$$

$$B = -5{,}775 \cdot 10^{-7}\ °C^{-2};$$

$$C = -4{,}183 \cdot 10^{-12}\ °C^{-4}.$$

5.2.2 Платиновые ТС и ЧЭ, $\alpha = 0{,}00391$ °С$^{-1}$

Для диапазона измерений от минус 200 °С до 0 °С:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100\ °C)t^3]. \quad (3)$$

Для диапазона измерений от 0 °С до 850 °С:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2), \quad (4)$$

где R_t — сопротивление ТС, Ом, при температуре t, °С;

R_0 — номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре 0 °С.

Значения постоянных следующие:

$$A = 3{,}9690 \cdot 10^{-3}\ °C^{-1};$$

$$B = -5{,}841 \cdot 10^{-7}\ °C^{-2};$$

$$C = -4{,}330 \cdot 10^{-12}\ °C^{-4}.$$

5.2.3 Медные ТС и ЧЭ, $\alpha = 0{,}00428\ °C^{-1}$

Для диапазона измерений от минус 180 °С до 0 °С:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt(t + 6{,}7\ °C) + Ct^3]. \quad (5)$$

Для диапазона измерений от 0 °С до 200 °С:

$$R_t = R_0[1 + At], \quad (6)$$

где R_t — сопротивление ТС, Ом, при температуре t, °С;

R_0 — номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре 0 °С.

Значения постоянных следующие:

$$A = 4{,}28 \cdot 10^{-3}\ °C^{-1};$$

$$B = -6{,}2032 \cdot 10^{-7}\ °C^{-2};$$

$$C = 8{,}5154 \cdot 10^{-10}\ °C^{-3}.$$

5.2.4 Никелевые ТС и ЧЭ, $\alpha = 0{,}00617\ °C^{-1}$

Для диапазона измерений от минус 60 °С до плюс 100 °С:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2). \quad (7)$$

Для диапазона измерений от 100 °С до 180 °С:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100\ °C)t^2], \quad (8)$$

где R_t — сопротивление ТС, Ом, при температуре t °С;

R_0 — номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре 0 °С.

Значения постоянных следующие:

$$A = 5{,}4963 \cdot 10^{-3}\ °C^{-1};$$

$$B = 6{,}7556 \cdot 10^{-6}\ °C^{-2};$$

$$C = 9{,}2004 \cdot 10^{-9}\ °C^{-3}.$$

5.3 В приложении А представлены таблицы НСХ, рассчитанные по приведенным выше уравнениям для ТС, имеющих номинальное сопротивление R_0 при 0 °С, равное 100 Ом. Для ТС, имеющих номинальное сопротивление R_0, отличное от 100 Ом, табличные значения НСХ могут быть рассчитаны по формуле

$$R_{нсх}(t) = R_{таб}(t)R_0/100, \quad (9)$$

где $R_{нсх}(t)$ — значение сопротивления ТС по НСХ при температуре t, °С;

$R_{таб}$ — значение сопротивления по таблицам А.1—А.5 приложения А (НСХ для $R_0 = 100$ Ом) при температуре t, °С,

R_0 — номинальное сопротивление ТС при температуре 0 °С.

Примечание — В приложении Б приведены уравнения, обратные НСХ, для точного или приближенного расчета значения температуры по сопротивлению ТС.

5.4 С целью повысить точность ТС может быть выполнена его индивидуальная градуировка с получением индивидуальных коэффициентов зависимости сопротивления от температуры. Методы индивидуальной градуировки и альтернативные интерполяционные уравнения настоящий стандарт не рассматривает.

5.5 Классы допусков

Допуски, соответствующие классам допусков по классификации таблицы 1, и диапазоны измерений для ТС и ЧЭ приведены в таблице 2. Данные допуски должны быть выполнены для ТС и ЧЭ с любым номинальным значением сопротивления.

Таблица 2 — Классы допусков и диапазоны измерений для термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов

Класс допуска	Допуск, °С	Диапазон измерений, °С			
		Платиновый ТС, ЧЭ		Медный ТС, ЧЭ	Никелевый ТС, ЧЭ
		Проволочный ЧЭ	Пленочный ЧЭ		
AA W 0.1 F 0.1	± (0,1 + 0,0017|*t*|)	От –50 до +250	От 0 до +150	—	—
A W 0.15 F 0.15	± (0,15 + 0,002|*t*|)	От –100 до +450	От -30 до +300	От –50 до +120	—
B W 0.3 F 0.3	± (0,3 + 0,005 |*t*|)	От –196 до +660	От –50 до +500	От –50 до +200	—
C W 0.6 F 0.6	± (0,6 + 0,01 |*t*|)	От –196 до +660	От –50 до +600	От –180 до +200	От –60 до +180
Примечание — |*t*| — абсолютное значение температуры, °С, без учета знака.					

5.6 Допуски ТС и ЧЭ по сопротивлению при температуре *t* получают умножением допусков из таблицы 2 на коэффициент чувствительности *dR/dt*, Ом/ °С, при температуре *t*, определенный по интерполяционным уравнениям 5.2. Для примера в таблице 3 приведены допуски по сопротивлению платинового ТС номинальным сопротивлением 100 Ом при температурах 0 °С и 100 °С.

Таблица 3 — Допуски по сопротивлению платинового термопреобразователя сопротивления (α = 0,00391 °С$^{-1}$) номинальным сопротивлением 100 Ом

Класс допуска	Допуск, Ом	
	при 0 °С	при 100 °С
AA	± 0,04	± 0,10
A	± 0,06	± 0,13
B	± 0,12	± 0,31
C	± 0,24	± 0,62

5.7 Допуски для платиновых ТС при температурах вне диапазона измерений, указанного в таблице 2, должны быть установлены техническими документами на ТС конкретного типа.

5.8 Для платиновых ТС, требования к точности которых отличны от требований настоящего стандарта и установлены в технических документах на ТС конкретного типа, рекомендуется классы допусков и диапазоны нормировать, опираясь на допуск класса В. Например, «1/5 В, диапазон 0/100» означает допуск ± (0,06 °С + 0,001|*t*|) в диапазоне температуры от 0 °С до 100 °С.

6 Основные технические требования

6.1 Максимальный измерительный ток

Измерительный ток должен быть таким, чтобы самонагрев ТС не приводил к выходу ТС за пределы допуска. Повышение сопротивления ТС, обусловленное самонагревом, не должно превышать 20 % допуска. В цепях постоянного тока для ТС номинальным сопротивлением 100 Ом рекомендуется использовать ток 1 мА или менее.

6.2 Схемы соединения внутренних проводов

Схемы соединения внутренних проводов должны соответствовать показанным на рисунке 1. Для ТС классов АА и А не допускается использование двухпроводной схемы. Маркировка выводов и клемм должна позволять однозначно идентифицировать схему соединения и число ЧЭ. Если провода идентифицируют цветом, то рекомендуется использовать цвета, указанные на рисунке 1 или близкие к ним. Допускаются также другие способы маркировки выводов.

Примечания

1 При изготовлении ТС с двухпроводной схемой следует обеспечить, чтобы сопротивление внутренних проводов ТС не превышало 0,1 % номинального сопротивления ТС при 0 °С.

2 Конструкция ТС должна позволять использовать его в цепях постоянного тока и переменного тока с частотой до 100 Гц.

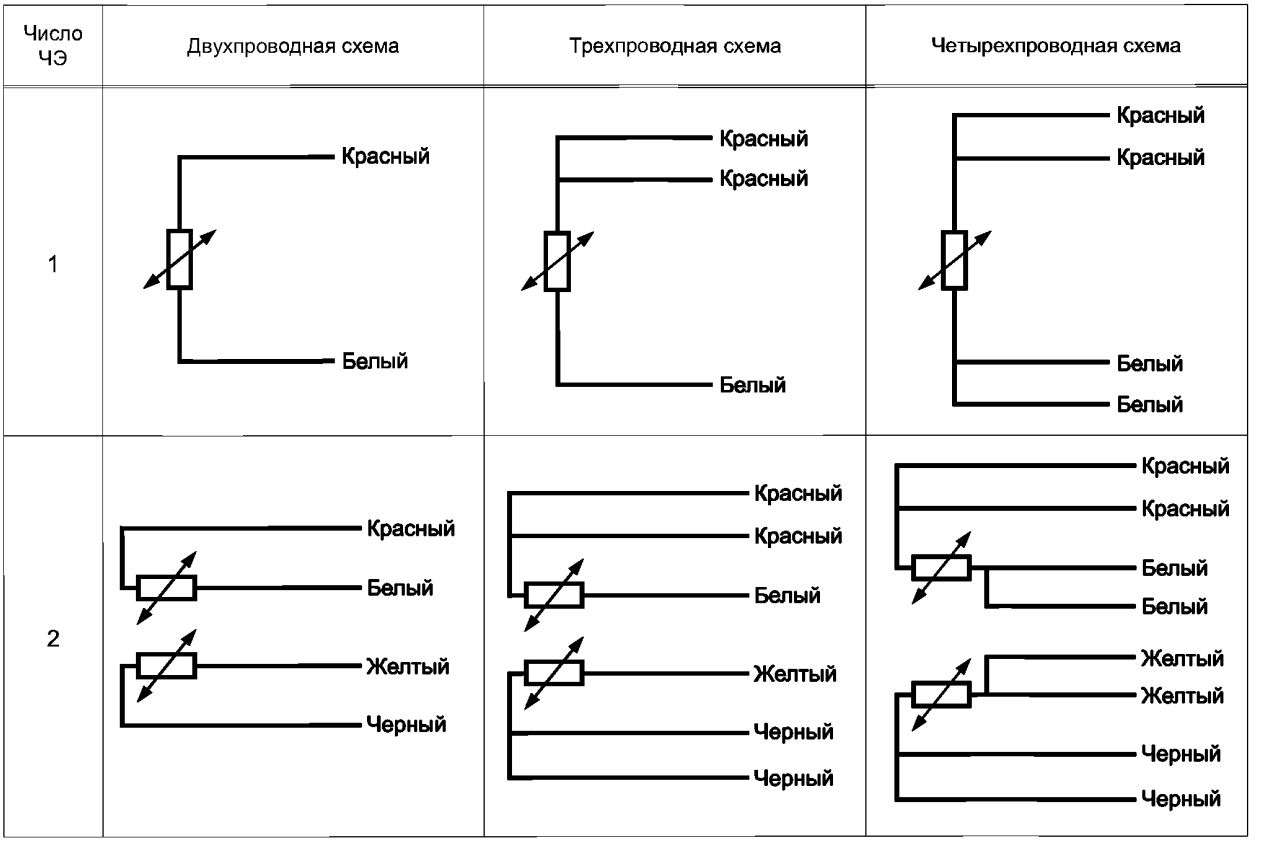


Рисунок 1 — Схемы соединения внутренних проводов

6.3 Электрическое сопротивление изоляции термопреобразователей сопротивления

Значение электрического сопротивления изоляции ТС при различных температурах должно быть не менее значений, указанных в таблице 4. Измерения при комнатных температурах должны быть проведены при напряжении постоянного тока 100 В, при повышенных температурах — от 10 до 50 В.

Таблица 4 — Электрическое сопротивление изоляции термопреобразователей сопротивления

Диапазон температур, °С	Электрическое сопротивление изоляции, МОм
15—35	100
100—250	20
251—450	2
451—650	0,5
651—850	0,2

6.4 Термоэлектрический эффект

Термоэлектродвижущая сила (ТЭДС) на выводах ТС при максимальной температуре диапазона измерений и максимальном измерительном токе не должна приводить к выходу ТС из класса допуска при двух направлениях тока в измерительной цепи ТС.

6.5 Стабильность чувствительных элементов и термопреобразователей сопротивления

6.5.1 После выдержки ЧЭ при температуре верхнего предела рабочего диапазона температур в течение 1000 ч сопротивление ЧЭ при 0 °С должно оставаться в пределах допуска соответствующего класса.

6.5.2 После выдержки ТС при температуре верхнего предела рабочего диапазона температур в течение 250 ч сопротивление ТС при 0 °С должно оставаться в пределах допуска соответствующего класса. Сопротивление изоляции ТС должно соответствовать требованиям 6.3.

Примечания

1 Время проверки стабильности 250 ч устанавливают только для ТС, ЧЭ которых предварительно были испытаны на стабильность в течение 1000 ч.

2 Для ТС, предназначенных для длительного использования без поверки, и для ТС, устанавливаемых на особо важных объектах, требования к стабильности должны быть повышены, время температурной выдержки при верхнем пределе рабочего диапазона температур должно быть увеличено. Данные требования должны быть установлены техническими документами на ТС конкретных типов.

6.6 Устойчивость термопреобразователей сопротивления к циклическому изменению температуры

После 10 циклов изменения температуры ТС от верхнего до нижнего предела рабочего диапазона сопротивление при 0 °С должно оставаться в пределах допуска соответствующего класса.

Примечание — Для ТС, предназначенных для работы в условиях быстроизменяющейся температуры, и для ТС, устанавливаемых на особо важных объектах, требования к устойчивости к температурным циклам должны быть повышены, число циклов должно быть увеличено. Данные требования должны быть установлены техническими документами на ТС конкретных типов.

6.7 Гистерезис

Значения сопротивления ТС, измеренные в одной и той же температурной точке, соответствующей $^1/_2$ рабочего диапазона в условиях нагрева и охлаждения ТС от верхнего до нижнего предела рабочего диапазона, должны оставаться в пределах допуска соответствующего класса.

6.8 Время термической реакции

Требования к времени термической реакции должны быть установлены техническими документами на ТС конкретных типов. Для нормирования времени термической реакции необходимо указать параметры среды (как правило, вода и воздух), задать процент полного изменения показаний ТС (рекомендуется 10 %, 50 %, 63,2 % или 90 %) и указать скорость потока (рекомендуется от 0,1 до 1 м/с в воде, более 3 м/с на воздухе).

6.9 Электрическая прочность изоляции

ТС должен без повреждений выдерживать в течение 1 мин синусоидальное переменное напряжение 250 В частотой 50 Гц. ТС для наземного и водного транспорта должен без повреждений выдерживать в течение 1 мин синусоидальное переменное напряжение 500 В частотой 50 Гц. В технических документах на ТС должен быть указан максимальный ток утечки.

6.10 Герметичность и прочность защитного корпуса

6.10.1 Защитный корпус ТС должен выдерживать испытание на герметичность и прочность пробным давлением, значение которого следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 356.

6.10.2 Целостность защитного корпуса термопреобразователя и герметичность сварных швов могут быть дополнительно проверены по методике, аналогичной приведенной в МЭК 1515 [3].

6.11 По устойчивости к воздействию температуры и влажности окружающей среды, к вибрациям, механическим воздействиям, по устойчивости в транспортной таре к воздействию тряски, температуры и повышенной влажности ТС должны соответствовать ГОСТ 12997 для заявленной группы исполнения. После испытаний должен быть проведен повторный контроль требований к сопротивлению термопреобразователя при температуре 0 °С и к сопротивлению изоляции.

6.12 Требования к взрыво- и искробезопасности должны соответствовать [4] и [5] и быть установлены техническими документами на ТС конкретных типов.

6.13 Требования к защите от воздействия агрессивных сред должны быть установлены техническими документами на ТС конкретных типов.

6.14 Длину монтажной части ТС рекомендуется выбирать из ряда: 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150 мм. Предпочтительные диаметры металлического корпуса термопреобразователя — от 3 до 12 мм. Допуск для диаметра стального защитного корпуса — от $\pm$ 0,1 до $\pm$ 0,3 мм по [6].

6.15 Длина погружаемой части ТС для ТС без монтажных приспособлений должна быть установлена изготовителем и приведена в технических документах на ТС. Длина погружаемой части ТС с монтажными элементами равна длине монтажной части ТС.

6.16 Минимальная глубина погружения ТС при температуре 0 °С и наружной комнатной температуре должна быть установлена техническими документами на ТС. Дополнительно в соответствии с техническими документами на ТС может быть нормирована минимальная глубина погружения при различных температурах среды и скоростях потока.

6.17 Требования к надежности и критерии отказов по ГОСТ 27883 должны быть установлены техническими документами на ТС конкретных типов при номинальной температуре применения.

6.18 Влаго- и пылезащищенность защитного корпуса должны быть нормированы в соответствии с ГОСТ 14254. В технических документах должен быть приведен код IP термопреобразователя.

7 Виды испытаний и правила приемки

7.1 Испытания для целей утверждения типа термопреобразователей сопротивления

Испытания проводят в соответствии с правилами по метрологии ПР 50.2.009 [7] на нескольких, но не менее чем трех образцах ТС. Перечень обязательных испытаний приведен в таблице 5. Программа испытаний может быть дополнена испытаниями на соответствие техническим требованиям, специфическим для ТС конкретного типа.

7.2 Приемо-сдаточные испытания

Объем, состав и последовательность испытаний, вид контроля (сплошной, выборочный), правила приемки, перечень контролируемых характеристик должны быть установлены техническими документами на ТС. Перечень необходимых испытаний для каждого образца ТС, позволяющих классифицировать его как соответствующий настоящему стандарту, приведен в таблице 5.

7.3 Поверка термопреобразователей сопротивления

Объем и последовательность первичной и периодической поверок ТС устанавливают в соответствии с ГОСТ 8.461. Первичную поверку, осуществляемую аккредитованной метрологической службой изготовителя, совмещают с приемо-сдаточными испытаниями. Перечень обязательных контролируемых параметров приведен в таблице 5.

Таблица 5 — Характеристики, контролируемые при проведении испытаний различных видов

Наименование характеристики	Раздел, подраздел, пункт настоящего стандарта (требования)	Подраздел настоящего стандарта (методика) или обозначение стандарта	Обязательность контроля при испытаниях		
			для утверждения типа	приемо-сдаточных	первичной и периодической поверках
Внешние дефекты, маркировка, комплектность	9 10	–	+	+	+
Габаритные размеры, масса, прямолинейность корпуса	6.14 6.15	–	+	+	–
Минимальная глубина погружения	6.16	8.1	+	–	–
Герметичность и прочность защитного корпуса	6.10	8.2	+	+	–
Электрическое сопротивление изоляции	6.3	8.3	+	+	+
Термоэлектрический эффект	6.4	8.4	+	–	–
Максимальный измерительный ток	6.1	8.5	+	–	–
Отклонение от НСХ	5.5, 5.6	8.6	+	+	+
Стабильность	6.5	8.7	+	–	–
Устойчивость к температурным циклам	6.6	8.8	+	–	–
Гистерезис	6.7	8.9	+	–	–
Время термической реакции	6.8	8.10	+	–	–
Электрическая прочность изоляции	6.9	8.11	+	–	–
Устойчивость к воздействию температуры и влажности окружающей среды, к вибрациям, механическим воздействиям, устойчивость в транспортной таре к воздействию тряски, температуры и повышенной влажности	6.11	ГОСТ 12997	+	–	–
Уровень взрывозащиты и искрозащиты	6.12	[4], [5]	+	–	–
Надежность	6.17	ГОСТ 27883	+	–	–
Влаго- и пылезащищенность защитного корпуса	6.18	ГОСТ 14254	+	–	–
Примечание — Знак «+» указывает на обязательность контроля характеристики.					

8 Методы испытаний

8.1 Минимальная глубина погружения

ТС погружают на максимально возможную глубину (длина монтажной части ТС) в нулевой термостат или жидкостный термостат, температура в котором установлена на значение (0 ± 1) °С, перепад температуры в рабочем пространстве по вертикали не более ± 0,1 °С, и подключают к измерительной установке. Регистрируют сопротивление ТС до стабилизации показаний. Медленно, частями по 1—2 см, извлекают ТС из термостата до тех пор, пока сопротивление не превысит требования соответствующего класса. После извлечения каждой части ТС необходима достаточно длинная пауза, чтобы обеспечить достижение теплового равновесия ТС и измеряемой среды. Данная глубина погружения, измеренная между концом ТС и поверхностью жидкости, представляет собой минимальную глубину погружения для тестируемого ТС. Она должна соответствовать характеристикам, указанным в технических документах на ТС.

Примечание — Данная методика испытаний применима к ТС с минимальной глубиной погружения более 50 мм. Методика испытаний ТС с минимальной глубиной погружения менее 50 мм должна быть приведена в технических документах на ТС конкретного типа.

8.2 Герметичность и прочность защитного корпуса

Испытание на герметичность и прочность защитного корпуса следует проводить до сборки ТС гидростатическим и воздушным давлением, приложенным извне в течение не менее 10 с. Значение давления следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 356. Допускается проводить испытание защитного корпуса внутренним давлением. Дополнительно герметичность защитного корпуса ТС рекомендуется испытывать по методике, описанной в МЭК 61515 [3]. После испытаний проводят проверку электрического сопротивления изоляции ТС при комнатной температуре. Значение электрического сопротивления изоляции должно удовлетворять требованиям 6.3.

8.3 Электрическое сопротивление изоляции термопреобразователей сопротивления

ТС погружают в термостат или печь при температуре верхнего предела рабочего диапазона на глубину не менее минимальной глубины погружения и выдерживают там не менее 2 ч. Подают заданное измерительное напряжение от 10 до 50 В между соединенными между собой выводами и защитным чехлом ТС или между внутренними, изолированными друг от друга цепями. Проводят измерения с прямой и обратной полярностью тока и фиксируют минимальное значение сопротивления. Измерительный прибор должен иметь погрешность не более 5 % при минимально допустимом значении сопротивления изоляции. Показания снимают в течение 10 с после подачи напряжения. Испытание сопротивления изоляции при комнатных температурах проводят аналогично, но без погружения в печь, при этом приложенное напряжение должно составлять 100 В. Сопротивление изоляции ТС должно соответствовать требованиям 6.3.

8.4 Термоэлектрический эффект

ТС помещают в термостат или печь при температуре верхнего предела диапазона измерений и подключают к измерительной установке. Устанавливают ток в цепи, равный максимальному измерительному току. Подключают выводы ТС к прибору для измерения ТЭДС. Медленно изменяя глубину погружения от минимальной требуемой глубины до максимально возможной на практике глубины (длина погружаемой части), фиксируют глубину, на которой наблюдается максимальная ТЭДС. Помечают используемые выводы и проводят испытание при другой их комбинации. Рассчитывают изменение сопротивления ТС, соответствующее измеренному значению ТЭДС. Это изменение не должно приводить к выходу ТС из класса допуска.

Примечание — Допускается в данных испытаниях непосредственно измерять сопротивление ТС при двух направлениях тока. Сопротивление ТС не должно выходить из допуска соответствующего класса.

8.5 Максимальный измерительный ток

Данное испытание проводят в воде и на воздухе или в одной из этих сред, если ТС предназначен к использованию только в данной среде.

8.5.1 Испытания в воде

ТС погружают в термостат с интенсивно перемешиваемой водой [скорость потока (0,4 ± 0,05) м/с] при постоянной температуре от 0 °С до 30 °С. Измеряют значение сопротивления при токе, значение которого не более значения тока, вызывающего рассеяние мощности на ЧЭ в 0,1 мВт. Увеличивают значение тока в 2, 5 или 10 раз до значения, при котором изменение сопротивления будет равно 20 % допуска (в то же время сопротивление ТС не должно выходить за пределы допуска). Данное значение тока считают максимально допустимым для ТС данного типа. Оно должно соответствовать указанному в требованиях изготовителя. Повторяют измерения при первоначальном токе с целью убедиться, что температура термостата не изменилась.

8.5.2 Испытания в воздушном потоке

Испытания следует проводить в потоке воздуха при постоянной температуре около 25 °С, скорости потока в пределах (3,0 ± 0,3) м/с, в трубе, диаметр которой по крайней мере в два раза больше рекомендуемой глубины погружения термопреобразователя. Труба также должна находиться при температуре 25 °С, чтобы снизить теплообмен излучением. ТС устанавливают перпендикулярно к потоку воздуха и проводят измерения по 8.5.1.

8.6 Отклонение зависимости сопротивление — температура термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов от номинальной статической характеристики

8.6.1 ТС и ЧЭ всех типов и классов допусков должны быть испытаны при одной температуре в диапазоне от минус 5 °С до плюс 30 °С (предпочтительная температура 0 °С). Испытания проводят сличением в термостатах с эталонным ТС, поверка которого проведена путем прямой или опосредованной

передачи размера единицы температуры от государственного первичного эталона. Отклонение сопротивления ТС или ЧЭ от НСХ по 5.2 (с учетом расширенной неопределенности результата измерений) не должно превышать допуска соответствующего класса. Оценка неопределенности результата измерений должна быть выполнена согласно Руководству по выражению неопределенности в измерении [8].

8.6.2 ТС и ЧЭ классов допусков АА, А и В должны быть испытаны по крайней мере в одной дополнительной температурной точке, отстоящей от первой не менее чем на 90 °С, либо при температуре, соответствующей верхнему пределу диапазона измерений (если этот предел ниже 100 °С). Испытания проводят аналогично 8.6.1 с использованием жидкостных термостатов. Для достижения температуры в диапазоне от 98 °С до 103 °С допускается использование парового термостата, реализующего точку кипения воды.

8.6.3 ТС и ЧЭ всех классов допусков с пределами диапазона измерений выше плюс 450 °С и ниже минус 100 °С при проведении испытаний в целях утверждения типа должны быть испытаны при температурах верхнего и нижнего пределов диапазона измерений.

8.6.4 ТС или ЧЭ считают годным, если отклонение его сопротивления в точках градуировки по 8.6.1—8.6.3 от НСХ (с учетом расширенной неопределенности результата измерений) не превышает допуска соответствующего класса.

8.7 Стабильность

Измеряют сопротивление ТС в точке 0 °С. ТС помещают в испытательную печь. Нагревают печь и устанавливают температуру, равную верхнему пределу рабочего диапазона ТС. Перепад температуры в рабочей зоне печи по длине и радиусу должен быть не более 5 °С или 2 % заданной температуры. Температура печи должна быть отрегулирована с точностью ± 10 °С или 15 % заданного значения. Ни одна из частей ТС не должна быть перегрета выше предельной температуры, установленной изготовителем в соответствии с техническими документами на ТС. ТС выдерживают в печи при температуре верхнего предела рабочего диапазона в течение 250 ч или, для ТС особого назначения, другого — более длительного промежутка времени. Охлаждают печь до комнатной температуры и извлекают ТС. Скорости охлаждения и нагрева ТС должны быть не более 50 °С/мин. Повторяют измерения в точке 0 °С. Отклонение сопротивления ТС от НСХ не должно превышать допуска соответствующего класса. Проводят измерение сопротивления электрической изоляции ТС. Оно должно соответствовать требованиям 6.3.

Примечание — Стабильность ЧЭ проверяют аналогично, но устанавливают время выдержки в печи — 1000 ч.

8.8 Устойчивость к температурным циклам

Измеряют сопротивление ТС в точке 0 °С. Нагревают ТС в печи до верхнего предела рабочего диапазона, выдерживают до стабилизации показаний и охлаждают до нижнего предела рабочего диапазона сначала в печи, затем на воздухе и, если нижний предел рабочего диапазона ниже 20 °С, в термостате и криостате. Скорость нагрева и охлаждения не должна превышать 50 °С/мин. Для ТС с нижним пределом рабочего диапазона минус 200 °С рекомендуется использовать сосуд Дьюара, заполненный жидким азотом. Проводят 10 циклов охлаждение — нагрев, после чего вновь измеряют сопротивление ТС в точке 0 °С. Отклонение сопротивления ТС от НСХ не должно превышать допуска соответствующего класса.

8.9 Гистерезис

Оценку гистерезиса ТС проводят после испытания на воздействие температурных циклов. ТС нагревают в печи до верхнего предела рабочего диапазона, выдерживают до стабилизации показаний и охлаждают до температуры, соответствующей $^1/_2$ рабочего диапазона. Измеряют сопротивление ТС. Охлаждают ТС до нижнего предела рабочего диапазона, выдерживают его до стабилизации показаний, вновь нагревают до температуры, соответствующей $^1/_2$ рабочего диапазона, и измеряют сопротивление ТС. Скорость нагрева и охлаждения ТС должна быть не более 50 °С/мин. Отклонение измеренных сопротивлений ТС от НСХ не должно превышать допуска соответствующего класса.

8.10 Время термической реакции

Для определения времени термической реакции применяют водяной термостат с хорошим перемешиванием. Температуру термостата устанавливают на значение (70 ± 5) °С, скорость потока (0,4 ± 0,1) м/с. Подключают ТС к измерительной установке, позволяющей непрерывно следить за изменением показаний, при этом желательно обеспечить регистрацию графика изменения показаний от времени на дисплее установки, на мониторе компьютера или на самописце, а также запись данных измерений с дискретностью по времени не более 0,5 с. Стабилизируют ТС при комнатной температуре и регистрируют его сопротивление с точностью ± 0,1 °С в температурном эквиваленте. Погружают ТС в термостат и получают кривую нагрева на мониторе или самописце. Фиксируют момент времени достижения стабилизации температуры (когда показания не изменяются более чем на 0,1 °С) и измеряют сопротивление ТС. Рассчитывают значение сопротивления, соответствующее заданному проценту (10 %,

50 %, 63,2 %, 90 %) разницы сопротивлений ТС в термостате и на воздухе и определяют момент времени, соответствующий этому значению. Данное время и представляет собой время термической реакции ТС. Оно не должно превышать требований изготовителя, указанных в технических документах на ТС.

8.11 Электрическая прочность изоляции

Прилагают испытательное напряжение 250 или 500 В частотой 50 Гц между клеммами ТС и его корпусом и выдерживают это напряжение в течение 1 мин. Измеряют электрическое сопротивление изоляции. Значение электрического сопротивления изоляции при комнатной температуре (20 ± 5) °С должно соответствовать требованиям 6.3.

9 Комплектность

9.1 В комплект ТС должен входить паспорт или формуляр, в котором приводят основные технические характеристики термопреобразователя, условия эксплуатации, отметку о соответствии ТС настоящему стандарту и о прохождении приемо-сдаточных испытаний, а также условия гарантийного обслуживания. Паспорт или формуляр может быть издан на партию однотипных ТС.

9.2 Для двухпроводных ТС в паспорте или формуляре должно быть приведено сопротивление внутренних выводов ТС, если сопротивление ТС с учетом внутренних выводов превышает допуск ТС при 0 °С.

9.3 По требованию заказчика изготовитель должен предоставить покупателю копию сертификата об утверждении типа ТС.

10 Маркировка

10.1 На корпус ТС или на прикрепленную к нему бирку должна быть нанесена маркировка, включающая в себя следующие данные:

- модификацию ТС по номенклатуре изготовителя;
- число ЧЭ (при наличии двух или более ЧЭ) и условное обозначение НСХ;
- класс допуска;
- схему соединения проводов;
- рабочий диапазон температур.

Для ТС, подлежащих поверке, указывают также серийный номер.

Пример:
ТСПТ 101/2 х 100 П/В/3/–196 ... +200,
где ТСПТ 101 — модификация ТС;
2 — два ЧЭ;
100 П — обозначение НСХ (R_0 = 100 Ом, платиновый ТС с α = 0,00391 °С$^{-1}$);
В — класс допуска;
3 — трехпроводная схема;
–196 ... +200 — рабочий диапазон температур, °С.

Примечание — На платиновые ТС (α = 0,00391 °С$^{-1}$), изготовленные для продажи на экспорт, обозначение типа «П» должно быть заменено на Pt (391), причем оба обозначения П и Pt (391) эквивалентны на внутреннем рынке.

10.2 Кроме того, допускается наносить отметку о соответствии настоящему стандарту, год выпуска и дополнительные знаки, указывающие на повышенную степень герметичности, взрывозащиты, ударопрочности, надежности и т. п.

10.3 Транспортная маркировка тары — по ГОСТ 14192.

11 Упаковка, транспортирование и хранение

11.1 Каждый ТС должен быть упакован таким образом, чтобы защитить его от ударов и вибраций при транспортировании и хранении.

11.2 Условия транспортирования и хранения — по ГОСТ 15150.

11.3 Консервация — по ГОСТ 9.014.

12 Гарантии изготовителя

12.1 Изготовитель гарантирует соответствие ТС требованиям настоящего стандарта при соблюдении условий эксплуатации, хранения и транспортирования.

12.2 ТС считают негодным к применению при выполнении условий отбраковки ТС потребителем, приведенных в приложении В. В этом случае потребитель имеет право вернуть ТС изготовителю для безвозмездного ремонта или замены в течение гарантийного срока эксплуатации.

12.3 Гарантийный срок эксплуатации ТС, устанавливаемый изготовителем в соответствии с техническими документами, должен быть не менее 18 мес с момента ввода ТС в эксплуатацию.

Приложение А
(справочное)

Таблицы номинальной статической характеристики

Т а б л и ц а А.1 — Номинальная статическая характеристика для платиновых термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов R_0 = 100 Ом, α = 0,00385 °С$^{-1}$

t, °С	Сопротивление ТС при температуре t, Ом									
	0	–1	–2	–3	–4	–5	–6	–7	–8	–9
–200	18,52									
–190	22,83	22,40	21,97	21,54	21,11	20,68	20,25	19,82	19,38	18,95
–180	27,10	26,67	26,24	25,82	25,39	24,97	24,54	24,11	23,68	23,25
–170	31,34	30,91	30,49	30,07	29,64	29,22	28,80	28,37	27,95	27,52
–160	35,54	35,12	34,70	34,28	33,86	33,44	33,02	32,60	32,18	31,76
–150	39,72	39,31	38,89	38,47	38,05	37,64	37,22	36,80	36,38	35,96
–140	43,88	43,46	43,05	42,63	42,22	41,80	41,39	40,97	40,56	40,14
–130	48,00	47,59	47,18	46,77	46,36	45,94	45,53	45,12	44,70	44,29
–120	52,11	51,70	51,29	50,88	50,47	50,06	49,65	49,24	48,83	48,42
–110	56,19	55,79	55,38	54,97	54,56	54,15	53,75	53,34	52,93	52,52
–100	60,26	59,85	59,44	59,04	58,63	58,23	57,82	57,41	57,01	56,60
–90	64,30	63,90	63,49	63,09	62,68	62,28	61,88	61,47	61,07	60,66
–80	68,33	67,92	67,52	67,12	66,72	66,31	65,91	65,51	65,11	64,70
–70	72,33	71,93	71,53	71,13	70,73	70,33	69,93	69,53	69,13	68,73
–60	76,33	75,93	75,53	75,13	74,73	74,33	73,93	73,53	73,13	72,73
–50	80,31	79,91	79,51	79,11	78,72	78,32	77,92	77,52	77,12	76,73
–40	84,27	83,87	83,48	83,08	82,69	82,29	81,89	81,50	81,10	80,70
–30	88,22	87,83	87,43	87,04	86,64	86,25	85,85	85,46	85,06	84,67
–20	92,16	91,77	91,37	90,98	90,59	90,19	89,80	89,40	89,01	88,62
–10	96,09	95,69	95,30	94,91	94,52	94,12	93,73	93,34	92,95	92,55
0	100,00	99,61	99,22	98,83	98,44	98,04	97,65	97,26	96,87	96,48
t, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,00	100,39	100,78	101,17	101,56	101,95	102,34	102,73	103,12	103,51
10	103,90	104,29	104,68	105,07	105,46	105,85	106,24	106,63	107,02	107,40
20	107,79	108,18	108,57	108,96	109,35	109,73	110,12	110,51	110,90	111,29
30	111,67	112,06	112,45	112,83	113,22	113,61	114,00	114,38	114,77	115,15
40	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,86	118,24	118,63	119,01
50	119,40	119,78	120,17	120,55	120,94	121,32	121,71	122,09	122,47	122,86
60	123,24	123,63	124,01	124,39	124,78	125,16	125,54	125,93	126,31	126,69
70	127,08	127,46	127,84	128,22	128,61	128,99	129,37	129,75	130,13	130,52
80	130,90	131,28	131,66	132,04	132,42	132,80	133,18	133,57	133,95	134,33
90	134,71	135,09	135,47	135,85	136,23	136,61	136,99	137,37	137,75	138,13
100	138,51	138,88	139,26	139,64	140,02	140,40	140,78	141,16	141,54	141,91
110	142,29	142,67	143,05	143,43	143,80	144,18	144,56	144,94	145,31	145,69
120	146,07	146,44	146,82	147,20	147,57	147,95	148,33	148,70	149,08	149,46
130	149,83	150,21	150,58	150,96	151,33	151,71	152,08	152,46	152,83	153,21
140	153,58	153,96	154,33	154,71	155,08	155,46	155,83	156,20	156,58	156,95
150	157,33	157,70	158,07	158,45	158,82	159,19	159,56	159,94	160,31	160,68
160	161,05	161,43	161,80	162,17	162,54	162,91	163,29	163,66	164,03	164,40
170	164,77	165,14	165,51	165,89	166,26	166,63	167,00	167,37	167,74	168,11
180	168,48	168,85	169,22	169,59	169,96	170,33	170,70	171,07	171,43	171,80
190	172,17	172,54	172,91	173,28	173,65	174,02	174,38	174,75	175,12	175,49
200	175,86	176,22	176,59	176,96	177,33	177,69	178,06	178,43	178,79	179,16
210	179,53	179,89	180,26	180,63	180,99	181,36	181,72	182,09	182,46	182,82
220	183,19	183,55	183,92	184,28	184,65	185,01	185,38	185,74	186,11	186,47
230	186,84	187,20	187,56	187,93	188,29	188,66	189,02	189,38	189,75	190,11
240	190,47	190,84	191,20	191,56	191,92	192,29	192,65	193,01	193,37	193,74
250	194,10	194,46	194,82	195,18	195,55	195,91	196,27	196,63	196,99	197,35
260	197,71	198,07	198,43	198,79	199,15	199,51	199,87	200,23	200,59	200,95
270	201,31	201,67	202,03	202,39	202,75	203,11	203,47	203,83	204,19	204,55

Окончание таблицы А.1

t, °С	Сопротивление ТС при температуре *t*, Ом									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
280	204,90	205,26	205,62	205,98	206,34	206,70	207,05	207,41	207,77	208,13
290	208,48	208,84	209,20	209,56	209,91	210,27	210,63	210,98	211,34	211,70
300	212,05	212,41	212,76	213,12	213,48	213,83	214,19	214,54	214,90	215,25
310	215,61	215,96	216,32	216,67	217,03	217,38	217,74	218,09	218,44	218,80
320	219,15	219,51	219,86	220,21	220,57	220,92	221,27	221,63	221,98	222,33
330	222,68	223,04	223,39	223,74	224,09	224,45	224,80	225,15	225,50	225,85
340	226,21	226,56	226,91	227,26	227,61	227,96	228,31	228,66	229,02	229,37
350	229,72	230,07	230,42	230,77	231,12	231,47	231,82	232,17	232,52	232,87
360	233,21	233,56	233,91	234,26	234,61	234,96	235,31	235,66	236,00	236,35
370	236,70	237,05	237,40	237,74	238,09	238,44	238,79	239,13	239,48	239,83
380	240,18	240,52	240,87	241,22	241,56	241,91	242,26	242,60	242,95	243,29
390	243,64	243,99	244,33	244,68	245,02	245,37	245,71	246,06	246,40	246,75
400	247,09	247,44	247,78	248,13	248,47	248,81	249,16	249,50	249,85	250,19
410	250,53	250,88	251,22	251,56	251,91	252,25	252,59	252,93	253,28	253,62
420	253,96	254,30	254,65	254,99	255,33	255,67	256,01	256,35	256,70	257,04
430	257,38	257,72	258,06	258,40	258,74	259,08	259,42	259,76	260,10	260,44
440	260,78	261,12	261,46	261,80	262,14	262,48	262,82	263,16	263,50	263,84
450	264,18	264,52	264,86	265,20	265,53	265,87	266,21	266,55	266,89	267,22
460	267,56	267,90	268,24	268,57	268,91	269,25	269,59	269,92	270,26	270,60
470	270,93	271,27	271,61	271,94	272,28	272,61	272,95	273,29	273,62	273,96
480	274,29	274,63	274,96	275,30	275,63	275,97	276,30	276,64	276,97	277,31
490	277,64	277,98	278,31	278,64	278,98	279,31	279,64	279,98	280,31	280,64
500	280,98	281,31	281,64	281,98	282,31	282,64	282,97	283,31	283,64	283,97
510	284,30	284,63	284,97	285,30	285,63	285,96	286,29	286,62	286,95	287,29
520	287,62	287,95	288,28	288,61	288,94	289,27	289,60	289,93	290,26	290,59
530	290,92	291,25	291,58	291,91	292,24	292,56	292,89	293,22	293,55	293,88
540	294,21	294,54	294,86	295,19	295,52	295,85	296,18	296,50	296,83	297,16
550	297,49	297,81	298,14	298,47	298,80	299,12	299,45	299,78	300,10	300,43
560	300,75	301,08	301,41	301,73	302,06	302,38	302,71	303,03	303,36	303,69
570	304,01	304,34	304,66	304,98	305,31	305,63	305,96	306,28	306,61	306,93
580	307,25	307,58	307,90	308,23	308,55	308,87	309,20	309,52	309,84	310,16
590	310,49	310,81	311,13	311,45	311,78	312,10	312,42	312,74	313,06	313,39
600	313,71	314,03	314,35	314,67	314,99	315,31	315,64	315,96	316,28	316,60
610	316,92	317,24	317,56	317,88	318,20	318,52	318,84	319,16	319,48	319,80
620	320,12	320,43	320,75	321,07	321,39	321,71	322,03	322,35	322,67	322,98
630	323,30	323,62	323,94	324,26	324,57	324,89	325,21	325,53	325,84	326,16
640	326,48	326,79	327,11	327,43	327,74	328,06	328,38	328,69	329,01	329,32
650	329,64	329,96	330,27	330,59	330,90	331,22	331,53	331,85	332,16	332,48
660	332,79	333,11	333,42	333,74	334,05	334,36	334,68	334,99	335,31	335,62
670	335,93	336,25	336,56	336,87	337,18	337,50	337,81	338,12	338,44	338,75
680	339,06	339,37	339,69	340,00	340,31	340,62	340,93	341,24	341,56	341,87
690	342,18	342,49	342,80	343,11	343,42	343,73	344,04	344,35	344,66	344,97
700	345,28	345,59	345,90	346,21	346,52	346,83	347,14	347,45	347,76	348,07
710	348,38	348,69	348,99	349,30	349,61	349,92	350,23	350,54	350,84	351,15
720	351,46	351,77	352,08	352,38	352,69	353,00	353,30	353,61	353,92	354,22
730	354,53	354,84	355,14	355,45	355,76	356,06	356,37	356,67	356,98	357,28
740	357,59	357,90	358,20	358,51	358,81	359,12	359,42	359,72	360,03	360,33
750	360,64	360,94	361,25	361,55	361,85	362,16	362,46	362,76	363,07	363,37
760	363,67	363,98	364,28	364,58	364,89	365,19	365,49	365,79	366,10	366,40
770	366,70	367,00	367,30	367,60	367,91	368,21	368,51	368,81	369,11	369,41
780	369,71	370,01	370,31	370,61	370,91	371,21	371,51	371,81	372,11	372,41
790	372,71	373,01	373,31	373,61	373,91	374,21	374,51	374,81	375,11	375,41
800	375,70	376,00	376,30	376,60	376,90	377,19	377,49	377,79	378,09	378,39
810	378,68	378,98	379,28	379,57	379,87	380,17	380,46	380,76	381,06	381,35
820	381,65	381,95	382,24	382,54	382,83	383,13	383,42	383,72	384,01	384,31
830	384,60	384,90	385,19	385,49	385,78	386,08	386,37	386,67	386,96	387,25
840	387,55	387,84	388,14	388,43	388,72	389,02	389,31	389,60	389,90	390,19
850	390,48									

Т а б л и ц а А.2 — Номинальная статическая характеристика для платиновых термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов R_0 = 100 Ом, α = 0,00391 °С$^{-1}$

t, °С	Сопротивление ТС при температуре t, Ом									
	0	–1	–2	–3	–4	–5	–6	–7	–8	–9
–200	17,24									
–190	21,62	21,18	20,75	20,31	19,87	19,44	19,00	18,56	18,12	17,68
–180	25,96	25,53	25,09	24,66	24,23	23,79	23,36	22,92	22,49	22,05
–170	30,26	29,84	29,41	28,98	28,55	28,12	27,68	27,25	26,82	26,39
–160	34,54	34,11	33,69	33,26	32,83	32,41	31,98	31,55	31,12	30,69
–150	38,79	38,36	37,94	37,51	37,09	36,67	36,24	35,82	35,39	34,97
–140	43,00	42,58	42,16	41,74	41,32	40,90	40,48	40,05	39,63	39,21
–130	47,20	46,78	46,36	45,94	45,52	45,10	44,68	44,26	43,84	43,42
–120	51,37	50,95	50,53	50,12	49,70	49,28	48,87	48,45	48,03	47,62
–110	55,51	55,10	54,69	54,27	53,86	53,44	53,03	52,61	52,20	51,78
–100	59,64	59,23	58,82	58,40	57,99	57,58	57,17	56,75	56,34	55,93
–90	63,75	63,34	62,93	62,52	62,11	61,69	61,28	60,87	60,46	60,05
–80	67,83	67,43	67,02	66,61	66,20	65,79	65,38	64,97	64,56	64,16
–70	71,91	71,50	71,09	70,69	70,28	69,87	69,46	69,06	68,65	68,24
–60	75,96	75,56	75,15	75,75	74,34	73,94	73,53	73,12	72,72	72,31
–50	80,00	79,60	79,19	78,79	78,39	77,98	77,58	77,17	76,77	76,37
–40	84,03	83,62	83,22	82,82	82,42	82,02	81,61	81,21	80,81	80,40
–30	88,04	87,64	87,24	86,84	86,44	86,03	85,63	85,23	84,83	84,43
–20	92,04	91,64	91,24	90,84	90,44	90,04	89,64	89,24	88,84	88,44
–10	96,03	95,63	95,23	94,83	94,43	94,03	93,63	93,24	92,84	92,44
0	100,00	99,60	99,21	98,81	98,41	98,01	97,62	97,22	96,82	96,42
t, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,00	100,40	100,79	101,19	101,59	101,98	102,38	102,78	103,17	103,57
10	103,96	104,36	104,75	105,15	105,55	105,94	106,34	106,73	107,13	107,52
20	107,91	108,31	108,70	109,10	109,49	109,89	110,28	110,67	111,07	111,46
30	111,85	112,25	112,64	113,03	113,43	113,82	114,21	114,61	115,00	115,39
40	115,78	116,17	116,57	116,96	117,35	117,74	118,13	118,53	118,92	119,31
50	119,70	120,09	120,48	120,87	121,26	121,65	122,04	122,43	122,82	123,21
60	123,60	123,99	124,38	124,77	125,16	125,55	125,94	126,33	126,72	127,11
70	127,50	127,89	128,27	128,66	129,05	129,44	129,83	130,21	130,60	130,99
80	131,38	131,77	132,15	132,54	132,93	133,31	133,70	134,09	134,47	134,86
90	135,25	135,63	136,02	136,41	136,79	137,18	137,56	137,95	138,34	138,72
100	139,11	139,49	139,88	140,26	140,65	141,03	141,42	141,80	142,18	142,57
110	142,95	143,34	143,72	144,10	144,49	144,87	145,25	145,64	146,02	146,40
120	146,79	147,17	147,55	147,94	148,32	148,70	149,08	149,46	149,85	150,23
130	150,61	150,99	151,37	151,75	152,14	152,52	152,90	153,28	153,66	154,04
140	154,42	154,80	155,18	155,56	155,94	156,32	156,70	157,08	157,46	157,84
150	158,22	158,60	158,98	159,36	159,74	160,12	160,49	160,87	161,25	161,63
160	162,01	162,39	162,76	163,14	163,52	163,90	164,28	164,65	165,03	165,41
170	165,78	166,16	166,54	166,92	167,29	167,67	168,05	168,42	168,80	169,17
180	169,55	169,93	170,30	170,68	171,05	171,43	171,80	172,18	172,55	172,93
190	173,30	173,68	174,05	174,43	174,80	175,17	175,55	175,92	176,30	176,67
200	177,04	177,42	177,79	178,16	178,54	178,91	179,28	179,66	180,03	180,40
210	180,77	181,15	181,52	181,89	182,26	182,63	183,01	183,38	183,75	184,12
220	184,49	184,86	185,23	185,60	185,97	186,35	186,72	187,09	187,46	187,83
230	188,20	188,57	188,94	189,31	189,68	190,05	190,42	190,78	191,15	191,52
240	191,89	192,26	192,63	193,00	193,37	193,73	194,10	194,47	194,84	195,21
250	195,57	195,94	196,31	196,68	197,04	197,41	197,78	198,15	198,51	198,88
260	199,25	199,61	199,98	200,34	200,71	201,08	201,44	201,81	202,17	202,54
270	202,90	203,27	203,64	204,00	204,37	204,73	205,09	205,46	205,82	206,19
280	206,55	206,92	207,28	207,64	208,01	208,37	208,74	209,10	209,46	209,83
290	210,19	210,55	210,91	211,28	211,64	212,00	212,36	212,73	213,09	213,45
300	213,81	214,17	214,54	214,90	215,26	215,62	215,98	216,34	216,70	217,07
310	217,43	217,79	218,15	218,51	218,87	219,23	219,59	219,95	220,31	220,67
320	221,03	221,39	221,75	222,10	222,46	222,82	223,18	223,54	223,90	224,26
330	224,62	224,97	225,33	225,69	226,05	226,41	226,76	227,12	227,48	227,84
340	228,19	228,55	228,91	229,26	229,62	229,98	230,33	230,69	231,05	231,40
350	231,76	232,12	232,47	232,83	233,18	233,54	233,89	234,25	234,60	234,96
360	235,31	235,67	236,02	236,38	236,73	237,09	237,44	237,80	238,15	238,50

Окончание таблицы А.2

t, °С	Сопротивление ТС при температуре *t*, Ом									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
370	238,86	239,21	239,56	239,92	240,27	240,62	240,98	241,33	241,68	242,04
380	242,39	242,74	243,09	243,44	243,80	244,15	244,50	244,85	245,20	245,56
390	245,91	246,26	246,61	246,96	247,31	247,66	248,01	248,36	248,71	249,06
400	249,41	249,76	250,11	250,46	250,81	251,16	251,51	251,86	252,21	252,56
410	252,91	253,26	253,61	253,96	254,31	254,65	255,00	255,35	255,70	256,05
420	256,39	256,74	257,09	257,44	257,78	258,13	258,48	258,83	259,17	259,52
430	259,87	260,21	260,56	260,91	261,25	261,60	261,94	262,29	262,64	262,98
440	263,33	263,67	264,02	264,36	264,71	265,05	265,40	265,74	266,09	266,43
450	266,78	267,12	267,47	267,81	268,15	268,50	268,84	269,18	269,53	269,87
460	270,21	270,56	270,90	271,24	271,59	271,93	272,27	272,61	272,96	273,30
470	273,64	273,98	274,32	274,67	275,01	275,35	275,69	276,03	276,37	276,71
480	277,05	277,40	277,74	278,08	278,42	278,76	279,10	279,44	279,78	280,12
490	280,46	280,80	281,14	281,48	281,81	282,15	282,49	282,83	283,17	283,51
500	283,85	284,19	284,52	284,86	285,20	285,54	285,88	286,21	286,55	286,89
510	287,23	287,56	287,90	288,24	288,57	288,91	289,25	289,58	289,92	290,26
520	290,59	290,93	291,27	291,60	291,94	292,27	292,61	292,94	293,28	293,61
530	293,95	294,28	294,62	294,95	295,29	295,62	295,96	296,29	296,63	296,96
540	297,29	297,63	297,96	298,29	298,63	298,96	299,29	299,63	299,96	300,29
550	300,63	300,96	301,29	301,62	301,96	302,29	302,62	302,95	303,28	303,62
560	303,95	304,28	304,61	304,94	305,27	305,60	305,93	306,26	306,59	306,93
570	307,26	307,59	307,92	308,25	308,58	308,91	309,24	309,56	309,89	310,22
580	310,55	310,88	311,21	311,54	311,87	312,20	312,53	312,85	313,18	313,51
590	313,84	314,17	314,49	314,82	315,15	315,48	315,80	316,13	316,46	316,79
600	317,11	317,44	317,77	318,09	318,42	318,74	319,07	319,40	319,72	320,05
610	320,37	320,70	321,03	321,35	321,68	322,00	322,33	322,65	322,98	323,30
620	323,63	323,95	324,27	324,60	324,92	325,25	325,57	325,89	326,22	326,54
630	326,86	327,19	327,51	327,83	328,16	328,48	328,80	329,12	329,45	329,77
640	330,09	330,41	330,74	331,06	331,38	331,70	332,02	332,34	332,66	332,99
650	333,31	333,63	333,95	334,27	334,59	334,91	335,23	335,55	335,87	336,19
660	336,51	336,83	337,15	337,47	337,79	338,11	338,43	338,75	339,07	339,38
670	339,70	340,02	340,34	340,66	340,98	341,29	341,61	341,93	342,25	342,57
680	342,88	343,20	343,52	343,84	344,15	344,47	344,79	345,10	345,42	345,74
690	346,05	346,37	346,68	347,00	347,32	347,63	347,95	348,26	348,58	348,89
700	349,21	349,52	349,84	350,15	350,47	350,78	351,10	351,41	351,73	352,04
710	352,35	352,67	352,98	353,30	353,61	353,92	354,24	354,55	354,86	355,18
720	355,49	355,80	356,11	356,43	356,74	357,05	357,36	357,67	357,99	358,30
730	358,61	358,92	359,23	359,54	359,86	360,17	360,48	360,79	361,10	361,41
740	361,72	362,03	362,34	362,65	362,96	363,27	363,58	363,89	364,20	364,51
750	364,82	365,13	365,44	365,75	366,06	366,36	366,67	366,98	367,29	367,60
760	367,91	368,21	368,52	368,83	369,14	369,45	369,75	370,06	370,37	370,67
770	370,98	371,29	371,60	371,90	372,21	372,51	372,82	373,13	373,43	373,74
780	374,05	374,35	374,66	374,96	375,27	375,57	375,88	376,18	376,49	376,79
790	377,10	377,40	377,71	378,01	378,31	378,62	378,92	379,23	379,53	379,83
800	380,14	380,44	380,74	381,05	381,35	381,65	381,96	382,26	382,56	382,86
810	383,17	383,47	383,77	384,07	384,37	384,68	384,98	385,28	385,58	385,88
820	386,18	386,48	386,79	387,09	387,39	387,69	387,99	388,29	388,59	388,89
830	389,19	389,49	389,79	390,09	390,39	390,69	390,99	391,29	391,58	391,88
840	392,18	392,48	392,78	393,08	393,38	393,67	393,97	394,27	394,57	394,87
850	395,16									

Таблица А.3 — Номинальная статическая характеристика для медных термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов R_0 = 100 Ом, α = 0,00428 °С$^{-1}$

t, °С	Сопротивление ТС при температуре t, Ом									
	0	–1	–2	–3	–4	–5	–6	–7	–8	–9
–180	20,53									
–170	25,10	24,64	24,19	23,73	23,27	22,82	22,36	21,90	21,44	20,99
–160	29,65	29,20	28,74	28,29	27,83	27,38	26,92	26,47	26,01	25,56
–150	34,18	33,73	33,27	32,82	32,37	31,92	31,46	31,01	30,56	30,10
–140	38,69	38,24	37,79	37,34	36,89	36,44	35,99	35,53	35,08	34,63
–130	43,18	42,73	42,28	41,83	41,38	40,94	40,49	40,04	39,59	39,14
–120	47,65	47,20	46,76	46,31	45,86	45,42	44,97	44,52	44,07	43,63
–110	52,10	51,66	51,21	50,77	50,32	49,88	49,43	48,99	48,54	48,10
–100	56,54	56,09	55,65	55,21	54,76	54,32	53,88	53,43	52,99	52,55
–90	60,95	60,51	60,07	59,63	59,19	58,75	58,30	57,86	57,42	56,98
–80	65,35	64,91	64,47	64,03	63,59	63,15	62,71	62,27	61,83	61,39
–70	69,74	69,30	68,86	68,42	67,98	67,55	67,11	66,67	66,23	65,79
–60	74,10	73,67	73,23	72,79	72,36	71,92	71,48	71,05	70,61	70,17
–50	78,46	78,02	77,59	77,15	76,72	76,28	75,85	75,41	74,97	74,54
–40	82,79	82,36	81,93	81,49	81,06	80,63	80,19	79,76	79,32	78,89
–30	87,11	86,68	86,25	85,82	85,39	84,95	84,52	84,09	83,66	83,22
–20	91,42	90,99	90,56	90,13	89,70	89,27	88,84	88,41	87,98	87,55
–10	95,72	95,29	94,86	94,43	94,00	93,57	93,14	92,71	92,28	91,85
0	100,00	99,57	99,14	98,72	98,29	97,86	97,43	97,00	96,58	96,15
t, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,00	100,43	100,86	101,28	101,71	102,14	102,57	103,00	103,42	103,85
10	104,28	104,71	105,14	105,56	105,99	106,42	106,85	107,28	107,70	108,13
20	108,56	108,99	109,42	109,84	110,27	110,70	111,13	111,56	111,98	112,41
30	112,84	113,27	113,70	114,12	114,55	114,98	115,41	115,84	116,26	116,69
40	117,12	117,55	117,98	118,40	118,83	119,26	119,69	120,12	120,54	120,97
50	121,40	121,83	122,26	122,68	123,11	123,54	123,97	124,40	124,82	125,25
60	125,68	126,11	126,54	126,96	127,39	127,82	128,25	128,68	129,10	129,53
70	129,96	130,39	130,82	131,24	131,67	132,10	132,53	132,96	133,38	133,81
80	134,24	134,67	135,10	135,52	135,95	136,38	136,81	137,24	137,66	138,09
90	138,52	138,95	139,38	139,80	140,23	140,66	141,09	141,52	141,94	142,37
100	142,80	143,23	143,66	144,08	144,51	144,94	145,37	145,80	146,22	146,65
110	147,08	147,51	147,94	148,36	148,79	149,22	149,65	150,08	150,50	150,93
120	151,36	151,79	152,22	152,64	153,07	153,50	153,93	154,36	154,78	155,21
130	155,64	156,07	156,50	156,92	157,35	157,78	158,21	158,64	159,06	159,49
140	159,92	160,35	160,78	161,20	161,63	162,06	162,49	162,92	163,34	163,77
150	164,20	164,63	165,06	165,48	165,91	166,34	166,77	167,20	167,62	168,05
160	168,48	168,91	169,34	169,76	170,19	170,62	171,05	171,48	171,90	172,33
170	172,76	173,19	173,62	174,04	174,47	174,90	175,33	175,76	176,18	176,61
180	177,04	177,47	177,90	178,32	178,75	179,18	179,61	180,04	180,46	180,89
190	181,32	181,75	182,18	182,60	183,03	183,46	183,89	184,32	184,74	185,17
200	185,60									

Таблица А.4 — Номинальная статическая характеристика для медных термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов R_0 = 100 Ом, α = 0,00426 °С$^{-1}$

t, °С	Сопротивление ТС при температуре t, Ом									
	0	–1	–2	–3	–4	–5	–6	–7	–8	–9
–50	78,7									
–40	82,96	82,534	82,108	81,682	81,256	80,83	80,404	79,978	79,552	79,126
–30	87,22	86,794	86,368	85,942	85,516	85,09	84,664	84,238	83,812	83,386
–20	91,48	91,054	90,628	90,202	89,776	89,35	88,924	88,498	88,072	87,646
–10	95,74	95,314	94,888	94,462	94,036	93,61	93,184	92,758	92,332	91,906
0	100	99,574	99,148	98,722	98,296	97,87	97,444	97,018	96,592	96,166
t, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	100,426	100,852	101,278	101,704	102,13	102,556	102,982	103,408	103,834
10	104,26	104,686	105,112	105,538	105,964	106,39	106,816	107,242	107,668	108,094
20	108,52	108,946	109,372	109,798	110,224	110,65	111,076	111,502	111,928	112,354
30	112,78	113,206	113,632	114,058	114,484	114,91	115,336	115,762	116,188	116,614
40	117,04	117,466	117,892	118,318	118,744	119,17	119,596	120,022	120,448	120,874
50	121,3	121,726	122,152	122,578	123,004	123,43	123,856	124,282	124,708	125,134
60	125,56	125,986	126,412	126,838	127,264	127,69	128,116	128,542	128,968	129,394
70	129,82	130,246	130,672	131,098	131,524	131,95	132,376	132,802	133,228	133,654
80	134,08	134,506	134,932	135,358	135,784	136,21	136,636	137,062	137,488	137,914
90	138,34	138,766	139,192	139,618	140,044	140,47	140,896	141,322	141,748	142,174
100	142,6	143,026	143,452	143,878	144,304	144,73	145,156	145,582	146,008	146,434
110	146,86	147,286	147,712	148,138	148,564	148,99	149,416	149,842	150,268	150,694
120	151,12	151,546	151,972	152,398	152,824	153,25	153,676	154,102	154,528	154,954
130	155,38	155,806	156,232	156,658	157,084	157,51	157,936	158,362	158,788	159,214
140	159,64	160,066	160,492	160,918	161,344	161,77	162,196	162,622	163,048	163,474
150	163,9	164,326	164,752	165,178	165,604	166,03	166,456	166,882	167,308	167,734
160	168,16	168,586	169,012	169,438	169,864	170,29	170,716	171,142	171,568	171,994
170	172,42	172,846	173,272	173,698	174,124	174,55	174,976	175,402	175,828	176,254
180	176,68	177,106	177,532	177,958	178,384	178,81	179,236	179,662	180,088	180,514
190	180,94	181,366	181,792	182,218	182,644	183,07	183,496	183,922	184,348	184,774
200	185,2									

Таблица А.5 — Номинальная статическая характеристика для никелевых термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов R_0 = 100 Ом, α = 0,00617 °С$^{-1}$

t, °С	Сопротивление ТС при температуре t, Ом									
	0	–1	–2	–3	–4	–5	–6	–7	–8	–9
–60	69,45	68,99	68,52	68,05	67,59	67,13	66,67	66,21	65,75	65,29
–50	74,21	73,73	73,25	72,77	72,29	71,81	71,34	70,87	70,39	69,92
–40	79,10	78,60	78,11	77,62	77,12	76,63	76,15	75,66	75,17	74,69
–30	84,12	83,61	83,10	82,60	82,09	81,59	81,09	80,59	80,09	79,59
–20	89,28	88,76	88,24	87,72	87,20	86,68	86,17	85,65	85,14	84,63
–10	94,57	94,04	93,50	92,97	92,44	91,91	91,38	90,85	90,33	89,80
0	100,00	99,45	98,90	98,36	97,81	97,27	96,73	96,19	95,65	95,11
t, °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,00	100,55	101,10	101,65	102,21	102,77	103,32	103,88	104,44	105,00
10	105,56	106,13	106,69	107,26	107,83	108,40	108,97	109,54	110,11	110,69
20	111,26	111,84	112,42	113,00	113,58	114,16	114,75	115,33	115,92	116,51
30	117,10	117,69	118,28	118,87	119,47	120,06	120,66	121,26	121,86	122,46
40	123,07	123,67	124,28	124,88	125,49	126,10	126,71	127,32	127,94	128,55
50	129,17	129,79	130,41	131,03	131,65	132,27	132,90	133,52	134,15	134,78
60	135,41	136,04	136,67	137,31	137,94	138,58	139,22	139,86	140,50	141,14
70	141,78	142,43	143,08	143,72	144,37	145,02	145,67	146,33	146,98	147,64
80	148,29	148,95	149,61	150,27	150,94	151,60	152,26	152,93	153,60	154,27
90	154,94	155,61	156,28	156,96	157,63	158,31	158,99	159,67	160,35	161,03
100	161,72	162,41	163,11	163,81	164,51	165,21	165,91	166,62	167,33	168,03

Окончание таблицы А.5

t, °С	Сопротивление ТС при температуре *t*, Ом									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
110	168,74	169,46	170,17	170,89	171,60	172,32	173,05	173,77	174,49	175,22
120	175,95	176,68	177,41	178,15	178,88	179,62	180,36	181,10	181,84	182,59
130	183,34	184,08	184,84	185,59	186,34	187,10	187,86	188,62	189,38	190,14
140	190,91	191,68	192,45	193,22	193,99	194,77	195,55	196,33	197,11	197,89
150	198,68	199,47	200,26	201,05	201,84	202,64	203,44	204,24	205,04	205,84
160	206,65	207,46	208,27	209,08	209,89	210,71	211,53	212,35	213,17	214,00
170	214,82	215,65	216,48	217,31	218,15	218,99	219,83	220,67	221,51	222,36
180	223,21									

Приложение Б
(справочное)

Уравнения для расчета температуры по сопротивлению термопреобразователей сопротивления

Б.1 Платиновые термопреобразователи сопротивления

Для $R_t/R_0 < 1$ ($t < 0$ °С) приближенная обратная функция для НСХ, позволяющая проводить расчет температуры по сопротивлению ТС с точностью ± 0,002 °С, следующая:

$$t = \sum_{i=1}^{4} D_i (R_t/R_0 - 1)^i. \quad (Б.1)$$

Для $R_t/R_0 \geq 1$ ($t \geq 0$ °С) обратная функция для НСХ следующая:

$$t = \frac{\sqrt{A^2 - 4B(1 - R_t/R_0)} - A}{2B}, \quad (Б.2)$$

где t — температура по МТШ-90, °С;
R_t — сопротивление при температуре t, Ом;
R_0 — номинальное сопротивление при температуре 0 °С, Ом.

Значения постоянных для ТС с различным α следующие:

Постоянная	α = 0,00385 °С$^{-1}$	α = 0,00391 °С$^{-1}$
A	$3{,}9083 \cdot 10^{-3}$ °С$^{-1}$	$3{,}9690 \cdot 10^{-3}$ °С$^{-1}$
B	$-5{,}775 \cdot 10^{-7}$ °С$^{-2}$	$-5{,}841 \cdot 10^{-7}$ °С$^{-2}$
D_1	255,819 °С	251,903 °С
D_2	9,14550 °С	8,80035 °С
D_3	–2,92363 °С	–2,91506 °С
D_4	1,79090 °С	1,67611 °С

Б.2 Медные термопреобразователи сопротивления с α = 0,00426 °С$^{-1}$

Для медных ТС в диапазоне температур от 0 °С до 200 °С обратная функция для НСХ следующая:

$$t = (R_t/R_0 - 1)/A, \quad (Б.3)$$

где t — температура по МТШ-90, °С;
R_t — сопротивление при температуре t, Ом;
R_0 — номинальное сопротивление при температуре 0 °С, Ом;

$$A = 4{,}28 \cdot 10^{-3}\ °С^{-1}.$$

В диапазоне температур от минус 180 °С до 0 °С приближенная обратная функция, позволяющая проводить расчет температуры по сопротивлению ТС с точностью ± 0,002 °С, следующая:

$$t = \sum_{i=1}^{4} D_i (R_t/R_0 - 1)^i, \quad (Б.4)$$

где t — температура (МТШ-90), °С;
R_t — сопротивление при температуре t, Ом;
R_0 — номинальное сопротивление при температуре 0 °С, Ом;
значения постоянных: $D_1 = 233{,}87$ °С; $D_3 = -2{,}0062$ °С;
$D_2 = 7{,}9370$ °С; $D_4 = -0{,}3953$ °С.

Б.3 Медные термопреобразователи сопротивления W_{100} = 1,426

Для медных ТС в диапазоне температур от минус 50 °С до плюс 200 °С обратная функция для НСХ следующая:

$$t = (R_t/R_0 - 1)/A, \quad (Б.5)$$

где t — температура по МТШ-90, °С;
R_t — сопротивление при температуре t, Ом;
R_0 — номинальное сопротивление при температуре 0 °С, Ом;
$A = 4{,}26 \cdot 10^{-3}$ °С$^{-1}$.

Б.4 Никелевые термопреобразователи сопротивления

В диапазоне температур от минус 60 °С до плюс 100 °С обратная функция для НСХ следующая:

$$t = \frac{\sqrt{A^2 - 4B(1 - R_t/R_0)} - A}{2B}. \quad (Б.6)$$

В диапазоне температур от 100 °С до 180 °С приближенная обратная функция для НСХ, позволяющая проводить расчет температуры по сопротивлению ТС с точностью ± 0,002 °С, следующая:

$$t = 100 + \sum_{i=1}^{3} D_i (R_t/R_0 - 1{,}6172)^i, \quad (Б.7)$$

где t — температура по МТШ-90, °С;

R_t — сопротивление при температуре t, Ом;

R_0 — номинальное сопротивление при температуре 0 °С, Ом;

значения постоянных следующие:

$A = 5{,}4963 \cdot 10^{-3}$ °С$^{-1}$;

$B = 6{,}7556 \cdot 10^{-6}$ °С$^{-2}$;

$D_1 = 144{,}096$ °С;

$D_2 = -25{,}502$ °С;

$D_3 = 4{,}4876$ °С.

Приложение В
(справочное)

Условия приемки термопреобразователей сопротивления изготовителем и отбраковки потребителем

В.1 Условия приемки термопреобразователей сопротивления изготовителем

ТС может быть признан годным изготовителем (или поверочным центром) только в том случае, если отклонение сопротивления ТС от НСХ с учетом расширенной неопределенности измерения в лаборатории изготовителя (производителя) или поверителя $U_{пр}$, рассчитанное в эквиваленте температуры $(R - R_{нсх} \pm U_{пр})/(dR/dt)$, находится внутри интервала допуска $\pm \Delta$ (см. пример, ТС № 1 на рисунке В.1).

В.2 Условия отбраковки ТС потребителем

ТС может быть забракован потребителем только в том случае, если отклонение сопротивления ТС от НСХ с учетом расширенной неопределенности измерения в условиях использования ТС потребителем $U_{потр,}$ рассчитанное в эквиваленте температуры $(R - R_{нсх} \pm U_{потр})/(dR/dt)$, находится полностью вне интервала допуска $\pm \Delta t$ (см. пример, ТС № 4 на рисунке В.1).

Пример

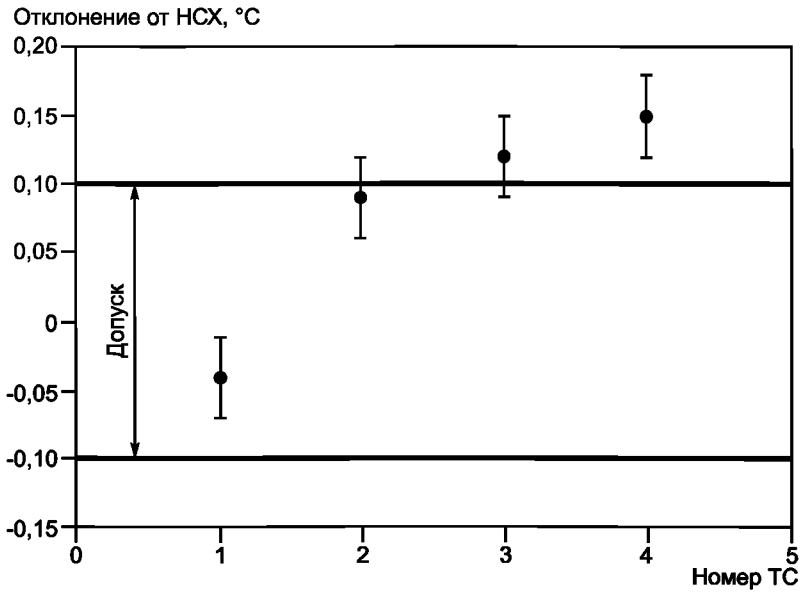


Рисунок В.1 — Условия приемки и отбраковки ТС класса АА по результатам измерений при 0 °С. Из четырех показанных ТС только ТС № 1 может быть принят изготовителем (или поверочным центром) и только ТС № 4 может быть забракован потребителем

Библиография

[1] Международная температурная шкала, 1990 г. (The International Temperature Scale of 1990) (текст опубликован: Metrologia, 1990, v. 27, pp. 3—10)

[2] Международный стандарт МЭК 60751 (2008—07) Промышленные чувствительные элементы термопреобразователей сопротивления из платины (Industrial platinum resistance thermometers and platinum sensors)

[3] Международный стандарт МЭК 61515 (1995—07) Кабели термопар и термопары с минеральной изоляцией (Mineral insulated thermocouple cables and thermocouples)

[4] ГОСТ Р 51330.1—99 (МЭК 60079-1—98) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 1. Взрывозащита вида «взрывонепроницаемая оболочка»

[5] ГОСТ Р 51330.10—99 (МЭК 60079-11—99) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь i

[6] Международный стандарт МЭК 61520 (2000—01) Элементы термопреобразователей в металлической оболочке. Размеры (Dimensions of metal sheathed thermometer elements)

[7] Правила по метрологии ПР 50.2.009—94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений

[8] Руководство по оцениванию неопределенности в измерении (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*) (Принято Международной организацией по стандартизации, Женева, 1995)

УДК 536.531:006.354 ОКС 17.200.20 П24

Ключевые слова: термопреобразователи сопротивления, температура, требования, методы испытаний

Редактор *Л.В. Афанасенко*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 28.03.2011. Подписано в печать 22.04.2011. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 2,98. Тираж 161 экз. Зак. 293.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru