

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «23» декабря 2022 г. № 3253

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ**

1. Область применения

1.1. Настоящая поверочная схема распространяется на средства измерений температуры в диапазонах от 0,3 до 3473,15 К (от минус 272,85 °С до 3200 °С), и устанавливает порядок передачи единиц температуры – кельвина (К) и градуса Цельсия (°С) от государственных первичных эталонов средствам измерений с помощью вторичных и рабочих эталонов, с указанием основных методов аттестации/поверки и погрешности (см. также приложение А).

В соответствии с ГОСТ 8.381-2009 и погрешности, и неопределенности выражают в виде границ или доверительных границ. По умолчанию знак при одинаковом числовом значении положительной и отрицательной границ опускают.

1.2. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры состоит из трех частей:

Часть 1. Поверочная схема для контактных термометров в диапазоне от 0,3 до 273,16 К (от минус 272,85 °С до 0,01 °С) (чертеж в приложении А.1);

Часть 2. Поверочная схема для контактных термометров в диапазоне от 273,15 до 2773,15 К (от 0 °С до 2500 °С) (чертеж в приложении А.2);

Часть 3. Поверочная схема для радиационных (неконтактных) термометров (чертеж в приложении А.3).

1.3. Государственную поверочную схему для средств измерений температуры возглавляют два Государственных первичных эталона единицы температуры: ГЭТ 35-2021 (далее – ГЭТ 35) и ГЭТ 34-2020 (далее – ГЭТ 34), воспроизводящие, хранящие и передающие единицу температуры.

1.4. В диапазоне от 0,3 до 273,16 К (от минус 272,85 °С до 0,01 °С), единицу температуры воспроизводят и передают контактным способом с помощью Государственного первичного эталона ГЭТ 35 в соответствии с Положением о Международной температурной шкале МТШ-90 (далее – МТШ-90), а также методом абсолютной акустической газовой термометрии.

В диапазоне от 0 °С до 961,78 °С (от 273,15 до 1234,93 К) единицу температуры воспроизводят и передают контактным способом с помощью Государственного первичного эталона ГЭТ 34 в соответствии с МТШ-90.

В диапазоне свыше 961,78 °С до 3200 °С (свыше 1234,93 до 3473,15 К) единицу температуры воспроизводят и передают неконтактным способом с помощью Государственного первичного эталона единицы температуры ГЭТ 34 методами абсолютной и условной первичной радиометрии.

1.5. В настоящем документе под наименованиями «термометр сопротивления» и «термоэлектрический термометр» подразумевается, что в состав этих приборов входят первичные преобразователи температуры – термопреобразователи сопротивления и термоэлектрические преобразователи, соответственно, а для измерений сигналов, вырабатываемых первичными преобразователями, входят вторичные преобразователи – средства измерений электрических величин сопротивления, напряжения или специализированные приборы, аппаратно реализующие функцию преобразования электрического сигнала в эквивалентные значения в единицах температуры по тем или иным установленным правилам, включающим, в том числе, индивидуальные свойства конкретного первичного преобразователя.

Вторичные преобразователи должны быть аттестованы (откалиброваны, поверены) с прослеживаемостью к соответствующему первичному эталону.

1.6. На всех уровнях от рабочих эталонов единицы температуры 0-го разряда до средств измерений температуры при наличии технической возможности первичные термопреобразователи сопротивления, термоэлектрические преобразователи и ампулы реперных точек могут быть аттестованы (откалиброваны, поверены) отдельно от вторичных преобразователей и других вспомогательных технических средств, требующихся для функционирования эталона, путем сличения с термометрами сопротивления, термоэлектрическими термометрами и мерами температуры в соответствии с данной поверочной схемой. При передаче единицы температуры источники погрешности всех технических средств, участвующих в процессе передачи единицы температуры, должна быть учтена.

В настоящей поверочной схеме указаны СКО метода передачи единицы на уровнях от первичного эталона единицы температуры до вторичных эталонов и рабочих эталонов единицы температуры 0-го разряда, и доверительные границы абсолютной погрешности метода передачи единицы на уровнях от рабочих эталонов единицы температуры 1 разряда до средств измерений температуры. При определении суммарного СКО и доверительных границ погрешности метода передачи единицы должны быть учтены все источники погрешности от вспомогательных, требующихся для функционирования эталона единицы температуры технических средств, эталонов и средств измерений (в том числе, средств измерений электрических величин сопротивления, напряжения или специализированных приборов, аппаратно реализующих функцию преобразования электрического сигнала в эквивалентные значения в единицах температуры по тем или иным установленным правилам, если данные средства измерений не входят в состав эталона, как указано в п. 1.5), а также используемого стороннего программного обеспечения, выполняющего функцию преобразования.

1.7. При поверке (аттестации, калибровке) в каждом значении температуры отношение значений СКО результата измерений или границ доверительной погрешности исходного и поверяемого эталонов должно быть не более 0,67 (1:1,5), а отношение границы доверительной погрешности эталона и предела допускаемой погрешности поверяемого средства измерений - не более 0,4 (1:2,5). С целью выполнения этого требования, а также при отсутствии соответствующих эталонов, для всех подчиненных разрядных эталонов и средств измерений допускается проводить поверку с помощью эталонов более высокой точности, чем определено последовательностью настоящей поверочной схемы.

1.8. В составе рабочих эталонов при отсутствии потребности для всего диапазона температуры, допускается комплектность, включающая технические средства, которые обеспечивают передачу единицы температуры рабочим эталонам более низких разрядов и поверку средств измерений температуры в ограниченном диапазоне температуры.

2. Обозначения и сокращения

В настоящем документе использованы следующие сокращения:

АЧТ - абсолютно черное тело - объект с характеристиками излучения, подчиняющимися закону Планка;

ВТС - тип высокотемпературных платиновых термопреобразователей сопротивления;

ГКМВ - Генеральная конференция по мерам и весам;

ГЭТ - Государственный первичный эталон единицы температуры

К - кельвин и °С - градус Цельсия - единицы измерений температуры;

МТШ-90 - Международная температурная шкала 1990 года;

НСП - неисключенная систематическая погрешность;

ПНТШ-2000 - Предварительная низкотемпературная шкала 2000 года;

ПТС - тип платиновых термопреобразователей сопротивления;

СКО - среднее квадратическое отклонение результата измерений;

ТПП - тип платино-платинородиевых термоэлектрических преобразователей;

ТПР - тип платинородий-платинородиевых термоэлектрических преобразователей.

3. Часть 1. Поверочная схема для контактных термометров в диапазоне температуры от 0,3 до 273,16 К (от минус 272,85 °С до 0,01 °С)

3.1. Государственный первичный эталон

3.1.1. Государственный первичный эталон единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К ГЭТ 35-2021 (далее – ГЭТ 35), включает в себя следующие технические средства:

установка для абсолютного измерения термодинамической температуры в диапазоне от 268,16 до 273,16 К;

установка для измерений термодинамической температуры в диапазоне от 4,2 до 80 К акустическим методом;

установка для измерений термодинамической температуры в диапазоне от 79 до 273,16 К акустическим методом;

аппаратура для реализации реперных точек МТШ-90 в диапазоне от 24,5 до 273,16 К (ампулы с чистыми веществами и термостаты для реализации фазовых переходов, соответствующих диапазону);

аппаратура контактной термометрии в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К, включающая группу эталонных платиновых и родий-железных термопреобразователей сопротивления, и средства измерений электрического сопротивления.

3.1.2. Передачу единицы в соответствии со шкалой МТШ-90 и предварительной низкотемпературной шкалой ПНТШ-2000 вторичным эталонам осуществляют приведением их в тепловой контакт с блоком сравнения и непосредственным сличением с эталонным термометром в криостате/термостате либо прямым измерением в ампуле реперной точки МТШ-90.

3.1.3. Диапазон температуры, воспроизводимой ГЭТ 35, составляет от 0,3 до 273,16 К (от минус 272,85 °С до 0,01 °С).

В части 1 поверочной схемы (см. также Приложение А, чертеж А.1) верхняя граница диапазона вторичных эталонов, эталонов-копий, рабочих эталонов 0-го, 1-го, 2-го, 3-го разряда и средств измерений взята равной верхней границе диапазона ГЭТ 35. Для аттестации рабочих эталонов и поверки средств измерений температуры в диапазоне свыше 273,16 К контактным способом используют вторичные эталоны (эталон-копии) и рабочие эталоны, прослеживаемые к ГЭТ 34 (см. часть 2 и Приложение А, чертеж А.2).

3.1.4. ГЭТ 35 в диапазоне от 0,30 до 0,8 К воспроизводит единицу температуры - кельвин по шкале ПНТШ-2000, со следующими точностными характеристиками:

СКО результата измерений S и стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А, u_A :

$$S = u_A = (0,10 \dots 0,30) \text{ мК (при 10-ти независимых измерениях);}$$

НСП Θ :

$$\Theta = (0,30 \dots 1,0) \text{ мК;}$$

стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В, u_B :

$$u_B = (0,12 \dots 0,41) \text{ мК.}$$

ГЭТ 35 в диапазоне от 0,8 до 273,16 К воспроизводит единицу температуры - кельвин в соответствии с МТШ-90 со следующими точностными характеристиками:

$$S = u_A = (0,10 \dots 0,20) \text{ мК (при 10-ти независимых измерениях);}$$

$$\Theta = (0,20 \dots 0,5) \text{ мК;}$$

$$u_B = (0,082 \dots 0,21) \text{ мК.}$$

ГЭТ 35 в диапазоне от 4,2 до 5 К обеспечивает воспроизведение единицы термодинамической температуры в соответствии с определением кельвина, зафиксированном в резолюции 1 26-ой Генеральной конференцией по мерам и весам (далее - ГКМВ), со следующими точностными характеристиками:

$$S = u_A = (0,13 \dots 0,21) \text{ мК (при 10-ти независимых измерениях);}$$

$$\Theta = (3,6 \dots 9,2) \text{ мК;}$$

$$u_B = (1,4 \dots 3,8) \text{ мК.}$$

ГЭТ 35 в диапазоне от 5 до 273,16 К обеспечивает воспроизведение единицы термодинамической температуры в соответствии с определением кельвина, зафиксированном 26-ой ГКМВ (резолюция 1) со следующими точностными характеристиками:

$$S = u_A = (0,16 \dots 0,46) \text{ мК (при 10-ти независимых измерениях);}$$

$$\Theta = (0,79 \dots 3,6) \text{ мК;}$$

$$u_B = (0,46 \dots 1,4) \text{ мК.}$$

3.1.5. ГЭТ 35 применяют для передачи единицы температуры вторичным эталонам и рабочим эталонам 0-го разряда методом непосредственных сличений с суммарным СКО метода измерений $S_M = (0,3 \dots 0,10) \text{ мК}$ или методом прямых измерений с $S_M = 0,10 \text{ мК}$ в реперных и других точках в соответствии с МТШ-90.

3.1.6. Комплекс аппаратуры ГЭТ 35 позволяет проводить передачу единицы температуры капсульным термометрам сопротивления в диапазоне от 4,2 до 273,16 К от установок акустической газовой термометрии в соответствии с определением кельвина, зафиксированном 26-ой ГКМВ (разрешения 1).

3.2. Вторичные эталоны

3.2.1. Вторичные эталоны в настоящей части поверочной схемы представлены эталонами-копиями.

В составе эталона-копии применяют:

родий-железные и платиновые термометры сопротивления в диапазоне температуры от 0,3 до 273,16 К, включая аппаратуру для измерений электрического сопротивления соответствующей точности;

аппаратуру для реализации реперных точек в диапазоне температуры от 13,8 до 273,16 К (ампулы с чистыми веществами и термостаты для реализации фазовых переходов чистых веществ, соответствующих диапазону).

3.2.2. Суммарное СКО S_{Σ} , обусловленное влиянием случайной погрешности и НСП первичного, вторичного эталонов и применяемых средств передачи единицы температуры от первичного эталона, должно не превышать значений, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Диапазон измерений, К	Суммарное СКО, S_{Σ} , мК		
	Платиновые термометры сопротивления	Родий-железные термометры сопротивления	Аппаратура для реализации реперных точек
от 0,3 до 0,8 включ.	-	0,9	-
св. 0,8 до 13,804 включ.		0,6	
св. 13,804 до 24,556 включ.	1,3	1,3	0,30
св. 24,556 до 54,358 включ.	1,1		
св. 54,358 до 83,806 включ.	1,0		
св. 83,806 до 234,315 включ.	0,8		0,6
св. 234,315 до 273,16 включ.	0,6		0,20

3.2.3. Эталоны-копии применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 0-го разряда методом непосредственных сличений с СКО метода измерений $S_M = (0,6 \dots 0,20)$ мК или методом прямых измерений с $S_M = 0,30$ мК в реперных точках МТШ-90.

3.2.4. Вторичные эталоны (эталон-копии) могут состоять из аппаратуры для реализации реперных точек, платиновых и родий-железных термометров сопротивления, работающих в более узком диапазоне температуры.

При отсутствии потребности в эталоне для всего диапазона, допускается комплектность, включающая неполный состав в части реперных точек МТШ-90. Обязательными являются точки:

для поддиапазона в пределах от 234 до 273,16 К – тройные точки воды и ртути;

для поддиапазона в пределах от 83,8 до 273,16 К – тройные точки воды, ртути и аргона;

для поддиапазона в пределах от 54 до 273,16 К – тройные точки воды, ртути, аргона и кислорода;

для поддиапазона в пределах от 24,5 до 273,16 К – тройные точки воды, ртути, аргона, и неона.

3.3. Рабочие эталоны

3.3.1. Рабочие эталоны 0-го разряда.

3.3.1.1. В составе рабочих эталонов 0-го разряда применяют эталонные меры температуры – аппаратуру для реализации реперных точек в диапазоне температуры от 24,5 до 273,16 К, эталонные платиновые термометры сопротивления в диапазоне температуры от 13,8 до 273,16 К и эталонные родий-железные термометры сопротивления в диапазоне температуры от 0,3 до 273,16 К, включая аппаратуру для измерений электрического сопротивления соответствующей точности.

3.3.1.2. Суммарное СКО, обусловленное влиянием случайных погрешностей и НСП эталонов, а также средств передачи единицы величины от вторичного эталона, должны быть не более значений, указанных в таблице 2.

Таблица 2

Диапазон температуры, К	Суммарное СКО, S_{Σ} , мК		
	Эталонные термометры сопротивления		Эталонные меры температуры
	платиновые	родий-железные	
от 0,3 до 0,8 включ.	-	1,5	-
св. 0,8 до 13,804включ.		1,0	
св. 13,804 до 24,556 включ.	2,0	2,2	0,5
св. 24,556 до 54,358 включ.			
св. 54,358 до 83,806 включ.	1,5		1,0
св. 83,806 до 234,315включ.	1,0	1,2	
св. 234,315 до 273,16включ.	0,7	1,0	0,6

3.3.1.3. Рабочие эталоны 0-го разряда применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 1-го, 2-го, 3-го разряда и для поверки средств измерений температуры методом непосредственных сличений с СКО метода измерений $S_M = (2,0 \dots 1,0)$ мК и методом прямых измерений с $S_M = 1,0$ мК.

3.3.2. Рабочие эталоны 1-го разряда.

3.3.2.1. В составе рабочих эталонов 1-го разряда применяют эталонные платиновые термопреобразователи и термометры сопротивления в диапазоне температуры от 13,8 до 273,16 К и эталонные родий-железные термопреобразователи и термометры сопротивления в диапазоне температуры

от 0,3 до 273,16 К, а также аппаратуру для измерений электрического сопротивления соответствующей точности.

3.3.2.2. Доверительные границы погрешности δ рабочих эталонов 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за межаттестационный интервал не более приведенных в таблице 3.

Таблица 3

Диапазон температуры, К	Доверительные границы погрешности δ , мК	
	Эталонные термопреобразователи и термометры сопротивления	
	платиновые	родий-железные
от 0,3 до 13,804 включ.	-	10
св. 13,804 до 24,556 включ.	10	
св. 24,556 до 54,358 включ.	8	
св. 54,358 до 83,806 включ.	6	
св. 83,806 до 234,315включ.	5	
св. 234,315 до 273,16 включ.	2,0	

3.3.2.3. Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 2-го, 3-го разряда, а также для поверки средств измерений методом непосредственных сличений с доверительной погрешностью метода измерений $\delta_M = (2,0 \dots 1,0)$ мК и методом прямых измерений с $\delta_M = 1,0$ мК.

3.3.2.4. Отношение доверительных границ погрешности рабочих эталонов 1-го и 2-го разряда должно быть не более 0,5 (1:2).

3.3.3. Рабочие эталоны 2-го разряда.

3.3.3.1. В составе рабочих эталонов 2-го разряда применяют эталонные термопреобразователи и термометры сопротивления в диапазоне температуры от 0,3 до 273,16 К, эталонные меры температуры - температурные калибраторы, термостаты и криостаты в диапазоне от 77 до 273,16 К, эталонные термоэлектрические преобразователи и термометры в диапазоне температуры от 77 до 273,16 К, а также эталонные цифровые термометры с доверительными границами погрешности, соответствующими характеристикам термометров сопротивления, и аппаратуру для измерений электрического сопротивления и напряжения соответствующей точности.

3.3.3.2. Доверительные границы погрешности δ рабочих эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за межаттестационный интервал должны быть не более:

для эталонных термопреобразователей и термометров сопротивления:

0,030 К при температуре 0,3 К;

0,010 К при температуре 273,16 К;

для эталонных мер температуры, температурных калибраторов и термостатов:

0,020 К при температуре 77 К;

0,010 К при температуре 273,16 К;

для эталонных термоэлектрических преобразователей и термометров:

0,020 К при температуре 73 К;
0,010 К при температуре 273,16 К.

Интерполяция погрешности в промежуточных значениях температуры - линейная.

3.3.3.3. Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 3-го разряда и для поверки средств измерений температуры методом прямых измерений и методом непосредственных сличений с доверительными границами погрешности метода измерений $\delta_M = (10 \dots 5)$ мК.

3.3.3.4. Отношение доверительных границ погрешности рабочих эталонов 2-го и 3-го разряда не более 0,5 (1:2).

3.3.4. Рабочие эталоны 3-го разряда.

3.3.4.1. В составе рабочих эталонов 3-го разряда применяют эталонные термопреобразователи и термометры сопротивления в диапазоне температуры от 0,3 до 273,16 К, аппаратуру для измерений электрического сопротивления соответствующей точности, эталонные меры температуры – температурные калибраторы, термостаты, криостаты, эталонные термоэлектрические преобразователи и термометры в диапазоне температуры от 77 до 273,16 К, аппаратуру для измерений электрического напряжения соответствующей точности, эталонные жидкостные термометры в диапазоне температуры от 173 до 273,16 К; также эталонные цифровые термометры с доверительными границами погрешности, соответствующими характеристикам термометров сопротивления.

3.3.4.2. Доверительные границы погрешности δ рабочих эталонов 3-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за межаттестационный интервал должны быть не более:

для эталонных термопреобразователей, термометров сопротивления¹ и цифровых термометров:

0,10 К при температуре 0,30 К,
0,02 К при температуре 273,16 К;

для мер температуры, температурных калибраторов, термостатов:

0,20 К при температуре 77 К,
0,05 К при температуре 273,16 К;

для термоэлектрических преобразователей и термометров:

0,10 К при температуре 77 К,
0,02 К при температуре 273,16 К;

для жидкостных термометров:

0,10 К при температуре 173 К,
0,05 К при температуре 273,16 К.

для эталонных мер температуры, температурных калибраторов и термостатов:

0,20 К при температуре 77 К;
0,05 К при температуре 273,16 К.

¹ Для стержневых платиновых термопреобразователей, работающих в диапазоне температуры свыше 83,8 К доверительные границы погрешности от 50 мК (при 83,8 К) до 20 мК (при 273,16 К)

Интерполяция погрешности в промежуточных значениях температуры - линейная.

3.3.4.3. Рабочие эталоны 3-го разряда применяют для поверки средств измерений температуры методом прямых измерений и методом непосредственных сличений с доверительными границами погрешности метода измерений $\delta_M = (50 \dots 15) \text{ мК}$.

3.3.4.4. Отношение доверительных границ суммарной погрешности рабочего эталона 3-го разряда и метода передачи единицы и предела допускаемой погрешности средства измерений температуры должно быть не более 0,4 (1:2,5).

3.4. Средства измерений

3.4.1. В качестве средств измерений температуры в диапазоне от 0,3 до 273,16 К применяют средства измерений, реализующие новое определение кельвина, высокоточные средства измерений температуры, термометры сопротивления, термоэлектрические термометры, термопреобразователи сопротивления, термоэлектрические преобразователи, термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом, датчики температуры, преобразователи температуры, цифровые термометры, манометрические термометры, жидкостные термометры, поверхностные термометры и другие, используемые для измерений температуры в статическом режиме путем помещения внутрь объема объекта измерений.

3.4.2. Настоящая поверочная схема обеспечивает поверку средств измерений с пределами допускаемой абсолютной погрешности от 0,05 до 5 К и более в диапазоне температуры от 0,3 до 273,16 К.

Зависимость допускаемой погрешности от значения измеряемой величины по диапазону для интерполяции промежуточных значений должна быть приведена в описании типа средства измерений.

4. Часть 2. Поверочная схема для контактных термометров в диапазоне температуры от 0 °С до 2500 °С (от 273,15 К до 2773,15 К)

4.1. Государственный первичный эталон

4.1.1. Государственный первичный эталон ГЭТ 34-2020, в части воспроизведения, хранения и передачи единицы температуры контактным способом, включает в себя следующие технические средства:

группа платиновых термопреобразователей сопротивления для диапазона температуры от 0 °С до 660,323 °С;

группа платиновых термопреобразователей сопротивления для диапазона температуры от 419,527 °С до 961,78 °С;

комплект аппаратуры для воспроизведения температуры реперных точек МТШ-90 в диапазоне от 0 °С до 961,78 °С;

аппаратура для точных измерений электрического сопротивления.

4.1.2. Диапазон, в котором ГЭТ 34 воспроизводит единицу температуры контактным способом в соответствии с МТШ-90, составляет от 0 °С до 961,78 °С.

4.1.3. ГЭТ 34 обеспечивает воспроизведение и передачу единицы со следующими точностными характеристиками:

СКО результата измерений S и стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А, u_A (при 5-ти независимых измерениях):

не более 0,030 мК при температуре 0 °С,

не более 1,2 мК при температуре 961,78 °С;

НСП θ :

не более 0,04 мК при температуре 0 °С,

не более 1,7 мК при температуре 961,78 °С;

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В, u_B :

не более 0,020 мК при температуре 0 °С,

не более 0,7 мК при температуре 961,78 °С.

4.1.4. ГЭТ 34 применяют для передачи единицы температуры эталон-копии методом прямых измерений и методом непосредственных сличений с СКО метода измерений $S_M = (0,10 \dots 1,0)$ мК.

4.1.5 Передачу единицы температуры и поверку средств измерений при температуре свыше 961,78 °С осуществляют с помощью излучателей типа «абсолютно черное тело» (далее - АЧТ), температурных ламп и радиационных термометров (пирометров) методами радиометрии (см. раздел 4).

4.1.6. Передачу единицы рабочим эталонам и поверку средств измерений при температуре ниже 0 °С осуществляют вторичными эталонами (эталон-копии) и рабочими эталонами, прослеживаемыми к ГЭТ 35-2021.

4.2. Вторичные эталоны

4.2.1. В настоящей части поверочной схемы вторичным эталоном является эталон-копия. В состав эталона-копии входит аппаратура для реализации основных и вторичных реперных точек МТШ-90 в диапазоне температуры от 0,01 °С до 1769 °С, эталонные платиновые термопреобразователи сопротивления для диапазона температуры от 0 °С до 660,323 °С, термоэлектрические преобразователи для диапазона температуры от 660,323 °С до 1800 °С, а также средства измерений электрического сопротивления и. напряжения

4.2.2. Суммарное СКО результата сличений эталона-копии с ГЭТ 34 при 5-ти независимых измерениях представлено в таблице 4.

Интерполяция в интервалах диапазона - линейная.

4.2.3. Эталон-копию применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 0-го разряда методом прямых измерений с СКО метода $S_M = (0,20 \dots 80)$ мК и методом непосредственных сличений с $S_M = (0,20 \dots 100)$ мК.

4.2.4. Эталон-копии могут состоять из аппаратуры для реализации реперных точек, эталонных платиновых термопреобразователей или термометров сопротивления, работающих в более узком диапазоне температуры, и средств измерений электрического сопротивления.

Таблица 4

Диапазон температуры, °C	Допустимое суммарное СКО результата сличений с ГЭТ 34 S, мК		
	Аппаратура для реализации реперных точек	Эталонные термометры	
		сопротивления	термоэлектрические
от 0 до 419,527	от 0,20 до 2,5		-
от 419,527 до 660,323	от 2,5 до 4		
от 660,323 до 961,78	от 4 до 8	-	от 50 до 150
от 961,78 до 1084, 62	от 8 до 20		от 150 до 350
от 1084, 62 до 1554,8	от 20 до 300		
от 1554,8 до 1769	от 300 до 500		от 350 до 500
от 1769 до 1800	-		

4.2.5. При отсутствии потребности в эталоне для всего диапазона, допускается комплектность, включающая неполный состав в части реперных точек МТШ-90. Обязательными являются точки:

для поддиапазона в пределах от 0 °C до 30 °C – тройная точка воды и точка плавления галлия;

для поддиапазона в пределах от 0 °C до 160 °C – тройная точка воды и точка затвердевания индия;

для поддиапазона в пределах от 0 °C до 250 °C – тройная точка воды и точки затвердевания индия и олова;

для поддиапазона в пределах от 0 °C до 420 °C – тройная точка воды и точки затвердевания олова и цинка.

4.3. Рабочие эталоны

4.3.1. Рабочие эталоны 0-го разряда.

4.3.1.1. В состав рабочих эталонов 0-го разряда должны входить комплекты технических средств, обеспечивающих хранение и передачу единицы температуры, воспроизводимой в соответствии с Положением о шкале МТШ-90.

В диапазоне температуры от 0 °C до 1085 °C эталоны 0-го разряда должны содержать:

аппаратуру для реализации основных реперных точек шкалы МТШ-90 (ампулы с чистыми веществами и термостаты для реализации фазовых переходов чистых веществ), соответствующих диапазону;

термометры сопротивления платиновые, в том числе комплекты термопреобразователей сопротивления платиновых с аппаратурой для измерений электрического сопротивления, метрологические характеристики которых соответствуют требованиям п. 4.3.1.2.

Дополнительно, кроме платиновых термометров сопротивления можно применять термоэлектрические термометры на основе термоэлектрических преобразователей из чистых благородных металлов и средств измерений термоэлектродвижущей силы (термоЭДС) соответствующей точности.

В диапазоне температуры от 300 °C до 1800 °C эталон должен содержать:

аппаратуру для реализации основных и вторичных реперных точек МТШ-90 – олова, цинка, алюминия, меди, палладия и платины;

термометры термоэлектрические на основе платинородиевых и/или платино-платинородиевых термоэлектрических преобразователей, в том числе комплекты термоэлектрических преобразователей с аппаратурой для измерений электрического сопротивления, метрологические характеристики которых соответствуют требованиям п. 4.3.1.2.

При отсутствии потребности в эталоне для всего диапазона, допускается комплектность, включающая неполный состав в части реперных точек МТШ-90. Обязательными являются точки:

для поддиапазона в пределах от 0 °С до 30 °С – тройная точка воды и точка плавления галлия;

для поддиапазона в пределах от 0 °С до 160 °С – тройная точка воды и точка затвердевания индия;

для поддиапазона в пределах от 0 °С до 232 °С – тройная точка воды и точки затвердевания индия и олова;

для поддиапазона в пределах от 0 °С до 420 °С – тройная точка воды и точки затвердевания олова и цинка;

для поддиапазона в пределах от 0 °С до 665 °С – тройная точка воды и точки затвердевания индия, олова, цинка и алюминия;

для поддиапазона в пределах от 0 °С до 965 °С – тройная точка воды и точки затвердевания индия, олова, цинка, алюминия и серебра;

для поддиапазона в пределах от 0 °С до 1085 °С – тройная точка воды, точка плавления галлия, точки затвердевания индия, олова, цинка, алюминия и меди.

При использовании платинового термометра сопротивления в любом поддиапазоне обязательно наличие тройной точки воды и точки плавления галлия для контроля стабильности и неизменности его свойств.

При работе с термометром сопротивления важно принимать во внимание необходимость соответствующей термической обработки его каждый раз после нагрева свыше 420 °С; для этого необходимо в составе эталона иметь соответствующие технические средства.

При использовании только термоэлектрических термометров в ограниченных поддиапазонах допускается из комплекта аппаратуры для реализации основных реперных точек МТШ-90 исключать точки, не входящие в рабочий диапазон температуры.

При использовании, как термометров сопротивления, так и термоэлектрических термометров допускается создавать комплект, содержащий общую аппаратуру для реализации основных реперных точек МТШ-90, соответствующую применяемому диапазону.

4.3.1.2 Суммарное СКО результата сличений эталона-копии с рабочими эталонами 0-го разряда S в диапазоне температуры от 0 °С до 1085 °С при 3-х независимых измерениях представлено в таблице 5.

Интерполяция в интервалах диапазона - линейная.

4.3.1.3. Рабочие эталоны 0-го разряда применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 1-го, 2-го и 3-го разряда, а также средствам

измерений температуры методом прямых измерений в реперных точках шкалы МТШ-90 и/или методом непосредственных сличений в термостате, калибраторе температуры и/или в печи с СКО метода измерений $S_M = (0,2 \dots 300)$ мК.

Таблица 5

Диапазон температуры, °С	Допустимое суммарное СКО результата сличений эталона-копии с рабочими эталонами 0-го разряда, мК		
	Аппаратура для реализации реперных точек	Эталонные термометры	
		сопротивления	термоэлектрические
от 0 до 419,527	от 0,4 до 4		от 10 до 100
от 419,527 до 660,323	от 4 до 7		от 100 до 250
от 660,323 до 961,78	от 7 до 15		
от 961,78 до 1084, 62	от 15 до 50		от 250 до 300
от 1084, 62 до 1554,8	от 50 до 400	-	от 300 до 1000
от 1554,8 до 1800	от 400 до 500		

4.3.2. Рабочие эталоны 1-го разряда.

4.3.2.1. В составе рабочих эталонов 1-го разряда применяют:

аппаратуру для реализации основных и вторичных реперных точек температурной шкалы МТШ-90 (ампулы с чистыми веществами и термостаты для реализации фазовых переходов чистых веществ) в диапазоне температуры от 0 °С до 1085 °С;

термометры сопротивления платиновые или термопреобразователи сопротивления платиновые типов ПТС и ВТС, и средства измерений электрического сопротивления соответствующей точности в диапазонах температуры от 0 °С до 660,323 °С (для ПТС) и от 419,527 °С до 1085 °С (для ВТС);

термометры или преобразователи термоэлектрические на основе термоэлектрических преобразователей из платины, платинородиевых сплавов и чистых благородных металлов, и средства измерений термоЭДС соответствующей точности в диапазоне температуры от 300 °С до 1800 °С;

пирометры монохроматические - рабочие эталоны 1-го разряда из 3-й части поверочной схемы (п. 5.3.2.1) - в диапазоне температуры от 250 °С до 3200 °С.

4.3.2.2. Доверительные границы абсолютной погрешности рабочих эталонов 1-го разряда - при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за межаттестационный интервал представлены в таблице 6.

Интерполяция в интервалах диапазона - линейная.

4.3.2.3. Доверительные границы абсолютной погрешности рабочих эталонов 1-го разряда - эталонных монохроматических пирометров при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за межаттестационный интервал в диапазоне температуры от 250 °С до 3200 °С находятся в пределах от 1,2 °С до 7,5 °С.

4.3.2.4. Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 2-го разряда и средствам измерений температуры методом непосредственных сличений в термостатах, калибраторах температуры, в реперных точках шкалы МТШ-90, а также методом прямых

измерений с доверительными границами погрешности метода $\delta_M = (0,4 \dots 3000) \text{ мК}$.

Таблица 6

Диапазон температуры, °С	Доверительные границы погрешности δ, мК			
	Аппаратура для реализации реперных точек	Эталонные термометры и термопреобразователи		
		сопротивления		термоэлектрические
		ПТС	ВТС	
от 0 до 300	от 2,0 до 10	от 2,0 до 10	-	-
от 300 до 419,527				от 200 до 500
от 419,527 до 600	от 10 до 20	от 10 до 20	от 50 до200	
от 600 до 660,323				
от 660,323 до 961,78	от 20 до 60	-	от 50 до200	от 500 до 600
от 961,78 до 1084, 62	от 60 до 200	-	от 50 до200	
от 1084, 62 до 1200	-	-	-	
от 1200 до 1800				от 600 до 2000

4.3.2.5. Отношение доверительных границ погрешности рабочих эталонов 1-го и 2-го разряда должно быть не более 0,67 (1:1,5).

4.3.3. Рабочие эталоны 2-го разряда.

4.3.3.1. В составе рабочих эталонов 2-го разряда применяют:

меры температуры, содержащие аппаратуру для реализации реперных точек шкалы МТШ-90;

калибраторы температуры (в том числе калибраторы сухоблочные, высокотемпературные печи, термостаты) в диапазоне от 0 °С до 1300 °С;

эталонные термометры сопротивления или термопреобразователи сопротивления в диапазоне температуры от 0 °С до 1084,62 °С и средства измерений электрического сопротивления соответствующей точности;

жидкостные термометры в диапазоне от 0 °С до 150 °С, включая термометры для измерений разности температуры;

термоэлектрические термометры или преобразователи в диапазоне температуры от 300 °С до 2500 °С и средства измерений термоЭДС соответствующей точности;

кварцевые и цифровые термометры.

4.3.3.2. Доверительные границы абсолютной погрешности δ рабочих эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за межаттестационный интервал представлены в таблице 7.

Доверительные границы погрешности для эталонных жидкостных термометров разности температуры в диапазоне от 0 °С до 150 °С – от 0,004 °С до 1,0 °С.

Интерполяция в интервалах диапазона - линейная.

4.3.3.3. Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 3-го разряда и поверки средств измерений температуры методом прямых измерений или методом непосредственных

сличений в термостате, калибраторе температуры или в печи с доверительной погрешностью метода измерений $\delta_M = (0,0030 \dots 1,0) ^\circ\text{C}$.

Таблица 7

Диапазон температуры, °C	Доверительные границы погрешности, δ, °C		
	Эталонные меры температуры	Эталонные термометры и термопреобразователи	
		сопротивления, жидкостные, кварцевые, цифровые	термоэлектрические
от 0 до до 419,527	от 0,010 до 0,020	от 0,010 до 0,10	-
от 419,527 до 660,323	от 0,020 до 0,05	от 0,10 до 0,5	
от 660,323 до 1084, 62	от 0,05 до 0,5		
св. 1084, 62 до 1300	от 0,5 до 2,0	-	
от 300 до 1200*	-	-	от 0,4 до 1,0
от 600 до 1800**	-	-	от 0,8 до 4
от 900 до 2500***	-	-	от 1,0 до 10
* для термоэлектрических термометров и преобразователей типа S (ППО);			
** для термоэлектрических термометров и преобразователей типа В (ПРО);			
*** для термоэлектрических термометров и преобразователей типа А («вольфрам-рений»)			

4.3.3.4. Отношение доверительных границ погрешности рабочих эталонов 2-го и 3-го разряда не более 0,5 (1:2).

4.3.4. Рабочие эталоны 3-го разряда.

4.3.4.1. В составе рабочих эталонов 3-го разряда применяют меры температуры (калибраторы температуры), меры температуры плавления, эталонные термометры, включая цифровые термометры, термометры и термопреобразователи сопротивления, термоэлектрические преобразователи и термометры, стеклянные и кварцевые термометры, другие средства для измерений температуры в диапазоне от $0 ^\circ\text{C}$ до $1800 ^\circ\text{C}$, средства измерений электрического сопротивления и напряжения соответствующей точности.

4.3.4.2. Доверительные границы погрешности δ рабочих эталонов 3-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за межаттестационный интервал представлены в таблице 8.

Интерполяция в интервалах диапазона - линейная.

4.3.4.3. Рабочие эталоны 3-го разряда применяют для передачи единицы температуры средствами измерений методом непосредственных сличений в термостате (калибраторе температуры, печи) или методом прямых измерений по мерам температуры с доверительной погрешностью метода измерений $\delta_M = (0,008 \dots 0,4) ^\circ\text{C}$.

4.3.4.4. Отношение доверительных границ суммарной погрешности рабочего эталона 3-го разряда и метода передачи единицы и пределов допускаемой погрешности средства измерений температуры должно быть не более 0,4 (1:2,5).

Таблица 8

Диапазон температуры, °С	Границы доверительной погрешности δ , °С		
	Эталонные меры температуры	Эталонные термометры и термопреобразователи	
		сопротивления, стеклянные, кварцевые и др.	термоэлектрические
от 0 до 300	от 0,05 до 0,6	от 0,020 до 0,45	-
от 300 до 400		от 0,45 до 1,0	от 0,8 до 1,2
от 400 до 600	от 0,6 до 5,0		от 1,2 до 2,0
от 600 до 660,323			
от 660,323 до 1200		от 1,0 до 1,7	
от 1200 до 1300		от 1,7 до 2,0	
от 1300 до 1800		от 2,0 до 2,5	от 2,0 до 6,0

4.4. Средства измерений

4.4.1. В качестве средств измерений применяют термометры для измерений разности температуры, температуры поверхности, измерители температуры плавления, цифровые термометры, а также различные типы термометров и термопреобразователей сопротивления, термоэлектрических преобразователей, и других, используемых для измерений температуры в статическом режиме путем помещения внутрь объема объекта измерений.

4.4.2. Настоящая поверочная схема обеспечивает поверку средств измерений с пределом допускаемой абсолютной погрешности от 0,005 °C и более при 0 °C, и от 25 °C и более при 2500 °C.

Зависимость допускаемой погрешности от значения измеряемой величины по диапазону для интерполяции должна быть приведена в описании типа средства измерений.

5. Часть 3. Поверочная схема для радиационных термометров

5.1. Государственный первичный эталон

5.1.1. Государственный первичный эталон ГЭТ 34-2020, в части воспроизведения, хранения и передачи единицы температуры неконтактным способом включает в себя следующие технические средства:

установка для измерений мощности излучения и спектральной чувствительности приемников излучения, в состав которой входят абсолютный криогенный радиометр «Срурад III», лазер с системой стабилизации излучения и спектральным фильтром, детектор излучения (трэп-детектор), интегрирующая сфера;

компаратор спектральных яркостей излучателей, содержащий двойной монохроматор, зеркальную фокусирующую оптическую систему, фотодиодный приемник;

высокотемпературные излучатели «абсолютно черное тело» (АЧТ), в состав которых входят горизонтальные печи с блоками питания и устройствами позиционирования, ампулы с чистыми металлами (серебром, медью) и высокотемпературными эвтектическими смесями в диапазоне от 961,78 °С до 3200 °С;

аппаратура для воспроизведения, хранения и передачи единицы температуры контактным способом в соответствии с п. 3.1.1.

5.1.2. ГЭТ 34 воспроизводит единицу температуры - кельвин (или, что эквивалентно - градус Цельсия, °С), неконтактным способом в диапазоне температуры свыше 961,78 °С до 3200 °С.

5.1.3. ГЭТ 34 обеспечивает воспроизведение и передачу единицы температуры со следующими точностными характеристиками:

СКО результата измерений S и стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А, u_A - не более 0,08 °С при 961,78 °С и не более 0,8 °С при 3200 °С для пяти независимых измерений;

НСП θ не более 0,12 °С при 961,78 °С и не более 1,0 °С при 3200 °С;

стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В, u_B , не более 0,05 °С при 961,78 °С и не более 0,6 °С при 3200 °С.

5.1.4. ГЭТ 34 применяют для воспроизведения и передачи единицы температуры неконтактным способом эталону-копии сличением с помощью компаратора спектральной яркости теплового излучения, а также для поверки средств измерений термодинамической температуры методом прямых измерений.

5.1.5. Передача единицы температуры при температуре 961,78 °С и ниже осуществляется с помощью платиновых термометров сопротивления.

5.2. Вторичные эталоны

5.2.1. В настоящей части поверочной схемы вторичным эталоном является эталон-копия. В состав эталона-копии входят излучатели типа «абсолютно черное тело» (АЧТ) на основе температуры фазовых переходов чистых веществ и эвтектических сплавов, излучатели с регулируемой температурой излучающих полостей в диапазоне температуры от 0 °С до 3200 °С, температурные лампы, а также стабилизированные источники питания постоянного тока и средства для точных измерений напряжения и сопротивления в цепи электропитания этих ламп².

Кроме того, в процессе передачи единицы температуры используются платиновые термометры сопротивления - эталоны-копии из 1-й и 2-й частей настоящей поверочной схемы, обеспечивающие воспроизведение единицы температуры излучателями АЧТ в соответствующих диапазонах.

5.2.2. Суммарное среднее квадратическое отклонение S_{Σ} результата сличения эталона-копии с ГЭТ 34 неконтактным способом при трех независимых измерениях представлено в таблице 9.

² Здесь в части температурных ламп также подразумевается, что в приведенных точностных характеристиках, учтен вклад составляющих погрешности и неопределенности, вносимых средствами измерений электрических характеристик (напряжения и тока)

Таблица 9

Диапазон температуры, °С	Допустимое суммарное СКО результата сличения эталона-копии с ГЭТ 34 неконтактным способом, °С	
	Излучатели АЧТ	Температурные лампы (яркостные)
от 0 до 800	от 0,020 до 0,30	-
от 800 до 1084,62	от 0,30 до 0,14	
от 1084,62 до 2100	от 0,14 до 0,5	
от 2100 до 2500	от 0,5 до 0,7	-
от 2500 до 3200	от 0,7 до 2,0	-

Интерполяция в интервалах диапазона - линейная.

5.2.3. Эталон-копии применяют для передачи единицы температуры неконтактным способом рабочим эталонам 0-го и 1-го разряда сличением с помощью компаратора или методом прямых измерений, а также для поверки первичных средств измерений термодинамической температуры методом прямых измерений.

5.3. Рабочие эталоны

5.3.1. Рабочие эталоны 0-го разряда.

5.3.1.1. В составе рабочих эталонов 0-го разряда применяют:

излучатели АЧТ с ампулами, реализующими фазовые переходы чистых веществ и/или, эвтектик (перитектик), а также излучатели АЧТ с регулируемой температурой излучающих полостей с контактным (встроенным или вставляемым) или бесконтактным термометром обратной связи, в диапазоне температуры от минус 53,15 °С до 3200 °С;

монохроматические пирометры в диапазоне температуры от 800 °С до 3200 °С);

эталонный набор температурных ламп, градуированный (аттестованный) по яркостной температуре в заданной эффективной длине волны видимой, ближних ультрафиолетовой и/или инфракрасной области спектра, в диапазоне температуры от 800 °С до 2100 °С, а также стабилизированные источники питания постоянного тока и средства измерений напряжения и сопротивления в цепи электропитания лампы;

излучатели АЧТ для метрологического обеспечения прецизионных пирометров и тепловизоров (далее - пирометры и тепловизоры прецизионные), в диапазоне от 32 °С до 43 °С.

5.3.1.2. Контактные термометры, входящие в состав излучателей АЧТ рабочих эталонов 0-го разряда, поверяют по эталонам-копиям частей 1 и 2 (разделы 2 и 3) настоящей поверочной схемы.

5.3.1.3. Доверительные границы погрешности эталонов 0-го разряда δ должны не превышать значений, представленных в таблице 10.

Интерполяция погрешности в интервалах диапазона - линейная

5.3.1.4. Рабочие эталоны 0-го разряда применяют для передачи единицы рабочим эталонам 1-го разряда, поверки средств измерений температуры

методом прямых измерений и сличением с помощью компаратора спектральных яркостей, радиометра или компаратора спектрального отношения – яркостно-цветового компаратора с доверительной погрешностью метода $\delta_M = (0,05...0,8) ^\circ\text{C}$.

Таблица 10

Диапазон температуры, °С	Доверительные границы погрешности δ, °С		
	Излучатели АЧТ	Пирометры	Температурные лампы
от минус 53,15 до 0	0,25	-	-
от 0 до 800	от 0,25 до 1,2		
от 32 до 43	0,020*		
от 800 до 1084,62	от 1,2 до 1,4	от 1,0 до 0,7	От 1,2 до 0,7
от 1084,62 до 1500	от 1,4 до 1,6	от 0,7 до 1,1	
от 1500 до 2100	от 1,6 до 2,2	от 1,1 до 2,2	
от 2100 до 3200	от 2,2 до 3,0		-
* только у специализированных АЧТ, предназначенных для поверки прецизионных пирометров и тепловизоров в указанном диапазоне температуры			

5.3.2. Рабочие эталоны 1-го разряда.

5.3.2.1. В составе рабочих эталонов 1-го разряда применяют:

пирометры монохроматические в диапазоне от 250 $^\circ\text{C}$ до 3200 $^\circ\text{C}$;

пирометры полного и частичного излучения в диапазоне от минус 53,15 $^\circ\text{C}$ до 3200 $^\circ\text{C}$;

тепловизоры в диапазоне от минус 53,15 $^\circ\text{C}$ до 3200 $^\circ\text{C}$;

излучатели АЧТ в диапазоне от минус 53,15 $^\circ\text{C}$ до 3200 $^\circ\text{C}$;

температурные лампы в диапазоне от 800 $^\circ\text{C}$ до 2800 $^\circ\text{C}$;

приборы для измерений электрического напряжения и сопротивления;

стабилизированные источники питания постоянного тока;

излучатели АЧТ для пирометров и тепловизоров прецизионных, измеряющих температуру в диапазоне от 32 $^\circ\text{C}$ до 43 $^\circ\text{C}$.

5.3.2.2. Температурные лампы могут поверяться сличением при помощи компаратора яркостей с эталоном 0-го разряда отдельно от указанных в п.5.3.2.1 источников и электроизмерительных приборов; погрешность этих приборов в температурном эквиваленте должна быть учтена в доверительных границах погрешности метода передачи единицы.

5.3.2.3. Доверительные границы абсолютной погрешности δ рабочих эталонов 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за межаттестационный интервал приведены в таблице 11.

Интерполяция погрешности в интервалах диапазона – линейная.

5.3.2.4. Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единицы рабочим эталонам 2-го разряда, поверки средств измерений температуры методом прямых измерений или сличением с помощью компаратора спектральных яркостей, радиометра-компаратора или компаратора отношения спектральных яркостей – яркостно-цветового компаратора с доверительной

погрешностью метода $\delta_M = (0,015 \dots 1,0) ^\circ\text{C}$.

Таблица 11

Диапазон температуры, $^\circ\text{C}$	Доверительные границы абсолютной погрешности δ , $^\circ\text{C}$			
	Излучатели АЧТ, пирометры и тепловизоры	Температурные лампы		
		Яркостные	Цветовые	
			В видимой области	В инфракрасной области
от минус 53,15 до 0	0,5	-	-	-
от 0 до 250	от 0,5 до 1,2	-	-	-
от 250 до 3200	от 1,2 до 7,5	-	-	-
от 32 до 43	0,05*	-	-	-
от 800 до 2100	-	от 2,4 до 5,5	-	-
от 900 до 2800	-	-	от 2,5 до 6	от 3,3 до 10
* только у специализированных АЧТ, предназначенных для поверки прецизионных пирометров и тепловизоров в указанном диапазоне температуры				

5.3.2.5. Соотношение доверительных границ погрешности рабочих эталонов 1-го и 2-го разряда: не более 0,67 (1:1,5).

5.3.3. Рабочие эталоны 2-го разряда.

5.3.3.1 В составе рабочих эталонов 2-го разряда применяют:

пирометры полного и частичного излучения в диапазоне от минус 53,15 $^\circ\text{C}$ до 3200 $^\circ\text{C}$;

тепловизоры в диапазоне от минус 53,15 $^\circ\text{C}$ до 3200 $^\circ\text{C}$;

излучатели АЧТ в диапазоне от минус 53,15 $^\circ\text{C}$ до 3200 $^\circ\text{C}$;

температурные лампы в диапазоне от 800 $^\circ\text{C}$ до 2800 $^\circ\text{C}$;

приборы для измерений электрического напряжения и сопротивления;

стабилизированные источники питания постоянного тока;

излучатели АЧТ для пирометров и тепловизоров прецизионных, измеряющих температуру в диапазоне от 32 $^\circ\text{C}$ до 43 $^\circ\text{C}$.

5.3.3.2. Температурные лампы могут поверяться сличением при помощи компаратора яркостей с эталоном 1-го разряда отдельно от указанных в п.5.3.3.1 источников и электроизмерительных приборов; погрешность этих приборов в температурном эквиваленте должна быть учтена в доверительных границах погрешности метода передачи единицы.

5.3.3.3. Доверительные границы абсолютной погрешности δ рабочих эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за межаттестационный интервал не более приведенных в таблице 12.

Интерполяция погрешности в интервалах диапазона - линейная

5.3.3.4. Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для поверки средств измерений температуры методом прямых измерений или сличением с помощью компаратора спектральных яркостей и/или радиометра-компаратора с доверительной погрешностью метода $\delta_M = (0,02 \dots 1,0) ^\circ\text{C}$.

Соотношение доверительных границ погрешности рабочих эталонов 2-го разряда и СИ: не более 0,5 (1:2).

Таблица 12

Диапазон температуры, °С	Доверительные границы абсолютной погрешности δ , °С			
	Излучатели АЧТ, пирометры и тепловизоры	Температурные лампы		
		Яркостные	Цветовые	
			Видимая обл.	Инфракрасная обл.
от минус 53,15 до 0	1,0	-	-	-
от 0 до 3200	от 1,0 до 15	-	-	-
от 32 до 43	0,10*	-	-	-
от 800 до 2100	-	от 5 до 11	-	-
от 900 до 2800	-		от 6 до 12	от 10 до 17
* только у специализированных АЧТ, предназначенных для поверки прецизионных пирометров и тепловизоров в указанном диапазоне температуры				

5.4. Средства измерений

5.4.1. В качестве средств измерений температуры в диапазоне свыше 220 К (минус 53,15 °С) применяют тепловизоры, пирометры полного и частичного излучения, в том числе сканирующие, пирометры спектрального отношения (распределения), монохроматические пирометры, в том числе с исчезающей нитью, и иные средства, измеряющие температуру по тепловому излучению, а также первичные средства измерений термодинамической температуры.

5.4.2. Пределы допускаемой абсолютной погрешности средств измерений, обеспечиваемые настоящим документом, приведены в таблице 13.

Зависимость погрешности от значения измеряемой величины по диапазону для интерполяции в промежуточных значениях должна быть приведена в описании типа средства измерений.

Таблица 13

Диапазон температуры, °С	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Δ , °С		
	Средства измерений термодинамической температуры	Пирометры и тепловизоры	Пирометры и тепловизоры прецизионные
от минус 53,15 до 0	-	от 2,0 до 1,0	-
от 0 до 3200	-	от 1,0 до 80	-
от 32 до 43	-	-	0,10 и 0,30
от 962 до 3200	от 0,30 до 4,0	-	-
от 250 до 15000		от 5 до 600	-