

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «19» ноября 2024 г. № 2712

**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 до 3200 °С), и устанавливает порядок передачи единиц температуры – кельвина [K] и градуса Цельсия [°С] от государственных первичных эталонов средствам измерений с помощью вторичных и рабочих эталонов, с указанием основных методов аттестации/поверки и погрешности.

1.2 Согласно общепринятому правилу в Международной температурной шкале МТШ-90 значения температуры для диапазона ниже 273,15 К (0 °С), как правило, выражают в кельвинах (K), а для диапазона от 273,15 К (0 °С) и выше – в градусах Цельсия (°С).

Значения разности, погрешности и неопределенности температуры выражают как в K (или мK), так и в °С; при этом: $1\text{ K} = 1\text{ °С}$; $1\text{ мK} = 0,001\text{ °С} = 1 \cdot 10^{-3}\text{ °С}$.

В соответствии с ГОСТ 8.381-2009 погрешности и неопределенности выражают в виде суммарного СКО, предельных границ или доверительных границ. При одинаковом числовом значении по абсолютной величине знаки положительной и отрицательной границ по умолчанию опускают.

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

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

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

Часть 3 – Поверочная схема для неконтактных (радиационных) термометров в диапазоне температуры: от минус 53,15 до 15000 °С (от 220 до 15273,15 К) – чертеж в Приложении А, Часть 3.

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

В диапазоне от 0,3 до 273,16 К (от минус 272,85 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 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 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 сопоставимые значения в единицах температуры или в электрических единицах, сопоставимых с температурой по тем или иным установленным правилам, включающим, в том числе, индивидуальные свойства конкретного первичного преобразователя.

Вторичные преобразователи должны быть аттестованы (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 поверены (аттестованы) отдельно от вторичных преобразователей и других вспомогательных технических средств, требующихся для функционирования эталона, путем сличения с термопреобразователями/термометрами сопротивления, термоэлектрическими преобразователями/термометрами и мерами температуры в соответствии с данной поверочной схемой. При передаче единицы температуры источники погрешности всех технических средств, участвующих в передаче единицы температуры и влияющих на этот процесс, должны быть учтены.

В настоящей поверочной схеме указаны: погрешность в виде суммарного среднего квадратического отклонения – на уровнях от первичного эталона единицы температуры до вторичных эталонов и рабочих эталонов единицы температуры 0-го разряда, доверительные границы абсолютной погрешности – на уровнях рабочих эталонов единицы температуры от 1-го разряда до средств измерений температуры. При определении суммарного СКО и доверительных границ абсолютной погрешности 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 и напряжения, или специализированных приборов, аппаратно реализующих функцию преобразования электрического сигнала в сопоставимые 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, обеспечивающего функцию преобразования.

1.7 При поверке (аттестации) в каждом значении температуры соотношение суммарного СКО или доверительной границы погрешности исходного и поверяемого эталонов должно быть не более 0,67 (1:1,5), а соотношение доверительной границы погрешности эталона и предела

допускаемой погрешности поверяемого средства измерений – не более 0,4 (1:2,5) для частей 1 и 2, и – не более 0,5 (1:2) для части 3 настоящей поверочной схемы.

С целью выполнения этого требования, а также при отсутствии соответствующих эталонов, для всех подчиненных разрядных эталонов и средств измерений разрешается 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.

1.9 В настоящем документе чертежи для каждой из трех частей в Приложении А (графическая часть) служат для наглядного представления прослеживаемости к единице температуры. В них не отображаются все возможные соподчиненные линии, поскольку наглядность при этом теряется. Основной текст (текстовая часть) дополняет и поясняет чертеж.

2 Обозначения и сокращения

В настоящем документе использованы следующие сокращения:

ВТС – высокотемпературный платиновый термопреобразователь сопротивления;

ГЭТ – Государственный первичный эталон единицы температуры;

МТШ-90 – Международная температурная шкала 1990 года;

НСП – неисключенная систематическая погрешность;

ПНТШ-2000 – Предварительная низкотемпературная шкала 2000 года;

ППО – тип платинородий-платиновых термоэлектрических преобразователей;

ПРО – тип платинородий-платинородиевых термоэлектрических преобразователей.

ПТС – платиновые термопреобразователи сопротивления (в том числе ПТС, ПТСВ, ЭТС и другие типы);

СКО – среднее квадратическое отклонение;

ТВР – термоэлектрические вольфрам-рениевые преобразователи (типы А1, А2, А3, С)

ТЭДС – термоЭДС, термоэлектродвижущая сила.

3 Часть 1. Поверочная схема для контактных термометров в диапазоне температуры: 0,3 ... 273,16 К (минус 272,85 ... 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 до 273,16 К, включающая группу эталонных платиновых и родий-железных термопреобразователей сопротивления;

аппаратура для высокоточных измерений электрического сопротивления.

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

В части 1 поверочной схемы (см. также Приложение А, часть 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. текст – часть 2 и Приложение А, часть 2).

3.1.3 ГЭТ 35 в диапазоне от 0,3 до 0,8 К воспроизводит единицу температуры – кельвин по шкале ПНТШ-2000, со следующими показателями точности:

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

$$S = u_A = (0,1 \dots 0,3) \text{ мК (при 10-ти независимых измерениях);}$$

$$\text{НСП } \Theta: \quad \Theta = (0,3 \dots 1) \text{ мК;}$$

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 показателями точности:

$$S = u_A = (0,1 \dots 0,2) \text{ мК (при 10-ти независимых измерениях);}$$

$$\Theta = (0,2 \dots 0,5) \text{ мК;}$$

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

ГЭТ 35 в диапазоне от 4,2 до 5 К обеспечивает воспроизведение единицы термодинамической температуры в соответствии с определением кельвина, зафиксированном резолюцией 1 на 26-ой Генеральной конференции по мерам и весам (далее – ГКМВ), со следующими показателями точности:

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

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

$$u_B = (1,4 \dots 3,8) \text{ мК}$$

ГЭТ 35 в диапазоне от 5 до 273,16 К обеспечивает воспроизведение единицы термодинамической температуры в соответствии с определением кельвина, зафиксированном резолюцией 1 на 26-ой ГКМВ со следующими показателями точности:

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

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

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

3.1.4 Передачу единицы в соответствии со шкалой МТШ-90 и 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.

3.1.5 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 передавать единицу температуры капсульным термометрам сопротивления в диапазоне от 4,2 до 273,16 К от установок акустической газовой термометрии в соответствии с определением кельвина, зафиксированном резолюцией 1 на 26-ой ГКМВ.

3.1.7 Передачу единицы рабочим эталонам и поверку средств измерений при температуре от 0,01 °С (273,16 К) и выше осуществляют вторичным эталоном (эталон-копией) и рабочими эталонами, прослеживаемыми к ГЭТ 34-2020.

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 свыше 13,8 до 273,16 К (ампулы с чистыми веществами и термостаты для реализации фазовых переходов чистых веществ, соответствующих диапазону).

3.2.2 Погрешности эталонов-копий, выраженные суммарным СКО S_{Σ} , обусловленным случайными погрешностями и НСП первичного эталона, погрешностями методов и средств передачи единицы температуры от первичного эталона, а также нестабильностью эталонов за период между аттестациями, должны быть не более значений, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Допускаемые погрешности эталона-копии

Диапазон измерений, К	Максимальное допускаемое суммарное СКО, S_{Σ} , мК		
	Платиновые термометры сопротивления	Родий-железные термометры сопротивления	Аппаратура для реализации реперных точек
от 0,3 до 0,8	—	0,9	—
св. 0,8 до 13,804		0,6	
св. 13,804 до 24,556	1,3	1,3	0,3
св. 24,556 до 54,358	1,1		
св. 54,358 до 83,806	1		
св. 83,806 до 234,315	0,8		0,6
св. 234,315 до 273,16	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 $S_M = 0,3$ 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 реперные точки:

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

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

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

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

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, а также аппаратуру для измерений электрического сопротивления соответствующей точности.

3.3.1.2 Погрешности рабочих эталонов 0-го разряда, выраженные в виде суммарного СКО S_{Σ} , обусловленного случайными погрешностями и НСП эталона-копии, методов и средств передачи единицы температуры от эталона-копии, а также нестабильностью эталонов, должны быть не более значений, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 0-го разряда

Диапазон температуры, К	Максимальное допускаемое суммарное СКО, S_{Σ} , мК		
	Эталонные термометры сопротивления		Эталонные меры температуры
	платиновые	родий-железные	
от 0,3 до 0,8	—	1,5	—
св. 0,8 до 13,804		1,0	
св. 13,804 до 24,556	2,0	2,2	0,5
св. 24,556 до 54,358			
св. 54,358 до 83,806	1,5		1,0
св. 83,806 до 234,315	1,0	1,2	
св. 234,315 до 273,16	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 абсолютной погрешности δ рабочих эталонов 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за интервал между поверками должны быть не более значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 1-го разряда

Диапазон температуры, К	Доверительные границы абсолютной погрешности δ , мК	
	Эталонные термопреобразователи и термометры сопротивления	
	платиновые	родий-железные
от 0,3 до 13,804	—	10
св. 13,804 до 24,556	10	
св. 24,556 до 54,358	8	
св. 54,358 до 83,806	6	
св. 83,806 до 234,315	5	
св. 234,315 до 273,16	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 $\delta_M = 1,0$ мК.

3.3.2.4 Соотношение доверительных границ абсолютной 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 абсолютной погрешности δ рабочих эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за интервал между поверками должны быть не более значений, указанных в таблице 4. 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 Соотношение доверительных границ абсолютной погрешности рабочих эталонов 2-го и 3-го разряда должно быть не более 0,5 (1:2).

Таблица 4 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 2-го разряда

Температура К	Доверительные границы абсолютной погрешности δ , мК		
	Термопреобразователи и термометры сопротивления	Меры температуры, калибраторы, термостаты	Термоэлектрические преобразователи и термометры
0,3	30	—	—
73	25		20
77			
273,16	10		

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 абсолютной погрешности, соответствующими характеристикам термометров сопротивления.

3.3.4.2 Доверительные границы абсолютной погрешности δ рабочих эталонов 3-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за интервал между поверками должны быть в пределах, указанных в таблице 5. Интерполяция погрешности в промежуточных значениях температуры – линейная.

Таблица 5 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 3-го разряда

Температура К	Доверительные границы абсолютной погрешности δ , мК			
	Термопреобразователи ^{1*} и термометры сопротивления, цифровые термометры	Меры температуры, калибраторы, термостаты	Термоэлектрические преобразователи и термометры	Жидкостные термометры
0,3	100	—	—	—
77	60	200	100	—
173	40	125	60	100
273,16	20	50	20	50

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

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 Соотношение доверительных границ суммарной абсолютной погрешности рабочего эталона 3-го разряда и предела допускаемой абсолютной 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, жидкостные, биметаллические термометры, поверхностные термометры и другие, измеряющие температуру в статическом режиме путем помещения внутрь объема или приведения в тесный контакт с объектом измерений.

3.4.2 Настоящая часть поверочной схемы – Часть 1 – обеспечивает поверку контактным методом средств измерений различных видов в диапазоне температуры от 0,3 до 273,16 К с пределами допускаемой абсолютной погрешности при 0,3 К – не менее 0,05 К, и при 273,16 К – не менее 5 мК.

3.4.3 Зависимость допускаемой погрешности от измеряемой величины по диапазону, необходимая для интерполяции промежуточных значений, или допускаемые значения погрешности в поверяемых точках должны быть приведены в описании типа средства измерений.

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

4.1 Государственный первичный эталон

4.1.1 Государственный первичный эталон ГЭТ 34 - 2020 (далее – ГЭТ 34), 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 до 660,323 °С;

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

аппаратура для воспроизведения температуры реперных точек МТШ-90 в диапазоне от 0,01 до 961,78 °С (ампулы с чистыми веществами и термостаты для реализации фазовых переходов, соответствующих диапазону);

аппаратура для высокоточных измерений электрического сопротивления.

4.1.2 ГЭТ 34 воспроизводит контактным способом единицу температуры – градус Цельсия, [°C], или, что эквивалентно – кельвин, [K], в диапазоне температуры от 0 до 961,78 °C.

4.1.3 ГЭТ 34 обеспечивает воспроизведение и передачу единицы со следующими показателями точности:

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

не более $0,03 \cdot 10^{-3}$ °C при температуре 0 °C;

не более $1,2 \cdot 10^{-3}$ °C при температуре 961,78 °C.

НСП θ :

не более $0,04 \cdot 10^{-3}$ °C при температуре 0 °C;

не более $1,7 \cdot 10^{-3}$ °C при температуре 961,78 °C.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу B, u_B :

не более $0,02 \cdot 10^{-3}$ °C при температуре 0 °C;

не более $0,7 \cdot 10^{-3}$ °C при температуре 961,78 °C.

4.1.4 ГЭТ 34 применяют для передачи единицы температуры эталону-копии методом прямых измерений и методом непосредственных сличений с СКО метода измерений $S_M = (0,03 \dots 10) \cdot 10^{-3}$ °C.

4.1.5 Передачу единицы рабочим эталонам и поверку средств измерений при температуре от 0 °C (273,15 K) и ниже осуществляют вторичным эталоном (эталон-копией) и рабочими эталонами, прослеживаемыми к ГЭТ 35 (Часть 1, см. раздел 3).

4.1.6 Передачу единицы температуры и поверку средств измерений при температуре свыше 961,78 °C осуществляют с помощью излучателей типа АЧТ, температурных ламп и радиационных термометров (пирометров) методами радиометрии (Часть 3, см. раздел 5).

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 до 1768,2 °C, эталонные платиновые термопреобразователи сопротивления для диапазона температуры от 0 до 1085 °C, термоэлектрические преобразователи типов ППО и ПРО для диапазона температуры от 230 до 1800 °C, а также средства измерений электрического сопротивления и напряжения.

4.2.2 Погрешности эталона-копии, выраженные суммарным СКО S_Σ , обусловленным случайными погрешностями и НСП первичного эталона, погрешностями методов и средств передачи единицы температуры от первичного эталона, а также нестабильностью эталонов за период между аттестациями, должны быть в пределах, указанных в таблице 6. Интерполяция в интервалах диапазона – линейная.

Таблица 6 – Допускаемые погрешности эталона-копии

Диапазон температуры, °C	Допускаемое суммарное СКО, S_{Σ} , $\times 10^{-3}$ °C (мК)					
	Аппаратура для реализации реперных точек	Эталонные термометры				
		сопротивления		термоэлектрические		
		ПТС	ВТС	ППО		ПРО
от 0 до 231,93	от 0,20 до 1,4		—	—		
от 231,93 до 419,527	от 1,4 до 2,5			от 6 до 20		—
от 419,527 до 660,323	от 2,5 до 4			от 20 до 50		
от 660,323 до 961,78	от 4 до 8	—	от 4 до 8	от 50 до 150		
от 961,78 до 1084,62	от 8 до 20		от 8 до 20			
от 1084,62 до 1554,8	от 20 до 300	—	от 150 до 350			
от 1554,8 до 1768,2	от 300 до 500		—		—	от 350 до 500
от 1768,2 до 1800	—					

4.2.3 Эталон-копию применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 0-го разряда методом прямых измерений с СКО метода $S_M = (0,20 \dots 80) \cdot 10^{-3}$ °C и методом непосредственных сличений с $S_M = (0,20 \dots 100) \cdot 10^{-3}$ °C.

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

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

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

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

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

для поддиапазона в пределах от 0 до 420 °C – тройная точка воды, точка плавления галлия 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 до 1085 °С 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;

эталонные платиновые термометры сопротивления, на основе платиновых термопреобразователей сопротивления в комплекте со средствами измерений электрического сопротивления соответствующей точности. Метрологические характеристики этих приборов должны обеспечивать требования п. 4.3.1.2.

Дополнительно, кроме платиновых термометров сопротивления можно применять эталонные термоэлектрические термометры на основе термоэлектрических преобразователей из чистых благородных металлов и их сплавов, в комплекте со средствами измерений ТЭДС соответствующей точности. Метрологические характеристики этих приборов должны обеспечивать требования п. 4.3.1.2.

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

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

термометры термоэлектрические на основе платинородиевых и/или платино-платинородиевых термоэлектрических преобразователей, в комплекте с аппаратурой для измерений напряжения, метрологические характеристики которых обеспечивают требования 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 реперные точки:

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

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

для поддиапазона в пределах от 0 до 235 °С – тройная точка воды, точка плавления галлия, точки затвердевания индия и олова;

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

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

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

для поддиапазона в пределах от 0 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 учета нестабильности и изменений 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 Погрешности рабочих эталонов 0-го разряда, выраженные в виде суммарного СКО S_{Σ} , обусловленного случайными погрешностями и НСП эталона-копии, методов и средств передачи единицы температуры от эталона-копии, а также нестабильностью эталонов, должны быть в пределах, указанных в таблице 7. Интерполяция в интервалах диапазона – линейная.

Таблица 7 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 0-го разряда

Диапазон температуры, °С	Допускаемое суммарное СКО S_{Σ} , $\times 10^{-3}$ °С (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 1768,1	от 400 до 490		
от 1768,1 до 1800	—		

4.3.1.3 Рабочие эталоны 0-го разряда применяют для передачи единицы температуры рабочим эталонам 1-го, 2-го и 3-го разрядов, 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 $S_M = (0,2 \dots 300) \cdot 10^{-3}$ °С.

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 до 1085 °С;

эталонные платиновые термометры сопротивления и/или термопреобразователи сопротивления платиновые типов ПТС (в диапазоне температуры от 0 до 661 °С) и ВТС (в диапазоне температуры от 419 до 1085 °С), и средства измерений электрического сопротивления соответствующей точности;

эталонные термометры и/или преобразователи термоэлектрические типов ППО (в диапазоне температуры от 300 до 1200 °С) и ПРО (в диапазоне температуры от 600 до 1800 °С), и средства измерений ТЭДС соответствующей точности;

пирометры монохроматические – рабочие эталоны 1-го разряда из Части 3 поверочной схемы (п. 5.3.2.1) – в диапазоне температуры от 250 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 интервал между поверками должны быть в пределах, указанных в таблице 8. Интерполяция в интервалах диапазона – линейная.

Таблица 8 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 1-го разряда

Диапазон температуры, °С	Доверительные границы абсолютной погрешности δ , $\times 10^{-3}$ °С (мК)				
	Аппаратура для реализации реперных точек	Эталонные термометры и термопреобразователи			
		сопротивления		термоэлектрические	
		ПТС	ВТС	ППО	ПРО
от 0 до 300	от 2 до 10		—	—	—
от 300 до 420				от 200 до 300	
от 420 до 600	от 10 до 20		от 50 до 200	от 300 до 400	от 500 до 700
от 600 до 660					
от 660 до 962	от 20 до 60	—		от 400 до 600	от 700 до 2000
от 962 до 1085	от 60 до 200				
от 1085 до 1200	—		—	—	
от 1200 до 1800					

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 интервал между поверками в диапазоне температуры от 250 до 3200 °С находятся в пределах от 1,2 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 в пределах $\delta_M = (0,0004 \dots 3)$ °С.

4.3.2.5 Соотношение доверительных границ абсолютной 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:

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

эталонные калибраторы температуры (в т. ч. калибраторы сухоблочные, высокотемпературные печи, термостаты) в диапазоне от 0 до 1300 °С;

эталонные термометры сопротивления и/или термопреобразователи сопротивления типов ПТС, ПТСВ (в диапазоне температуры от 0 до 661 °С), ВТС (в диапазоне температуры от 419 °С до 1084,62 °С) и средства измерений электрического сопротивления соответствующей точности;

эталонные термоэлектрические термометры и/или преобразователи термоэлектрические типов ППО (в диапазоне температуры от 300 до 1200 °С), ПРО (в диапазоне температуры от 600 до 1800 °С), ТВР (в диапазоне температуры от 900 до 2500 °С) и средства измерений ТЭДС соответствующей точности;

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

эталонные кварцевые и цифровые термометры в диапазоне от 0 до 1085 °С.

4.3.3.2 Доверительные границы абсолютной погрешности δ рабочих эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за интервал между поверками должны быть в пределах, указанных в таблице 9.

Доверительные границы абсолютной погрешности для эталонных жидкостных термометров разности температуры в диапазоне от 0 до 150 °С должны быть в пределах от 0,004 до 0,10 °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 $\delta_M = (0,003 \dots 1,0) ^\circ\text{C}$.

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

Таблица 9 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 2-го разряда

Диапазон температуры, °С	Доверительные границы абсолютной погрешности, δ, °С		
	Эталонные меры температуры	Эталонные термометры и термопреобразователи	
		сопротивления, жидкостные, кварцевые, цифровые	термоэлектрические
от 0 до 420	от 0,010 до 0,020	от 0,010 до 0,10	—
от 420 до 660	от 0,020 до 0,05	от 0,10 до 0,5	
от 660 до 1085	от 0,05 до 0,5		
от 1085 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 ППО (или S);			
** для термоэлектрических термометров и преобразователей типа ПРО (или В);			
*** для термоэлектрических термометров и преобразователей типа ТВР (или А1, А2, А3, С)			

4.3.4 Рабочие эталоны 3-го разряда

4.3.4.1 В составе рабочих эталонов 3-го разряда применяют:

меры температуры (калибраторы температуры, печи, термостаты);

меры температуры плавления (в том числе, аттестованные стандартные образцы, обеспечивающие функции мер температуры плавления);

термопреобразователи и/или термометры сопротивления;

термоэлектрические преобразователи и/или термометры;

стеклянные и кварцевые термометры;

другие средства измерений температуры в диапазоне от 0 до 1800 °С;

средства измерений электрического сопротивления и напряжения соответствующей точности.

4.3.4.2 Доверительные границы абсолютной погрешности δ рабочих эталонов 3-го разряда при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за интервал между поверками должны быть в пределах, указанных в таблице 10 и в п.4.3.4.3. Интерполяция в интервалах диапазона – линейная.

4.3.4.3 Для эталонных мер температуры плавления доверительные границы абсолютной погрешности δ при доверительной вероятности 0,95 с учетом нестабильности за интервал между поверками в диапазоне от 0 до 670 °С должны быть в пределах от 0,05 (при 0 °С) до 1,0 °С (при 670 °С).

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

Таблица 10 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 3-го разряда

Диапазон температуры, °С	Доверительные границы абсолютной 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		
от 600 до 660			
от 660 до 1200			
от 1200 до 1300		от 1,7 до 2,0	от 2,0 до 6
от 1300 до 1800	—	от 2,0 до 2,5	
<i>Примечание</i> – Диапазоны температуры термоэлектрических термометров и преобразователей для типа ППО (S) – от 300 °С до 1200 °С, для типа ПРО (В) – от 600 °С до 1800 °С			

4.3.4.5 Соотношение доверительных границ суммарной абсолютной погрешности рабочего эталона 3-го разряда, включая метод передачи единицы, и пределы допускаемой абсолютной погрешности средства измерений температуры должно быть не более 0,4 (1:2,5).

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, термоэлектрических термометров и других, используемых для измерений температуры в статическом режиме путем помещения внутрь объема или приведения в тесный контакт с объектом измерений.

4.4.2 Настоящая часть поверочной схемы – Часть 2 – обеспечивает поверку контактным методом средств измерений различных видов с пределом допускаемой абсолютной погрешности не менее 0,005 °C при 0 °C и не менее 25 °C при 2500 °C.

4.4.3 Зависимость допускаемой погрешности от измеряемой величины по диапазону, необходимая для интерполяции промежуточных значений, или допускаемые значения погрешности в поверяемых точках должны быть приведены в описании типа средства измерений.

5 Часть 3. Поверочная схема для неконтактных (радиационных) термометров в диапазоне температуры: минус 53,15 ... 15000 °C (220 ... 15 273,15 K)

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 «Cryograd III», лазер с системой стабилизации излучения и спектральным фильтром, специальный 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 устройствами позиционирования и блоками питания, ампулы с чистыми металлами (серебром, медью) и высокотемпературными эвтектическими смесями в диапазоне от 961,78 до 3200 °C;

аппаратура для воспроизведения, хранения и передачи единицы температуры контактным способом в соответствии с п. 4.1.1.

5.1.2 ГЭТ 34 воспроизводит неконтактным способом единицу температуры – кельвин, [K], или, что эквивалентно – градус Цельсия, [°C], в диапазоне температуры свыше 961,78 до 3200 °C.

5.1.3 ГЭТ 34 обеспечивает воспроизведение и передачу неконтактным способом единицы температуры со следующими показателями точности:

СКО результата измерений S и стандартная неопределенность, оцениваемая по типу A, u_A , не более 0,08 °C при 961,78 °C и не более 0,8 °C при 3200 °C (при 5-ти независимых измерениях);

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

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

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

5.1.5 Передача единицы температуры при температуре 961,78 °C и ниже осуществляется с помощью платиновых термометров сопротивления (Часть 2, см. раздел 4).

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» (далее – АЧТ) на основе температуры фазовых переходов чистых веществ и эвтектических сплавов, излучатели с регулируемой температурой излучающих полостей в диапазоне температуры от 0 до 3200 °C, температурные лампы, а также стабилизированные источники питания постоянного тока и средства для точных измерений тока, напряжения и сопротивления в цепи электропитания этих ламп.

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 Погрешности эталонов-копий, выраженные суммарным СКО S_Σ , обусловленным случайными погрешностями и НСП первичного эталона, погрешностями методов и средств передачи единицы температуры от первичного эталона, а также нестабильностью эталонов за период между аттестациями, должны быть в пределах, указанных в таблице 11^{2 **}. Интерполяция в интервалах диапазона – линейная.

^{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 11 – Допускаемые погрешности эталона-копии

Диапазон температуры, °С	Допускаемое суммарное СКО S_{Σ} , °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	

5.2.3 Эталоны-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:

эталонные 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 (220 К) до 3200 °С;

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

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

эталонные излучатели АЧТ для метрологического обеспечения прецизионных пирометров и тепловизоров в диапазоне от 32 до 43 °С.

5.3.1.2 Контактные термометры, входящие в состав излучателей АЧТ рабочих эталонов 0-го разряда, проверяют по эталонам-копиям из частей 1 и 2 (разделы 3 и 4) настоящей поверочной схемы, соответственно диапазону.

5.3.1.3 Погрешности рабочих эталонов 0-го разряда, выраженные в виде суммарного СКО S_{Σ} , обусловленного случайными погрешностями и НСП эталонов-копий, методов и средств передачи единицы температуры от эталона-копии, а также нестабильностью эталонов за период между аттестациями, должны быть в пределах, указанных в таблице 12. Интерполяция погрешности в интервалах диапазона – линейная.

Таблица 12 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 0-го разряда

Диапазон температуры, °С	Допускаемое суммарное СКО S_{Σ} , °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		-
[‡] только у специализированных АЧТ, предназначенных для поверки прецизионных пирометров и тепловизоров в указанном диапазоне температуры			

5.3.1.4 Рабочие эталоны 0-го разряда применяют для передачи единицы рабочим эталонам 1-го разряда методом прямых измерений и сличением с помощью компаратора спектральных яркостей, радиометра или компаратора спектрального отношения (яркостно-цветового компаратора) с доверительной погрешностью метода $\delta_M = (0,015 \dots 0,8)^\circ\text{C}$.

5.3.2 Рабочие эталоны 1-го разряда

5.3.2.1 В составе рабочих эталонов 1-го разряда применяют:

пирометры монохроматические для диапазона температуры от 250 до 3200 °С;

пирометры полного и частичного излучения для диапазона температуры от минус 53,15 °С (220 К) до 3200 °С;

тепловизоры для диапазона температуры от минус 53,15 °С (220 К) до 3200 °С;

излучатели АЧТ для диапазона температуры от минус 53,15 °С (220 К) до 3200 °С;

температурные лампы для диапазона температуры от 800 до 2800 °С;

приборы для измерений электрического напряжения и сопротивления;

стабилизированные источники питания постоянного тока;

излучатели АЧТ для прецизионных пирометров и тепловизоров, измеряющих температуру в диапазоне от 32 до 43 °С.

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 эталона за интервал между аттестациями должны быть в пределах, указанных в таблице 13. Интерполяция погрешности в интервалах диапазона – линейная.

Таблица 13 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 1-го разряда

Диапазон температуры, °С	Доверительные границы абсолютной погрешности δ, °С			
	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 100	от 0,5 до 0,6			
от 100 до 250	от 0,6 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 7	от 3,3 до 10
†только у специализированных АЧТ, предназначенных для поверки прецизионных пирометров и тепловизоров в указанном диапазоне температуры				

5.3.2.4 Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единицы рабочим эталонам 2-го разряда методом прямых измерений или сличением с помощью компаратора спектральных яркостей, радиометра-компаратора или компаратора отношения спектральных яркостей (яркостно-цветового компаратора) с доверительной погрешностью метода $\delta_M = (0,015 \dots 1,0)^\circ\text{C}$.

5.3.2.5 Соотношение доверительных границ абсолютной погрешности рабочих эталонов 1-го и 2-го разрядов 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 для диапазона температуры от минус 53,15 °С (220 К) до 3200 °С;

тепловизоры для диапазона температуры от минус 53,15 °С (220 К) до 3200 °С;

излучатели АЧТ для диапазона температуры от минус 53,15 °С (220 К) до 3200 °С;

температурные лампы для диапазона температуры от 800 до 2800 °С;

приборы для измерений электрического напряжения и сопротивления;

стабилизированные источники питания постоянного тока;

излучатели АЧТ для прецизионных пирометров и тепловизоров, измеряющих температуру в диапазоне от 32 до 43 °С.

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 интервал между поверками должны быть в пределах, указанных в таблице 14. Интерполяция погрешности в интервалах диапазона – линейная.

Таблица 14 – Допускаемые погрешности рабочих эталонов 2-го разряда

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 100	1,0	-	-	-
от 100 до 800	от 1,0 до 5			
от 800 до 3200	от 5 до 15			
от 32 до 43	0,10 [†]			
от 800 до 2100	-	от 5 до 11	от 6 до 13	от 10 до 17
от 900 до 2800		-		
†только у специализированных АЧТ, предназначенных для поверки прецизионных пирометров и тепловизоров в указанном диапазоне температуры				

5.3.3.4 Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для поверки средств измерений температуры методом прямых измерений, а также сличением с помощью компаратора спектральных яркостей и/или радиометра-компаратора с доверительной погрешностью метода $\delta_M = (0,020 \dots 1,0)^\circ\text{C}$.

Соотношение доверительных границ абсолютной погрешности рабочих эталонов 2-го разряда и предела допускаемой абсолютной погрешности поверяемого СИ должно быть не более 0,5 (1:2).

5.4 Средства измерений

5.4.1 В качестве средств измерений температуры неконтактным методом в диапазоне от 220 К (минус 53,15 °С) и выше поверяют 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 объекта измерений, а также первичные средства измерений термодинамической температуры.

5.4.2 Настоящая часть поверочной схемы – Часть 3 – обеспечивает поверку неконтактным методом средств измерений различных видов с пределами допускаемой абсолютной погрешности не менее, чем указанные в таблице 15.

Таблица 15 – Допускаемые погрешности поверяемых средств измерений

Температура °C	Пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ °C, не менее		
	Средства измерений термодинамической температуры	Пирометры и тепловизоры	Пирометры и тепловизоры прецизионные
минус 53,15	-	1,0	-
0			
32		-	0,10
43			
400		2,0	-
962	0,3	5	
3200	4	15	
15000	-	600	

5.4.3 Зависимость допускаемой погрешности от измеряемой величины по диапазону, необходимая для интерполяции промежуточных значений, или допускаемые значения погрешности в поверяемых точках должны быть приведены в описании типа средства измерений.