

119361, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный
округ Очаково-Матвеевское, ул. Озерная, д. 46

Тел.: (495) 437 55 77
E-mail: Office@vniims.ru

Факс: (495) 437 56 66
www.vniims.ru

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»



2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Калибраторы температуры ТКх-Теккноу

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 207-081-2024

г. Москва
2024 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Калибраторы температуры ТКх-Текноу (далее по тексту – калибраторы, средства измерений или СИ) производства АО «Текноу», Санкт-Петербург (производственная площадка Tai'an Dearto Automation Instruments Co. Ltd, Китай) и устанавливает процедуру первичной и периодической поверки.

Калибраторы температуры сухоблочного и жидкостного типов предназначены для воспроизведения и поддержания заданной температуры.

Поверяемые средства измерений должны иметь прослеживаемость к:

- ГЭТ 35-2021 «Государственный первичный эталон единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К», ГЭТ 34-2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °C» в соответствии с Приказом Россстандарта от 23.12.2022 г. № 3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»;

- ГЭТ 13-2023 «Государственный первичный эталон единицы электрического напряжения» в соответствии с приказом Россстандарта от 28.07.2023 № 1520 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»;

- ГЭТ 4-91 «Государственный первичный эталон единицы силы постоянного электрического тока» в соответствии с приказом Россстандарта от 01.10.2018 № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от 1×10^{-16} до 100 А»;

- ГЭТ 14-2014 «Государственный первичный эталон единицы электрического сопротивления» в соответствии с приказом Россстандарта от 30.12.2019 № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока».

В настоящей методике поверки используется метод непосредственного сличения и метод прямых измерений.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении 1 к настоящей методике поверки.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1.

Наименование операции поверки ⁽¹⁾⁽²⁾	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка электрического сопротивления изоляции	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик: - определение абсолютной погрешности установления заданной температуры	Да	Да	10 10.1

- определение нестабильности поддержания заданной температуры	Да	Да	10.2
- определение осевой неоднородности температуры по высоте рабочей зоны 40 мм от дна каналов блока сравнения (для сухоблочных калибраторов температуры)	Да	Нет	10.3
- определение неравномерности температуры в рабочем объеме (для жидкостных калибраторов температуры)	Да	Нет	10.4
- определение абсолютной погрешности измерений электрических входных сигналов	Да	Да	10.5

(1) При получении отрицательных результатов в процессе проведения той или иной операции поверка прекращается.
(2) Не допускается проводить поверку в сокращенном диапазоне измерений.
(3) Допускается проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин, при этом делают соответствующую запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

3 Метрологические и технические требования к средствам поверки

3.1 При проведении поверки применяют эталоны, средства измерений, испытательное и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 7.1 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды от +15 °C до +25 °C с абсолютной погрешностью измерений не более ±0,5 °C; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха до 80 % с абсолютной погрешностью не более ±3 % Средства измерений атмосферного давления от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ±5 гПа	Приборы комбинированные Testo 608-H1, Testo 608-H2, Testo 610, Testo 622, Testo 623, рег № 53505-13. Измерители давления Testo 510, Testo 511, рег.№ 53431-13.
п. 8.3 Проверка электрического сопротивления изоляции	Измеритель сопротивления изоляции. Диапазон измерений сопротивления изоляции от 2 МОм.	Измеритель сопротивления изоляции АРРА 607, рег.№ 56407-14.

Операция поверки, требующие применение средств проверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения проверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Номинальное рабочее напряжение 500 В	
п. 9.1 Определение метрологических характеристик	<p>Термометры сопротивления, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 3-го разряда (и выше) по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 23.12.2022 г. № 3253.</p> <p>Измерители электрического сопротивления соответствующие требованиям к рабочим эталонам 4-го разряда (и выше) по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456</p> <p>Преобразователи термоэлектрические эталонные, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 1-го, 2-го разрядов по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 23.12.2022 г. № 3253.</p> <p>Измерители напряжения постоянного тока, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 3-го (и выше) разряда по ГПС в соответствии с приказом Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520</p> <p>Термопреобразователи сопротивления с длиной ЧЭ не более 5 мм, диапазоном измерений от -50 °C до +660 °C, класс допуска В или С</p>	<p>Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100, рег.№ 19916-10.</p> <p>Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ, рег. №№ 57690-14, № 32777-06.</p> <p>Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 мод. МИТ 8.15, рег.№ 19736-11.</p> <p>Измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ 2.05, рег.№ 46432-11.</p> <p>Преобразователь термоэлектрический эталонный ТППО, рег. № 19254-10.</p> <p>Прецизионный милливольтметр В2-99, рег. № 22535-02.</p> <p>Измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ 2.05, рег. № 46432-11.</p> <p>Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MC6 (-R), рег. № 52489-13.</p> <p>Термопреобразователи сопротивления ТС-1388/14, рег.№ 58808-14 и др.</p>
	Преобразователи термоэлектрические с НСХ типа «S», диапазоном измерений от +300 до +1200 °C	Преобразователи термоэлектрические ТП- 0188/2-2, рег.№ 61084-15 и др.
Определение абсолютной	Рабочий эталон единицы электрического сопротивления	Мера электрического сопротивления многозначная

Операция поверки, требующие применение средств проверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения проверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
погрешности измерений электрических входных сигналов	<p>3-го разряда (и выше) в соответствии с приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3456.</p> <p>Рабочий эталон единицы постоянного электрического напряжения 2-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520.</p> <p>Эталон единицы силы постоянного электрического тока 1-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091</p>	<p>MC3071, рег. № 66932-17.</p> <p>Компаратор-калибратор универсальный КМ300Р, рег.№ 54727-13.</p> <p>Калибраторы-измерители унифицированных сигналов эталонные «ЭЛЕМЕР-ИКСУ- 3000», рег.№ 85582-22 и др.</p>

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Проверка СИ должна выполняться специалистами организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющими необходимую квалификацию, ознакомленными с руководством по эксплуатации и освоившими работу с СИ.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные в следующих документах:

- ГОСТ 12.2.003 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;
 - «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
 - «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ)» (Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 № 903Н);
 - требования разделов «Указания мер безопасности» эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

6 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- При проведении измерений должны соблюдаться следующие условия:

 - температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25;
 - относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80;
 - атмосферное давление, кПа от 86 до 106,7.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре устанавливают:

- соответствие внешнего вида, комплектности СИ технической и эксплуатационной документации;
- наличие и четкость маркировки;
- отсутствие механических повреждений и дефектов покрытия, препятствующих применению;

7.2 Результат проверки положительный, если выполняются все вышеперечисленные требования.

СИ не допускается к дальнейшей поверке, если у него обнаружено хотя бы одно несоответствие.

Примечание - при оперативном устраниении пользователем недостатков СИ, замеченных при внешнем осмотре, поверка продолжается по следующим операциям.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий проведения поверки

8.1.1 В помещении, где будет проходить поверка средств измерений необходимо провести контроль условий окружающей среды – определить температуру и влажность окружающей среды, а также атмосферное давление. Климатические условия проведения поверки должны соответствовать значениям, указанным в разделе 6 настоящей методики поверки.

8.1.2 Подготавливают калибратор к поверке в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по эксплуатации.

8.1.3 Кольцевые (воздушные) зазоры между внутренними стенками используемых при поверке отверстий блока и защитной оболочкой погружаемой части используемого эталона не должны превышать 0,2 мм (при температуре не более +660 °C) и 1,0 мм (при температуре выше +660 °C). Для улучшения теплопроводности (уменьшения кольцевого зазора) допускается использовать мелкодисперсный порошок оксида алюминия (Al_2O_3). Также при поверке калибраторов рекомендуется использовать теплоизолирующие крышки с отверстиями (при работе с жидкостными калибраторами) или тепловые барьеры, а также защитные (теплоизолирующие) чехлы для выступающей части металлических зондов эталонных термометров, минимизирующие влияние теплоотвода на результат измерений.

8.2 Опробование средства измерений

8.2.1 Выдерживают калибратор в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха от +15 °C до +25 °C не менее 2 ч.

8.2.2 Включают калибратор и проверяют возможность установки и регулирования заданной температуры.

8.2.3 Результат проверки положительный, если поверяемый калибратор работает в штатном режиме и отрабатывает свой функционал в части процессов установки и регулирования температуры, в противном случае - дальнейшую поверку не проводят.

9 Проверка электрического сопротивления изоляции

9.1 Отключают сетевой кабель от сети питания.

9.2 Подключают мегаомметр между закороченными клеммами питания и металлическими элементами корпуса калибратора.

9.3 Проводят измерение электрического сопротивления изоляции при значении испытательного напряжения 500 В.

9.4 Результат проверки считают положительным, если измеренное значение сопротивления изоляции не менее 20 МОм. Если измеренное значение менее 20 МОм, дальнейшую поверку не проводят.

10 Определение метрологических характеристик

10.1 Определение абсолютной погрешности установления заданной температуры

10.1.1 Погрешность определяют с помощью эталонного термометра сопротивления или эталонного преобразователя термоэлектрического (только для моделей TG-1000G, TKG-1200AG, TKG-1200BG), подключенного к соответствующему измерителю (далее – эталон) не менее, чем при пяти значениях температуры, расположенных в диапазоне воспроизводимых температур калибратора, включая начало и конец диапазона.

10.1.2 При поверке сухоблочных калибраторов помещают эталон (до упора в дно – в случае применения эталонных термометров сопротивления с длиной ЧЭ не более 40 мм или же на глубину, соответствующую расстоянию 20 мм от dna блока – в случае использования эталонных термоэлектрических преобразователей) в центральное (при наличии) или в любое другое отверстие металлического блока сравнения калибратора. При наличии пустых отверстий в блоке сравнения рекомендуется закрыть их металлическими (керамическими) стержнями или же засыпать мелкодисперсным порошком оксида алюминия (Al_2O_3).

При поверке жидкостных калибраторов эталон погружают на максимально возможную глубину рабочего пространства.

10.1.3 Задают необходимое значение температуры на калибраторе, соответствующее требуемой температурной точке. После выхода калибратора на заданное значение температуры, а также достижения стабилизации показаний температуры по эталону, снимают не менее 5-ти показаний (в течение 5-ти минут) или производят автоматическую запись с использованием соответствующего ПО показаний эталона в течение 5 минут с интервалом не более 15 секунд в установившемся температурном режиме.

10.1.4 Рассчитывают погрешность установления заданной температуры калибратора (Δ_K , $^{\circ}\text{C}$) для каждой контрольной точки по формуле 1:

$$\Delta_K = T_K - T_{\vartheta} \quad (1)$$

где: T_K – значение температуры калибратора, $^{\circ}\text{C}$;

T_{ϑ} – среднее арифметическое значение температуры, измеренное эталоном, $^{\circ}\text{C}$

10.1.5 Полученные значения погрешности установления заданной температуры во всех контрольных точках не должны превышать предельно допустимых значений, приведенных в Приложении 1 к настоящей методике.

10.2 Определение нестабильности поддержания заданной температуры

10.2.1 Определение нестабильности поддержания заданной температуры проводят одновременно с п. 10.1, при этом, при оценке данного параметра необходимо снимать показания (1 раз в 1 минуту) или производить запись в течение 30-ти минут.

10.2.2 Рассчитывают нестабильность поддержания заданной температуры (T_H , $^{\circ}\text{C}$) для каждой контрольной точки по формуле 2:

$$T_H = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} \quad (2)$$

где: T_{\max} – максимальное значение заданной температуры на калибраторе, измеренное эталоном в течение 30 минут после стабилизации, $^{\circ}\text{C}$;

T_{\min} – минимальное значение заданной температуры на калибраторе измеренное эталоном в течение 30 минут после стабилизации, $^{\circ}\text{C}$

10.2.3 Полученные значения нестабильности поддержания заданной температуры во всех контрольных точках не должны превышать предельно допустимых значений, приведенных в Приложении 1 к настоящей методике.

10.3 Определение осевой неоднородности температуры по высоте рабочей зоны 40 мм от dna каналов блока сравнения (для сухоблочных калибраторов температуры, за исключением моделей TKG-1200AG, TKG-1200BG)

10.3.1 Осевую неоднородность определяют с помощью двух одинаковых (основного (T_0) и вспомогательного (T_{TC})) термопреобразователей сопротивления (ТС) с длинами чувствительных элементов (ЧЭ) не более 5 мм, соответствующих нижнему и верхнему пределам диапазона воспроизводимых температур калибратора.

10.3.2 Помещают сменный блок с не менее 2-мя отверстиями в калибратор, затем погружают в отверстия блока два (основной и вспомогательный) ТС на максимально возможную глубину. При наличии пустых отверстий в блоке сравнения рекомендуется закрыть их металлическими стержнями или засыпать мелкодисперсным порошком оксида алюминия (Al_2O_3).

Схема расположения ТС в блоке сравнения (вид сбоку) приведена на рисунке 1.

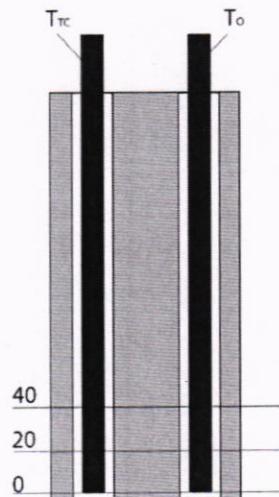


Рисунок 1

10.3.3 Устанавливают на калибраторе значение температуры, соответствующее требуемой температурной точке.

После выхода калибратора на заданное значение температуры, а также достижения стабилизации показаний температуры основного и вспомогательного ТС, снимают не менее 5-ти показаний (в течение 5-ти минут) или производят автоматическую запись показаний ТС в установившемся температурном режиме.

Рассчитывают разность показаний вспомогательного и основного ТС (Δ_{P1} , °C) по формуле 3:

$$\Delta_{P1} = T_{TC1} - T_{01} \quad (3)$$

где: T_{TC1} – среднее арифметическое значение температуры, измеренное вспомогательным ТС, °C;

T_{01} – среднее арифметическое значение температуры, измеренное основным ТС, °C.

10.3.4 Поднимают вспомогательный ТС на 20 мм от дна канала блока калибратора с учетом длины ЧЭ. Схема расположения ТС в блоке сравнения (вид сбоку) приведена на рисунке 2.

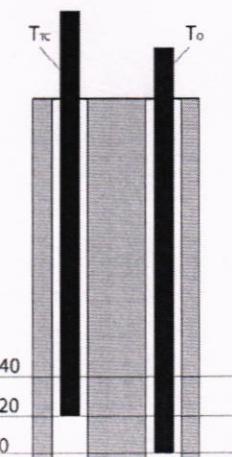


Рисунок 2

После достижения стабилизации показаний температуры основного и вспомогательного ТС снимают не менее 5-ти показаний (в течение 5-ти минут) или производят автоматическую запись показаний ТС в установившемся температурном режиме.

Рассчитывают разность показаний вспомогательного и основного ТС (Δ_{P2} , °C) по формуле 4:

$$\Delta_{P2} = T_{TC2} - T_{O2} \quad (4)$$

где: T_{TC2} – среднее арифметическое значение температуры, измеренное вспомогательным ТС, °C;

T_{O2} – среднее арифметическое значение температуры, измеренное основным ТС, °C.

10.3.5 Поднимают вспомогательный ТС на 40 мм от дна канала блока калибратора с учетом длины ЧЭ. Схема расположений ТС в блоке сравнения (вид сбоку) приведена на рисунке 3.

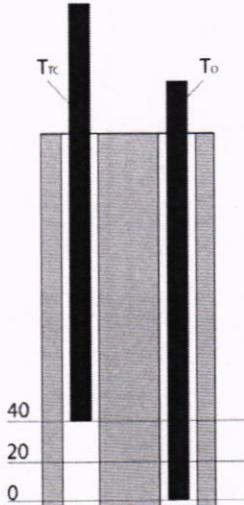


Рисунок 3

После достижения стабилизации показаний температуры основного и вспомогательного ТС снимают не менее 5-ти показаний (в течение 5-ти минут) или производят автоматическую запись показаний ТС в установившемся температурном режиме.

Рассчитывают разность показаний вспомогательного и основного ТС (ТП) (Δ_{P3} , °C) по формуле 5:

$$\Delta_{P3} = T_{TC3} - T_{O3} \quad (5)$$

где: T_{TC3} – среднее арифметическое значение температуры, измеренное вспомогательным ТС, °C;

T_{O3} – среднее арифметическое значение температуры, измеренное основным ТС, °C.

10.3.6 Повторно опускают вспомогательный ТС на максимально возможную глубину. Схема расположений ТС в блоке сравнения (вид сбоку) приведена на рисунке 4.

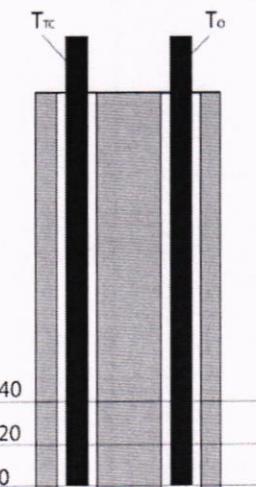


Рисунок 4

После достижения стабилизации показаний температуры основного и вспомогательного ТС снимают не менее 5-ти показаний (в течение 5-ти минут) или производят автоматическую запись показаний ТС в установившемся температурном режиме.

Рассчитывают разность показаний вспомогательного и основного ТС (Δ_{P4} , °C) по формуле 6:

$$\Delta_{P4} = T_{TC4} - T_{O4} \quad (6)$$

где: T_{TC4} – среднее арифметическое значение температуры, измеренное вспомогательным ТС, °C;

T_{O4} – среднее арифметическое значение температуры, измеренное основным ТС, °C.

10.3.7 Рассчитывают значение осевой неоднородности (Δ_{O1} , °C) на высоте вспомогательного ТС 20 мм от дна каналов блока сравнения калибратора по формуле 7:

$$\Delta_{O1} = \Delta_{P2} - \frac{(\Delta_{P1} + \Delta_{P4})}{2} \quad (7)$$

где: Δ_{P2} – разность показаний вспомогательного и основного ТС при высоте вспомогательного ТС 20 мм от дна каналов блока сравнения калибратора, рассчитанная по формуле 4, °C;

Δ_{P1} – разность показаний вспомогательного и основного ТС при высоте вспомогательного ТС 0 мм от дна каналов блока сравнения калибратора, рассчитанная по формуле 3, °C;

Δ_{P4} – разность показаний вспомогательного и основного ТС при высоте вспомогательного ТС 0 мм от дна каналов блока сравнения калибратора, рассчитанная по формуле 6, °C.

10.3.8 Рассчитывают значение осевой неоднородности (Δ_{O2} , °C) на высоте вспомогательного ТС 40 мм от дна каналов блока сравнения калибратора по формуле 8:

$$\Delta_{O2} = \Delta_{P3} - \frac{(\Delta_{P1} + \Delta_{P4})}{2} \quad (8)$$

где: Δ_{P3} – разность показаний вспомогательного и основного ТС при высоте вспомогательного ТС 40 мм от дна каналов блока сравнения калибратора, рассчитанная по формуле 5, °C;

Δ_{P1} – разность показаний вспомогательного и основного ТС при высоте вспомогательного ТС 0 мм от дна каналов блока сравнения калибратора, рассчитанная по формуле 3, °C;

Δ_{P4} – разность показаний вспомогательного и основного ТС при высоте вспомогательного ТС 0 мм от дна каналов блока сравнения калибратора, рассчитанная по формуле 6, °C.

10.3.9 Рассчитывают максимальное значение осевой неоднородности (Δ_0 , °C) по формуле 9:

$$\Delta_0 = \max(\Delta_{01}; \Delta_{02}) \quad (9)$$

где: Δ_{01} – значение осевой неоднородности на высоте вспомогательного ТС 20 мм от дна каналов блока сравнения калибратора, рассчитанное по формуле 7, °C;

Δ_{02} – значение осевой неоднородности на высоте вспомогательного ТС 40 мм от дна каналов блока сравнения калибратора, рассчитанное по формуле 8, °C.

10.3.10 Полученные значения осевой неоднородности во всех контрольных точках не должны превышать предельно допустимых значений, приведенных в Приложении 1 к настоящей методике.

10.4 Определение неравномерности температуры в рабочем объеме (для жидкостных калибраторов температуры)

10.4.1 Неоднородность температурного поля в рабочем пространстве калибратора определяют с помощью эталонного термометра (основного ТС) и вспомогательного термопреобразователя сопротивления (ТС) с длиной чувствительного элемента не более 10 мм, при двух значениях температуры, соответствующих нижнему и верхнему пределам диапазона воспроизводимых температур поверяемого СИ (с учетом используемого теплоносителя).

10.4.2 Этalonный термометр и вспомогательный ТС погружают в калибратор на максимальную глубину рабочей зоны ванны калибратора, располагая ТС друг от друга на сторонах, равноудаленных от центра поверхности рабочей зоны, но не ближе 10 мм относительно стенок рабочей ванны калибратора.

10.4.3 Устанавливают необходимое значение температуры на калибраторе, соответствующее требуемой температурной точке.

10.4.4 При установившемся температурном режиме в течение 5-ти минут проводят серию из 5-ти измерений температуры эталонным термометром ($T_{\text{Э1}}$) и вспомогательным ТС ($T_{\text{В1}}$).

10.4.5 Меняют положение эталонного термометра и вспомогательного ТС, переместив их относительно центра поверхности рабочей зоны на 90°.

10.4.6 При установившемся температурном режиме в течение 5-ти минут проводят серию из 5-ти измерений температуры эталонным термометром ($T_{\text{Э2}}$) и вспомогательным ТС ($T_{\text{В2}}$).

10.4.7 Далее меняют положение эталонного термометра и вспомогательного ТС, переместив их относительно центра поверхности рабочей зоны еще на 90° (180° от изначального положения).

10.4.8 При установившемся температурном режиме в течение 5-ти минут проводят серию из 5-ти измерений температуры эталонным термометром ($T_{\text{Э3}}$) и вспомогательным ТС ($T_{\text{В3}}$).

10.4.9 Вспомогательный ТС устанавливают на глубине центра рабочей зоны ванны калибратора.

10.4.10 При установившемся температурном режиме в течение 5-ти минут проводят серию из 5-ти измерений температуры эталонным термометром ($T_{\text{Э4}}$) и вспомогательным ТС ($T_{\text{В4}}$).

10.4.11 Вспомогательный ТС устанавливают на глубине не более 50 мм от поверхности теплоносителя.

10.4.12 При установившемся температурном режиме в речение 5-ти минут проводят серию из 5-ти измерений температуры эталонным термометром ($T_{\text{Э5}}$) и вспомогательным ТС (T_{B5}).

10.4.13 Рассчитывают разности показаний ($\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, {}^{\circ}\text{C}$) между эталонным термометром ($T_{\text{Э}}$) и вспомогательным ТС (T_{B}) по формулам 10-14:

$$\Delta_1 = T_{\text{Э1}} - T_{\text{B1}} \quad (10)$$

$$\Delta_2 = T_{\text{Э2}} - T_{\text{B2}} \quad (11)$$

$$\Delta_3 = T_{\text{Э3}} - T_{\text{B3}} \quad (12)$$

$$\Delta_4 = T_{\text{Э4}} - T_{\text{B4}} \quad (13)$$

$$\Delta_5 = T_{\text{Э5}} - T_{\text{B5}} \quad (14)$$

где: $T_{\text{Э1}}, T_{\text{Э2}}, T_{\text{Э3}}, T_{\text{Э4}}, T_{\text{Э5}}$ – среднее арифметическое значение температуры, измеренное эталонным термометром, ${}^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{B1}}, T_{\text{B2}}, T_{\text{B3}}, T_{\text{B4}}, T_{\text{B5}}$ – среднее арифметическое значение температуры, измеренное вспомогательным ТС, ${}^{\circ}\text{C}$.

10.4.14 Рассчитывают горизонтальную неравномерность температурного поля ($\Delta_{\Gamma}, {}^{\circ}\text{C}$) по формуле 15:

$$\Delta_{\Gamma} = \max(\Delta_1; \Delta_2; \Delta_3) - \min(\Delta_1; \Delta_2; \Delta_3) \quad (15)$$

где: $\max(\Delta_1; \Delta_2; \Delta_3)$ – максимальная разность показаний между эталонным термометром и вспомогательным ТС (рассчитанная по формулам 10, 11, 12), ${}^{\circ}\text{C}$;

$\min(\Delta_1; \Delta_2; \Delta_3)$ – минимальная разность показаний между эталонным термометром и вспомогательным ТС (рассчитанная по формулам 10, 11, 12), ${}^{\circ}\text{C}$.

10.4.15 Рассчитывают вертикальную неравномерность температурного поля ($\Delta_{\text{B}}, {}^{\circ}\text{C}$) по формуле 16:

$$\Delta_{\text{B}} = \max(\Delta_3; \Delta_4; \Delta_5) - \min(\Delta_3; \Delta_4; \Delta_5) \quad (16)$$

где: $\max(\Delta_3; \Delta_4; \Delta_5)$ – максимальная разность показаний между эталонным термометром и вспомогательным ТС (рассчитанная по формулам 12, 13, 14), ${}^{\circ}\text{C}$;

$\min(\Delta_3; \Delta_4; \Delta_5)$ – минимальная разность показаний между эталонным термометром и вспомогательным ТС (рассчитанная по формулам 12, 13, 14), ${}^{\circ}\text{C}$.

10.4.16 Результат поверки считать положительным, если полученные значения горизонтальной ($\Delta_{\Gamma}, {}^{\circ}\text{C}$) и вертикальной ($\Delta_{\text{B}}, {}^{\circ}\text{C}$) неравномерностей температурного поля во всех контрольных точках не превышают предельно допустимых значений неравномерности температуры в рабочем объеме, приведенных в Приложении 1 к настоящей методике.

10.5 Определение абсолютной погрешности измерений электрических входных сигналов

10.5.1 Абсолютную погрешность 2-х каналов измерений электрического сопротивления определяют для 4-х проводной схемы подключения в не менее пяти контрольных точках, находящихся в диапазоне измерений электрического сопротивления, например, в точках: 1 Ом; 100 Ом; 200 Ом; 300 Ом; 400 Ом.

10.5.1.2 Устанавливают калибратор в режим измерений электрического сопротивления для канала внешнего рабочего ТС или для канала внешнего ТС повышенной точности.

10.5.1.3 Устанавливают на многозначной мере электрического сопротивления (далее – магазин сопротивлений) требуемое значение сопротивления и при помощи контрольных проводов подают его на поверяемый канал.

Рассчитывают погрешность измерений сопротивления (Δ_R , Ом) для каждой контрольной точки по формуле 17:

$$\Delta_R = R_K - R_{MC} \quad (17)$$

где: R_K – значение сопротивления, индицируемое на калибраторе, Ом,

R_{MC} – значение сопротивления, подаваемое с магазина сопротивлений, Ом.

Повторяют операции по п.10.5.1.3 для другого режима измерений сопротивления.

10.5.2 Абсолютную погрешность канала измерений напряжения постоянного тока определяют не менее, чем при пяти значениях, расположенных в диапазоне измерений, включая нижний и верхний пределы диапазона, например: -10 мВ, +10 мВ, +25 мВ, +50 мВ, +75 мВ.

10.5.2.1 Устанавливают калибратор в режим измерений напряжения постоянного тока, далее устанавливают на калибраторе напряжений требуемое значение напряжения и при помощи медных проводов подают его на поверяемый канал.

Рассчитывают погрешность измерений напряжения (Δ_U , мВ) для каждой поверяемой точки по формуле 27:

$$\Delta_U = U_K - U_{KH} \quad (18)$$

где: U_K – значение напряжения, индицируемое на калибраторе, мВ,

U_{KH} – значение напряжения, подаваемое с эталонного калибратора напряжений, мВ.

10.5.3 Абсолютную погрешность канала измерений силы постоянного тока определяют не менее, чем при шести значениях, расположенных в диапазоне измерений, включая нижний и верхний пределы диапазона, например: 4 мА, 8 мА, 12 мА, 16 мА, 20 мА, 24 мА.

10.5.3.1 Устанавливают калибратор в режим измерений силы постоянного тока, далее устанавливают на калибраторе тока требуемое значение силы постоянного тока и при помощи контрольных проводов, подают его на поверяемый канал.

Рассчитывают погрешность измерений силы постоянного тока (Δ_I , мА) для каждой поверяемой точки по формуле 19:

$$\Delta_I = I_K - I_{KT} \quad (19)$$

где: I_K – значение силы постоянного тока, индицируемое на калибраторе, мА,

I_{KT} – значение силы постоянного тока, подаваемое с эталонного калибратора тока, мА.

10.5.4 Результат поверки считать положительным, если полученные значения погрешностей во всех контрольных точках не превышают предельно допустимых значений, приведенных в Приложении 1 к настоящей методике.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки средства измерений в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 Средства измерений, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке.

11.3 Протокол поверки оформляется в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и системой менеджмента качества организации-поверителя. Дополнительные требования к оформлению протокола не предъявляются.

11.4 При отрицательных результатах поверки на средство измерений по заявлению владельца или лица, представившего его на поверку, оформляется извещение о непригодности к применению.

Начальник отдела 207
метрологического обеспечения
термометрии ФГБУ «ВНИИМС»

А.А. Игнатов

Приложение 1

Таблица 1 - Метрологические характеристики сухоблочных калибраторов температуры ТКх-Текноу серии TKG-G моделей TKG-140G, TKG-150G, TKG-450G

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)		
	TKG-140G	TKG-150G	TKG-450G
Диапазон воспроизводимых температур, °C	от -20 до +140	от -35 до +150	от +50 до +450
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установления заданной температуры, °C	±0,2	±0,3	±0,5
Нестабильность поддержания заданной температуры в течение 30 минут (после достижения режима стабилизации по внутреннему термометру калибратора), °C	±0,15	±0,15	±0,2
Осевая неоднородность температуры по высоте рабочей зоны 40 мм от дна каналов блока сравнения (вертикальный градиент), °C, не более	±0,8	±0,8	±1,0
Разность воспроизводимых температур в каналах блока сравнения одного диаметра (горизонтальный градиент), °C, не более	±0,2	±0,2	±0,3

Таблица 2 - Метрологические характеристики сухоблочных калибраторов температуры ТКх-Текноу серии TKG-G моделей TKG-660AG, TKG-660BG, TKG-1000G

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)		
	TKG-660AG	TKG-660BG	TKG-1000G
Диапазон воспроизводимых температур, °C	от +50 до +660	от +50 до +660	от +300 до +1000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установления заданной температуры, °C	±0,5	±0,5	±2,0
Нестабильность поддержания заданной температуры в течение 30 минут (после достижения режима стабилизации по внутреннему термометру калибратора), °C	±0,2	±0,1	±0,2
Осевая неоднородность температуры по высоте рабочей зоны 40 мм от дна каналов блока сравнения (вертикальный градиент), °C, не более	±1,0	±0,5	- (*)
Разность воспроизводимых температур в каналах блока сравнения одного диаметра (горизонтальный градиент), °C, не более	±0,3	±0,15	±0,8
Примечание: (*) - не нормируется			

Таблица 3 - Метрологические характеристики сухоблочных калибраторов температуры ТКх-Теккоу серии TKG-G моделей TKG-1200AG, TKG-1200BG

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)	
	TKG-1200AG	TKG-1200BG
Диапазон воспроизводимых температур, °C	от +300 до +1200	от +300 до +1200
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установления заданной температуры, °C	±2,0 (от +300 до +1000 °C включ.); ±3,0 (св. +1000 до +1200 °C)	
Нестабильность поддержания заданной температуры в течение 30 минут (после достижения режима стабилизации по внутреннему термометру калибратора), °C	±0,4	±0,2
Осовая неоднородность температуры по высоте рабочей зоны 40 мм от дна каналов блока сравнения (вертикальный градиент), °C, не более		(*)
Разность воспроизводимых температур в каналах блока сравнения одного диаметра (горизонтальный градиент), °C, не более	±1,0	±0,8
Примечание: (*) - не нормируется		

Таблица 4 - Метрологические характеристики сухоблочных калибраторов температуры ТКх-Теккоу прецизионного типа серии TKG-MU-G моделей TKG-MU-350G, TKG-MU-660G, TKG-MU-N40G

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)		
	TKG-MU-350G	TKG-MU-660G	TKG-MU-N40G
Диапазон воспроизводимых температур, °C	от +33 до +350	от +50 до +660	от -40 до +150
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установления заданной температуры, °C	±0,2	±(0,25 + 0,0005·t) (*)	±0,2
Нестабильность поддержания заданной температуры в течение 30 минут (после достижения режима стабилизации по внутреннему термометру калибратора), °C	±0,02	±(0,02 + 0,00005·t) (*)	±0,005
Осовая неоднородность температуры по высоте рабочей зоны 40 мм от дна каналов блока сравнения (вертикальный градиент), °C, не более	±0,04 (при +33 °C); ±0,10 (при +200 °C); ±0,20 (при +350 °C)	±0,05 (при +50 °C); ±0,35 (при +420 °C); ±0,50 (при +660 °C)	±0,05
Разность воспроизводимых температур в каналах блока сравнения одного диаметра (горизонтальный градиент), °C, не более	±0,010 (при +33 °C); ±0,015 (при +200 °C); ±0,020 (при +350 °C)	±0,02 (при +50 °C); ±0,05 (при +420 °C); ±0,10 (при +660 °C)	±0,01

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)		
	TKG-MU-350G	TKG-MU-660G	TKG-MU-N40G
Примечания:			
(*)_ - где t – значение заданной температуры, °C			

Таблица 5 - Метрологические характеристики сухоблочных калибраторов температуры ТКх-Текноу портативного типа серии ТКГ-ЕТС-Г моделей ТКГ-ЕТС-150Г, ТКГ-ЕТС-400Г

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)	
	TKG-ETC-150G	TKG-ETC-400G
Диапазон воспроизводимых температур, °C	от -10 до +150	от +50 до +400
Нестабильность поддержания заданной температуры в течение 30 минут (после достижения режима стабилизации по внутреннему термометру калибратора), °C	±0,1	±0,1
Осевая неоднородность температуры по высоте рабочей зоны 40 мм от дна каналов блока сравнения (вертикальный градиент), °C, не более	±0,5	±0,5
Разность воспроизводимых температур в каналах блока сравнения одного диаметра (горизонтальный градиент), °C, не более	±0,2	±0,2

Таблица 6 - Метрологические характеристики жидкостных калибраторов температуры ТКх-Текноу серии ТКС-ВГ моделей ТКС-180ВГ, ТКС-300ВГ

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)	
	TKS-180BG	TKS-300BG
Диапазон воспроизводимых температур, °C	от +60 до +180	от +60 до +300 (от +60 до +180; от +60 до +300) ⁽¹⁾
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установления заданной температуры, °C		±0,2
Нестабильность поддержания заданной температуры в течение 30 минут (после достижения режима стабилизации по внутреннему термометру калибратора), °C	±0,01 (от +60 до +150 °C включ.); ±0,02 (св. +150 °C)	±0,01 (от +60 до +200 °C включ.); ±0,02 (св. +200 °C)
Неравномерность температуры в рабочем объеме (на расстоянии не менее 10 мм от поверхности теплоносителя), °C, не более	±0,01 (от +60 до +150 °C включ.); ±0,02 (св. +150 °C)	±0,01 (от +60 до +200 °C включ.); ±0,02 (св. +200 °C)
Напряжение питания, В		от 198 до 242
Максимальная потребляемая мощность, Вт		700
Габаритные размеры корпуса калибратора (длина×ширина×высота), мм, не более		500×220×480
Примечание:		

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)	
	TKS-180BG	TKS-300BG
⁽¹⁾ – В зависимости от типа используемого теплоносителя допускается применение калибраторов в более узких диапазонах воспроизводимых температур, приведенных в скобках после полных диапазонов. Информация о рекомендуемых типах теплоносителей в зависимости от рабочей температуры приведена в Руководстве по эксплуатации.		

Таблица 7 - Метрологические и основные технические характеристики жидкостных калибраторов температуры ТКx-Теккоу серии TKS-BG моделей TKS-10BG, TKS-20BG.

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)			
	TKS-10BG	TKS-20BG		
Диапазон воспроизводимых температур, °C	от -10 до +150; от -10 до +180 ⁽¹⁾ (от -10 до +5; от +4 до +80; от -10 до +180; от +70 до +180) ⁽²⁾	от -20 до +150; от -20 до +180 ⁽¹⁾ (от -20 до +5; от +4 до +80; от -20 до +180; от +70 до +180) ⁽²⁾		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установления заданной температуры, °C	±0,2			
Нестабильность поддержания заданной температуры в течение 30 минут (после достижения режима стабилизации по внутреннему термометру калибратора), °C	±0,01 (от -10 до +150 °C включ.); ±0,02 (св. +150 °C)	±0,01 (от -20 до +150 °C включ.); ±0,02 (св. +150 °C)		
Неравномерность температуры в рабочем объеме (на расстоянии не менее 10 мм от поверхности теплоносителя), °C, не более	±0,02 (от t_{min} до 0 °C включ.); ±0,01 (св. 0 до +150 °C включ.); ±0,02 (св. +150 °C)			
Примечания:				
⁽¹⁾ - Диапазон воспроизводимых температур выбирается при заказе и прописывается в паспорте, а также информация о нем наносится на наклейку или на шильдик, прикрепляемые к корпусу калибратора;				
⁽²⁾ - В зависимости от типа используемого теплоносителя допускается применение калибраторов в более узких диапазонах воспроизводимых температур, приведенных в скобках после полных диапазонов. Информация о рекомендуемых типах теплоносителей в зависимости от рабочей температуры приведена в Руководстве по эксплуатации.				

Таблица 8 - Метрологические характеристики жидкостных калибраторов температуры ТКx-Теккоу серии TKS-BG моделей TKS-30BG, TKS-40BG

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)	
	TKS-30BG	TKS-40BG
Диапазон воспроизводимых температур, °C	от -30 до +150; от -30 до +180 ⁽¹⁾ (от -30 до +5; от +4 до +80; от -30 до +180; от +70 до +180) ⁽²⁾	от -40 до +95; от -40 до +125; от -40 до +150; от -40 до +180 ⁽¹⁾ (от -40 до +5; от +4 до +80;

Наименование характеристики	Значение (в зависимости от модели калибратора)	
	TKS-30BG	TKS-40BG
		от -40 до +180; от +70 до +180) ⁽²⁾
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установления заданной температуры, °C		±0,2
Нестабильность поддержания заданной температуры в течение 30 минут (после достижения режима стабилизации по внутреннему термометру калибратора), °C	±0,01 (от -30 до +150 °C включ.); ±0,02 (св. +150 °C)	±0,01 (от -40 до +150 °C включ.); ±0,02 (св. +150 °C)
Неравномерность температуры в рабочем объеме (на расстоянии не менее 10 мм от поверхности теплоносителя), °C, не более		±0,035 (от t_{min} до 0 °C включ.); ±0,020 (св. 0 °C)
Примечания:		
⁽¹⁾ - Диапазон воспроизводимых температур выбирается при заказе и прописывается в паспорте, а также наносится на наклейку или на шильдик, прикрепляемые к корпусу калибратора;		
⁽²⁾ - В зависимости от типа используемого теплоносителя допускается применение калибраторов в более узких диапазонах воспроизводимых температур, приведенных в скобках после полных диапазонов. Информация о рекомендуемых типах теплоносителей в зависимости от рабочей температуры приведена в Руководстве по эксплуатации.		

Таблица 9 - Метрологические характеристики калибраторов температуры серии TKG-MU-G в части измерений электрических выходных сигналов от первичных преобразователей температуры и датчиков с унифицированным выходным сигналом

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений электрического сопротивления, Ом	от 0,01 до 400
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений электрического сопротивления (вход для внешнего рабочего термопреобразователя сопротивления) в зависимости от диапазона, Ом: - от 0,01 до 25 Ом включ. - в остальном диапазоне	±0,0025 ±8·10 ⁻⁵ ·R ⁽¹⁾
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений электрического сопротивления (вход для внешнего термопреобразователя сопротивления повышенной точности) в зависимости от диапазона, Ом: - от 0,01 до 42 Ом включ. - в остальном диапазоне	±0,0025 ±6·10 ⁻⁵ ·R ⁽¹⁾
Диапазон измерений напряжения постоянного тока (термо-ЭДС), мВ	от -10 до +75
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока (термо-ЭДС), мВ	±(0,01+2,5·10 ⁻⁴ · U) ⁽²⁾
Диапазон измерений силы постоянного тока, мА	от 4 до 24
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока, мА	±(0,002+2·10 ⁻⁴ ·I) ⁽³⁾
Примечания:	
⁽¹⁾ R – значение измеряемого электрического сопротивления, Ом;	
⁽²⁾ U – значение измеряемого напряжения постоянного тока (термо-ЭДС), мВ;	

Наименование характеристики	Значение
⁽³⁾ I – значение измеряемой силы постоянного тока, мА;.	

