


УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора  
ФБУ «Тест-С.-Петербург»

  
\_\_\_\_\_ Р.В. Павлов

«*28*» *02* \_\_\_\_\_ 2019 г.



Датчики температуры  
ТСМТ, ТСПТ, ТСМТ Ex, ТСПТ Ex

Методика поверки

435-158-2019МП

г. Санкт-Петербург

2019 г.

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

**1 РАЗРАБОТАНА:** Общество с ограниченной ответственностью «Производственная компания «ТЕСЕЙ» (ООО «ПК «ТЕСЕЙ»).

**ИСПОЛНИТЕЛИ:** Бачурин С.А., Горчаков К.А., Каржавин В.А., Митюхин В.С., Хаустов М.В.

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и/или распространена без разрешения ООО «ПК «ТЕСЕЙ»

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Область применения .....	4
2	Нормативные ссылки .....	5
3	Термины и определения, обозначения и сокращения .....	5
3.1	Термины и определения .....	5
3.2	Сокращения .....	6
3.3	Обозначения .....	7
4	Общие положения .....	8
5	Операции поверки .....	8
6	Средства поверки .....	9
7	Требования безопасности .....	10
8	Условия поверки.....	11
9	Подготовка к поверке.....	11
9.1	Проверка документации.....	11
9.2	Подготовка средств поверки.....	11
9.3	Подготовка датчиков температуры.....	11
9.4	Подготовка ИДТ .....	11
9.5	Экспериментальная оценка неопределенности единичного измерения сопротивления в условиях конкретной поверочной лаборатории .....	12
10	Проведение поверки и обработка результатов поверки .....	12
10.1	Внешний осмотр, проверка маркировки и комплектности .....	12
10.2	Проверка электрического сопротивления изоляции при температуре $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ ... ..	12
10.3	Проверка отклонения сопротивления от НСХ при температуре от минус 5 до плюс 30 °С .....	13
10.4	Проверка отклонения сопротивления от НСХ при температуре от 90 до 103 °С.. ..	15
10.5	Определение основной абсолютной погрешности ИДТ.....	15
10.6	Настройка ИП.....	17
11	Расчет расширенной неопределенности поверки датчиков температуры в термостате. ..	17
12	Оформление результатов поверки .....	22
	Приложение А .....	23
	Приложение Б.....	26
	Приложение В .....	27

## 1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на датчики температуры ТСМТ, ТСПТ, ТСМТ Ех, ТСПТ Ех (далее – датчики температуры) с термопреобразователями сопротивления в качестве чувствительных элементов (далее – ЧЭ), с номинальными статическими характеристиками (далее – НСХ) по ГОСТ 6651-2009, выпускаемые ООО «ПК «ТЕСЕЙ», и устанавливает методику и последовательность проведения первичной и периодической поверок.

Таблица 1- Интервал между поверками

Группа условий эксплуатации	Интервал между поверками (ИМП)
I	5 лет
II	2 года
III	1 год

Многозонный датчик температуры подвергают только первичной поверке.

Диапазоны применения и группы условий эксплуатации для датчиков температуры в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Тип датчика температуры	Класс допуска	Диапазон применения <sup>1</sup> , °С		Группа условий эксплуатации
		от	до	
ТСМТ, ТСМТ Ех	A	-50	+120	II
	B	-50	+200	
	C	-180	+200	
ТСПТ, ТСПТ Ех	AA	-50	+150	II
		-50	+250	III
	A, B, C	-50	+300	I
	A	-100	-50	II
	A, B, C	+300	+450	
	B, C	-196	-50	
	B, C	+450	+600	III

<sup>1</sup> – Указаны предельные значения. Конкретный диапазон в зависимости от конструктивной модификации указан в паспорте и в маркировке датчика температуры

Модификации и схема обозначения датчика температуры в соответствии с приложением Б.

Датчик температуры состоит из одного или нескольких конструктивно связанных, первичных преобразователей температуры (далее ПП), защитного корпуса с монтажными элементами или без них и коммутационных устройств в виде клеммной головки, коробки, разъема или кабеля. ЧЭ ПП выполнен из металлической проволоки бифилярной намотки или пленки, нанесенной на диэлектрическую подложку в виде меандра, имеет выводы для крепления соединительных проводов и известную зависимость электрического сопротивления от температуры.

В клеммную головку или коробку могут устанавливаться измерительные преобразователи (далее ИП). ИП преобразуют сигнал от ПП в унифицированный выходной сигнал постоянного тока по ГОСТ 26.011 и (или) цифровой сигнал по протоколам HART, PROFIBUS-PA, FOUNDATION Fieldbus, Wireless HART.

Настоящая методика предусматривает поверку датчика температуры (датчика температуры с измерительным преобразователем (далее ИДТ)) как комплектную, так и отдельную (отдельно ПП и ИП).

## 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей рекомендации приведены ссылки на следующие нормативные документы:  
ГОСТ 6651-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний;

ГОСТ 8.558-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений температуры;

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности;

МТШ-90 Международная температурная шкала, 1990 г.;

ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Межгосударственный стандарт Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения;

ЕА-4/02 Стандарт Европейской ассоциации по аккредитации лабораторий Выражение неопределенности измерения при калибровке;

ГОСТ 12.2.007.9-93 (МЭК 519-1-84) Безопасность электротермического оборудования. Часть 1. Общие требования;

ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности;

ГОСТ 26.011-80 Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные.

## 3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

### 3.1 Термины и определения

В настоящей рекомендации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**поверка датчика температуры:** установление пригодности датчика температуры к применению на основании контроля соответствия основных характеристик требованиям ГОСТ 6651-2009 и описания типа;

**градуировка датчика температуры:** определение сопротивления датчика температуры при нескольких заданных значениях температуры (в градуировочных точках) в целях построения индивидуальной зависимости сопротивления датчика от температуры;

**эталонный датчик температуры:** датчик любого типа, поверенный путем прямой или опосредованной передачи размера единицы от государственного первичного эталона единицы температуры и предназначенный для передачи размера единицы температуры;

**термостат:** устройство для воспроизведения и поддержания температуры в определенном объеме с нормированной однородностью в пространстве и стабильностью во времени;

**реперная точка:** температура фазового перехода или фазового равновесия вещества, характеризующаяся высокой стабильностью и воспроизводимостью;

**неопределенность измерений:** параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине по ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC и стандарту ЕА-4/02;

**стандартная неопределенность:** неопределенность результата измерений, выраженная в виде стандартного отклонения;

**суммарная стандартная неопределенность:** стандартная неопределенность результата измерений, полученного из значений ряда других величин, равная положительному квадратному корню взвешенной суммы дисперсий или ковариации этих величин, весовые коэффициенты при которых определяются зависимостью изменения результата измерения от изменений этих величин;

**расширенная неопределенность:** величина, определяющая интервал вокруг результата измерения, который, как ожидается, содержит в себе большую часть распределения значений, которые с достаточным основанием могут быть приписаны измеряемой величине;

**неопределенность поверки датчика температуры:** неопределенность результата измерения сопротивления датчика температуры при заданной температуре (в градуировочной точке);

**бюджет неопределенности измерений:** сводная таблица составляющих суммарной стандартной неопределенности измерений;

**нестабильность эталонного датчика температуры за межповерочный интервал:** изменение сопротивления датчика температуры с термопреобразователями сопротивления в качестве чувствительных элементов в температурном эквиваленте при температуре тройной точки воды за интервал времени между двумя последовательными поверками;

**относительное сопротивление термометра  $W$ :** отношение сопротивления датчика температуры в градуируемой точке к сопротивлению датчика температуры при 0 °С.

Остальные термины — по ГОСТ 6651-2009.

### 3.2 Сокращения

В настоящей рекомендации применяют следующие сокращения:

ГОСТ	–	государственный стандарт;
ГСИ	–	государственная система обеспечения единства измерений;
ИДТ	–	датчик температуры с измерительным преобразователем;
ИМП	–	интервал между поверками;
ИП	–	измерительный преобразователь;
ИСХ	–	индивидуальная статическая характеристика;
НСХ	–	номинальная статическая характеристика;
РЭ	–	руководство по эксплуатации;
МП	–	методика поверки;
МЭК	–	международная электротехническая комиссия;
НД	–	нормативный документ;
ПП	–	первичный преобразователь;
СО	–	стандартное отклонение;
ССБТ	–	система стандартов безопасности труда;
ЧЭ	–	чувствительный элемент.

### 3.3 Обозначения

В настоящей рекомендации применяют следующие обозначения:

- $u(r_{lab})$  – СО результата измерения сопротивления, Ом;
- $t_i$  – значение температуры, соответствующее измеренному аналоговому выходному сигналу, °С;
- $\Delta_{ИП}$  – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности ИП, °С;
- $t_c$  – расчетное значение температуры, соответствующее выходному аналоговому сигналу в точках 0, 50, 100 % диапазона преобразования, °С;
- $t_n$  – диапазон преобразования измерительного преобразователя;
- $t_{эт}$  – температура эталонного датчика температуры, °С;
- $u(r_{lab1-j})$  – стандартная неопределенность, обусловленная случайными эффектами при измерениях, выполненных в одном измерительном цикле эталонным датчиком температуры;
- $u(t_s)$  – стандартная неопределенность, обусловленная нестабильностью температуры в термостате за время всех циклов измерений;
- $u(\delta t_s)$  – стандартная неопределенность градуировки эталонного датчика температуры;
- $u(\delta r_s)$  – стандартная неопределенность, обусловленная неточностью электроизмерительной установки;
- $\pm \Delta_{np}$  – предел допускаемой погрешности электроизмерительной установки, приведенный в свидетельстве о поверке;
- $u(\delta r_{rs})$  – стандартная неопределенность, вызванная ограниченной разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки;
- $u(\delta t_T)$  – стандартная неопределенность, обусловленная нестабильностью эталонного датчика температуры за межповерочный интервал;
- $t_s$  – значение температуры, соответствующее  $i$ -му измерению, рассчитанное по интерполяционной зависимости сопротивление-температура, приведенной в свидетельстве о поверке эталонного датчика температуры;
- $u_c(t_x)$  – суммарная стандартная неопределенность результата измерения температуры эталонным датчиком температуры;
- $R_k(t_x)$  – значение сопротивления градуируемого датчика температуры при температуре  $t_x$ ;
- $R_{ks}(t_x)$  – среднее значение сопротивления градуируемого датчика температуры при температуре  $t_x$ ;
- $u(r_{lab2-j})$  – стандартная неопределенность, обусловленная случайными эффектами при измерениях, выполненных в одном измерительном цикле поверяемым датчиком температуры;
- $u(\delta r_k)$  – стандартная неопределенность измерений при поверке электроизмерительной установки;
- $u(\delta r_{rk})$  – стандартная неопределенность, обусловленная ограниченной разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки;
- $u(\delta t_{F1})$  – стандартная неопределенность, обусловленная вертикальным градиентом температуры в термостате;
- $u(\delta t_{F2})$  – стандартная неопределенность, обусловленная горизонтальным градиентом температуры в термостате;
- $u_c(R_k)$  – суммарная стандартная неопределенность измерения сопротивления градуируемого датчика температуры;
- $u_c(R)$  – суммарная стандартная неопределенность;
- $U$  – расширенная неопределенность поверки датчика температуры в каждой температурной точке.

## 4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 Датчик температуры подвергают первичной и периодической поверкам в аккредитованных в установленном порядке поверочных лабораториях. Первичную поверку совмещают с приемо-сдаточными испытаниями датчика температуры, если ее выполняют в аккредитованной на право проведения поверки лаборатории предприятия-изготовителя. Периодичность поверки, устанавливаемая нормативной документацией (далее НД) на датчик температуры конкретного типа, зависит от стабильности датчика температуры и условий его эксплуатации.

4.2 Поверка датчика температуры на соответствие требованиям ГОСТ 6651-2009 должна включать в себя проверку отклонения зависимости сопротивление – температура датчика температуры от номинальной статической характеристики (далее НСХ). Перечень операций поверки приведен в разделе 5.

4.3 Градуировку датчика температуры в нескольких градуировочных точках в целях построения индивидуальной зависимости сопротивление – температура проводят, как составную часть поверки для датчиков температуры, требования к точности которых отличаются от требований ГОСТ 6651-2009. Рекомендуемая методика построения индивидуальной зависимости сопротивление – температура приведена в приложении А.

## 5 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 3.

Таблица 3

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при поверке				
		Датчик температуры		ИДТ		
		Первичная	Периодическая	Первичная (раздельная)	Периодическая	
		раздельная	комплектная			
1 Внешний осмотр, проверка маркировки и комплектности	10.1	да	да	да	да	да
2 Проверка электрического сопротивления изоляции при температуре (20±5) °С	10.2	да	да	да <sup>1</sup>	да <sup>1</sup>	да
3 Проверка отклонения сопротивления от НСХ при температуре от -5 °С до +30 °С	10.3	да	да	да	да	да <sup>2</sup>
4 Проверка отклонения сопротивления от НСХ при температуре от 90 °С до 103 °С	10.4	да	да	да	да	да <sup>2</sup>
5 Определение основной абсолютной погрешности ИДТ	10.5	-	-	да	да	да
6 Настройка ИП <sup>3</sup>	10.6	-	-	да	нет	нет

1 – только для первичного преобразователя;

2 – определяется значение выходного унифицированного электрического сигнала постоянного тока, являющегося результатом преобразования выходного сигнала первичного преобразователя измерительным преобразователем;

3 – настройку ИП необходимо проводить только для ИДТ с условным обозначением точности Н05, Н10, Р10, F10.



## 6 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки применяют средства измерений, указанные в таблице 4, а также вспомогательные средства, в соответствии с таблицей 5.

6.2 Должны быть использованы отечественные и/или импортные эталонные термометры сопротивления (далее эталонный датчик температуры), внесенные в Государственный реестр средств измерений, расширенная неопределенность градуировки которых, указанная в свидетельстве о поверке (или в нормативных и технических документах), не превышает  $1/3$  допуска поверяемых датчиков температуры при температурах поверки. При выборе эталонного датчика температуры следует учитывать его нестабильность за межповерочный интервал, используемую при расчете расширенной неопределенности поверки.

Примечания:

1 Если в свидетельстве о поверке эталонного датчика температуры указана доверительная погрешность при доверительной вероятности 95%, то она не должна превышать  $1/3$  допуска поверяемых датчиков температуры.

6.3 Для поверки датчиков температуры должны быть применены жидкостные пеллиевые термостаты или жидкостные и флюидные термостаты других типов, отвечающие следующим требованиям:

- неравномерность температуры в рабочем объеме термостата - не более  $1/5$  допуска поверяемых датчиков температуры;
- нестабильность поддержания температуры, как минимум за 30 мин - не более  $1/5$  допуска поверяемых датчиков температуры.

6.4 Для поверки датчиков температуры при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  допускается применять сосуды Дьюара и нулевые термостаты, наполненные смесью льда и воды. Неравномерность температуры в рабочем объеме термостата не должна превышать  $\pm 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

6.5 Для поверки датчиков температуры в диапазоне температур от минус  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до плюс  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  рекомендуется использовать в качестве реперной точки МТШ-90 – тройную точку воды ( $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Для реализации тройной точки воды допускается использовать термостаты, для которых нестабильность поддержания температуры и неравномерность температуры в рабочем объеме не превышает  $\pm 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

6.6 Для поверки в диапазоне температур от  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $103\text{ }^{\circ}\text{C}$  допускается применять паровой термостат, для которого нестабильность поддержания температуры составляет не более  $\pm 0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

6.7 Для измерения сопротивления поверяемых датчиков температуры должны быть применены мосты постоянного и переменного токов, цифровые мультиметры, многоканальные прецизионные измерители температуры, установки типа автоматизированного рабочего места для поверки термопреобразователей сопротивления (АРМ ПТС), внесенные в Государственный реестр средств измерений. При выборе измерительной установки следует учесть, что расширенная неопределенность поверки датчика температуры должна быть в два раза меньше требуемого допуска датчика температуры по ГОСТ 6651-2009.

6.8 Для измерения сопротивления поверяемых датчиков температуры могут быть также применены электроизмерительные установки, включающие в себя прецизионные вольтметры и потенциометры, источники тока, образцовые меры сопротивления, коммутирующие средства и переключатели.

6.9 Если для поверки применяют измерители температуры со встроенной программой, позволяющей отсчитывать показания в единицах температуры или отклонения температуры от НСХ, то неопределенность измерения, выполненного с использованием таких измерителей, не должна превышать  $1/10$  допуска поверяемых датчиков температуры.

6.10 Для измерения электрического сопротивления изоляции между выводами и защитным корпусом датчика температуры должны быть применены мегаомметры или дру-

гие измерительные приборы с верхним пределом измерения не ниже 500 МОм и пределом погрешности, не превышающим  $\pm 5\%$ .

6.11 Перед использованием средств поверки датчиков температуры необходимо провести расчет ожидаемой расширенной неопределенности поверки датчиков температуры по данным свидетельств о поверке термостата или калибратора и о поверке всех остальных используемых средств измерений по методике, изложенной в разделе 11. Рассчитанная расширенная неопределенность поверки датчиков температуры должна быть в два раза меньше требуемого допуска датчика температуры по ГОСТ 6651-2009.

Таблица 4

Наименование средств измерений	Характеристики
1 Эталонные термометры сопротивления	1, 2 и 3 разряд с погрешностью по ГОСТ 8.558-2009 в диапазоне температуры от $-200$ до $+660$ °С
2 Измерители температуры многоканальные прецизионные МИТ 8.10	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta t = \pm(0.004 + 10^{-5} \cdot t)$ °С
3 Калибратор многофункциональный МСХ-II-R	Диапазон измерения тока $\Delta I = \pm(0.010\%$ от показаний $+0.003\%$ от диапазона $+1$ ед. мл. разряда), диапазон воспроизведения сопротивления от 0 до 2000 Ом $\Delta R = \pm(0.010\%$ от диапазона $+1$ ед. мл. разряда)
4 Мегаомметр ЭС0202/1-Г	Диапазон измерений от 0.05 до 1000 МОм, ПГ $\pm 0.15$ %

Таблица 5

Наименование вспомогательных средств	Характеристики
1 Термостаты переливные прецизионные ТПП-1	Диапазон от $-75$ до $+300$ °С, нестабильность поддержания температуры не более $\pm 0.02$ °С
2 Термостат с флюидизированной средой FB-08	Диапазон воспроизведения температуры от 50 до 700 °С, нестабильность поддержания температуры не более $\pm 0.08$ °С
3 Сосуд Дьюара с жидким азотом	Неравномерность температуры в рабочем объеме не более $\pm 0.01$ °С
4 USB-модем /коммуникатор	Комплекс для настройки параметров ИП
5 Источник питания постоянного тока	Диапазон напряжений от 0 до 30 В
6 Термостат нулевой	Неравномерность температуры в рабочем объеме не более $\pm 0.01$ °С

Примечания:

1 Все применяемые средства измерений должны быть поверены органами государственной метрологической службы или метрологическими службами юридических лиц, аккредитованными в установленном порядке, и иметь действующие клейма или свидетельства установленных форм.

2 Допускается применять другие средства поверки, удовлетворяющие требованиям настоящей методики.

## 7 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

7.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования:

- ГОСТ 12.2.007.0-75;
- эксплуатационных документов средств поверки, а также Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей и Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей.

- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные датчики температуры;
- указания по технике безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации поверяемого датчика температуры.

7.2 Запрещается трогать нагретый датчик температуры руками и класть его на легковоспламеняющиеся поверхности.

7.3 Стекланные сосуды Дьюара должны иметь охранные кожухи из жести или пластмассы. При работе со стекланными сосудами Дьюара необходимо пользоваться защитными очками. Не допускается уплотнять лед в стекланных сосудах металлическими и острокопечными предметами.

7.4 При извлечении охлажденных датчиков температуры из сосудов Дьюара необходимо пользоваться хлопчатобумажными перчатками.

К выполнению измерений допускаются лица, ознакомленные с руководством по эксплуатации поверяемого датчика температуры и прошедшие инструктаж по технике безопасности, а также имеющих квалификационную группу по технике безопасности не ниже III при работе с установками напряжением до 1000 В.

## **8 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**

8.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура воздуха в помещении, предназначенном для поверки, должна быть  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ; относительная влажность не более 80%; атмосферное давление от 84 до 106.7 кПа;
- вибрация, тряска, удары, магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу эталонных датчиков температуры и других средств поверки, должны быть исключены;
- напряжение питания сети должно быть в пределах, установленных эксплуатационными документами на средства поверки.

8.2 К проведению поверки должны быть допущены лица, имеющие необходимую квалификацию и аттестованные в качестве поверителей.

## **9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

### **9.1 Проверка документации**

9.1.1 Перед проведением поверки проверяют наличие инструкций по эксплуатации средств поверки, аттестатов испытательного оборудования, свидетельств о поверке средств измерений, паспорта, клейма или свидетельства о предыдущей поверке датчика температуры.

### **9.2 Подготовка средств поверки**

9.2.1 Все средства поверки, такие как термостаты, калибраторы, установки для реализации реперных точек, измерительные приборы, должны быть подготовлены к работе в соответствии с инструкциями по их эксплуатации. Должно быть обеспечено правильное заземление приборов и должны быть выполнены все требования безопасности.

### **9.3 Подготовка датчиков температуры**

9.3.1 Поверхность датчиков температуры, при необходимости, очищают от окалины, отслоений и т.п., после чего протирают растворителем.

### **9.4 Подготовка ИДТ**

9.4.1 При отдельной поверке ИДТ выполнить операции по п. 9.3.1. Отключить измерительный преобразователь от первичного преобразователя.

9.4.2 При комплектной поверке ИДТ выполнить операции по п. 9.3.1, а также подключить к измерительной установке в соответствии с НД.

### **9.5 Экспериментальная оценка неопределенности единичного измерения сопротивления в условиях конкретной поверочной лаборатории**

9.5.1 Неопределенность единичного измерения сопротивления определяют при температурах, близких к градуировочным точкам, отдельно для датчиков температуры различных номинальных сопротивлений, поверяемых в данной лаборатории. Допускается использовать термостатированные меры сопротивления с номинальными значениями, близкими к номинальным значениям поверяемых датчиков температуры.

9.5.2 Измерения проводятся в термостатах, удовлетворяющих требованиям настоящей рекомендации, в зависимости от температуры поверки. Проводят не менее 50 отсчетов сопротивления и рассчитывают СО результата измерения. Для автоматических цифровых мостов необходимо использовать те же параметры при проведении каждого измерения (время интегрирования, время отсчета и т.п.), что и при проведении поверки. Значение СО рассчитывают либо автоматически измерительным мостом, либо, при регистрации поверителем отдельных отсчетов, по формуле:

$$u(r_{lab}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{lab}} \frac{(R_i - R_s)^2}{N_{lab} - 1}}, \quad (1)$$

где  $N_{lab}$  - число отсчетов сопротивления датчика температуры;

$R_i$  - результат  $i$ -го отсчета;

$R_s$  - среднее значение сопротивления.

## **10 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**

### **10.1 Внешний осмотр, проверка маркировки и комплектности**

10.1.1 Визуальный осмотр датчика температуры должен показать, что защитный корпус, внешние клеммы и внешние провода датчика температуры не имеют видимых разрушений, резьба на клеммах, клеммных головках и штуцерах не имеет механических повреждений. Датчики температуры с загрязненной поверхностью защитной арматуры к поверке не допускают.

10.1.2 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие датчика температуры требованиям ГОСТ 6651-2009 в части маркировки и комплектности.

10.1.3 До начала поверки датчика температуры с измерительным преобразователем необходимо провести идентификацию программного обеспечения (ПО). Для этого необходимо выполнить подключение к ИП в соответствии с приложением руководства по эксплуатации «Идентификация программного обеспечения датчика температуры», с которым можно ознакомиться на официальном сайте предприятия-изготовителя. Версия ПО, содержащаяся в разделе «Информация об устройстве», должна быть не ниже указанной в описании типа.

10.1.4 Результаты внешнего осмотра, проверки маркировки, комплектности поверяемых датчиков температуры и идентификации программного обеспечения датчика температуры вносят в протокол поверки (приложение В).

Датчики температуры, не отвечающие перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

### **10.2 Проверка электрического сопротивления изоляции при температуре $(20 \pm 5)$ °С**

10.2.1 Подключают клеммы прибора для измерения электрического сопротивления к выводам и защитному корпусу датчика температуры. Подают измерительное напряжение 100 В.

10.2.2 Показания снимают в течение 10 с после подачи напряжения и фиксируют минимальное значение сопротивления. Сопротивление изоляции датчика температуры должно

соответствовать требованиям ГОСТ 6651-2009. Результаты проверки вносят в протокол поверки (приложение В).

Датчики температуры, не отвечающие перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

### **10.3 Проверка отклонения сопротивления от НСХ при температуре от минус 5 до плюс 30 °С**

Проверку отклонения сопротивления датчиков температуры от НСХ выполняют сравнением с эталонным датчиком температуры при 0 °С в нулевом термостате или сосуде Дьюара, заполненном смесью льда и воды, при другой температуре в диапазоне от минус 5 °С до плюс 30 °С в термостатах (жидкостных, сухоблочных, флюидных).

#### **10.3.1 Сличение с эталонным датчиком температуры в жидкостном термостате.**

10.3.1.1 Эталонный датчик температуры и поверяемые датчики температуры помещают в рабочий объем термостата на глубину не менее минимальной глубины погружения, указанной в НД на датчик температуры. Если монтажная длина поверяемых датчиков температуры более минимальной глубины погружения эталонного датчика температуры или равна ей, то ЧЭ всех датчиков температуры должны находиться на одном уровне. Если монтажная длина поверяемых датчиков температуры менее минимальной глубины погружения эталонного датчика температуры, то датчики температуры погружают в термостат на монтажную длину и в результате измерения вводят поправку на перепад температур между средними точками ЧЭ поверяемых и эталонного датчиков (по 11.6).

Примечание:

1. При поверке датчиков температуры монтажной длиной менее 50 мм рекомендуется использовать переливной жидкостный термостат и специальные средства для герметизации контактной головки.

2. При поверке датчиков температуры необходимо соблюдать указания по минимальной глубине погружения, приведенные в НД используемого оборудования.

10.3.1.2 Поверяемые датчики температуры подключают к измерительной установке в соответствии со схемой соединения внутренних проводов датчиков температуры и схемами внешних электрических подключений приборов. Необходимо строго соблюдать инструкцию по подключению и заземлению электроизмерительной аппаратуры. Подключение датчиков температуры к переключателям должно обеспечивать надежный электрический контакт. Поверхность наконечников и выводных проводов датчиков температуры должна быть очищена от пленки оксидов. Измерительный ток должен соответствовать указанному в спецификации на датчики температуры. При использовании электроизмерительной установки постоянного тока должна быть обеспечена компенсация паразитных термоэлектродвижущих сил (ТЭДС) во время измерений, например, путем переключения направления тока.

10.3.1.3 После достижения стабильного состояния (сопротивление датчиков температуры не изменяется более чем на 1/10 допуска за 5 мин) проводят цикл измерений: измеряют температуру эталонным датчиком температуры, затем последовательно измеряют сопротивление поверяемых датчиков температуры и вновь повторяют измерение эталонным датчиком температуры. При использовании автоматических мостов результат каждого измерения должен быть получен, как среднее арифметическое значение не менее, чем из пяти отсчетов. Цикл измерений повторяют не менее двух раз. Показания эталонного датчика температуры за все время измерений не должны измениться более, чем на 1/5 допуска поверяемых датчиков температуры.

Примечание:

1. При использовании двухпроводной схемы соединения внутренних выводов и подключения к измерительной установке необходимо из результата измерения сопротивления датчиков температуры вычесть значение сопротивления соединительных проводов и сопро-

тивления внутренних выводов (если оно указано на датчике или в сопроводительной документации).

2 При использовании трехпроводной схемы соединения внутренних выводов необходимо измерить сопротивление между двумя контактами, соединенными с цепью, включающей в себя ЧЭ, и двумя контактами, соединенными с парой проводников, идущих из одной точки ЧЭ, и затем вычесть значение второго сопротивления из значения первого.

10.3.1.4 По данным измерений рассчитывают среднее арифметическое значение и размах температуры в термостате, средние значения сопротивлений поверяемых датчиков температуры и СО среднего арифметического значения. Допускается использовать самостоятельное или входящее в комплект поставки средств поверки аттестованное программное обеспечение, предназначенное для автоматизации процессов градуировки и поверки датчиков температуры, обработки и хранения результатов.

10.3.1.5 Расчет расширенной неопределенности результата измерения проводят по методике, изложенной в разделе 11.

### **10.3.2 Сличение с эталонным датчиком температуры при температуре 0 °С.**

10.3.2.1 Для определения сопротивления датчиков температуры при температуре 0 °С рекомендуется использовать термостат или сосуд Дьюара, заполненный смесью мелкодробленого льда и охлажденной воды. Лед должен быть увлажнен и уплотнен по всей массе, чтобы в смеси льда и воды не было пузырей воздуха и излишка воды.

10.3.2.2 Условия погружения датчиков температуры и подключения к измерительной установке - по 10.3.1.1 и 10.3.1.2. Толщина слоя льдоводяной смеси, окружающей термопреобразователи, не должна быть менее 30 мм.

10.3.2.3 После достижения стабильного состояния проводят измерение температуры эталонным датчиком температуры, затем последовательно измеряют сопротивление поверяемых датчиков температуры. Необходимо провести не менее 10 отсчетов сопротивления для каждого датчика температуры. По полученным данным рассчитывают среднее арифметическое значение сопротивления датчиков температуры и СО среднего арифметического значения.

10.3.2.4 Расчет расширенной неопределенности результата измерений проводят по методике, изложенной в разделе 11.

### **10.3.3 Критерий годности датчика температуры.**

10.3.3.1 Датчик температуры считают годным и допускают к дальнейшей поверке в том случае, если отклонение его сопротивления от НСХ с учетом расширенной неопределенности результата измерения не превышает значений для соответствующего класса допуска (Таблица 6), т.е. выполнены одновременно два неравенства:

$$\begin{aligned} (R_k(t_x) - R_{НСХ}(t_x) + U) / \frac{dR}{dt} &\leq +\Delta t_x \\ (R_k(t_x) - R_{НСХ}(t_x) - U) / \frac{dR}{dt} &\geq -\Delta t_x \end{aligned} \quad (2)$$

где  $R_k(t_x)$  - среднее значение сопротивления поверяемого датчика температуры, Ом;

$t_x$  - средняя температура, измеренная эталонным датчиком температуры, °С;

$R_{НСХ}(t_x)$  - значение сопротивления датчика температуры по НСХ при температуре  $t_x$ , Ом;

$U$  - расширенная неопределенность результата измерения сопротивления датчика температуры, рассчитанная по методике, изложенной в разделе 11, Ом;

$\frac{dR}{dt}$  - чувствительность датчика температуры при температуре  $t_x$ , Ом/°С;

$\pm\Delta t_x$  - пределы допускаемых отклонений от НСХ датчика температуры по ГОСТ 6651-2009 при температуре  $t_x$ , °С.

10.3.3.2 Изменение значения отклонения сопротивления датчиков температуры от НСХ с учетом расширенной неопределенности результата измерения, выраженного в единицах температуры, при температуре тройной точки воды за интервал времени между двумя последовательными поверками (дрейф метрологических характеристик), должно быть не более указанного в НД на датчик температуры конкретного типа. Поверяемые датчики температуры, не удовлетворяющие этому требованию, должны быть забракованы.

Таблица 6 – Метрологические характеристики датчика температуры с аналоговым выходным сигналом.

Тип датчика температуры	Класс допуска	Диапазон измерений <sup>1</sup> , °С		Пределы допускаемых отклонений от НСХ, °С
		от	до	
ТСМТ, ТСМТ Ex	A	-50	+120	$\pm (0.15 + 0.002 \cdot  t )$
	B	-50	+200	$\pm (0.3 + 0.005 \cdot  t )$
	C	-180	+200	$\pm (0.6 + 0.01 \cdot  t )$
ТСПТ, ТСПТ Ex	AA	-50	+250	$\pm (0.10 + 0.0017 \cdot  t )$
	A	-100	+450	$\pm (0.15 + 0.002 \cdot  t )$
	B	-196	+600	$\pm (0.3 + 0.005 \cdot  t )$
	C	-196	+600	$\pm (0.6 + 0.01 \cdot  t )$

<sup>1</sup> – Указаны предельные значения. Конкретный диапазон, в зависимости от конструктивной модификации, указан в паспорте и в маркировке датчика температуры;  
|t| - абсолютное значение температуры, °С, без учета знака

#### 10.4 Проверка отклонения сопротивления от НСХ при температуре от 90 до 103 °С

10.4.1 Проверку проводят для датчиков температуры классов AA, A и B сличением с эталонным датчиком температуры в жидкостном или паровом термостате по методике, изложенной в 10.3.1. Критерий годности - по 10.3.3.

Примечание:

1. Использование паровых термостатов, реализующих точку кипения воды, - в соответствии с техническим описанием и инструкцией по их применению.

#### 10.5 Определение основной абсолютной погрешности ИДТ

##### 10.5.1 Раздельная поверка

10.5.1.1 Для первичного преобразователя ИДТ выполнить операции по пп. 10.3 - 10.4.

Примечание:

1. Для ИДТ с условным обозначением точности – Н05, Н10, F10, P10 дополнительно проверяют отклонение сопротивления от НСХ при минимальной и максимальной температурах диапазона преобразования. При минимальной температуре диапазона преобразования меньше минус 70 °С проверяют отклонение сопротивления от НСХ при минус 200 °С и минус 50 °С;

2. Поверка для температуры минус 200 °С проводится в сосуде Дьюара с жидким азотом. Поверка для температуры минус 50 °С проводится в термостате переливном прецизионном;

3. Поверка для температур выше диапазона от 90 °С до 103 °С проводится в термоста-тах жидкостных, сухоблочных, флюидных.

10.5.1.2 Основную погрешность ИП определяют методом сравнения измеренного и расчетного значений выходного сигнала в точках, соответствующих 0, 50, 100 % диапазона измерительного преобразователя в последовательности, указанной ниже:

– ИП подключить к калибратору сигналов согласно НД;

– с помощью калибратора сигналов на вход ИП подать сигнал в Ом, соответствующий расчётному сигналу 0, 50, 100 % диапазона преобразования ИП, одновременно измеряя и записывая выходной токовый сигнал.

– Значение температуры  $t_i$ , соответствующее измеренному аналоговому выходному сигналу  $I_{\text{вых}}^i$  рассчитывается по формуле 3:

$$t_i = \frac{I_{\text{вых}}^i - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \cdot (t_{\text{max}} - t_{\text{min}}) + t_{\text{min}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

где  $I_{\text{вых}}^i$  – результат измерений тока, соответствующий измеряемой температуре, мА;

$I_{\text{min}}$ ;  $I_{\text{max}}$  – нижний и верхний пределы диапазона преобразования выходного тока, мА;

$t_{\text{min}}$ ;  $t_{\text{max}}$  – нижний и верхний пределы диапазона преобразования ИП,  $^\circ\text{C}$ .

Результаты поверки считаются положительными, если погрешность измерений, рассчитанная по формуле 4, в каждой точке не превышает значений, указанных в таблице 7.

$$\Delta_{\text{ИП}} = t_i - t_c, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4)$$

Таблица 7 – Метрологические характеристики ИП, входящих в состав датчика температуры

Вид выходного сигнала и условное обозначение точности ИДТ согласно приложению Б	Диапазон преобразования $t_n$ , $^\circ\text{C}$	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности, $^\circ\text{C}$
Т25	от 10 до 300 включ.	$\pm 0.3$
	св. 300 до 800	$\pm 0.1 \% \cdot t_n$
Т40, Т70	от 10 до 120 включ.	$\pm 0.3$
	св. 120 до 800	$\pm 0.25 \% \cdot t_n$
Н10, F10, P10, Н25, P25, F25, W25	от 10 до 200 включ.	$\pm 0.1$
	св. 200 до 800	$\pm 0.05 \% \cdot t_n$
Н70, P70, F70, W70	от 10 до 200 включ.	$\pm 0.2$
	св. 200 до 800	$\pm 0.1 \% \cdot t_n$
Н05	от 10 до 800	$\pm 0.04$

Примечание:

$$t_n = t_{\text{max}} - t_{\text{min}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

где  $t_{\text{max}}$  и  $t_{\text{min}}$  – верхний и нижний пределы диапазона преобразования (указан в паспорте и в маркировке датчика температуры).

10.5.1.3 ИП ИДТ с условным обозначением точности – Н05, Н10, F10, P10 необходимо настроить в соответствии с п. 10.6.

10.5.1.4 После настройки ИП, ИДТ проверяются в двух точках, соответствующих 20 и 80 % диапазона на соответствие заявленной точности.

#### 10.5.2 Комплектная поверка

Поверка ИДТ выполняется в крайних и двух точках внутри диапазона преобразования, включая точку «0». Допускается проводить поверку в крайних и одной точке внутри диапазона преобразования, если последний не превышает 300  $^\circ\text{C}$ .

Примечание:

1. При минимальной температуре диапазона преобразования меньше минус 70  $^\circ\text{C}$ , за исключением значения минус 200  $^\circ\text{C}$ , допускается проверять отклонение от НСХ при минус 70  $^\circ\text{C}$ ;

2. Поверка для температуры минус 200  $^\circ\text{C}$  проводится в сосуде Дьюара с жидким азотом. Поверка для температуры минус 70  $^\circ\text{C}$  проводится в термостате переливном прецизионном;

3. Поверка для температур выше диапазона от 90  $^\circ\text{C}$  до 103  $^\circ\text{C}$  проводится в термоста-тах жидкостных, сухоблочных, флюидных.



– Значение температуры  $t_i$ , соответствующее измеренному аналоговому выходному сигналу  $I_{вых}^i$  рассчитывается по формуле 3.

Результаты поверки считаются положительными, если погрешность измерений, рассчитанная по формуле 6, в каждой точке не превышает значений, указанных в таблице 8. При невыполнении этого условия допускается проводить настройку общего сдвига ИП, согласно указаний в НД. После настройки необходимо повторить выполнение операций поверки.

$$\Delta_{ИДТ} = t_i - t_{эт}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

Таблица 8 – Метрологические характеристики ИДТ с выходным сигналом постоянного тока и (или) цифровым сигналом по протоколам HART, PROFIBUS-PA, FOUNDATION Fieldbus, Wireless HART

Тип датчика температуры	Вид выходного сигнала и условное обозначение точности ИДТ согласно приложению Б	Диапазон преобразования $t_n$ , $^\circ\text{C}$	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности, $^\circ\text{C}$
ТСМТ, ТСМТ Ex ТСПТ, ТСПТ Ex	H25	от 10 до 120 включ.	$\pm 0.3$
		св. 120 до 800	$\pm 0.25 \% \cdot t_n$
	P25, F25, W25	от 10 до 160 включ.	$\pm 0.4$
		св. 160 до 800	$\pm 0.25 \% \cdot t_n$
	H70, P70, F70, W70	от 10 до 150 включ.	$\pm 1.0$
		св. 150 до 800	$\pm 0.7 \% \cdot t_n$
	H10, F10, P10	от 10 до 100 включ.	$\pm 0.15$
		св. 100 до 800	$\pm 0.1 \% \cdot t_n$
	T25	от 10 до 200 включ.	$\pm 0.5$
		св. 200 до 800	$\pm 0.25 \% \cdot t_n$
	T70	от 10 до 150 включ.	$\pm 1.0$
		св. 150 до 800	$\pm 0.7 \% \cdot t_n$
T40	от 10 до 125 включ.	$\pm 0.5$	
	св. 125 до 800	$\pm 0.4 \% \cdot t_n$	
ТСПТ Ex	H05	от 10 до 150 включ.	$\pm 0.07$
		св. 150 до 800	$\pm 0.05 \% \cdot t_n$

Примечание:

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности датчиков температуры, приведенные в таблице 8, обеспечиваются при условии, если нижний предел диапазона преобразования находится в диапазоне температур от минус 200 до 0  $^\circ\text{C}$ .

## 10.6 Настройка ИП

10.6.1 Настройка ИП проводится в соответствии с НД.

## 11 РАСЧЕТ РАСШИРЕННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПОВЕРКИ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕРМОСТАТЕ

11.1 Суммарную стандартную и расширенную неопределенности поверки датчиков температуры рассчитывают для каждой температуры поверки. При расчете суммарной неопределенности поверки учитывают неопределенность измерений температуры эталонным датчиком температуры и неопределенность измеренного значения сопротивления поверяемого датчика температуры. Для расчета используют данные, полученные при проведении измерений (раздел 10), данные, полученные при предварительной экспериментальной оценке

неопределенности, связанной со случайными эффектами при измерении в конкретной поверочной лаборатории (по 9.5), а также данные, приведенные в свидетельствах о поверке средств измерений: термостата, эталонного датчика температуры и измерительной установки.

11.2 Значение температуры, определенное по показаниям эталонного датчика температуры, рассчитывают по градуировочной характеристике эталонного датчика:

$$t_x = f(R_s), \quad (7)$$

где  $R_s$  – среднее арифметическое значение из результатов измерения температуры, определяемое по формуле:

$$R_s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i, \quad (8)$$

где  $N$  – число измерений сопротивления эталонного датчика температуры, выполненных при градуировке;

$R_i$  – значение, соответствующее  $i$ -му измерению сопротивления эталонного датчика температуры.

11.3 Бюджет неопределенности для температуры, измеренной эталонным датчиком температуры, включает в себя следующие составляющие:

11.3.1 Стандартную неопределенность, обусловленную случайными эффектами при измерениях, рассчитывают, как СО среднего значения результатов измерений, выполненных в одном измерительном цикле эталонным датчиком температуры по формуле:

$$u(r_{lab1-j}) = \frac{u(r_{lab1})}{\sqrt{N_j}}, \quad (9)$$

где  $u(r_{lab1})$  – СО единичного измерения температуры эталонного датчика температуры, определенное по 9.5;

$N_j$  – число измерений в одном измерительном цикле.

11.3.2. Стандартную неопределенность, обусловленную нестабильностью температуры в термостате за время всех циклов измерений, рассчитывают методом по типу В по формуле:

$$u(t_s) = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2\sqrt{3}}, \quad (10)$$

где  $t_{\max}$ ,  $t_{\min}$  – соответственно максимальная и минимальная температура, измеренная эталонным датчиком температуры за время проведения всех измерительных циклов.

11.3.3 Стандартную неопределенность градуировки эталонного датчика температуры рассчитывают по формуле:

$$u(\delta t_s) = \frac{U_s}{2}, \quad (11)$$

где  $U_s$  – расширенная неопределенность градуировки эталонного датчика температуры при  $k = 2$ , приведенная в свидетельстве о его поверке (или доверительная погрешность при доверительной вероятности 95%).

11.3.4 Стандартную неопределенность, обусловленную неточностью электроизмерительной установки, при использовании датчика температуры с термопреобразователем сопротивления в качестве чувствительного элемента, как эталонного датчика температуры, рассчитывают следующим образом:

$$u(\delta r_s) = \frac{U_s}{2}, \quad (12)$$

где  $U_s$  - расширенная неопределенность измерения при  $k = 2$ , приведенная в свидетельстве о поверке установок для измерения сопротивления.

Примечание:

1. Если в свидетельстве о поверке установки указан предел допускаемой погрешности  $\pm \Delta_{np}$ , то стандартную неопределенность рассчитывают методом по типу В (нормальное распределение) по формуле:

$$u(\delta r_s) = \frac{\Delta_{np}}{3}, \quad (13)$$

11.3.5. Стандартную неопределенность, вызванную ограниченной разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки, оценивают по типу В по формуле:

$$u(\delta r_s) = \frac{a_{rs}}{\sqrt{3}}, \quad (14)$$

где  $\pm a_{rs}$  - разрешающая способность установки для измерения сопротивления эталонного датчика температуры.

11.3.6. Стандартную неопределенность, обусловленную нестабильностью эталонного датчика температуры за межповерочный интервал, оценивают методом по типу В по формуле:

$$u(\delta t_T) = \frac{a_T}{\sqrt{3}}, \quad (15)$$

где  $\pm a_T$  - интервал возможного изменения показаний эталонного датчика температуры в тройной точке воды, определенный экспериментально при периодической поверке эталонного датчика температуры и приведенный в свидетельстве о его поверке.

11.4 Составляют бюджет неопределенности измерений температуры эталонным датчиком температуры (см. таблицу 9).

Таблица 9 – Бюджет неопределенности измерений температуры эталонным датчиком температуры

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности, тип, распределение, метод расчета	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении	Тип А, нормальное распределение, $u(r_{lab1-j})$ , 11.3.1	$\frac{1}{C_1}$	$\frac{u(r_{lab1-j})}{C_1}$
Нестабильность температуры в термостате	Тип В, равномерное распределение, $u(t_s)$ , 11.3.2	1	$u(t_s)$
Градуировка эталонного датчика температуры	Тип В, нормальное распределение, $u(\delta t_s)$ , 11.3.3	1	$u(\delta t_s)$
Поверка измерительной установки	Тип В, нормальное распределение, $u(\delta r_s)$ , 11.3.4	$\frac{1}{C_1}$	$\frac{1}{C_1} u(\delta r_s)$
Разрешающая способность измерительной установки	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta r_s)$ , 11.3.5	$\frac{1}{C_1}$	$\frac{1}{C_1} u(\delta r_s)$
Нестабильность эталонного датчика температуры за межповерочный интервал	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta t_T)$ , 11.3.6	1	$u(\delta t_T)$

Примечание:  $C_1$  - коэффициент чувствительности эталонного датчика температуры, определяемый при температуре  $t_s$  по уравнению, приведенному в свидетельстве о поверке датчика температуры

11.5 Суммарную стандартную неопределенность результата измерения температуры эталонным датчиком температуры рассчитывают по формуле:

$$u_c(t_x) = \sqrt{\frac{1}{C_1^2} u^2(r_{lab1-j}) + u^2(t_s) + u^2(\delta t_s) + \frac{1}{C_1^2} u^2(r_s) + \frac{1}{C_1^2} u^2(r_{rs}) + u^2(\delta t_T)}, \quad (16)$$

Примечание:

1. Расчет неопределенности измерения температуры при использовании эталонных датчиков температуры, для которых характерны другие функции преобразования, проводят аналогично вышеизложенному.

11.6 Значение сопротивления градуируемого датчика температуры при температуре  $t_x - R_k(t_x)$  рассчитывают по формуле:

$$R_k(t_x) = R_{ks}(t_x) + C_2 \delta t_{F1} + C_2 \delta t_{F2}, \quad (17)$$

где  $C_2$  - коэффициент чувствительности датчика температуры  $\frac{dR}{dt}$ , определяемый по уравнению НСХ датчика температуры при температуре  $t_x$ ;

$\delta t_{F1}$  - поправка, равная изменению температуры по вертикальной оси рабочего объема термостата или калибратора между средней точкой ЧЭ поверяемого датчика температуры и эталонного датчика температуры;

$\delta t_{F2}$  - поправка, равная изменению температуры по горизонтальной оси рабочего объема термостата или калибратора между средней точкой ЧЭ поверяемого датчика температуры и эталонного датчика температуры;

Среднее значение сопротивления градуируемого датчика температуры при температуре  $t_x - R_{ks}(t_x)$  рассчитывают, как среднее арифметическое значение результатов измерения сопротивления датчика температуры при градуировке по 10.3.1 по формуле:

$$R_{ks}(t_x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_{ki}, \quad (18)$$

где  $N$  - число измерений сопротивления датчика температуры;

$R_{ki}$  - результат  $i$ -го измерения сопротивления датчика температуры.

Примечание:

1. Поправки на вертикальный и горизонтальный градиенты температуры вводят по результатам исследований термостата в поверочной лаборатории. Если при проверке термостата градиент температуры был определен только в виде пределов отклонения температуры от среднего значения  $\pm a_{F1}$ ,  $\pm a_{F2}$  либо если неизвестна длина ЧЭ поверяемых датчиков температуры, то поправки принимают равными нулю. Градиент учитывают только введением неопределенности по 11.7.4.

11.7 Бюджет неопределенности измерений сопротивления датчика температуры включает в себя следующие составляющие:

11.7.1 Стандартную неопределенность, обусловленную случайными эффектами при измерениях, выполненных в одном измерительном цикле поверяемым датчиком температуры, оценивают по формуле:

$$u(r_{lab2-j}) = \frac{u(r_{lab2})}{\sqrt{N_j}}, \quad (19)$$

где  $u(r_{lab2})$  - СО единичного измерения сопротивления датчика температуры, определенное по 9.5;

$N_j$  - число измерений сопротивления в каждом цикле.

11.7.2 Стандартную неопределенность измерений при поверке электроизмерительной установки рассчитывают следующим образом:

$$u(\delta r_k) = \frac{U_k}{2}, \quad (20)$$

где  $U_k$  - расширенная неопределенность измерения при  $k = 2$ , приведенная в свидетельстве о поверке установки для измерения сопротивления датчика температуры.

Примечание:

1. Если в свидетельстве о поверке установки указан предел допускаемой погрешности  $\pm \Delta_{np}$ , то стандартную неопределенность рассчитывают методом по типу В (нормальное распределение) по формуле:

$$u(\delta r_k) = \frac{\Delta_{np}}{3}, \quad (21)$$

11.7.3 Стандартную неопределенность, обусловленную ограниченной разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки, рассчитывают по формуле:

$$u(\delta r_k) = \frac{a_{rk}}{\sqrt{3}}, \quad (22)$$

где  $\pm a_{rk}$  - разрешающая способность установки для измерения сопротивления датчика температуры.

11.7.4 Стандартные неопределенности, обусловленные вертикальным и горизонтальным градиентами температуры в термостате, рассчитывают по формулам:

$$u(\delta t_{F1}) = \frac{a_{F1}}{\sqrt{3}}, u(\delta t_{F2}) = \frac{a_{F2}}{\sqrt{3}}, \quad (23)$$

где  $\pm a_{F1}$ ,  $\pm a_{F2}$  - диапазон изменения поправок к температуре, оцениваемый экспериментально при поверке термостата. Для использования значений  $\pm a_{F1}$ ,  $\pm a_{F2}$ , в оценках необходимы данные о том, как и с помощью каких по размерам датчиков они были получены.

11.8 Составляют бюджет неопределенности измерения сопротивления градуируемого датчика температуры (см. таблицу 10).

Таблица 10 – Бюджет неопределенности измерения сопротивления градуируемого датчика температуры

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности, тип, распределение, метод расчета	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении	Тип А, нормальное распределение, $u(r_{lab2-j})$ , 11.7.1	1	$u(r_{lab2-j})$
Поверка измерительной установки	Тип В, нормальное распределение, $u(\delta r_k)$ , 11.7.2	1	$u(\delta r_k)$
Разрешающая способность измерительной установки	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta r_k)$ , 11.7.3	1	$u(\delta r_k)$
Перепад температур по вертикальной оси рабочего объема	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta t_{F1})$ , 11.7.4	$C_2$	$C_2 u(\delta t_{F1})$
Перепад температур по горизонтальной оси рабочего объема	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta t_{F2})$ , 11.7.4	$C_2$	$C_2 u(\delta t_{F2})$

11.9 Суммарную стандартную неопределенность измерения сопротивления градуируемого датчика температуры оценивают по формуле:

$$u_c(R_k) = \sqrt{u^2(r_{lab2-j}) + u^2(\delta r_k) + u^2(\delta r_{rk}) + C_2^2 u^2(\delta t_{F1}) + C_2^2 u^2(\delta t_{F2})}, \quad (24)$$

11.10 Суммарную стандартную неопределенность и расширенную неопределенность поверки датчика температуры в каждой температурной точке рассчитывают по формулам 25 и 26, соответственно:

$$u_c(R) = \sqrt{C_2^2 u_c^2(t_x) + u_c^2(R_k)}, \quad (25)$$

$$U = k \cdot u_c(R), \quad (26)$$

где  $k = 2$  коэффициент охвата.

#### 11.11 Результат поверки

При  $k = 2$  сопротивление градуируемого датчика температуры при температуре  $t_x$  находится в интервале  $R_k(t_x) \pm U$  с вероятностью 95% в предположении нормального закона распределения. Неопределенность поверки датчика температуры в единицах температуры рассчитывают делением  $U$  на коэффициент чувствительности  $C_2$ .

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 В процессе поверки поверитель должен вести протокол поверки, включающий в себя следующие данные: наименование, модификация и тип датчика температуры, заводской номер датчика температуры, рабочий диапазон температур датчика температуры, условное обозначение НСХ, наименование заказчика, данные измерений, заключение о годности, дату поверки, фамилию поверителя. Допускаются компьютерные записи и хранение протокола поверки.

12.2 Положительные результаты поверки датчика температуры на соответствие допускам по ГОСТ 6651-2009 удостоверяются знаком поверки и свидетельством о поверке<sup>1</sup>.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке. Интервал до следующей поверки указывается в соответствии с требованиями таблиц: Таблица 1 и Таблица 2, настоящей методики.

12.3 Если датчик температуры по результатам поверки признан непригодным к применению, свидетельство о поверке аннулируется и выписывается извещение о непригодности к применению<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> На территории Российской Федерации - по ПРИКАЗУ Минпромторга РФ от 02.07.2015 № 1815 «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПОРЯДКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАКУ ПОВЕРКИ И СОДЕРЖАНИЮ СВИДЕТЕЛЬСТВА О ПОВЕРКЕ»

**Методика построения индивидуальной зависимости сопротивление - температура для датчиков температуры с платиновыми термопреобразователями сопротивления в качестве чувствительных элементов.**

1. Градуировку датчика температуры и построение индивидуальной зависимости сопротивление - температура проводят, как составную часть поверки датчика температуры с платиновым термопреобразователем сопротивления в качестве чувствительного элемента, требования к точности которого отличаются от требований ГОСТ 6651-2009.

2. Градуировку датчика температуры проводят сличением с эталонным датчиком температуры в термостатах или калибраторах или измерением сопротивления датчика температуры в реперных точках.

3. Для построения индивидуальной зависимости сопротивление - температура датчика температуры с платиновым термопреобразователем сопротивления в качестве чувствительного элемента применяют две основные модели: функцию Каллендара - Ван Дюзена и методику МТШ-90. Данные модели реализованы в большинстве современных ИП.

4. Для датчика температуры с платиновым термопреобразователем сопротивления в качестве чувствительного элемента моделью, наиболее точно реализующей международную температурную шкалу, считают методику МТШ-90. Функция Каллендара - Ван Дюзена (далее КВД) представляет собой аппроксимирующую модель, которая имеет неустранимое систематическое отклонение от МТШ-90, ограничивающее точность измерения температуры датчиком температуры с платиновым термопреобразователем сопротивления в качестве чувствительного элемента.

5. Построение функции КВД:

5.1 Функция КВД имеет следующий вид:

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

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2 + C(t - 100^\circ\text{C})t^3). \quad (\text{A.1})$$

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

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2), \quad (\text{A.2})$$

где  $R_t$  - сопротивление датчика температуры, Ом, при температуре  $t$  °С;

$R_0$  - сопротивление датчика температуры, Ом, при температуре 0 °С.

Для определения четырех неизвестных коэффициентов  $R_0$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $C$  в формулах (A.1), (A.2) необходимы результаты градуировки датчика температуры по крайней мере в трех точках выше 0 °С и в одной точке ниже 0 °С.

5.2 Точность интерполяционной функции зависит от неопределенности градуировки датчика температуры в температурных точках, от числа точек и интервала температур между точками.

5.3 Метод построения функции КВД при минимальном числе температурных точек рекомендуется использовать только при градуировке датчика температуры в реперных точках, либо при градуировке в высокостабильном жидкостном термостате в узком диапазоне температур. Рекомендуется провести градуировку при температуре 0 °С и в двух точках рабочего диапазона выше 0 °С с примерно равным интервалом температур и при температуре нижнего предела ТС, если этот предел ниже 0 °С. Неопределенность измеренной температуры быстро возрастает при экстраполяции интерполяционной функции. Поэтому экстраполяция допустима не более чем на 20 °С за пределы градуировочного диапазона.

5.4 При использовании для градуировки датчика температуры калибраторов или термостатов в диапазоне температур свыше 300 °С рекомендуется провести градуировку не менее, чем в пяти температурных точках с интервалом не более 50 °С. В данном случае интерполяционную функцию рассчитывают с помощью аппроксимации по методу наименьших квадратов.

5.5 В диапазоне температур от 0 °С до 160 °С кривизна функции КВД очень мала. Для получения интерполяционной функции рекомендуется применять в этом диапазоне более экономичный метод МТШ-90 с использованием одной градуировочной точки, кроме 0 °С, на конце диапазона и, если это необходимо, затем аппроксимировать полученный полином функцией КВД.

## 6. Метод МТШ-90

6.1 Метод построения интерполяционной зависимости для датчика температуры с платиновым термопреобразователем сопротивления в качестве чувствительного элемента по МТШ-90 основан на использовании двух стандартных функций относительных сопротивлений, определенных в интервалах температур от 13,8033 до 273,16 К и от 0,01 °С до 961,78 °С и представляющих собой полиномы высоких степеней с известными коэффициентами:

$$\text{от } 13.8033 \text{ до } 273.16 \text{ К: } \ln[W_r(T_{90})] = A_0 + \sum_{i=1}^{12} A_i \left[ \frac{\ln(T_{90} / 273.16\text{К}) + 1.5}{1.5} \right]^i, \quad (\text{A.3})$$

$$\text{от } 0 \text{ °С до } 961.78 \text{ °С: } W_r(T_{90}) = C_0 + \sum_{i=1}^9 C_i \left[ \frac{T_{90} / \text{К} - 754.15}{481} \right]^i, \quad (\text{A.4})$$

коэффициенты функций имеют следующие значения:

$$A_7 = -2.13534729;$$

$$A_1 = 3.1832472;$$

$$A_2 = -1.80143597;$$

$$A_3 = 0.71727204;$$

$$A_8 = 0.50344027;$$

$$A_5 = -0.61899395;$$

$$A_6 = -0.05332322;$$

$$A_7 = 0.28021362;$$

$$A_8 = 0.10715224;$$

$$A_9 = -0.29302865;$$

$$A_{10} = 0.04459872;$$

$$A_{11} = 0.11868632;$$

$$A_{12} = -0.05248134;$$

$$C_0 = 2.78157254;$$

$$C_1 = 1.64650916;$$

$$C_2 = -0.1371439;$$

$$C_3 = -0.00649767;$$

$$C_4 = -0.00234444;$$

$$C_5 = 0.00511868;$$

$$C_6 = 0.00187982;$$

$$C_7 = -0.00204472;$$

$$C_8 = -0.00046122;$$

$$C_9 = 0.00045724.$$



6.2 Относительное сопротивление датчика температуры с платиновым термопреобразователем сопротивления в качестве чувствительного элемента при температуре  $T_{90}$  определяют, как отношение сопротивления термопреобразователя при температуре  $T_{90}$  к сопротивлению в тройной точке воды по формуле:

$$W(T_{90}) = R(T_{90}) / R(273.16K). \quad (A.5)$$

Интерполяционную зависимость относительного сопротивления датчика температуры с платиновым термопреобразователем сопротивления в качестве чувствительного элемента от температуры рассчитывают, как сумму стандартной функции (A.3) или (A.4) и функции отклонения по формуле

$$W(T_{90}) = W_r(T_{90}) + \Delta W(T_{90}). \quad (A.6)$$

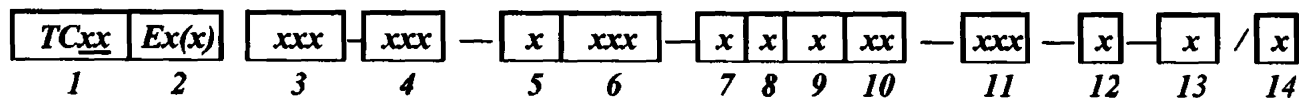
Вид функции  $\Delta W(T_{90})$  определен для каждого температурного диапазона МТШ-90 и приведен в таблице 11. Коэффициенты функции рассчитывают по результатам градуировки в основных реперных точках МТШ-90.

Таблица 11 – Вид функции отклонения и градуировочные точки в различных диапазонах температур

Диапазон температур, °C	Градуировочные точки	Вид функции отклонения
-189.3442-0.01	Ar, Hg, ТТВ	$a[W(T_{90})-1] + b[W(T_{90})-1] \ln W(T_{90})$
-38.8344-29.7646	Hg, ТТВ, Ga	$a[W(T_{90})-1] + b[W(T_{90})-1]^2$
0.01-29.7646	ТТВ, Ga	$a[W(T_{90})-1]$
0.01-156.5985	ТТВ, In	$a[W(T_{90})-1]$
0.01-231.928	ТТВ, In, Sn	$a[W(T_{90})-1] + b[W(T_{90})-1]^2$
0.01-419.527	ТТВ, Sn, Zn	$a[W(T_{90})-1] + b[W(T_{90})-1]^2$
0.01-660.323	ТТВ, Sn, Zn, Al	$a[W(T_{90})-1] + b[W(T_{90})-1]^2 + c[W(T_{90})-1]^3$
0.01-961.78	ТТВ, Sn, Zn, Al, Ag	$a[W(T_{90})-1] + b[W(T_{90})-1]^2 + c[W(T_{90})-1]^3 + d[W(T_{90}) - W(660.323^{\circ}C)]^2$
Примечание - В таблице применены следующие обозначения: ТТВ - тройная точка воды; Hg - тройная точка ртути; Ga - точка плавления галлия; In - точка затвердевания индия; Sn - точка затвердевания олова; Zn - точка затвердевания цинка; Al - точка затвердевания алюминия; Ag - точка затвердевания серебра; $a, b, c, d$ - коэффициенты функции отклонения		

6.3 Допускается использовать для расчета коэффициентов функций отклонения относительные сопротивления, полученные сравнением в термостатах с эталонным датчиком температуры в пределах заданного диапазона температур.

Модификации и схема обозначения датчиков температуры  
ТСМТ, ТСПТ, ТСМТ Ex, ТСПТ Ex



№ поля	Описание поля	Код поля	Расшифровка
1	Тип датчика	ТСМТ, ТСПТ	Тип
2	Вид взрывозащиты	Не заполнено	Общепромышленное исполнение
		Ex(x)	Взрывозащищенное исполнение (согласно нормативной документации (НД))
3	Конструктивная модификация	Согласно НД	
4	Узел коммутации		
5	Количество ЧЭ	Не заполнено n	Один ЧЭ n ЧЭ
6	НСХ	PtR, RP	Pt, П – платиновый ЧЭ; R – номинальное сопротивление
		RM	M – медный ЧЭ; R – номинальное сопротивление
7	Класс допуска первичного преобразователя	AA, A, B, C	Класс допуска по ГОСТ 6651-2009, подробнее в таблице 6
8	Схема соединения	2; 3; 4	2-х, 3-х, 4-х проводная
9	Вид выходного сигнала	Не заполняется	Сопротивление в соответствии с НСХ
		T	4÷20mA
		H	4÷20mA+HART
		P	Profibus
		F	Fieldbus
W	Wireless HART		
10	Условное обозначение точности датчика температуры с ИП	05 – 70	Согласно таблице 8
11	Материал наружной оболочки	Согласно НД	
12	Наружный диаметр рабочей части d, мм		
13	Монтажная длина датчика, мм		
14	Вспомогательный размер, мм		

ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ/ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ №XXXX ОТ ХХ.ХХ.ХХХХ

№ позиции	Наименование, тип, модификация	Кол-во, шт.	Заводской номер	Тип	НСХ	Диапазон измерений, °С

Заказ - Наряд № XXXX

Заказчик:

Адрес:

Датчик(и) температуры поверен по:

Средства поверки:

№ позиции	Наименование, тип, модификация	Метрологические характеристики	Заводской номер

Условия поверки:

Температура:

Влажность:

Атмосферное давление:

Операции поверки:

1. Внешний осмотр:

2. Проверка электрического сопротивления изоляции:

Параметр	Значение $R_{из}$ , МОм, для датчика температуры
$R_{из}$	

3. Проверка отклонения сопротивления датчика температуры от НСХ при температуре в диапазоне -5 до 30 °С и в диапазоне от 90 до 103 °С.

Дата	№ позиции	Наименование датчика температуры	№ датчика температуры	R <sub>0</sub> изм., Ом	R <sub>пр0</sub> , Ом	T <sub>0</sub> изм., °С	T <sub>эт</sub> , °С	ΔT <sub>0</sub> , °С	Класс допуска в 0°С	R <sub>100</sub> изм., Ом	T <sub>100</sub> изм., °С	T <sub>эт</sub> , °С	ΔT <sub>100</sub> , °С	Класс доп. в 100°С

T <sub>пов</sub> , °С	U <sub>p</sub> , °С

Условные обозначения:

U<sub>p</sub> - расширенная неопределенность измерений для доверительной вероятности 0,95 (k=2); T<sub>пов</sub> - температура поверки.

R<sub>i</sub> изм. - сопротивление поверяемого датчика в 0 100°С, Ом; R<sub>пр0</sub> - сопротивление внутренних проводов ТС, Ом;

T<sub>i</sub> изм. - температура поверяемого датчика в 0 и 100°С; T<sub>эт</sub> - температура эталонного датчика температуры, °С; ΔT<sub>i</sub> = T<sub>i</sub>изм - T<sub>эт</sub>.

4. Заключение по результатам поверки

Заключение о пригодности датчика температуры и отметка о выдаче документа о поверке

Поверитель \_\_\_\_\_ Ххххх Х.Х.

Дата поверки            xx.xx.xxxx г.

**ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ/ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ (РАЗДЕЛЬНОЙ) ПОВЕРКИ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ №XXXX  
ОТ XX.XX.XXXX (В ЧАСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ)**

№ позиции	Наименование, тип, модификация	Кол-во, шт.	Заводской номер	Тип	НСХ	Диапазон измерений, °С

Заказ - Наряд № XXXX

Заказчик:

Адрес:

Измерительный преобразователь поверен по:

Средства поверки:

№ позиции	Наименование, тип, модификация	Метрологические характеристики	Заводской номер

Условия поверки:

Температура:

Влажность:

Атмосферное давление:

Операции поверки:

1. Внешний осмотр:

2. Определение основной абсолютной погрешности измерительного преобразователя:

№ датчика температуры	Модель ИП	№ ИП	Контрольные точки		Расчетное значение выходного сигнала, мА	Измеренное значение выходного сигнала		Значение основной абсолютной погрешности, °С		Заключение о пригодности
			% от диапазона преобразования	Соответствующая температура		I, мА	T, °С	Допустимое	Измеренное	
			0							
			50							
			100							

Поверитель \_\_\_\_\_ Ххххх Х.Х.

Дата поверки \_\_\_\_\_ хх.хх.хххх г.

**ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ/ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ (КОМПЛЕКТНОЙ) ПОВЕРКИ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ №XXXX ОТ XX.XX.XXXX**

№ позиции	Наименование, тип, модификация	Кол-во, шт.	Заводской номер	Тип	НСХ	Диапазон измерений, °С

Заказ - Наряд № XXXX

Заказчик:

Адрес:

Датчик(и) температуры поверен по:

Средства поверки:

№ позиции	Наименование, тип, модификация	Метрологические характеристики	Заводской номер

Условия поверки:

Температура:

Влажность:

Атмосферное давление:

Операции поверки:

1. Внешний осмотр:

2. Проверка электрического сопротивления изоляции:

Параметр	Значение $R_{из}$ , МОм, для датчика температуры
$R_{из}$	

3. Определение основной абсолютной погрешности ИДТ.

№ ИДТ	№ ИП	Модель ИП	Контрольные точки	Измеренная температура		Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности, °C	$\Delta_{ИДТ}, °C$	Заключение о пригодности
			% от диапазона преобразования	$t_i, °C$	$t_{эт}, °C$			

Условные обозначения:

$t_i$  - температура поверяемого датчика температуры, °C;  $t_{эт}$  - температура эталонного датчика температуры, °C;

$\Delta_{ИДТ}$  - пределы допускаемой основной абсолютной погрешности ИДТ, °C:  $\Delta_{ИДТ} = t_i - t_{эт}$ .

4. Заключение по результатам поверки

Заключение о пригодности датчика температуры и отметка о выдаче документа о поверке

Поверитель \_\_\_\_\_ Ххххх Х.Х.

Дата поверки \_\_\_\_\_ хх.хх.хххх г.