

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель
генерального директора –
заместитель по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов
2015 г.

Инструкция
ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ ДТ 28
Методика поверки
ЛЗ10.235.00.00 МП

к р-63391-16

р.п. Менделеево
2015 г.

1 Введение

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок термопреобразователей сопротивления - платиновых датчиков температуры ДТ 28 (далее – датчиков или ДТ 28).

Исполнения датчиков, диапазоны измерения температуры, значения температурного коэффициента α платинового чувствительного элемента, пределы основной абсолютной погрешности измерения температуры приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исполнение	Диапазон измерений температуры	α , не менее, $^{\circ}\text{C}^{-1}$
ДТ 28	20...573,15 К (Минус 253,15...300 $^{\circ}\text{C}$)	0,00385
ДТ 28-1		0,00375

1.2 Пределы допускаемой абсолютной погрешности датчиков:

в диапазоне свыше 273,15 до 573,15 К $\pm [0,6 + 0,01 \cdot (T-273,15)]$, К;

T – значение температуры в К;

в диапазоне от 20 до 273,15 К $\pm 0,5$ К.

1.3 Датчики имеют индивидуальную градуировку в диапазоне температур от 20 до 273,15 К и групповую от 273,15 до 573 К.

Градуировочная характеристика (ГХ) датчика исполнения ДТ 28 с температурным коэффициентом $\alpha=0,00385$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ в диапазоне от 273,15 до 573 К рассчитывается по формуле:

$$R_t = R_0(1 + AT + BT^2 - 100CT^3 + CT^4) \quad (1),$$

где значения постоянных: $A = 3,9083 \cdot 10^{-3}$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$, $B = -5,775 \cdot 10^{-7}$ $^{\circ}\text{C}^{-2}$, $C = -4,183 \cdot 10^{-12}$ $^{\circ}\text{C}^{-4}$, ($C=0$ при $t > 0$ $^{\circ}\text{C}$);

ГХ датчика исполнения ДТ28-01 с температурным коэффициентом $\alpha=0,00375$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ в диапазоне от 273,15 до 573 К рассчитывается по формуле:

$$R_t = R_0(1 + AT + BT^2 - 100CT^3 + CT^4) \quad (2),$$

где значения постоянных: $A = 3,81 \cdot 10^{-3}$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$, $B = -6,02 \cdot 10^{-7}$ $^{\circ}\text{C}^{-2}$, $C = -6,0 \cdot 10^{-12}$ $^{\circ}\text{C}^{-4}$, ($C=0$ при $t > 0$ $^{\circ}\text{C}$)

R_t – сопротивление датчика, Ом, при температуре t в $^{\circ}\text{C}$;

R_0 – номинальное сопротивление датчика, Ом, при температуре 0 $^{\circ}\text{C}$ (273,15 К).

1.4 Определение градуировочной характеристики, нестабильности и абсолютной погрешности датчика проводится методом сличения показаний поверяемого датчика с эталонным термометром в устройствах, реализующих температуры рабочего диапазона поверяемого датчика.

1.5 Первичная поверка осуществляется при выпуске датчиков из производства.

1.6 Интервал между поверками – один год.

2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки датчика ДТ 28 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операций при	
		первичной поверке	Периодической поверке
1. Внешний осмотр и опробование	8.1	да	да
2. Проверка электрического сопротивления изоляции	8.2	да	да
3. Определение нестабильности	8.3	да	нет
4. Определение индивидуальной градуировочной характеристики (ГХ) датчиков в диапазоне температур от 20 до 273,15 К	8.4	да	нет
5. Определение отклонения от ГХ			
5.1 Определение отклонения от ГХ в диапазоне температур от 273,15 до 573,15 К	8.5, 8.6	да	да
5.2 Определение отклонения от ГХ в диапазоне температур от 20 до 273,15 К	8.6	нет	да
6. Определение погрешности измерений температуры	8.7	да	да

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться средства измерения и оборудование, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

Номер пункта методики	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средств поверки
8.1	линейка измерительная металлическая, длина 0,5 м, цена деления 1 мм.; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 № Д 682878, диапазон 0-250 мм, цена деления 0,1
8.2	<p>платиновый термометр сопротивления эталонный ПТС-10, температурный диапазон от 0 до 450 °С;</p> <p>эталонный термометр сопротивления ТСРЖН-1, государственный рабочий эталон единицы температуры СРН0257620, температурный диапазон от 0,8 до 273 К;</p> <p>термостат переливной прецизионный ТПП-1-0 с блоком сравнения, температурный диапазон от 35 до 300 °С;</p> <p>калибратор температуры эталонный КТ-650Н, диапазон от 50 до 680 °С, нестабильность температуры $\pm 0,005$ °С за 30 минут;</p> <p>измеритель-регулятор температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.10, диапазоны измерений: (77 - 1235) К, (0,001 - 2000) Ом, (-300 - +300) мВ.</p> <p>мегомметр типа Ф4102/1-1М, пределы измерений 0...2000 Мом, кл 2.5 криостат К14 № 02, диапазон измерений от 4,2 до 373 К, нестабильность температуры не более 0,003 К за 5 минут</p> <p>сосуд Дьюара с водо-ледяной смесью и металлическим блоком сравнения, предел измерения 0 °С, погрешность $\pm 0,005$ °С</p>
8.3	
8.4	
8.5	
8.6	
8.7	

3.2 При поверке допускается применять другие средства поверки, не уступающие по техническим и метрологическим характеристикам средствам, указанным в п 3.1.

Все средства и оборудование, используемые при поверке, должны иметь действующие свидетельства о поверке и быть аттестованы.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие квалификацию инженера, ознакомленные с эксплуатационными документами на ДТ 28, и имеющими опыт работы с ожиженными газами.

5 Требования безопасности

5.1 К работе с датчиком допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, обученные правилам техники безопасности при работе с датчиком, изучившие ЭД на датчик.

5.2 При подготовке и проведении поверки необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.019-80, "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденных Ростехнадзором.

Требования безопасности при проверке сопротивления изоляции - в соответствии с ГОСТ Р 52931-2008 и ГОСТ 12.3.019-80.

5.3 При проведении поверки необходимо также соблюдать меры безопасности, изложенные в НТД на поверяемый прибор и средства поверки.

5.4 При работе с датчиком, с использованием ожиженных газов, необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты (очки и перчатки) и соблюдать осторожность, так как попадание жидких газов на незащищенные участки кожного покрова и слизистые оболочки приводит к тяжелым обморожениям.

5.5 При работе с датчиком запрещается прикасаться к нагретым и охлажденным его частям, имеющим температуру выше 50 °С и ниже минус 30 °С во избежание получения ожогов и обморожений, а также запрещается помещать нагретые датчики на легковоспламеняющуюся поверхность во избежание возгораний.

5.6 При проведении поверки средства поверки должны быть надежно заземлены. Сопротивление заземления не должно превышать 0,1 Ом.

5.7 Все работы по обслуживанию датчика проводить только при отключенном питании и достижении его частями температуры (25 ± 15) °С.

6 Условия поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены (если не оговаривается отдельно) следующие условия:

температура окружающего воздуха, °С	20±5;
относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80;
атмосферное давление, кПа;	(101,3±10)
номинальное напряжение питания, В	220 ± 5;
отсутствие внешних электрических и магнитных полей;	
отсутствие вибрации;	

6.2 Операции, производимые со средствами поверки и с поверяемыми датчиками должны соответствовать указаниям, приведенным в эксплуатационной документации.

7 Подготовка к поверке

7.1 Средства поверки и вспомогательное оборудование, применяемые при поверке, должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

7.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 6.

7.3 Протереть погружаемые части датчика ректифицированным техническим спиртом (ГОСТ 18300-87).

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр и опробование

8.1.1 Комплектность, упаковка, маркировка и габаритные размеры датчика должны соответствовать требованиям нормативной документации на датчик.

Корпус датчика не должен иметь механических повреждений и дефектов.

8.1.2 В комплект эксплуатационной документации должны входить паспорт датчика ДТ 28 с отметкой ОТК и свидетельство о предыдущей поверке (при периодической поверке).

8.1.3 Опробование заключается в проверке целостности электрических цепей датчика. Опробование электрической схемы проводят с помощью прибора комбинированного Ц4312.

Нарушения электрической цепи датчика не допускаются.

8.1.4 Датчики, не удовлетворяющие требованиям, изложенным выше, дальнейшим операциям поверки не подвергают.

8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции датчика

Электрического сопротивления изоляции датчика проверяют при температурах: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и $(300 \pm 1) ^\circ\text{C}$

Проверки электрического сопротивления изоляции проводить при отключенной цепи питания датчика.

Проверку при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(60 \pm 15) \%$ провести с помощью мегомметра с напряжением до 100 В.

Проверку при температуре $(300 \pm 1) ^\circ\text{C}$ провести с помощью мегомметра с напряжением до 100 В.

Электрическое сопротивление изоляции между выводами и корпусом датчика при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и при температуре $(300 \pm 1) ^\circ\text{C}$ должно быть не менее 20 МОм и 5 МОм соответственно. В противном случае датчик бракуется.

8.3 Определение нестабильности датчиков

Нестабильность датчика определить по изменению сопротивления датчика при $0 ^\circ\text{C}$ (273,15 К) после цикла нагрева и охлаждения датчика до граничных температур рабочего диапазона. Изменение сопротивления датчика, в температурном эквиваленте, при определении нестабильности в $0 ^\circ\text{C}$ (273,15 К) не должно превышать $0,1 ^\circ\text{C}$.

Нестабильность при минус $253 ^\circ\text{C}$ (20 К) определить по изменению сопротивления датчика при повторных измерениях при минус $253 ^\circ\text{C}$ (20 К), с промежуточным отогревом до температуры $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Изменение сопротивления датчика, в температурном эквиваленте, при определении нестабильности при минус $253 ^\circ\text{C}$ (20 К) не должно превышать $0,35 ^\circ\text{C}$.

Допускается определять нестабильность в процессе градуировки датчика.

Датчики, не удовлетворяющие требованиям нестабильности, бракуют.

8.4 Определение индивидуальной градуировочной характеристики датчиков в диапазоне температур от 20 до 273,15 К

8.4.1 Индивидуальную ГХ датчиков в диапазоне температур от 20 до 273,15 К определяют при выпуске из производства.

ГХ определяют по результатам измерений методом сличения градуируемого датчика с эталонным термометром (не ниже рабочего эталона 2 разряда) в устройствах реализующих температуры рабочего диапазона градуируемого датчика.

8.4.2 При определении градуировочной характеристики датчика измеряют его сопротивление R_{ti} и температуру $T_{эi}$ в точках градуировки при установившемся температур-

ном режиме. Градуировку в диапазоне температур от 20 до 273,15 К при первичной поверке проводят при температурах приведенных в табл.4

Таблица 4

Диапазон измеряемых температур, К	от 20 до 273,15	от 273,15 до 573
Температурные точки, К	20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 32;34; 36;38;40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 80; 90; 100; 115; 130; 150; 175; 200; 225; 250; 273,16	273,16; 300; 323; 350; 400; 450; 573,15

8.4.3 При измерениях датчики ДТ 28 вместе с эталонным термометром поместить в блок сравнения жидкостного термостата (криостата) или калибратора и при температурах, соответствующих приведенным в таблице 4, провести измерения сопротивлений эталонного и поверяемого датчиков.

Значения температур не должны отличаться от указанных в таблице более, чем на $\pm 0,4$ К.

Измерение сопротивления эталонного и поверяемого датчиков проводят при установлении допускаемого температурного режима, когда изменение температуры по показаниям эталонного термометра за 5 минут не превышает $0,003$ °С. Провести не менее 5-ти отсчетов для эталонного СИ и поверяемого датчиков.

За результат измерений сопротивлений принять среднее арифметическое из пяти отсчетов.

По результатам измерений рассчитывается ГХ датчика.

8.4.4 При первичной поверке, для определения градуировочной характеристики датчиков в диапазоне от 20 до 273 К, по результатам измерений (п.8.4.3) рассчитать значение относительного сопротивления градуируемого датчика $W_{Ti} = R_{Ti}/R_{273,16K}$ при каждой температуре T_i , измеренной по показаниям эталонного термометра ($T_{эi}$).

8.4.5 Определить значения $Wr(T)$ стандартной функции МТШ-90 соответствующие каждому значению $T_{эi}$. Используя полученные значения Wr и W_{Ti} , рассчитать $\Delta W_{Ti} = W_{Ti} - Wr(T_i)$ для градуируемого датчика.

Полученные для каждой градуировочной точки парные значения ΔW_{Ti} и W_{Ti} аппроксимировать по методу наименьших квадратов функцией:

$$\Delta W(T) = A(W-1) + B(W-1)^2 + \sum (C_i \ln(W)^i), \text{ где } i=1...3 \quad (1).$$

8.4.6 Функция $\Delta W(W_T(T))$, с найденными коэффициентами: A, B, C_1, C_2, C_3 , и значением сопротивления термометра при температуре тройной точки воды $R_{273,16}$ – являются градуировочной характеристикой датчика в диапазоне температур от 20 до 273 К. Для определения температуры по сопротивлению термометра R_T рассчитывают значение $W_T = R_T/R_{273,16}$, затем вычисляют поправку $\Delta W(W_T)$ и значение стандартной функции МТШ-90 $Wr(T) = W_T - \Delta W(W_T)$. По значению стандартной функции $Wr(T)$ определяют температуру.

8.4.7 Расхождения значений температуры, полученных по найденной градуировочной характеристике (п.8.4.5) по результатам измерений сопротивлений датчика R_{Ti} (пп. 8.4.2, 8.4.3) в диапазоне от 20 до 273 К, и соответствующих им значениям температуры $T_{эi}$, по показаниям эталонного термометра, не должны превышать $0,5$ К. При выполнении данного требования полученная ГХ заносится в ПС датчика.

При невыполнении данного требования для всех температур градуировки (по табл. 4) датчик бракуется.

8.5 Определение отклонения от ГХ в диапазоне температур от 273,15 до 573,15 К

Градуировочная характеристика датчика исполнения ДТ 28 с температурным коэффициентом $\alpha = 0,00385$ °С⁻¹ в диапазоне от 273,15 до 573 К (от 0 до 300 °С) описывается (п.1.3) формулой (1):

Градуировочная характеристика (ГХ) датчика исполнения ДТ28-01 с температурным коэффициентом $\alpha = 0,00375$ °С⁻¹ в диапазоне от 273,15 до 573 К (от 0 до 300 °С) описывается (п.1.3) формулой (2).

8.5.1 Значение температуры t по ГХ определяется по формуле:

$$t = \frac{\sqrt{A^2 - 4B \cdot (1 - R_t/R_0)} - A}{2B}, \quad (3)$$

где R_t – сопротивление при температуре t в °С, Ом;

R_0 – номинальное сопротивление при температуре 0 °С (273,15 К), Ом

8.5.2 Для определения отклонения сопротивлений датчика от ГХ в диапазоне температур от 273,15 до 573,15 К измеряют его сопротивление R_t и температуру $T_{\text{э}}$ в температурных точках, указанных в табл.4, при установившемся температурном режиме. Требования к режиму измерения по п.8.4.3.

8.5.3 Отклонение значений температуры, полученных по формуле (3) по результатам измерений сопротивлений датчика R_t в диапазоне от 273,15 до 573 К, и соответствующих им значениям температуры $T_{\text{э}}$, по показаниям эталонного термометра, не должны выходить за пределы $\pm [0,6 + 0,01 \cdot (T - 273,15)]$, где T температура в К.

При невыполнении данного требования для всех температур диапазона из таблицы 4 датчик бракуется.

8.6 При периодической поверке проводят проверку отклонений сопротивления датчика от ГХ при температурах приведенных в таблице 5.

Таблица 5

Диапазон измеряемых температур, К	от 20 до 273,16	от 273,16 до 573
Контрольные точки диапазона температур, К	20; 24; 54; 84; 234; 273,15	273,15; 300; 573,15

8.6.1 Методика и порядок измерений по пп.8.4.2, 8.4.3, 8.5.2 при температурах соответствующих приведенным в таблице 5. Значения контрольных температур не должны отличаться от указанных в таблице 5 более, чем на $\pm 0,4$ К.

8.6.2 По результатам измерений определяют расхождения значений температуры в соответствии с пп.8.4.7, 8.5.3.

Расхождение значений для диапазона от 20 до 273,15 К не должны превышать 0,5 К, а для диапазона от 273,15 К до 573,15 К не должны превышать $\pm [0,6 + 0,01 \cdot (T - 273,15)]$, где T значение температуры в К.

При невыполнении данных требований при температурах проверки (по табл. 5) датчик бракуется.

8.7 Определение абсолютной погрешности измерений температуры.

8.7.1 Для определения абсолютной погрешности датчика проводят измерения методом сличения показаний поверяемого датчика и эталонного термометра (не ниже рабочего эталона 2 разряда) в устройствах реализующих температуры рабочего диапазона, по методике изложенной в пп. 8.4.2, 8.4.3, 8.5.2.

Измерения для датчиков ДТ 28 проводить при температурах, указанных в таблице 6, в соответствии с рабочим диапазоном датчика.

Таблица 6

Диапазон измеряемых температур, К	от 20 до 273,16	от 273,16 до 573
Точки диапазона температур, К	(22,4 \pm 0,2), (156,3 \pm 0,4)	273,15; 375; 500

8.7.3 Рассчитать разность значений температуры по показаниям проверяемого и эталонного СИ $\Delta T = |T_p - T_{\text{э}}|$ при температурах указанных в таблице 6. Разности ΔT , с неопределенностью до точности градуирования, определяют абсолютную погрешность измерения температуры испытуемым датчиком.

8.7.4 Если датчик не удовлетворяет требованиям п. 1.2 его бракуют.

Примечание – Измерения по п.8.7.2 допускается совмещать с операциями по градуировке датчиков ДТ 28.

9 Оформление результатов поверки.

9.1 При положительных результатах поверки данные поверки ДТ 28 заносятся в таблицу его ПС или в свидетельство о поверке.

9.2 Положительные результаты первичной и периодической поверки органами Государственной метрологической службы или другими уполномоченными организациями, имеющими право поверки приборов, оформляются выдачей свидетельства о поверке ДТ 28.

В свидетельство должны быть включены следующие данные:

- наименование средства измерения и обозначение его типа;
- заводской номер;
- изготовитель и год изготовления;
- диапазон градуировки датчика;
- разряд эталонного средства измерения, или значение погрешности в случае перевода в разряд РСИ по п.8.3.4.3.
- значение измерительного тока, при котором определяли градуировочные характеристики;
- значения температур градуировки;
- дата поверки;
- указание срока проведения следующей поверки;
- наименование владельца датчика;
- градуировочная характеристика датчика в виде таблицы функции $R(T)$;
- оттиск поверительного клейма, в соответствии с ПР 50.2.006.-94 или печати поверяющей организации.

9.3 В случае отрицательных результатов ДТ 28 не допускается к применению, «Свидетельство о поверке» аннулируется, владельцу выписывается «Извещение о непригодности» или делается соответствующая запись в эксплуатационной документации.

Научный сотрудник
лаборатории 310 ФГУП «ВНИИФТРИ»

 Петухов А.А.