

СОГЛАСОВАНО

Директор РУП «Витебский ЦСМС»

_____ Г. С. Вожгуров

«___» _____ 2002 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «ИНТЭП»

_____ Г. М. Сологуб

«___» _____ 2002 г.

Комплекты термопреобразователей сопротивления КТСП – Н
Методика поверки
МП ВТ 047-2002

2002

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам. Инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата

МП ВТ 047-2002

Лист

1

Перв. примен.	Содержание						
	Справ. №	1 Область применения			3		
2. Нормативные ссылки				3			
3 Операции поверки				4			
4 Средства поверки				4			
5 Требования безопасности				5			
6 Условия поверки				5			
7 Проведение поверки				5			
8 Оформление результатов				8			
Приложение А Рекомендуемые эталоны и поверочное оборудование.				9			
Приложение Б Решение системы трех линейных уравнений при определении коэффициента ИСХ для ТС комплекта.				10			
Приложение В Рекомендуемые точки проверки погрешности комплекта			11				
	Приложение Г Библиография		11а				
9 Лист регистрации изменений			12				
Подп. и дата	МП ВТ 047-2002						
	3	Зам.	ТНИВ 7-2008				
Взам. инв. №	Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		
	Разраб.	Забара					
Инв. № подл	Пров.	Тихонов					
	Н.контр.	Забара					
	Утв.	Сологуб					
	Комплекты термопреобразователей сопротивления КТСП-Н Методы и средства поверки					Лит.	Лист
						2	13

1 Область применения

1.1 Настоящая методика распространяется на комплекты термопреобразователей сопротивления КТСП-Н (в дальнейшем комплекты ТС), то есть подобранные пары платиновых термопреобразователей сопротивления (в дальнейшем ТС), изготовленных по ТУ ВУ 300044107.001 – 2006, предназначенные для измерений температур и разности температур теплоносителя в составе теплосчетчиков, вычислительные блоки (тепловычислители) которых имеют по температурному каналу номинальную статическую характеристику преобразования сопротивления в температуру (НСХ), соответствующую одной из НСХ платиновых ТС по ГОСТ 6651.

1.2 Настоящая методика разработана с учетом требований:

- СТБ EN 1434-5; [1];
- ГОСТ 8.461;

1.3 Межповерочный интервал – 4 года

2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящей методике использованы ссылки на следующие стандарты и рекомендации по метрологии:

ГОСТ 6651-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний;

ГОСТ 8.461-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Методика поверки; ТУ ВУ 300044107.001 – 2006 Термопреобразователи сопротивления платиновые ТСП – Н;

ГОСТ 12.2.007.0-75 “ССБТ Изделия электротехнические. Общие требования безопасности”.

СТБ EN 1434-5-2011 “Теплосчетчики. Часть 5. Первичная поверка”

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам. Инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата

						МП ВТ 047-2002	Лист
4	Зам.	ТНИВ 59-2011					3
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата			

3 Операции поверки

3.1 При поверке комплектов ТС должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта рекомендации	Проведение при первичной поверке	Проведение при периодической поверке
1	Внешний осмотр.	7.1	да	да
2	Определение сопротивления электрической изоляции.	7.2	да	да
3	Определение метрологических характеристик.	7.3		
3.1	Определение сопротивлений ТС комплекта в трех точках диапазона измерения температуры и расчет коэффициентов ИСХ.	7.3.1	да	да
3.2	Определение отклонения ИСХ ТС комплекта от НСХ.	7.3.2	да	да
3.3	Определение значений относительной погрешности комплекта ТС при измерении разности температур.	7.3.3	да	да

4 Средства поверки

4.1 Средства поверки включают аппаратуру для создания требуемых температур (термостаты), эталонные термометры, электроизмерительную аппаратуру для определения сопротивления изоляции и сопротивлений термометров, дополнительные средства измерения и вспомогательное оборудование.

4.2 При поверке комплектов ТС должны быть использованы эталоны и оборудование с указанными ниже характеристиками:

- а) термометр сопротивления эталонный платиновый 2-го разряда;
- б) термостат жидкостный со стабильностью температуры и однородностью температурного поля не более $\pm 0,005$ °С;
- в) средства измерения сопротивления должны иметь предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения сопротивления не более $\pm 0,005$ °С.

Инд.№ подл	Подп. и дата	Взам. Инв.№	Инд.№ дубл.	Подп. и дата

4	Зам.	ТНИВ 59-2011				МП ВТ 047-2002	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата			4

Рекомендуемые эталоны и поверочное оборудование указано в приложении А.

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки комплектов ТС должны соблюдаться “Правила безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей” и требования ГОСТ 12.2.007.0.

6 Условия поверки

6.1 При проведении поверки должны быть выдержаны следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность окружающего воздуха до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм. рт. ст.).

Должны отсутствовать вибрация, тряска, удары и внешние электрические и магнитные поля, влияющие на работу эталонных ТС и электроизмерительной аппаратуры.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие комплектов ТС требованиям эксплуатационных документов в части маркировки и пломбирования. Защитная арматура, контактные колодки, внешние кабели не должны иметь видимых повреждений.

Для комплектов, составленных из ТС, имеющих постоянно присоединенный двухпроводный внешний кабель, кабели должны иметь одинаковую длину и их длины должны соответствовать указанным в маркировке ТС или паспорте комплекта.

7.2 Определение сопротивления изоляции.

Сопротивление изоляции между выводами ТС и защитной арматурой определяют при нормальных условиях при двух направлениях приложенного испытательного напряжения 100 В.

Инь.№ подл	Подп. и дата	Взам. Инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата	МП ВТ 047-2002	Лист
4	Зам.	НИВ.59-2011				5
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Сопротивление изоляции должно быть не менее 100 МОм.

7.3 Определение метрологических характеристик.

Метрологические характеристики отклонения индивидуальных статических характеристик (ИСХ) ТС комплекта от соответствующей НСХ и значения погрешности комплекта при измерении разности температур определяют, используя индивидуальные для каждого ТС комплекта коэффициенты ИСХ.

7.3.1 Определение сопротивлений ТС комплекта в трех точках диапазона измерения температуры.

7.3.1.1 Для каждого ТС комплекта с диапазоном измеряемых температур от 0 °С до 160 °С должны быть определены значения сопротивления при трех температурах диапазона измерений 2 °С ...12 °С; 75 °С ...85 °С; 130 °С...150 °С.

Для каждого ТС комплекта с диапазоном измеряемых температур от 0 °С до 105 °С должны быть определены значения сопротивления при трех температурах диапазона измерений 2 °С ...12 °С; 35 °С ...45 °С; 90 °С ...103 °С.

7.3.1.2 При измерениях сопротивления ток через ТС должен быть таким, чтобы рассеиваемая мощность не превышала 0,1 мВт, а ТС были погружены в жидкостные ванны термостатов на глубину не менее 1,2 L_{min}, где L_{min} – минимальная глубина погружения.

7.3.1.3 Определение сопротивления ТС комплекта должно выполняться после установления состояния теплового равновесия между термопреобразователями и термостатируемой средой термостата. Время выдержки ТС комплекта в термостатах должно быть не менее 10 мин. В процессе измерений температуру в термостате контролируют термометром образцовым платиновым 2-го класса.

7.3.1.4 По трем полученным парам значений сопротивление – температура для каждого ТС комплекта из системы трех линейных уравнений рассчитывают значения коэффициентов ИСХ – R(0), A и B:

$$R_t = R(0) \cdot (1 + A \cdot t + B \cdot t^2) \quad (1)$$

здесь R_t – сопротивление ТС (чувствительного элемента ТС) при температуре t.

-для четырехпроводных ТС R_t = R_и;

-для ТС с постоянно присоединенными выводными двухпроводными кабелями

R_t=R_и – R_{пр},

где R_и – значение сопротивления, полученное при измерении;

R_{пр} – сопротивление кабеля ТС, взятое из паспорта или из маркировки, или рассчитанное как R_{пр} = L_{пр} · r по измеренной длине L_{пр} выводных проводников и погонному сопротивлению r кабеля, указываемому в технической документации для ТС.

Инв.№ подл	Подп. и дата
Взам. Инв №	Инв.№ дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

4	Зам.	ТНИВ.59-2011			МП ВТ 047-2002	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		6

Примечание – Для наиболее распространенных комплектов двухпроводных ТС $r = 0,08 \text{ Ом/м}$.

Решение системы уравнений приведено в приложении Б.

7.3.2 Определение отклонений ИСХ ТС комплекта от НСХ.

7.3.2.1 Соответствие ТС комплекта установленному в технической документации пределу допускаемого отклонения от НСХ определяют, рассчитывая отклонения ИСХ в температурном эквиваленте от номинальной статической характеристики по ГОСТ 6651 в начале, в середине и в конце температурного диапазона измерения. Для ТС с постоянно присоединенными выводными кабелями к величинам R_t , полученным расчетом по уравнению (1), следует добавить сопротивление выводных проводников ТС.

Вычисленные отклонения не должны превышать значений для соответствующего класса допуска или не выходить за установленные в технической документации пределы.

7.3.3 Определение значений погрешности комплекта ТС при измерении разности температур.

7.3.3.1 Значения относительной погрешности комплекта ТС при измерении разности температур определяют по формуле:

$$\delta(\Delta t) = \frac{(t_{u1} - t_{u2}) - (t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} \quad (2)$$

Индексы “и1” и “и2” относятся к “измеренным” значениям температур на подающем трубопроводе “1” и обратном трубопроводе “2”, “действительные” значения температур в которых соответственно t_1 и t_2 .

7.3.3.2 Значения температур t_u определяют по формуле:

$$t_u = \frac{-A_H + \sqrt{A_H^2 + 4B_H \cdot \frac{Rt}{R(0)_H} - 1}}{2B_H} \quad (3)$$

В формуле (3) $R(0)_H$ – номинальное сопротивление ТС при 0°C , A_H и B_H – номинальные значения температурных коэффициентов сопротивления платинового ТС по ГОСТ 6651 для градуировки соответствующего типа.

Для ТС $\alpha=0,00391 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ по ГОСТ 6651:

$$A_H = 3,9690 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}; B_H = -5,841 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}.$$

Для ТС с $\alpha=0,00385$ по ГОСТ 6651 :

$$A_H = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}; B_H = -5,7750 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}.$$

Инв.№ подл	Подп. и дата
Взам. Инв.№	Подп. и дата
Инв.№ дубл.	Подп. и дата

МП ВТ 047-2002					Лист
4	Зам.	ТНИВ 59-2011			7
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	

Сопротивление R_t для температуры t (“действительной” температуры в данной точке) рассчитывают для каждого ТС по уравнению (1) с использованием коэффициентов ИСХ, определенных по п. 7.3.1.4.

При этом для ТС с постоянно присоединенными двухпроводными кабелями к рассчитанному значению R_t прибавляют сопротивление кабеля.

7.3.3.3 Значения погрешности $\delta(\Delta t)$ вычисляют для достаточного количества точек внутри области, определяемой диапазоном температур и диапазоном разности температур комплекта ТС. При этом для температур t_2 (обратного потока теплоносителя) выше $80\text{ }^\circ\text{C}$ учитывают только разности температур выше $10\text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица рекомендуемых точек проверки приведена в приложении В

7.3.3.4 Значения погрешности комплекта ТС при измерении разности температур не должны превышать пределов, установленных в технической документации комплекта ТС.

Максимальное значение погрешности комплекта ТС при измерении разности температур не должно превышать:

$$\delta_{\Delta t} = \pm(0,25 + 1,5\Delta t_{\min} / \Delta t) \text{ для класса 1;}$$

$$\delta_{\Delta t} = \pm(0,5 + 3\Delta t_{\min} / \Delta t) \text{ для класса 2.}$$

8 Оформление результатов поверки

8.1 При положительном результате поверки комплекта ТС делают запись в паспорте, заверяемую подписью поверителя и оттиском поверочного клейма.

На каждом ТС на корпус наклеивают клеймо-наклейку либо на металлическую бирку наносят оттиск поверочного клейма.

8.2 При отрицательном результате поверки комплект ТС не допускается к применению и на него оформляют извещение о непригодности.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам. Инв №	Инв.№ дубл.	Подп. и дата

4	Зам.	ТНИВ 59-2011			МП ВТ 047-2002	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		8

Приложение А

Рекомендуемые эталоны и поверочное оборудование

- автоматизированная система поверки термопреобразователей АСПТ;
- термометр сопротивления платиновый образцовый ПТСВ – 4/II, 2-го разряда;
- термостаты жидкостные для создания температур в диапазоне от 2 °С до 180 °С; глубина рабочей камеры не менее 60 мм, стабильность температуры и однородность температурного поля не менее $\pm 0,005$ °С;
- мегаомметр М4100-1, испытательное напряжение 100 В;
- линейка металлическая – 1 м или рулетка металлическая – 5 м;

Примечание – Могут быть использованы другие эталоны и оборудование с метрологическими характеристиками удовлетворяющим требованиям настоящей методики.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв.№ дубл.	Подп. и дата	МП ВТ047-2002					Лист
4	Зам.	ТНИВ.59-2011								9
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата						

Приложение Б

Решение системы трех линейных уравнений при определении коэффициентов ИСХ для ТС комплекта

Коэффициенты $R(0)$, A и B рассчитывают по уравнениям:

$$R(0) = D_{R0} / D; A = D_{RA} / D_{R0}; B = D_{RB} / D_{R0},$$

где D , D_R , D_{RA} , D_{RB} – определитель и соответствующие алгебраические дополнения системы трех уравнений для искомых коэффициентов:

$$D = \det \begin{vmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 \\ 1 & t_2 & t_2^2 \\ 1 & t_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = (t_2 \cdot t_3^2 - t_2^2 \cdot t_3) - (t_1 \cdot t_3^2 - t_1^2 \cdot t_3) + (t_1 \cdot t_2^2 - t_1^2 \cdot t_2);$$

$$D_{R0} = \det \begin{vmatrix} R_1 & t_1 & t_1^2 \\ R_2 & t_2 & t_2^2 \\ R_3 & t_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = R_1 \cdot (t_2 \cdot t_3^2 - t_2^2 \cdot t_3) - R_2 \cdot (t_1 \cdot t_3^2 - t_1^2 \cdot t_3) + R_3 \cdot (t_1 \cdot t_2^2 - t_1^2 \cdot t_2);$$

$$D_{RA} = \det \begin{vmatrix} 1 & R_1 & t_1^2 \\ 1 & R_2 & t_2^2 \\ 1 & R_3 & t_3^2 \end{vmatrix} = (R_2 \cdot t_3^2 - R_3 \cdot t_2^2) - (R_1 \cdot t_3^2 - R_3 \cdot t_1^2) + (R_1 \cdot t_2^2 - R_2 \cdot t_1^2);$$

$$D_{RB} = \det \begin{vmatrix} 1 & t_1 & R_1 \\ 1 & t_2 & R_2 \\ 1 & t_3 & R_3 \end{vmatrix} = (t_2 \cdot R_3 - t_3 \cdot R_2) - (t_1 \cdot R_3 - t_3 \cdot R_1) + (t_1 \cdot R_2 - t_2 \cdot R_1).$$

Подстрочные индексы 1, 2 и 3 относят величины к соответствующей точке поверки.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. Инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

					МП ВТ 047-2002	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		10

Приложение В

Рекомендуемые точки проверки погрешности комплекта ТС

Таблица В.1

№ точки	$\Delta t (t_1 - t_1), ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$
1	Δt_{\min}	10	$10 + \Delta t_{\min}$
2	Δt_{\min}	40	$40 + \Delta t_{\min}$
3	10	80	90
4	10	150	160
5	20	70	90
6	75	85	160
7	150	10	160

Таблица В.2

№ точки	$\Delta t (t_1 - t_2), ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$
1	Δt_{\min}	10	$10 + \Delta t_{\min}$
2	Δt_{\min}	40	$40 + \Delta t_{\min}$
3	10	80	90
4	10	110	120
5	20	70	90
6	35	40	75
7	100	20	120

Изн. № подл	Подп. и дата
Взам. Инв. №	Изн. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

4	Зам.	ГНИВ.59-2011				МП ВТ 047-2002	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата			11

Приложение Г
(информационное)

Библиография

- [1] ГОСТ Р ЕН 1434-5-2006 Теплосчетчики. Часть 5. Первичная поверка (действует в Российской Федерации)

Инов.№ подл	Подп. и дата	Взам. Инов.№	Инов.№ дубл.	Подп. и дата

Инов.№	Лист	МП ВТ 047-2002			Лист
4	Изм..	ТНИВ 59-2011			11а
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	

