

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1 Ознакомиться с принципом построения и применения в измерительной практике градуировочных таблиц на термометры сопротивления, определяющих зависимость сопротивления от температуры среды в которую помещен чувствительный элемент термометра.

1.2 Выполнить расчеты для определенных значений температур и поправок с учетом сопротивления соединительных линий по вариантам.

2 ДОКУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

2.1 Выписки из ГОСТ 6651 – 84 «Номинальные статические характеристики термопреобразователей сопротивления».

2.2 Калькулятор STAFF 2512 или аналогичный.

3 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 Строго выполнять требования ТБ, изложенные в инструкции №44 при проведении занятий в лабораторном помещении.

3.2 О всех замечаниях недостатках по ТБ в помещении немедленно докладывать преподавателю.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1 Изучить структуру градуировочной таблицы для термометров сопротивлений, приведенную в Приложениях А; Б.

4.2 Построить график зависимости сопротивления от температуры чувствительного элемента согласно варианта:

№ варианта	Контрольные точки температуры Т°С											
	Для градуировки ТСМ50М						Для градуировки ТСП100					
1	30	60	90	120	150	180						
2							100	200	300	400	500	600
3	20	40	60	80	100	120						
4							50	150	250	350	450	550
5	10	50	90	130	170	200						
6							250	350	450	550	650	750

4.3 По построенным графикам (координата x – температура, координата y – значение сопротивления) сделать качественное заключение: является ли данная зависимость линейной или нет.

4.4 Учитывая значения допустимых отклонений сопротивления термопреобразователей

Таблица 4.4

Тип преобразователя	Допустимое отклонение сопротивления термопреобразователей				
	I	II	III	IV	V
ТСП	±0,5	±0,1	±0,2	±0,4	±0,8
ТСМ		±0,1	±0,2	±0,5	±1,0

Определить возможную погрешность измерения действительного значения температуры объекта за счет погрешности термопреобразователя согласно варианта.

№ варианта	Тип преобразователя и класс по таблице 44	
	Для ТСМ при 0°С	Для ТСП при 0°С
1	Кл. IV $T_{изм} = 120^{\circ}\text{C}$	
2		Кл. IV $T_{изм} = 250^{\circ}\text{C}$
3	Кл. V $T_{изм} = 180^{\circ}\text{C}$	
4		Кл. II $T_{изм} = 200^{\circ}\text{C}$
5	Кл. III $T_{изм} = 160^{\circ}\text{C}$	
6		Кл. V $T_{изм} = 300^{\circ}\text{C}$

4.4 С помощью градуировочных таблиц определить тип термометра сопротивления если известно его сопротивление при температурах T_1 и T_2 согласно варианта.

№ варианта	Значения T_1 ; T_2 ; R_1 ; R_2				Тип градуировки
	T_1	R_1	T_2	R_2	
1	50°С	60,7	150°С	82,1	
2	200°С	177,03	300°С	213,78	
3	80°С	67,12	160°С	84,2	
4	150°С	79,1	200°С	88,52	
5	50°С	59,86	100°С	69,75	
6	50°С	60,7	100°С	71,4	

4.5 Определить по градуировочным таблицам какую абсолютную погрешность в результат измерения температуры внесет отклонение сопротивления соединительной линии от номинального значения (50 Ом или 150 Ом) на величину согласно варианта:

№ варианта	Величина отклонения сопротивления линии	
	Для градуировки ТСМ	Для градуировки ТСП
1	$T_{изм}=100^{\circ}\text{C}; \Delta R_{л} = + 0,2 \text{ Ом}$	
2		$T_{изм}=200^{\circ}\text{C}; \Delta R_{л} - 0,2 \text{ Ом}$
3	$T_{изм}=50^{\circ}\text{C}; \Delta R_{л} = - 0,3 \text{ Ом}$	
4		$T_{изм}=300^{\circ}\text{C}; \Delta R_{л} = + 0,1 \text{ Ом}$
5	$T_{изм}=180^{\circ}\text{C}; \Delta R_{л} = + 0,1 \text{ Ом}$	
6		$T_{изм}=100^{\circ}\text{C}; \Delta R_{л} = - 0,2 \text{ Ом}$

4.6 Пользуясь градуировочными таблицами термометра сопротивления ТСМ 50 определить величину температурного коэффициента α в диапазоне температур согласно варианта с точностью до 2^{го} знака после запятой

№ варианта	Диапазон температур	
	Начало диапазона	Конец диапазона
1	0°C	50°C
2	50°C	100°C
3	100°C	150°C
4	150°C	200°C
5	25°C	125°C
6	75°C	175°C

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1 Почему при повышении температуры сопротивление проволочных термометров увеличивается?

5.2 Какие проводниковые материалы предпочтительны для изготовления термометров сопротивления и чем это объясняется?

5.3 В комплекте с какими вторичными измерительными приборами работают термометры сопротивления?

5.4 Что такое температурный коэффициент для термометров сопротивления и в какой формуле он применяется?

6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 6.1 Цель работы
- 6.2 Порядок выполнения работы
- 6.3 Результаты выполнения расчетов согласно задания по вариантам
- 6.4 Ответы на контрольные вопросы
- 6.5 Выводы по работе

7 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

7.1 Жарковский Б.И. Приборы автоматического контроля и регулирования. М. Высшая школа 1983.

7.2 Ключев А.С. Справочное пособие. Наладка средств измерений и систем технологического контроля. М. Энергоиздат 1990.

7.3 Назаров В.И. и др. Теплотехнические измерения и приборы. Минск. Техноперспектива 2008.

										<i>Лист</i>
										5
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>							<i>АКВТ.220301.ПР43.0002</i>	

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Номинальные статические характеристики термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651-84

Номинальная статическая характеристика преобразования медных термопреобразователей

Преобразователь типа ТСМ 50М

Температура рабочего конца, °С	Сопротивление, Ом, для температуры, °С									
	0	(±)1	(±)2	(±)3	(±)4	(±)5	(±)6	(±)7	(±)8	(±)9
-50	39,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-40	41,405	41,19	40,97	40,755	40,54	40,325	40,11	39,83	39,67	39,46
-30	43,56	43,345	43,13	42,915	42,7	42,485	42,27	42,05	41,835	41,62
-20	45,71	45,495	45,28	45,65	44,85	44,635	44,42	44,205	43,99	43,775
-10	47,86	47,645	47,43	47,215	47	46,785	46,57	46,355	46,14	45,925
-0	50	49,785	49,57	49,39	49,145	48,93	49,715	48,5	48,29	48,075
0	50	50,215	50,43	50,64	50,855	51,07	51,285	51,5	51,71	51,925
10	52,14	52,355	52,57	52,785	52,995	53,21	53,425	53,64	53,855	54,07
20	54,28	54,495	54,71	54,925	55,14	55,35	55,565	55,78	55,995	56,21
30	56,42	56,635	56,85	57,065	57,28	57,49	57,705	57,92	58,135	58,35
40	58,56	58,775	58,99	59,205	59,42	59,63	59,845	60,06	60,275	60,49
50	60,7	60,915	61,13	61,345	61,56	61,77	61,985	62,2	62,415	62,63
60	62,84	63,055	63,27	63,485	63,7	63,91	64,125	64,34	64,555	64,77
70	64,98	65,195	65,41	65,625	65,84	66,05	66,265	66,48	66,695	66,905
80	67,12	67,335	67,55	67,765	67,975	68,18	68,405	68,62	68,835	69,045
90	69,26	69,437	69,69	69,905	70,115	70,73	70,545	70,76	70,975	71,185
100	71,4	71,615	71,83	72,04	72,255	72,47	72,685	72,9	73,11	73,323
110	73,54	73,755	73,97	74,18	74,395	74,61	74,825	75,035	75,25	75,465
120	75,68	75,89	76,105	76,32	76,535	76,75	76,96	77,175	77,39	77,605
130	77,82	78,03	78,245	78,46	78,675	78,885	79,1	79,315	79,53	79,745
140	79,955	80,17	80,385	80,6	80,81	81,025	81,24	81,455	81,67	81,88
150	82,095	82,31	82,525	82,74	82,95	83,165	83,38	83,595	83,81	84,02
160	84,235	84,45	84,665	84,375	85,09	85,305	85,52	85,73	85,945	86,16
170	86,375	86,59	86,8	87,015	87,23	87,445	87,66	87,87	88,085	88,3
180	88,515	88,725	88,94	89,155	89,37	89,585	89,795	90,01	90,220	90,44
190	90,65	90,865	91,08	91,295	91,51	91,72	91,935	92,15	92,365	92,58
200	92,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание для ТСМ 100М $R_{100} = 2R_{50}$

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица коэффициентов для расчета величин сопротивлений термометров

ТСП – 50, ТСП – 100 в диапазоне 0 – 700°C

Пример 1 $T_{\text{изм}} = 200$ ТСП – 50 $R_{200} = 50 \cdot 1,7703 = 88,515$ Ом

Пример 2 $T_{\text{изм}} = 250$ ТСП – 100 $R_{250} = 100 \cdot 1,955 = 195,5$ Ом

t, °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,0040	1,0079	1,0119	1,0159	1,0198	1,0238	1,0278	1,0317	1,0357
10	1,0396	1,0436	1,0436	1,0515	1,0555	1,0594	1,0634	1,0673	1,0713	1,0752
20	1,0792	1,0831	1,0871	1,0910	1,0950	1,0989	1,1029	1,1068	1,1107	1,1147
30	1,1186	1,1225	1,1265	1,1301	1,1343	1,1383	1,1422	1,1461	1,1501	1,1540
40	1,1579	1,1618	1,1697	1,1736	1,1775	1,1814	1,1814	1,1853	1,1892	1,1932
50	1,1971	1,2010	1,2049	1,2088	1,2127	1,2166	1,2205	1,2244	1,2283	1,2322
60	1,2361	1,2400	1,2439	1,2478	1,2517	1,2556	1,2595	1,2634	1,2673	1,2713
70	1,2751	1,2790	1,2828	1,2867	1,2906	1,2945	1,2984	1,3022	1,30611	1,3100
80	1,3139	1,3178	1,3216	1,3255	1,3294	1,3332	1,3371	1,3410	1,3448	1,3487
90	1,3526	1,3564	1,3603	1,3641	1,3680	1,3719	1,3757	1,3796	1,3834	1,3873
100	1,3910	1,3949	1,3988	1,4027	1,4065	1,4104	1,4142	1,4181	1,4219	1,4258
110	1,4296	1,4334	1,4373	1,4411	1,4449	1,4488	1,4526	1,4564	1,4603	1,4641
120	1,4679	1,4718	1,4756	1,4794	1,4832	1,4870	1,4909	1,4947	1,4985	1,5023
130	1,5061	1,5099	1,5138	1,5176	1,5214	1,5252	1,5290	1,5328	1,5366	1,5404
140	1,5442	1,5480	1,5518	1,5556	1,5594	1,5632	1,5670	1,5708	1,5746	1,5784
150	1,5822	1,5860	1,5898	1,5936	1,5974	1,6012	1,6049	1,6087	1,6125	1,6163
160	1,6201	1,6238	1,6276	1,6314	1,6352	1,6390	1,6427	1,6465	1,6503	1,6540
170	1,6578	1,6616	1,6654	1,6691	1,6729	1,6766	1,6804	1,6842	1,6879	1,6917
180	1,6954	1,6992	1,7029	1,7067	1,7104	1,7142	1,7179	1,7217	1,7254	1,7292
190	1,7329	1,7367	1,7404	1,7442	1,7479	1,7517	1,7554	1,7591	1,7629	1,7666
200	1,7703	1,7741	1,7778	1,7815	1,7852	1,7890	1,7927	1,7964	1,8002	1,8039
210	1,8076	1,8113	1,8150	1,8188	1,8225	1,8262	1,8299	1,8336	1,8373	1,8411
220	1,8448	1,8485	1,8522	1,8559	1,8596	1,8633	1,8670	1,8707	1,8744	1,8781
230	1,8818	1,8855	1,8892	1,8929	1,8966	1,9003	1,9040	1,9077	1,9114	1,9150
240	1,9187	1,9224	1,9261	1,9298	1,9335	1,9372	1,9408	1,9445	1,9482	1,9519
250	1,9555	1,9592	1,9629	1,9665	1,9702	1,9739	1,9776	1,9812	1,9849	1,9885
260	1,9922	1,9959	1,9995	2,0032	2,0069	2,0105	2,0142	2,0178	2,0215	2,0251
270	2,0288	2,0324	2,0361	2,0397	2,0434	2,0470	2,0507	2,0543	2,0580	2,0616
280	2,0652	2,0689	2,0725	2,0762	2,0798	2,0834	2,0870	2,0907	2,0943	2,0980
290	2,1016	2,1052	2,1088	2,1124	2,1161	2,1197	2,1233	2,1269	2,1306	2,1342
300	2,1378	2,1414	2,1450	2,1486	2,1523	2,1559	2,1595	2,1631	2,1667	2,1703

Лист
7

АКВТ.220301.ПР43.0002

Изм Лист № документа

**Продолжение таблицы коэффициентов для расчета величин сопротивлений
термометров**

t, °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
660	3,3629	3,3661	3,3692	3,3724	3,3756	3,3788	3,3820	3,3851	3,3883	3,3915
670	3,3946	3,3978	3,4010	3,4042	3,4073	3,4105	3,4137	3,4168	3,4200	3,4231
680	3,4263	3,4295	3,4326	3,4358	3,4390	3,4421	3,4453	3,4484	3,4516	3,4547
690	3,4579	3,4610	3,4642	3,4673	3,4705	3,4736	3,4767	3,4799	3,4830	3,4862
700	3,4893	3,4924	3,4956	3,4987	3,5018	3,5050	3,5081	3,5112	3,5144	3,5175

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Теоретические положения

Термопреобразователи сопротивления (термометры сопротивления).

Принцип действия термометров сопротивления основан на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников в зависимости от температуры.

Измерение температуры сводится к измерению электрического сопротивления термопреобразователя с помощью электроизмерительных приборов, в качестве которых применяют магнитоэлектрические логометры и уравновешенные и неуравновешенные мосты.

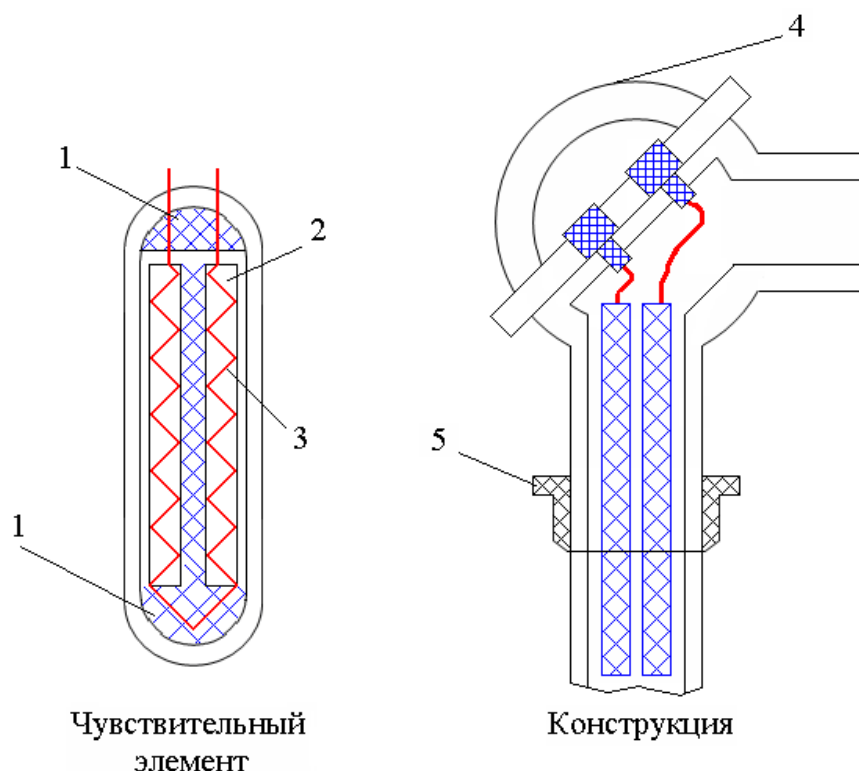


Рисунок 1.

Чувствительные элементы термопреобразователей сопротивления изготавливаются из платины или меди и позволяют измерять температуру в пределах от -260°C до $+1100^{\circ}\text{C}$. Конструктивно термометр сопротивления выполняется намоткой платиновой ($\varnothing 0,07\text{мм}$) или медной ($\varnothing 0,1\text{мм}$) проволоки на изоляционный каркас. Для защиты от механических повреждений чувствительный элемент заключается в защитную арматуру, конструкция которой обеспечивает возможность монтажа датчика на объекте.

Термометры сопротивления бывают одинарные и двойные. В двойных термометрах встроены два изолированных друг от друга чувствительных элемента; они применяются для одновременного измерения температуры одной точки двумя приборами.

Медь как материал по сравнению с платиной имеет ряд недостатков: окисляется в зоне повышенной температуры при наличии влаги; имеет малое удельное сопротивление.

Медные термометры сопротивления (ТСМ) используются при измерениях от -50 до +180°C, платиновые от -200 до +650°C (ТСП).

ТСМ и ТСП выпускаются со строго определенными значениями сопротивлений, соответственно своих типов и градуировок.

Таблица 1.

Тип преобразователя	Номинальное сопротивление при 0°C	Условное обозначение НСХ	Диапазон измеряемых температур °C
ТСП	1	1П	от -50 до + 1100
	5	5П	от -100 до + 1100
	10	10П	от -200 до + 1000
	46	(гр 21)	от -200 до + 650
	50	50П	от -200 до + 1000
	100	100П	от -260 до + 1000
	500	500П	от -260 до + 300
ТСМ	10	10М	от -50 до + 200
	50	50М	от -50 до + 200
	(53)	(гр 23)	от -50 до + 180
	100	100М	от -200 до +200

По точностным показателям термометры ТСП и ТСМ подразделяются на 5 групп.

Таблица 2.

Тип преобразователя	Допустимое отклонение номинального значения при 0°C % для классов				
	I	II	III	IV	V
ТСП	±0,05	±0,1	±0,2	±0,4	±0,8
ТСМ	-	±0,1	±0,2	±0,5	±1,0

При изменении температуры электрическое сопротивление термометров определяют градуировочными данными и приближенной формулой:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

R_t – сопротивление при температуре t ;

R_0 – сопротивление при 0°C;

α – температурный коэффициент.

Изменение электрического сопротивления термометров связано с тем что тепловое колебание кристаллической решетки металла пропорционально температуре, чем она выше тем больше колебания решетки, препятствующее движению свободных электронов. При низких температурах колебания решетки ничтожны, возникает явление сверхпроводимости.

Общие замечания по применению термодатчиков

Основными факторами, влияющими на погрешность измерения температуры технологических объектов, являются: инерционность термодатчиков, неточная установка и монтаж датчика. При использовании термодатчиков для измерения температур агрессивных сред их приходится помещать в защитные гильзы, что повышает инерционность. По инерционности датчики подразделяются на 3 класса: малоинерционные (до 9 сек), среднеинерционные (10 – 80сек), высокоинерционные – до 4 мин. Установочная (монтажная) длина датчиков от 60 до 3200мм.

Образец оформления отчета

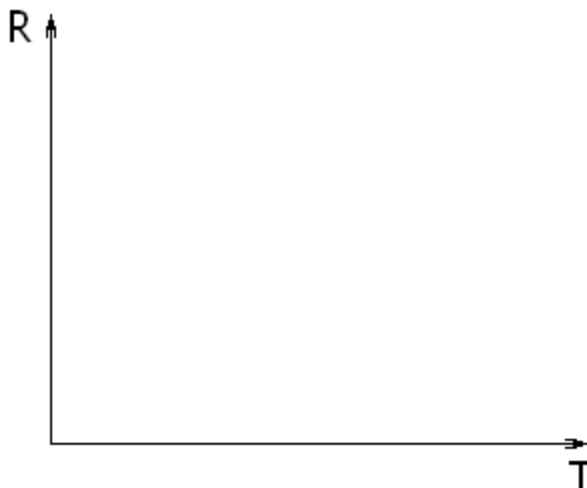
1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1 Ознакомление с принципом применения градуировочных таблиц на термометры сопротивления для измерения температуры.
- 1.2 Выполнить расчеты согласно задания по вариантам
- 1.3 Ответить на контрольные вопросы.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1 График зависимости сопротивления от температуры

№ варианта	Температура					
Сопротивления						



2.2 Допустимое отклонение для термометров 1 зависимость от Кл. точности

Тип преобразователя	Класс точности	Допустимое отклонение в °С

						<i>AKBT.220301.PP43.0002</i>		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>					<i>Лит</i>	<i>Лист</i>
							V	1
<i>Н.</i>						Практическое знакомство с градуировочными таблицами термометров сопротивления		

2.3 Определение типа градуировки термометра сопротивления

№ варианта	T ₁	T ₂	R ₁	R ₂	Тип градуировки

2.4 Определение погрешности на отклонение сопротивления линии от номинала

№ варианта	Тип градуировки	Погрешность линии	Погрешность измерения температур в °C

2.5 Расчет величины α по заданным значениям R_t и T

№ варианта	R _{нач}	R _{кон}	T _{нач}	T _{кон}

$\alpha =$ _____

3 ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4 ВЫВОД