

СОДЕРЖАНИЕ

1 Цель работы	2
2 Документы и принадлежности	2
3 Техника безопасности	
4 Порядок выполнения работы	2
5 Контрольные вопросы	5
6 Содержание отчета	5
7 Список рекомендуемой литературы	6
ПРИЛОЖЕНИЕ А Градуировочная таблица ТХК	7
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Градуировочная таблица ТХА	7
ПРИЛОЖЕНИЕ В Теоретические положения	7
Образец оформления отчета	10

					<i>АКВТ.15.02.07.ПР40.00.01</i>		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>				
				Практическое знакомство с			<i>Лит</i>
				градуировочными таблицами термопар			<i>Лист</i>
				ХА, ХК			<i>Листов</i>
<i>Н.</i>							V
							1

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1 Ознакомиться с принципом построения и применения в измерительной практике градуировочных таблиц на термоэлектрические преобразователи, определяющих зависимость термоэлектродвижущей силы (Т.Э.Д.С) термопар от температуры рабочего конца при температуре свободных концов 0°C.

1.2 Выполнить расчеты для определенных значений температур и поправок при отклонении температуры свободных концов от 0°C по вариантам.

2 ДОКУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

2.1 Выписки из ГОСТ 3044 – 84 «Преобразователи термоэлектрические. Номинальные статические характеристики преобразования».

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 термопар ХА, ХК, приведенную в Приложениях А; Б.

4.2 Построить график зависимости термоЭДС от температуры рабочего конца согласно варианта:

№ варианта	Контрольные точки температуры Т°С											
	Для градуировки ХК						Для градуировки ХА					
1	50	150	250	350	450	550						
2							200	400	600	800	1000	1200
3	100	200	300	400	500	600						
4							100	300	500	700	900	1100
5	25	125	225	325	425	525						
6							450	550	650	750	850	950

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

4.4 Используя градуировочные таблицы для термопар ХА, ХК определить величину необходимой систематической поправки в ЭДС мВ на отклонение температуры холодных концов термопар от значения температуры 0°С при различных значениях окружающей температуры согласно варианта:

Таблица 4.4

№ варианта	Значение температуры окружающей среды °С (холодных концов)	
	Для градуировки ХК	Для градуировки ХА
1	5	10
2	15	20
3	25	30
4	35	40
5	45	50
6	55	60

4.5 Определить какой конец термопары является положительным, а какой является отрицательным.

№ варианта	Полярность холодного конца			
	Для градуировки ХК		Для градуировки ХА	
	Наименование	Полярность	Наименование	Полярность
1	Хромель			
2			Хромель	
3	Копель			
4			Алюмель	
5	Копель			
6			Хромель	

4.6 С помощью градуировочных таблиц определить тип термопары, если известна термоЭДС E_1 при температуре T_1 и E_2 при температуре T_2 согласно варианта.

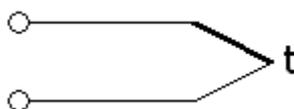
№ варианта	Значения T_1 ; T_2 ; R_1 ; R_2				Тип градуировки
	T_1	E_1	T_2	E_2	
1	150	10,561	200	14,519	
2	400	31,482	450	35,886	
3	250	10,151	350	14,292	
4	325	13,247	375	15,342	
5	410	16,818	499	20,598	
6	415	32,801	505	39,858	

4.7 Введите поправку в показания термоэлектрического термометра на отклонение температуры холодных концов от 0°C и определите температуру рабочего конца, если известно, что термоЭДС термопары E_2 типа ХК (ХА) равна согласно варианта:

№ варианта	Для градуировки ХК			Для градуировки ХК		
	Температура свободных концов	E_2	T_2	Температура свободных концов	E_2	T_2
1	25°	9,4				
2				35°	12,3	
3	45°	21,5				
4				15°	20,4	
5	30°	40,4				
6				40°	30,4	

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1 Условное обозначение термопары на электрических схемах имеет вид:



Составьте схему включения термопары в цепь вторичного прибора (милливольтметра) имеющего на своем корпусе положительный и отрицательный вход.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Тип ТХК (диапазон температур от минус 200 до плюс 800°С)

номинальная статическая характеристика преобразования ХК (L)

Температура рабочего конца, °С	Т. э. д. с., мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-200	-9,488									
-190	-9,202	-9,232	-9,261	-9,290	-9,319	-9,348	-9,376	-9,405	-9,432	-9,460
-180	-8,894	-8,926	-8,957	-8,989	-9,020	-9,051	-9,082	-9,112	-9,143	-9,173
-170	-8,562	-8,596	-8,630	-8,664	-8,697	-8,731	-8,764	-8,796	-8,829	-8,861
-160	-8,207	-8,244	-8,280	-8,316	-8,352	-8,387	-8,423	-8,458	-8,493	-8,527
-150	-7,831	-7,869	-7,908	-7,946	-7,984	-8,022	-8,059	-8,096	-8,134	-8,170
-140	-7,433	-7,473	-7,514	-7,554	-7,594	-7,634	-7,674	-7,713	-7,753	-7,792
-130	-7,014	-7,057	-7,099	-7,142	-7,184	-7,226	-7,268	-7,309	-7,351	-7,392
-120	-6,575	-6,620	-6,665	-6,709	-6,753	-6,797	-6,841	-6,884	-6,928	-6,971
-110	-6,117	-6,164	-6,210	-6,257	-6,303	-6,349	-6,394	-6,440	-6,485	-6,530
-100	-5,641	-5,689	-5,737	-5,786	-5,834	-5,881	-5,929	-5,976	-0,023	-6,070
-90	-5,146	-5,196	-5,246	-5,296	-5,346	-5,396	-5,445	-5,494	-5,543	-5,592
-80	-4,634	-4,686	-4,738	-4,790	-4,841	-4,892	-4,943	-4,994	-5,045	-5,096
-70	-4,106	-4,160	-4,213	-4,266	-4,319	-4,372	-4,425	-4,478	-4,530	-4,582
-60	-3,562	-3,617	-3,672	-3,727	-3,782	-3,836	-3,890	-3,945	-3,999	-4,052
-50	-3,003	-3,059	-3,116	-3,172	-3,228	-3,284	-3,340	-3,396	-3,451	-3,507
-40	-2,429	-2,487	-2,545	-2,603	-2,660	-2,718	2,775	-2,832	-2,889	-2,946
-30	-1,841	-1,901	-1,960	-2,019	-2,078	2,137	-2,196	-2,254	-2,313	-2,371
-20	-1,240	-1,301	-1,361	-1,422	-1,482	1,542	-1,602	-1,662	-1,722	-1,782
-10	-0,626	-0,688	-0,750	-0,812	-0,873	-0,935	-0,996	-1,057	-1,118	-1,179
-0	0	-0,063	-0,126	-0,189	-0,252	-0,315	-0,377	-0,440	-0,502	-0,564
0	0	0,063	0,127	0,190	0,254	0,318	0,381	0,445	0,509	0,574
10	0,638	0,702	0,767	0,832	0,896	0,961	1,026	1,091	1,157	1,222
20	1,287	1,353	1,418	1,484	1,550	1,616	1,682	1,748	1,815	1,881
30	1,947	2,014	2,081	2,148	2,214	2,282	2,349	2,416	2,483	2,551
40	2,618	2,686	2,753	2,821	2,889	2,957	3,025	3,094	3,162	3,230
50	3,299	3,367	3,436	3,505	3,574	3,643	3,712	3,781	3,850	3,920
60	3,989	4,059	4,128	4,198	4,268	4,338	4,408	4,478	4,548	4,619
70	4,689	4,760	4,830	4,901	4,972	5,042	5,113	5,184	5,255	5,327
80	5,398	5,469	5,541	5,612	5,684	5,756	5,828	5,899	5,971	6,043
90	6,116	6,118	6,260	6,333	6,405	6,478	6,550	6,623	6,696	6,769
100	6,842	6,915	6,988	7,061	7,135	7,208	,281	,355	7,429	,502
110	7,576	7,650	7,724	7,798	7,872	7,946	8,021	8,095	8,169	8,244
120	8,318	8,393	8,468	8,543	8,618	8,693	8,768	8,843	8,918	8,993
130	9,069	9,144	9,220	9,295	9,371	9,446	9,522	9,598	9,674	9,750
140	9,826	9,902	9,979	10,055	10,131	10,208	10,284	10,361	10,438	10,514
150	10,591	10,668	10,745	10,822	10,899	10,976	11,054	11,131	11,208	11,286
160	11,363	11,441	11,519	11,596	11,674	11,752	11,830	11,908	11,986	12,064

АКВТ.15.02.07.ПР40.00.01

Лист

6

Продолжение приложения А

Температура рабочего конца, °С	Т. э. д. с., мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
170	12,142	12,221	12,299	12,377	12,456	12,534	12,613	12,692	12,770	12,849
180	12,928	13,007	13,086	13,165	13,244	13,323	13,403	13,482	13,561	13,641
190	13,720	13,800	13,879	13,959	14,039	14,119	14,199	14,278	14,359	14,439
200	14,519	14,599	14,679	14,759	14,840	14,920	15,001	15,081	15,162	15,243
210	15,323	15,404	15,485	15,566	15,647	15,728	15,809	15,890	15,971	16,053
220	16,134	16,215	16,297	16,378	16,460	16,541	16,623	16,705	16,787	16,868
230	16,950	17,032	17,114	17,196	17,278	17,360	17,443	17,525	17,607	17,690
240	17,772	17,855	17,937	18,020	18,102	18,185	18,268	18,350	18,433	18,516
250	18,599	18,682	18,765	18,848	18,931	19,015	19,098	19,181	19,265	19,348
260	19,431	19,515	19,598	19,682	19,766	19,849	19,933	20,017	20,101	10,184
270	20,268	20,352	20,436	20,520	20,605	20,689	20,783	20,857	20,941	21,026
280	21,110	21,194	21,279	21,363	21,448	21,533	21,617	21,702	21,787	21,871
290	21,956	22,041	22,126	22,211	22,296	22,381	22,466	22,551	22,636	22,721
300	22,806	22,892	22,977	23,062	23,148	23,233	23,318	23,404	23,489	23,575
310	23,661	23,746	23,832	23,918	24,003	24,089	24,175	24,261	24,346	24,432
320	24,518	24,604	24,690	24,776	24,862	24,949	25,035	25,121	25,207	25,293
330	25,380	25,466	25,552	25,639	25,725	25,811	25,898	25,984	26,071	26,157
340	26,244	26,330	26,417	26,504	26,590	26,677	26,764	26,851	26,937	27,024
350	27,11	27,198	27,285	27,372	27,459	27,546	27,633	27,720	27,807	27,894
360	27,981	28,068	28,155	28,242	28,330	28,417	28,504	28,591	28,679	28,766
370	28,853	28,941	29,028	29,115	29,203	29,290	29,378	29,465	29,553	29,640
380	29,728	29,815	29,903	29,990	30,078	30,165	30,253	30,341	30,428	30,516
390	30,604	30,691	30,779	30,867	30,955	31,042	31,130	31,218	31,306	31,394
400	31,482	31,569	31,657	31,745	31,833	31,921	32,009	32,097	32,185	32,273
410	32,361	32,449	32,537	32,625	32,713	32,801	32,889	32,977	33,065	33,153
420	33,241	33,329	33,417	33,505	33,593	33,681	33,770	33,858	33,946	34,034
430	34,122	34,210	34,298	34,387	34,475	34,563	34,651	34,739	34,828	34,916
440	35,004	35,092	35,180	35,269	35,357	35,445	35,533	35,621	35,710	35,798
450	35,886	35,974	36,063	36,151	36,239	36,327	36,416	36,504	36,592	36,681
460	36,769	36,857	36,945	37,034	37,122	37,210	37,298	37,387	37,475	37,563
470	37,652	37,740	37,828	37,916	38,005	38,093	38,181	38,269	38,358	38,446
480	38,534	38,622	38,711	38,799	38,887	38,975	39,064	39,152	39,240	39,328
490	39,417	39,505	39,593	39,681	39,770	39,858	39,946	40,034	40,122	40,211
500	40,299	40,387	40,475	40,563	40,652	40,740	40,828	40,916	41,004	41,092
510	41,181	41,269	41,357	41,445	41,533	41,621	41,709	41,798	41,886	41,974
520	42,062	42,150	42,238	42,326	42,414	42,502	42,591	42,679	42,767	42,855
530	42,943	43,031	43,119	43,207	43,295	43,383	43,471	43,559	43,647	43,735
540	43,823	43,911	43,999	44,087	44,175	44,263	44,351	44,439	44,527	44,615
550	44,703	44,791	44,879	44,967	45,054	45,142	45,230	45,318	45,406	45,494
560	45,582	45,670	45,758	45,846	45,933	46,021	46,109	46,197	46,285	46,373

Температура рабочего конца, °С	Т. э. д. с., мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
560	23,198	23,241	23,284	23,326	23,369	23,411	23,454	23,497	23,539	23,582
570	23,624	23,667	23,710	23,752	23,795	23,837	23,880	23,923	23,965	24,008
580	24,050	24,093	24,136	24,178	24,221	24,263	24,306	24,348	24,391	24,434
590	24,476	24,519	24,561	24,604	24,646	24,689	24,731	24,774	24,817	24,859
600	24,902	24,944	24,987	25,029	25,072	25,114	25,157	25,199	25,242	25,284
610	25,327	25,369	25,412	25,454	25,497	25,539	25,582	25,624	25,666	25,709
620	25,751	25,794	25,836	25,879	25,921	25,964	26,006	26,048	26,091	26,133
630	26,176	26,218	26,260	26,303	26,345	26,387	26,430	26,472	26,515	26,557
640	26,599	26,642	26,684	26,726	26,769	26,811	26,853	26,896	26,938	26,980
650	27,022	27,065	27,107	27,149	27,192	27,234	27,276	27,318	27,361	27,403
660	27,445	27,487	27,529	27,572	27,614	27,656	27,698	27,740	27,783	27,825
670	27,867	27,909	27,951	27,993	28,035	28,078	28,120	28,162	28,204	28,246
680	28,288	28,330	28,372	28,414	28,456	28,498	28,540	28,583	28,625	28,667
690	28,709	28,751	28,793	28,835	28,877	28,919	28,961	29,002	29,044	29,086
700	29,128	29,170	29,212	29,254	29,296	29,338	29,380	29,422	29,464	29,505
710	29,547	29,589	29,631	29,673	29,715	29,756	29,798	29,840	29,882	29,924
720	29,965	30,007	30,049	30,091	30,132	30,174	30,216	30,257	30,299	30,341
730	30,383	30,424	30,466	30,508	30,549	30,591	30,632	30,674	30,716	30,757
740	30,799	30,840	30,882	30,924	30,965	31,007	31,048	31,090	31,131	31,173
750	31,214	31,256	31,297	31,339	31,380	31,422	31,463	31,504	31,546	31,587
760	31,629	31,670	31,712	31,753	31,794	31,836	31,877	31,918	31,960	32,001
770	32,042	32,084	32,125	32,166	32,207	32,249	32,290	32,331	32,372	32,414
780	32,455	32,496	32,537	32,578	32,619	32,661	32,702	32,743	32,784	32,825
790	32,866	32,907	32,948	32,990	33,031	33,072	33,113	33,154	33,195	33,236
800	33,277	33,318	33,359	33,400	33,441	33,482	33,523	33,564	33,604	33,645
810	33,686	33,727	33,768	33,809	33,850	33,891	33,931	33,972	34,013	34,054
820	34,095	34,136	34,176	34,217	34,258	34,299	34,339	34,380	34,421	34,461
830	34,502	34,543	34,583	34,624	34,665	34,705	34,746	34,787	34,827	34,868
840	34,909	34,949	34,990	35,030	35,071	35,111	35,152	35,192	35,233	35,273
850	35,314	35,354	35,395	35,435	35,476	35,516	35,557	35,597	35,637	35,678
860	35,718	35,758	35,799	35,839	35,880	35,920	35,960	36,000	36,041	36,081
870	36,121	36,162	36,202	36,242	36,282	36,323	36,363	36,403	36,443	36,483
880	36,524	36,564	36,604	36,644	36,684	36,724	36,764	36,804	36,844	36,885
890	36,925	36,965	37,005	37,045	37,085	37,125	37,165	37,205	37,245	37,285
900	37,325	37,365	37,405	37,445	37,484	37,524	37,564	37,604	37,644	37,684
910	37,724	37,764	37,803	37,843	37,883	37,923	37,963	38,002	38,042	38,082
920	38,122	38,162	38,201	38,241	38,281	38,320	38,360	38,400	38,439	38,479
930	38,519	38,558	38,598	38,638	38,677	38,717	38,756	38,796	38,836	38,875
940	38,915	38,954	38,994	39,033	39,073	39,112	39,152	39,191	39,231	39,270
950	39,310	39,349	39,388	39,428	39,467	39,507	39,546	39,585	39,625	39,664

Температура рабочего конца, °С	Т. э. д. с., мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
960	39,703	39,743	39,782	39,821	39,861	39,900	39,939	39,979	40,018	40,057
970	40,096	40,136	40,175	40,214	40,253	40,292	40,332	40,371	40,410	40,449
980	40,488	40,527	40,566	40,605	40,645	40,684	40,723	40,762	40,801	40,840
990	40,879	40,918	40,957	40,996	41,035	41,074	41,113	41,152	41,191	41,230
1000	41,269	41,308	41,347	41,385	41,424	41,463	41,502	41,541	41,580	41,619
1010	41,657	41,696	41,735	41,774	41,813	41,851	41,890	41,929	41,968	42,006
1020	42,045	42,084	42,123	42,161	42,200	42,239	42,277	42,316	42,355	42,393
1030	42,432	42,470	42,509	42,548	42,586	42,625	42,663	42,702	42,740	42,779
1040	42,817	42,856	42,894	42,933	42,971	43,010	43,048	43,087	43,125	43,164
1050	43,202	43,240	43,279	43,317	43,356	43,394	43,432	43,471	43,509	43,547
1060	43,585	43,624	43,662	43,700	43,739	43,777	43,815	43,853	43,891	43,930
1070	43,968	44,006	44,044	44,082	44,121	44,159	44,197	44,235	44,273	44,311
1080	44,349	44,387	44,425	44,463	44,501	44,539	44,577	44,615	44,653	44,691
1090	44,729	44,767	44,805	44,843	44,881	44,919	44,957	44,995	45,033	45,070
1100	45,108	45,146	45,184	45,222	45,260	45,297	45,335	45,373	45,411	45,448
1110	45,486	45,524	45,561	45,599	45,637	45,675	45,712	45,750	45,787	45,825
1120	45,863	45,900	45,938	45,075	46,013	46,051	46,088	46,126	46,163	46,201
1130	46,238	46,275	46,313	46,350	46,388	46,425	46,463	46,500	46,537	46,575
1140	46,612	46,649	46,687	46,724	46,761	46,799	46,836	46,873	46,910	46,948
1150	46,985	47,022	47,059	47,096	47,134	47,171	47,208	47,245	47,282	47,319
1160	47,356	47,393	47,430	47,467	47,504	47,541	47,578	47,615	47,652	47,689
1170	47,726	47,763	47,800	47,837	47,874	47,911	47,948	47,985	48,021	48,058
1180	48,095	48,132	48,169	48,205	48,242	48,279	48,316	48,352	48,389	48,426
1190	48,462	48,499	48,536	48,572	48,609	48,645	48,682	48,718	48,755	48,792
1200	48,828	48,865	48,901	48,937	48,974	49,010	49,047	49,083	49,120	49,156
1210	49,192	49,229	49,265	49,301	49,338	49,374	49,410	49,446	49,483	49,519
1220	49,555	49,591	49,627	49,663	49,700	49,736	49,772	49,808	49,844	49,880
1230	49,916	49,952	49,988	50,024	50,060	50,096	50,132	50,168	50,204	50,240
1240	50,276	50,311	50,347	50,383	50,419	50,455	50,491	50,526	50,562	50,598
1250	50,633	50,669	50,705	50,741	50,776	50,812	50,847	50,883	50,919	50,954
1260	50,990	51,025	51,061	51,096	51,132	51,167	51,203	51,238	51,274	51,309
1270	51,344	51,380	51,415	51,450	51,486	51,521	51,556	51,592	51,627	51,662
1280	51,697	51,733	51,768	51,803	51,838	51,873	51,908	51,943	51,979	52,014
1290	52,049	52,084	52,119	52,154	52,189	52,224	52,259	52,294	52,329	52,364
1300	52,398									

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Тип ТХА (диапазон температур от минус 200 до плюс 1300°С) номинальная статическая характеристика преобразования ХА(К)

Температура рабочего конца, °С	Т. э. д. с., мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-200	-5,892									
-190	-5,730	-5,747	-5,764	-5,780	-5,796	-5,812	-5,828	-5,844	-5,860	-5,876
-180	-5,550	-5,568	-5,586	-5,604	-5,622	-5,640	-5,658	-5,676	-5,694	-5,712
-170	-5,354	-5,374	-5,394	-5,414	-5,434	-5,454	-5,474	-5,493	-5,512	-5,531
-160	-5,142	-5,164	-5,186	-5,207	-5,228	-5,249	-5,270	-5,291	-5,312	-5,333
-150	-4,914	-4,937	-4,960	-4,983	-5,006	-5,029	-5,052	-5,075	-5,098	-5,120
-140	-4,670	-4,695	-4,720	-4,745	-4,770	-4,794	-4,818	-4,842	-4,866	-4,890
-130	-4,410	-4,436	-4,462	-4,488	-4,514	-4,540	-4,566	-4,592	-4,618	-4,644
-120	-4,138	-4,166	-4,194	-4,221	-4,248	-4,275	-4,302	-4,329	-4,356	-4,383
-110	-3,852	-3,881	-3,910	-3,939	-3,968	-3,997	-4,026	-4,054	-4,082	-4,110
-100	-3,553	-3,583	-3,613	-3,643	-3,673	-3,703	-3,733	-3,763	-3,793	-3,823
-90	-3,242	-3,274	-3,305	-3,336	-3,367	-3,398	-3,429	-3,460	-3,491	-3,522
-80	-2,920	-2,953	-2,986	-3,018	-3,050	-3,082	-3,114	-3,146	-3,178	-3,210
-70	-2,506	-2,620	-2,654	-2,688	-2,722	-2,755	-2,788	-2,821	-2,854	-2,887
-60	-2,243	-2,278	-2,313	-2,348	-2,382	-2,416	-2,450	-2,484	-2,518	-2,552
-50	-1,889	-1,925	-1,961	-1,997	-2,033	-2,068	-2,103	-2,138	-2,173	-2,208
-40	-1,527	-1,564	-1,601	-1,637	-1,673	-1,709	-1,745	-1,781	-1,817	-1,853
-30	-1,157	-1,194	-1,231	-1,268	-1,305	-1,342	-1,379	-1,416	-1,453	-1,490
-20	-0,777	-0,815	-0,853	-0,891	-0,929	-0,967	-1,005	-1,043	-1,081	-1,119
-10	-0,392	-0,431	-0,470	-0,509	-0,548	-0,587	-0,625	-0,663	-0,701	-0,739
0	-0,000	-0,040	-0,080	-0,119	-0,158	-0,197	-0,236	-0,175	-0,314	-0,353
0	0,000	0,039	0,079	0,119	0,158	0,198	0,238	0,277	0,317	0,357
10	0,397	0,437	0,477	0,517	0,557	0,597	0,637	0,677	0,718	0,758
20	0,798	0,838	0,879	0,919	0,960	1,000	1,041	1,081	1,122	1,162
30	1,203	1,244	1,285	1,325	1,366	1,407	1,448	1,489	1,529	1,570
40	1,611	1,652	1,693	1,734	1,776	1,817	1,858	1,899	1,940	1,981
50	2,022	2,064	2,105	2,146	2,188	2,229	2,270	2,312	2,353	2,394
60	2,436	2,477	2,519	2,560	2,601	2,643	2,684	2,726	2,767	2,809
70	2,850	2,892	2,933	2,975	3,016	3,058	3,100	3,141	3,183	3,224
80	3,266	3,307	3,349	3,390	3,432	3,473	3,515	3,556	3,598	3,639
90	3,681	3,722	3,764	3,805	3,847	3,888	3,930	3,971	4,021	4,054
100	4,095	4,137	4,178	4,219	4,261	4,302	4,343	4,384	4,426	4,467
110	4,508	4,549	4,590	4,632	4,673	4,714	4,755	4,796	4,837	4,878
120	4,919	4,960	5,001	5,042	5,083	5,124	5,164	5,205	5,246	5,287
130	5,327	5,368	5,409	5,450	5,490	5,531	5,571	5,612	5,652	5,693
140	5,733	5,774	5,814	5,855	5,895	5,936	5,976	6,016	6,057	6,097
150	6,137	6,177	6,218	6,258	6,298	6,338	6,378	6,419	6,459	6,499

Продолжение приложения Б

Температура рабочего конца, °С	Т. э. д. с., мВ, для температуры, °С									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
160	6,539	6,579	6,619	6,659	6,699	6,739	6,779	6,819	6,859	6,899
170	6,939	6,979	7,019	7,059	7,099	7,139	7,179	7,219	7,259	7,299
180	7,338	7,378	7,418	7,458	7,498	7,538	7,578	7,618	7,658	7,697
190	7,737	7,777	7,817	7,857	7,897	7,937	7,977	8,017	8,057	8,097
200	8,137	8,177	8,217	8,257	8,297	8,337	8,377	8,417	8,457	8,497
210	8,537	8,577	8,617	8,657	8,697	8,737	8,777	8,817	8,857	8,898
220	8,938	8,978	9,018	9,058	9,099	9,139	9,179	9,220	9,260	9,300
230	9,341	9,381	9,421	9,462	9,502	9,543	9,583	9,624	9,664	9,705
240	9,745	9,786	9,826	9,867	9,907	9,948	9,989	10,029	10,070	10,111
250	10,151	10,192	10,233	10,274	10,315	10,355	10,396	10,437	10,478	10,519
260	10,560	10,600	10,641	10,682	10,723	10,764	10,805	10,846	10,887	10,928
270	10,969	11,010	11,051	11,093	11,134	11,175	11,216	11,257	11,298	11,339
280	11,381	11,422	11,463	11,504	11,546	11,587	11,628	11,669	11,711	11,752
290	11,793	11,835	11,876	11,918	11,959	12,000	12,042	12,083	12,125	12,166
300	12,207	12,249	12,290	12,332	12,373	12,415	12,456	12,498	12,539	12,581
310	12,623	12,664	12,706	12,747	12,789	12,831	12,872	12,914	12,955	12,997
320	13,039	13,080	13,122	13,164	13,205	13,247	13,289	13,331	13,372	13,414
330	13,456	13,497	13,539	13,581	13,623	13,665	13,706	13,748	13,790	13,832
340	13,874	13,915	13,957	13,999	14,041	14,083	14,125	14,167	14,208	14,250
350	14,292	14,334	14,376	14,418	14,460	14,502	14,544	14,586	14,628	14,670
360	14,712	14,754	14,796	14,838	14,880	14,922	14,964	15,006	15,048	15,090
370	15,132	15,174	15,216	15,258	15,300	15,342	15,384	15,426	15,468	15,510
380	15,552	15,594	15,636	15,679	15,721	15,763	15,805	15,847	15,889	15,931
390	15,974	16,016	16,058	16,100	16,142	16,184	16,227	16,269	16,311	16,353
400	16,395	16,438	16,480	16,522	16,564	16,607	16,649	16,691	16,733	16,776
410	16,818	16,860	16,902	16,945	16,987	17,029	17,072	17,114	17,156	17,199
420	17,241	17,283	17,326	17,368	17,410	17,453	17,495	17,537	17,580	17,622
430	17,664	17,707	17,749	17,792	17,834	17,876	17,919	17,961	18,004	18,046
440	18,088	18,131	18,173	18,216	18,258	18,301	18,343	18,385	18,428	18,470
450	18,513	18,555	18,598	18,640	18,683	18,725	18,768	18,810	18,853	18,895
460	18,938	18,980	19,023	19,065	19,108	19,150	19,193	19,235	19,278	19,320
470	19,363	19,405	19,448	19,490	19,533	19,576	19,618	19,661	19,703	19,746
480	19,788	19,831	19,873	19,916	19,959	20,001	20,044	20,086	20,129	20,172
490	20,214	20,257	20,299	20,342	20,385	20,427	20,470	20,512	20,555	20,598
500	20,640	20,683	20,725	20,768	20,811	20,853	20,896	20,938	20,981	21,024
510	21,066	21,109	21,152	21,194	21,237	21,280	21,322	21,365	21,407	21,450
520	21,493	21,535	21,578	21,621	21,663	21,706	21,749	21,791	21,834	21,876
530	21,919	21,962	22,004	22,047	22,090	22,132	22,175	22,218	22,260	22,303
540	22,346	22,388	22,431	22,473	22,516	22,559	22,601	22,644	22,687	22,729
550	22,772	22,815	22,857	22,900	22,942	22,985	23,028	23,070	23,113	23,156

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Теоретические положения

Термоэлектрические термометры (термопары) и термометры сопротивления не являются самостоятельными измерительными приборами. Они являются измерительными преобразователями и работают в комплекте со специальными вторичными приборами.

Термопара представляет собой спай двух разнородных металлических проводников, которые предназначены для измерения температуры рабочих объектов. Конец термопары, помещаемый в объект измерения температуры называется рабочим или горячим спаем, свободные, или «холодные» концы термопары соединяются с измерительным прибором. Термопара преобразует тепловую энергию в электрическую.

Образование термоЭДС открыто Зеебеком и объясняется тем, что при нагревании электроны на «горячем» спае приобретают более высокие скорости, чем на «холодном», в результате возникает поток электронов от горячего конца к холодному. На холодном конце накапливается отрицательный заряд, а на «горячем» положительный заряд. Разность потенциалов определяет термоЭДС термопары. Графически это явление объясняется рисунком 1.

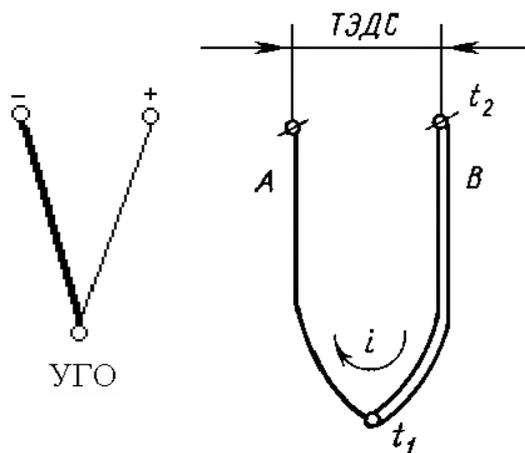


Рисунок 1.

Если температура t_1 «горячего» спае выше t_2 «холодного» спае то ток потечет в направлении стрелки и термоЭДС определяется разностью потенциалов спаев: $E_{AB} = E_{AB(t_1)} - E_{AB(t_2)}$.

Применение термопар позволяет измерять температуру с точностью до $0,01^\circ\text{C}$.

В сочетании с электроизмерительным прибором термопара образует термоэлектрический термометр.

Конструктивно термопары изготавливаются в корпусах стандартных размеров с определенной глубиной погружения.

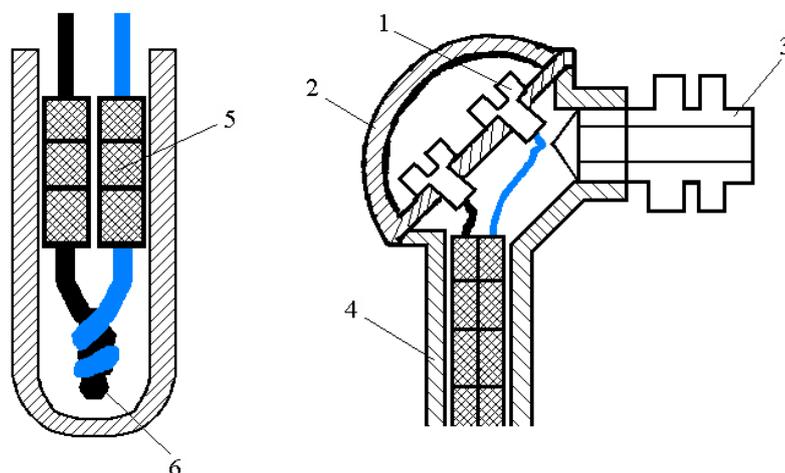


Рисунок 2.

1 – винты зажима; 2 – крышка головки; 3 – штуцер; 4 – защитный чехол; 5 – фарфоровые бусины; 6 – горячий спай термопары.

Таблица 2.

Тип термопары	Буквенное обозначение НСХ	Материал термоэлектродов		Коэффициент термоЭДСмкВ/С	Диапазон рабочих температур	Предельная температура
		Положительного	Отрицательного			
ТЖК	j	Железо (Fe)	Сплав константан (45%Cu + 45%Ni, Mn, Fe)	50-64 (0-800)	от -200 до +750	900
ТХА	k	Сплав хромель (90,5%Ni + 9,5%Cr)	Сплав Алумель (94,5%Ni + 5,5%Al, Si, Mn, Co)	34-42 (0-1300)	от -200 до 1200	1300
ТХК	L	Сплав хромель (90,5%Ni + 9,5%Cr)	Сплав копель (56%Cu + 44%Ni)	64-88 (0-600)	от -200 до 600	800
ТНН	N	Сплав никросил (83,49%Ni + 13,7%Cr + 1,2%Cr + 0,15%Fe + 0,05%С + 0,01%Mg)	Сплав нисил (94,98%Ni + 0,4%Cr + 4,2%Si + 0,15%Fe + 0,05%С + 0,45%Mg)	26-36 (0-1300)	от -270 до 1300	1300
ТПП13	R	Сплав платина-родий (87%Pt + 13% Родий)	Платина Pt	10-14 (600-1600)	от 0 до 1300	1600
ТПП10	S	Сплав платина-родий (87%Pt + 13% Rh)	Платина Pt	10-14 (600-1600)	от 0 до 1300	1600
ТПР	B	Сплав платина-родий (70%Pt + 13% Rh)	Сплав платина родий (94%Pt + 6%Rh)	10-14 (1000-1800)	от 600 до 1700	1800
ТВР	A-1 A-2	Сплав вольфрам-рений (95%W – 5%Re)	Сплав Вольфрам-рений (80%W – 20%Re)		от 0 до 2200 от 0 до 1800	
ТСС	I	Сплав силд	Сплав силин		от 0 до +800	900

НСХ – номинальные статические характеристики преобразования по международной классификации.

Указанные в таблице термопары несколько отличаются по своим свойствам, что видно из таблицы 3.

Таблица 3.

Тип термопары	Особенности применения
ТХА	Обладает наиболее близкой к прямой характеристикой (т.е. наиболее линейна). Предназначена для работы в окислительных и инертных средах
ТХК	Обладают наибольшей чувствительностью, высокой термоэлектрической стабильностью при температуре до 600°C. Работает в окислительных и инертных средах. Недостаток высокая чувствительность к деформации.
ТПП	Обладает высокой устойчивостью к газовой коррозии, особенно на воздухе при высоких температурах. Высокой надежностью при работе в вакууме. Недостаток: высокая чувствительность термоэлектродов к загрязнениям в процессе производства.
ТВР	Возможность длительного применения при температуре до 2200°C в неокислительных средах. Недостаток – плохая Воспроизводимость термоЭДС, вынуждающая группировать термоэлектродные пары на группы А-1, А-2, А-3.

Градуировочная характеристика ТПП.

Таблица 4.

Температу ра °С	Темп ЭДС мВ						
0	0,000	500	4,216	900	8,416	1300	13,107
100	0,644	600	5,218	1000	9,550	1400	14,315
200	1,436	700	6,253	1100	10,714	1500	15,511
300	2,314	800	7,317	1200	11,904	1600	16,685
400	3,250						

Таблица 5.

Градуировочная хар-ка ТХА				Градуировочная хар-ка ТХК			
°С	мВ	°С	мВ	°С	мВ	°С	мВ
-0	-0,000	+700	29,128	-0	0,000		
+0	0,000	+800	33,277	+0	0,000		
+100	4,095	+900	37,325	+100	6,898	+500	40,270
+200	8,137	+1000	41,269	+200	14,570	+600	49,090
+300	12,207	+1100	45,108	+300	22,880	+700	57,820
+400	16,395	+1200	48,828	+400	31,480	+800	66,420
+500	20,640	+1300	52,398				
+600	24,902						

Для технических измерений применяют термопары: хромель-копель (ТХК); хромель-алюмель (ТХА), платинородий (10% радия - платина) (ТПП). Обозначения ХК, ХА, ПП называется градуировкой термопары: положительным электродом является электрод, материал которого в градуировке стоит первым.

Термоэлектрические преобразователи должны выпускаться в соответствии с ГОСТ 6616-94.

Подробные (с точностью до 1°С) номинальные статические характеристики преобразования также даны в ГОСТ 3044-84. В зависимости от толщины электродов и конструкции корпуса термопары имеют различную инерционность.

Таблица 6.

Исполнение преобразователя	Показатель тепловой инерции С	
	Для погружаемых преобразователей	Для поверхностных преобразователей
Малой инерционности МИ	5	10
Средней инерционности СИ	60	120
Большой инерционности БИ	180	300
Ненормированной инерционности НИ	>180	300

Глубина погружения установки в диапазоне от min значения до 3200мм (3,2 м).

Образец оформления отчета

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1 Ознакомиться с принципом построения и применения градуировочных таблиц на термопар для измерения температур.

1.2 Выполнить расчеты согласно задания по вариантам.

2 ДОКУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

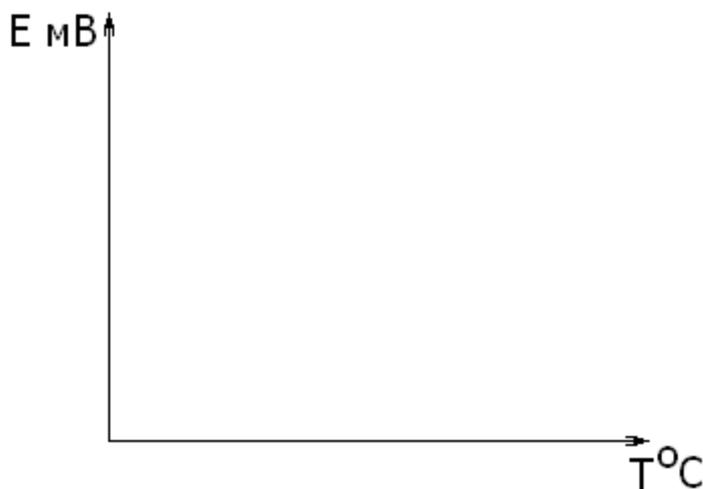
2.1 Градуировочные таблицы согласно ГОСТ 3044-84.

2.2 Калькулятор STAFF 2512 или аналог.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1 Выбираем из таблиц согласно варианта № _____

T °C						
E мВ						



3.2 Наблюдаемый тип зависимости является _____

3.3 Поправка на температуру «холодных концов» относительно 0°C согласно варианта № _____

Температура холодного конца °C	E _{поправк} мВ

					<i>AKBT.15.02.07.ПР40.00.01</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>					
						<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						<i>V</i>	<i>1</i>	
<i>Н.</i>								
						Практическое знакомство с градуировочными таблицами термопар		

3.4 Полярность вывода термопары согласно варианта № _____

Название типа «Х» конца	
Полярность	

3.5 Определение типа термопары по известным значениям T_1 , T_2 , E_1 , E_2 согласно варианта № _____

T_1	E_1	T_2	E_2	Тип градуировки

3.6 Определение действительного значения температуры «рабочего» конца термопары по известным значениям E_2 и T свободного конца согласно варианта № _____

T оС свободного конца	E_0 по таблице	E_2	T_2 с учетом поправок	Тип термопары

4 ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5 ВЫВОД