

КАБЕЛЬНАЯ ТЕРМОПАРА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ КАНАЛОМ

В.Ш.Магдеев ЗАО НПК «Эталон», г. Волгодонск

А.А.Исаев ОКБМ г.Н.Новгород

Желание потребителя контролировать погрешность термопар в процессе их эксплуатации без демонтажа с объекта контроля нашло отклик у отечественных производителей средств измерения температуры, которые предложили ряд методов для решения этой задачи. Один из наиболее надежных методов такого контроля предусматривает сравнение показаний штатной термопары с показаниями контрольного (образцового) датчика температуры, который периодически устанавливается в непосредственной близости у рабочего спая термопары.

Известные конструкции таких термоэлектрических термопреобразователей предусматривают формирование внутри его защитного чехла отдельных пространств для термоэлектродов и для контрольного датчика температуры.(1-3).Наличие защитного чехла в данных конструкциях ведет к увеличению размера термопреобразователя, снижению его быстротрoдействия, а также лишает его ряда достоинств кабельного термопреобразователя по ГОСТ 23847-79.

ЗАО НПК «Эталон» совместно с ОАО «Кирскабель» проведены опытно-конструкторские работы по созданию термопарного кабеля со сквозным круглым каналом (4) и кабельной термопары на его основе (5).

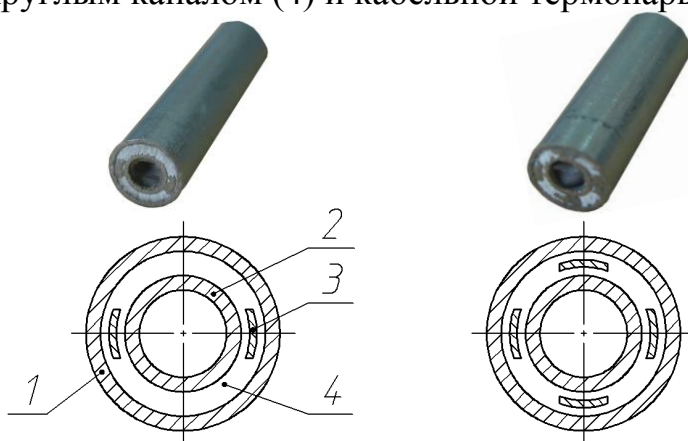


Рис. 1 Поперечный разрез термопарного кабеля КТМСО

1. Наружная стальная оболочка. 2. Внутренняя стальная оболочка. 3. Термоэлектроды. 4. Минеральная изоляция.

Кабель изготовлен из стали 08X18H10T по ГОСТ 3941-81 с термоэлектродными жилами хромель, алюмель, копель по ГОСТ 1790-77, которые изолированы переклазом ПЭП-1М по ГОСТ 13236-83. Кабель выдерживает наружное давление до 35 мПа и пробой напряжением 600 В переменного тока. Электрическое сопротивление изоляции 1 метра кабеля не менее 10^{11} Ом при 20°C и 10^5 при 600°C .

Для проведения исследований были изготовлены кабельные ТП из кабеля с центральным отверстием сечением термоэлектродных жил $0,35\text{ мм}^2$.

1. D вн. = 5 мм одинарные, ХА – 3 шт.
2. D вн. = 5 мм одинарные, ХК – 3 шт.
3. D вн. = 5 мм двойные, ХА – 3 шт.
4. D вн. = 5 мм двойные, ХК – 3 шт.
5. D вн. = 6,5 мм одинарные, ХА – 3 шт.
6. D вн. = 6,5 мм одинарные, ХК – 3 шт.
7. D вн. = 6,5 мм двойные, ХА – 3 шт.
8. D вн. = 6,5 мм двойные, ХК

Для сравнения были изготовлены кабельные термометры традиционной конструкции, которые имеют одинаковую площади сечения жил с ТП в группах 1-8.

9. $\varnothing 3$ мм одинарная, ХА – 3 шт.
10. $\varnothing 3$ мм одинарная, ХК – 3 шт.
11. $\varnothing 3$ мм одинарная, ХА – 3 шт.

Группы 9-10 изготовлены из кабеля отечественного производства (Кирскабель), группа 11 изготовлено из кабеля Aeropak 120-2М-EKS (Япония).

Испытания проводили по следующей программе:

1. Градуировка каждой ТП в окрестностях температурных точек 100, 200, 280 и 400⁰С.
2. Измерение сопротивления изоляции и показателя тепловой инерции.
3. Отжиг при t=400⁰С.
4. Градуировка по п.1
5. Повторение операций по п.3,4 девять раз (всего 1000 часов).
6. Повторение операций по п.2.

Выбор температуры отжига 400⁰С обусловлен практическим применением данных ТП в корабельных энергетических установках.

Для воспроизведения температуры в точках 100⁰С, 200⁰С и 280⁰С использовался термостат переливной прецизионный «Термотест-300» эталонный термометр сопротивления 2 разряда ПТСВ-1-2 и многоканальный прецизионный измеритель температуры МИТ 8.10.

Бюджет неопределенности воспроизведения температуры при этом в данных точках составил 0,014⁰С; 0, 017⁰С и 0, 017⁰С соответственно.

Для воспроизведения температуры 400⁰С использовалась малоинерционная трубчатая печь МТП-2М с вышеуказанными средствами измерения.

Бюджет неопределенности для этой точки составил 0,052⁰С.

Сопротивление изоляции за время испытаний не изменилось и превысило 100 Мом.

Значение максимальных отклонений характеристик испытуемых термопреобразователей в течение 1000 часов отжига от первоначальных в температурном эквиваленте в каждой точке контроля приведены в таблице 1.

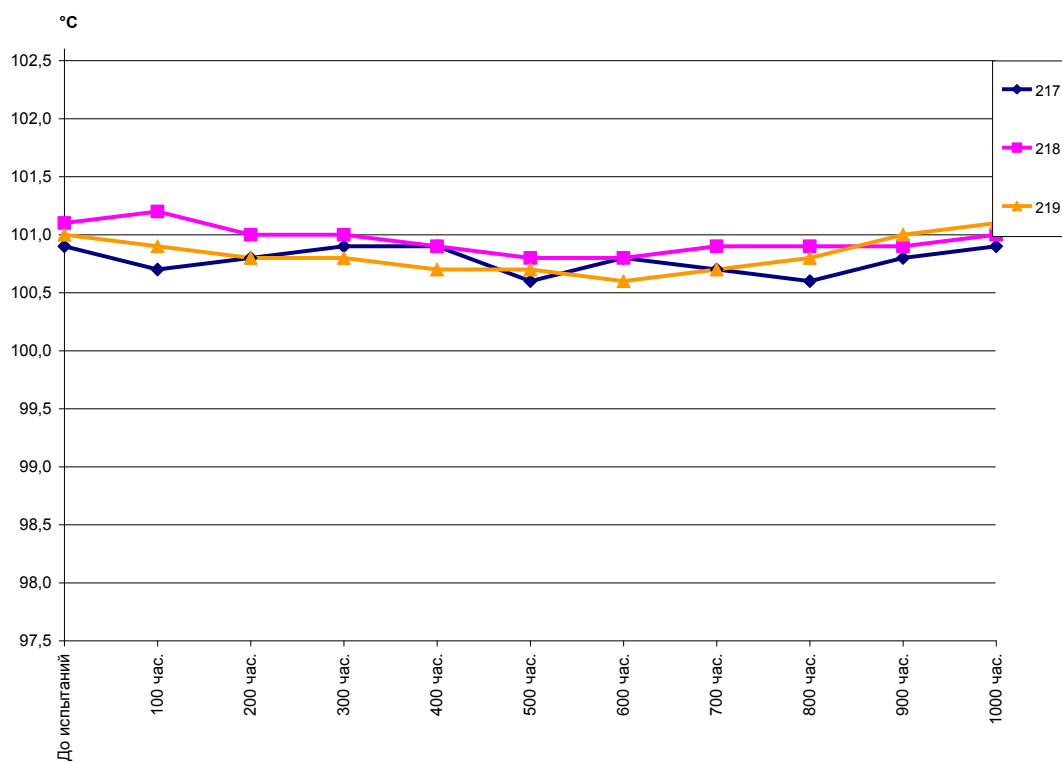
Таблица 1.

№ группы термопреобразователей	Точки контроля, ⁰ С				max
	100	200	280	400	
1	0,5	0,6	0,6	0,9	0,9
2	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6
3	0,6	0,7	0,7	0,9	0,9
4	0,9	0,5	0,6	1,0	1,0
5	0,4	0,5	0,4	0,9	0,9
6	0,5	0,9	0,7	0,5	0,9

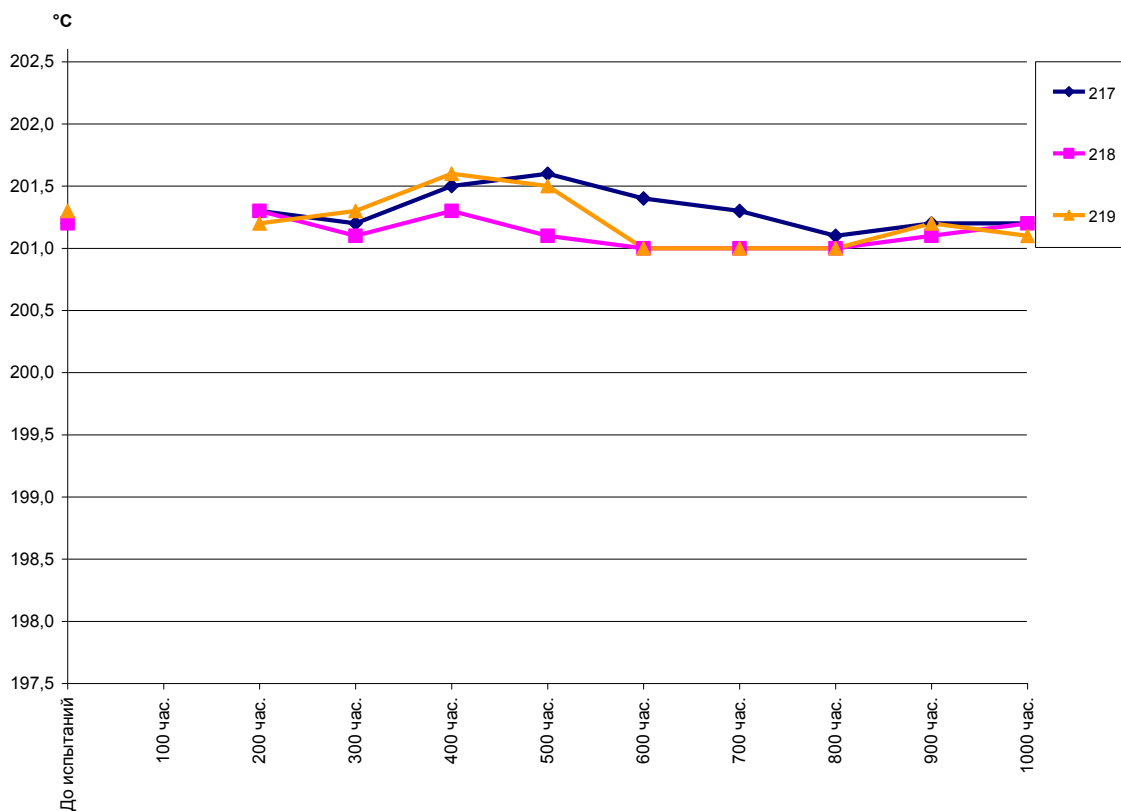
7	0,3	0,5	0,9	0,8	0,9
8	0,7	0,6	0,6	1,0	1,0
9	0,5	0,8	0,5	1,2	1,2
10	0,5	0,6	0,8	0,6	0,8
11	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7

Для иллюстрации на графиках 1-4 показано изменение ДСХ в температурном эквиваленте термопреобразователей группы 1 во времени для каждой контролируемой точки температурного диапазона.

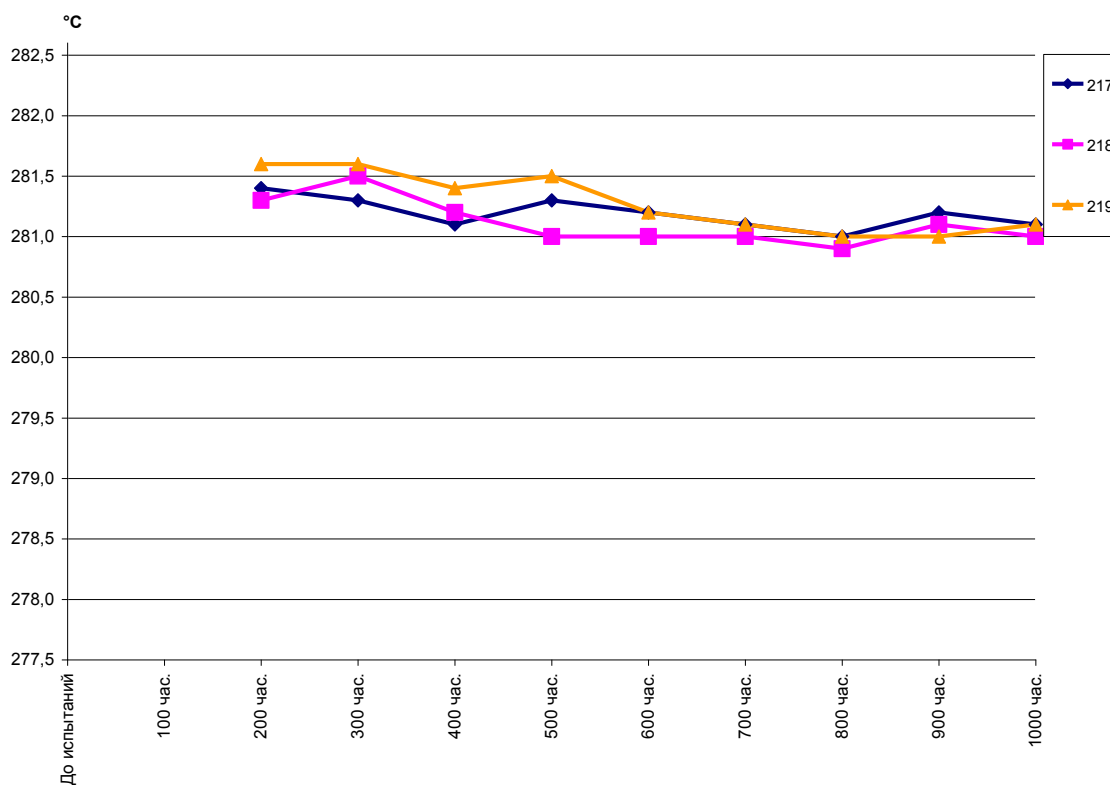
Графики изменения показаний термомпар КТХАС-ОК-5,0 при температуре 100 °С через каждые 100 часов отжига при температуре 400 °С



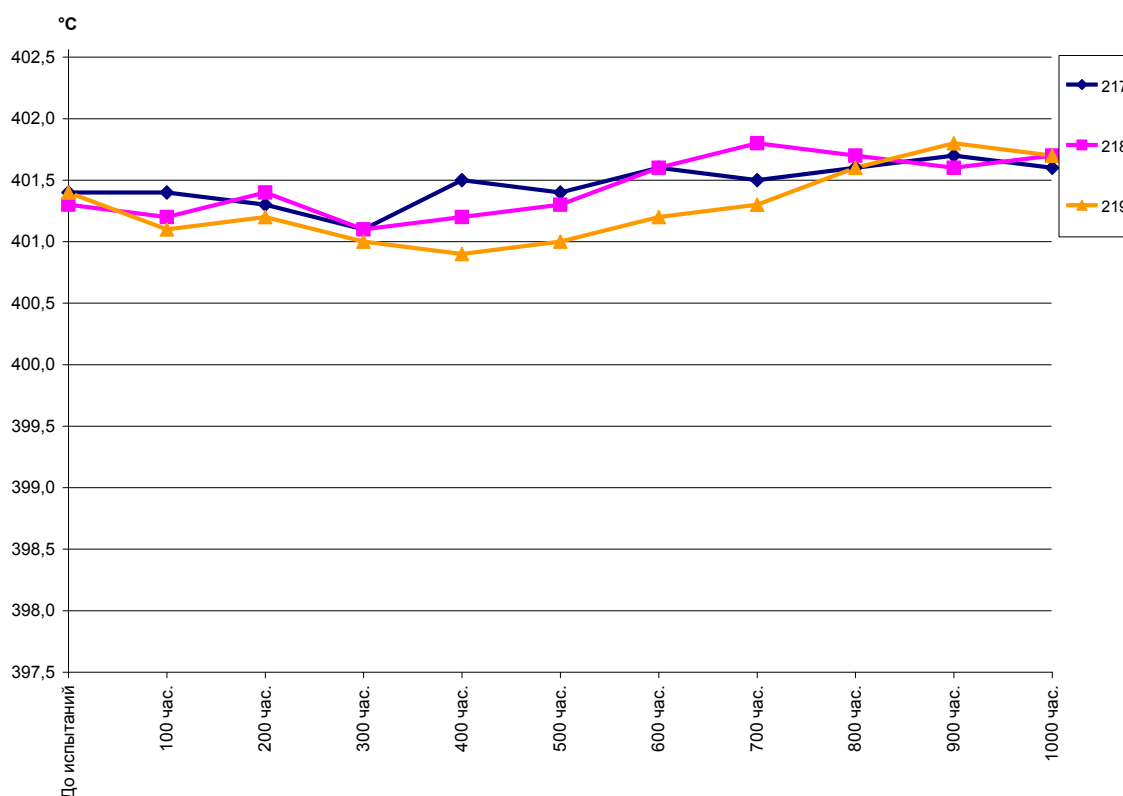
**Графики изменения показаний термопар КТХАС-ОК-5,0
при температуре 200 °С через каждые 100 часов отжига при температуре 400 °С**



**Графики изменения показаний термопар КТХАС-ОК-5,0
при температуре 280 °С через каждые 100 часов отжига при температуре 400 °С**



**Графики изменения показаний термопар КТХАС-ОК-5,0
при температуре 400 °С через каждые 100 часов отжига при температуре 400 °С**



В таблице 2 представлены показатели тепловой инерции испытуемых преобразователей после отжига без и с введением в центральный канал образцового кабельного термометра 3 разряда ТСП-ОМ ЮВМА. 400520.013 ТУ с наружным диаметром 1,6 мм.

Таблица 2 .

№ пп	Тип	Показатели тепловой инерции, сек	
		собственный	с ТСП-ОМ
1	Группа 1	5,8	6,3
		5,4	5,4
		5,8	6,3
2	КТМСО ХК Ø 5,0 од.	6,5	6,9
		6,4	6,6
		6,0	6,4
3	КТМСО ХА Ø 5,0 дв.	5,8	6,0
		4,8	5,0
		5,0	5,2

4	КТМСО ХК Ø 5,0 дв.	7,2	7,6
		7,2	7,9
		6,9	7,4
5	КТМСО ХА Ø 6,5 од.	7,8	8,0
		7,0	7,5
		7,8	8,1
6	КТМСО ХК Ø 6,5 од.	7,8	8,0
		7,8	8,1
		6,8	6,7
7	КТМСО ХА Ø 6,5 дв.	7,8	8,1
		7,2	7,3
		7,7	7,9
8	КТМСО ХК Ø 6,5 дв.	5,0	5,1
		6,2	6,6
		7,5	7,6
9	КТМС ХА Ø 3,0 .	1,4	
		1,2	
		1,1	
10	КТМС ХК Ø 3,0	1,4	
		0,9	
		1,4	
10	Аеропак 120-2М-ЕКС Ø 3,0	1,1	
		1,1	
		1,1	

Анализ приведенных выше результатов исследований кабельных термопреобразователей показывает, что их характеристики сравнимы с характеристиками традиционных кабельных термопреобразователей по ГОСТ 23847-79 и при отработке технологии изготовления имеются резервы достижения более высоких и стабильных показателей.

Приведенные в докладе результаты экспериментальных исследований подтверждают возможность использования кабельных термоэлектрических преобразователей с дополнительным каналом в судовых энергетических установках.

Литература:

- 1 Патент на изобретение № 2276338. RU
- 2 Патент на изобретение №2299408. RU
- 3 Патент на изобретение №2327122. RU
- 4 Патент на полезную модель №95427. RU
- 5 Патент на полезную модель №94336 RU