



Разработка стандарта МЭК 61515

Термопарные кабели в металлической оболочке с минеральной изоляцией и кабельные термопары



65B/898/CD

COMMITTEE DRAFT (CD)

IEC/TC or SC: 65B	Project number IEC 61515/Ed.2	
Title of TC/SC: Temperature sensors and Instruments	Date of circulation 2013-11-15	Closing date for comments 2014-02-21
Also of interest to the following committees	Supersedes document 65B/820/RR	
Proposed horizontal standard <input type="checkbox"/> Other TC/SCs are requested to indicate their interest, if any, in this CD to the TC/SC secretary		
Functions concerned: <input type="checkbox"/> Safety <input type="checkbox"/> EMC <input type="checkbox"/> Environment <input type="checkbox"/> Quality assurance		
Secretary:	THIS DOCUMENT IS STILL UNDER STUDY AND SUBJECT TO CHANGE. IT SHOULD NOT BE USED FOR REFERENCE PURPOSES. RECIPIENTS OF THIS DOCUMENT ARE INVITED TO SUBMIT, WITH THEIR COMMENTS, NOTIFICATION OF ANY RELEVANT PATENT RIGHTS OF WHICH THEY ARE AWARE AND TO PROVIDE SUPPORTING DOCUMENTATION.	

Title:

IEC 61515/Ed.2: Mineral insulated metal sheathed thermocouple cables and thermocouples

IEC 61515

MINERAL INSULATED METAL SHEATHED THERMOCOUPLE CABLES AND THERMOCOUPLES

1 Scope

This international standard establishes the requirements for simplex, duplex and triplex mineral-insulated metal-sheathed thermocouple cables and thermocouples, which are intended for use in general industrial applications. It covers only thermocouple cables and thermocouples with base-metal conductors, of Types T, J, E, K and N.

The specifications in this standard apply to new thermocouple cables and thermocouple units as delivered to the user. They do not apply to the product after use.

External seals, terminations, connections and other accessories are not within the scope of this Standard. This standard does not deal with precious metal thermocouple cables and thermocouples. The special requirements for nuclear primary loop applications are dealt with in the other standards.

Данный стандарт устанавливает требования для однопарных, двухпарных и трехпарных кабелей и термопар для общепромышленного применения. Стандарт распространяется на кабели и термопары из неблагородных металлов типов Т, J, E, К и N.

Характеристики, установленные в стандарте, применимы к новым кабелям и термопарам на момент их поставки заказчику. Они не применимы к термопарам после их использования.

Стандарт не распространяется на внешние заглушки, клеммы, соединительные устройства и другие комплектующие. Стандарт не распространяется на кабели и термопары из благородных металлов. Специальные требования для первичных контуров ядерных реакторов установлены в других стандартах.

КАБЕЛЬ

Типовые испытания: Размеры, качество поверхности, **гибкость оболочки, гибкость кабеля**, эл. сопротивление термоэлектродов, диэлектрическая прочность, соответствие НСХ, сопротивление изоляции кабеля при комнатных температурах.

Дополнительные испытания: Целостность оболочки, сопротивление изоляции при повышенных температурах, **стабильность при температуре верхнего предела применения.**

ТЕРМОПАРА

Типовые испытания: Размеры, качество поверхности, целостность эл. цепи, **диэлектрическая прочность**, сопротивление изоляции кабеля при комнатных температурах, **целостность спая, герметизация холодных концов**, полярность

Дополнительные испытания: Эл. сопротивление термоэлектродов, соответствие НСХ, целостность оболочки, сопротивление изоляции при повышенных температурах, **стабильность при температуре верхнего предела применения**, радиографическое исследование, вибропрочность, ударопрочность, **эффект термоциклирования**, тепловая инерция.

Диапазоны, рекомендуемые МЭК 61515

Примечание: Рекомендованные температуры обусловлены материалом корпуса и/или стабильностью термопары. Они приведены как справочные данные для среднего и длительного времени использования термопар, но они не должны рассматриваться как гарантированные характеристики. На практике температурные пределы могут варьироваться в зависимости от условий, особенно при высоких температурах. Заказчик должен согласовать предельные температуры и другие характеристики с производителем.

Material	D	Tmax for thermocouple Type					Notes on the sheath material characteristics
		°C					
		N	K	J	E	T	
UNS 6600	8	1 150	1 150	720	820	370	Most commonly used High nickel alloy for sheath material is so called Alloy 600 and is a 76% nickel 16% chromium 7% iron alloy with exceptionally good oxidation resistance and strength up to temperatures of 1100 – 1150 °C. It is unsatisfactory in reducing sulphurous atmospheres above 550 °C due to excessive grain boundary attack. It is virtually immune to chloride induced stress corrosion cracking.
	6	1 150	1 150	720	820	370	
	4,5	1 150	1 150	620	730	370	
	3	1 070	1 070	520	650	315	The other type of high nickel special alloy is available in the market. Nominal composition is Mo: 72%, Ni; 14-17% P; 1%, Cr; 0.5%, Co; 0.5%,Mn; 0.15%, Si; 0.015 and others 6-10% . This was developed for the thermocouple industry with exceptionally good oxidation resistance and strength at temperatures up to 1250 °C. The limiting temperature in a reducing sulphurous atmosphere is 500 °C. In an oxidising sulphurous atmosphere it is 800 °C
	2	920	920	440	510	260	
	1,5	920	920	440	510	260	
	1	700	700	260	300	260	
0,5	700	700	260	300	260		

Предложение ПК «Тесей»

- Увеличить **верхний предел** для термопар типа N до 1250 °С (диаметр 4-8 мм) и до 1150 °С (диаметр 3 мм). Снизить для термопар типа K до 800 °С (диаметр 1,5 мм).
- Время испытаний **на верхнем пределе температуры** необходимо **увеличить минимум до 1000 часов** (как у ЧЭ ТС по МЭК 60571) и нормировать вероятность безотказной работы вместо пункта 1 причем отказом может быть: - разрушение защитной арматуры или нарушение целостности оболочки кабеля; - обрыв или короткое замыкание цепи чувствительного элемента; - **изменение ИСХ на верхнем пределе больше допуска отклонения от НСХ по модулю**; - заниженное сопротивление изоляции, измеренное на верхнем пределе температуры;
- Необходимое количество образцов выбирается в зависимости от значения вероятности.

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
КАБЕЛЬНЫЕ ТИПОВ КТХАС, КТХАСп, КТХКС****Технические условия**

Metal sheath thermoelectric temperature
transducers of КТХАС, КТХАСп, КТХКС types.
Specifications

ГОСТ
23847-79*

ОКП 42 1190

Диапазон измеряемых температур при длительном применении, °С	КТХАС-И КТХАС-Н	От минус 50 до 650	От минус 50 до 700	От минус 50 до 900
	КТХКС-И КТХКС-Н	От минус 50 до 400	От минус 50 до 500	От минус 50 до 600
	КТХАСп-И КТХАСп-Н	От минус 50 до 750	От минус 50 до 800	От минус 50 до 1000
Максимальная измеряемая температура при кратковременном применении, °С	КТХАС-И КТХАС-Н КТХАСп-И КТХАСп-Н	1300		
	КТХКС-И КТХКС-Н	800		

The Choice Of Sheathing For Mineral Insulated Thermocouples

H.L. Daneman, P.E.

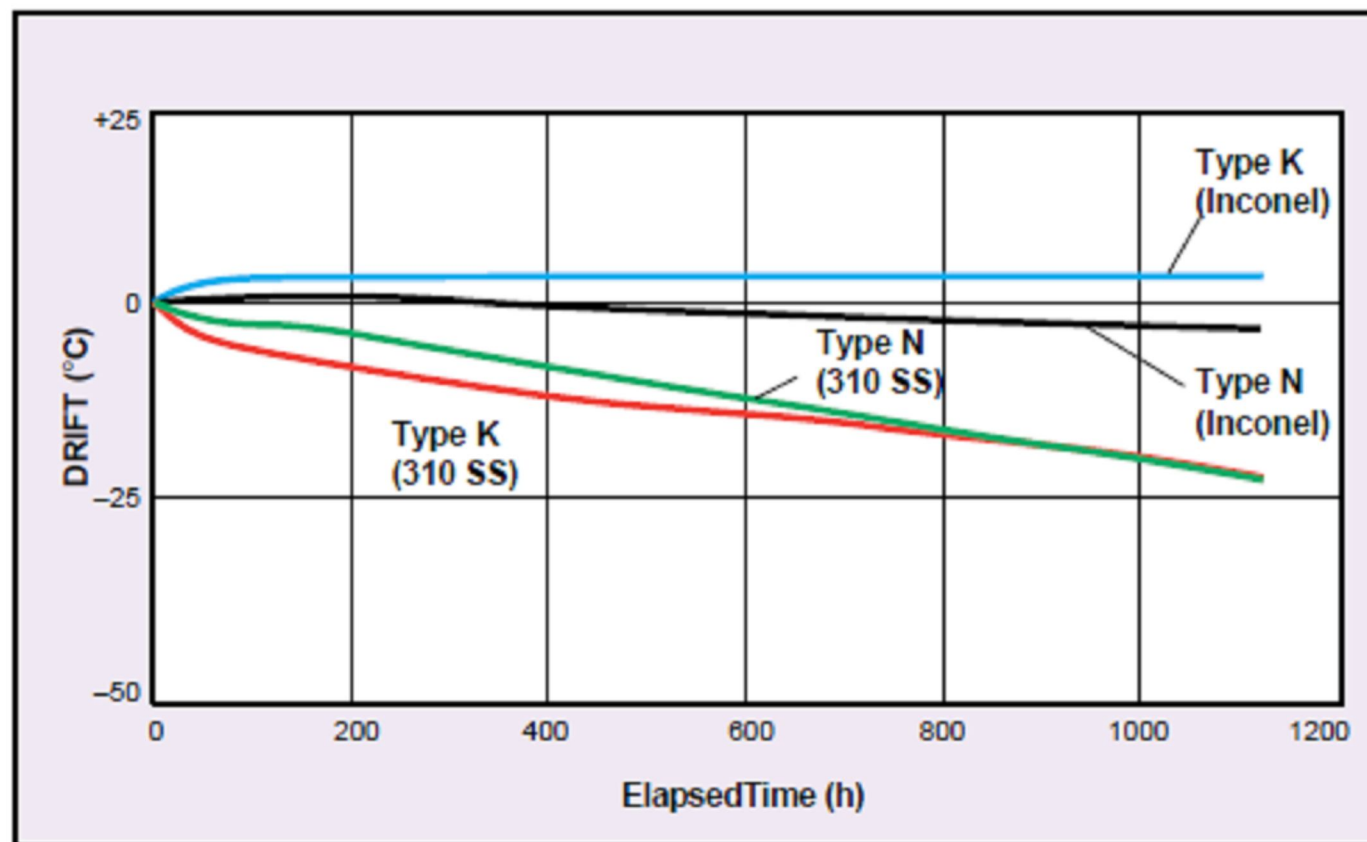


Figure 1. Drift of 3 mm diameter stainless steel sheathed and Inconel 600 sheathed type K and Nicrosil vs. Nisil thermocouples in 1200°C in vacuum. The dips in the drift curve are the result of the "in-place inhomogeneity test" where the samples were extracted from the furnace by 5 cm.

Improving Industrial Thermocouple Temperature Measurement

William Schuh and Nathan Frost

Watlow Electric Manufacturing Company, Richmond, IL, USA

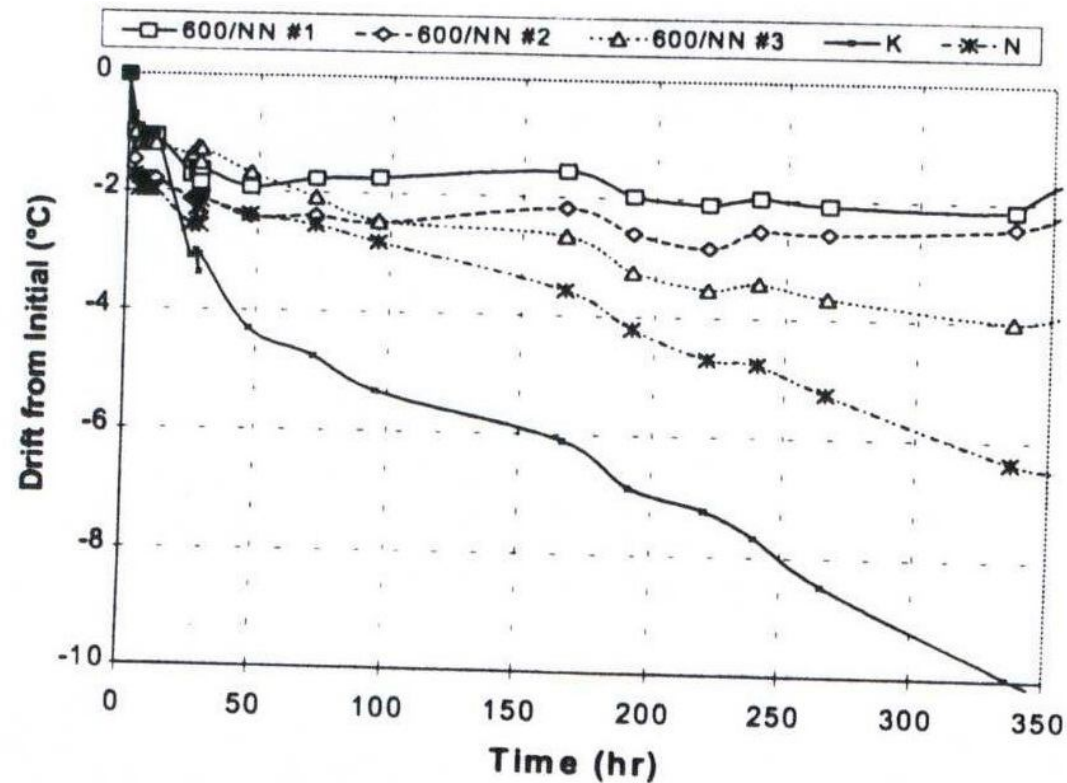


FIGURE 3. Drift test of nonstandard and standard type K and N MI thermocouples at 1250 °C.

High Temperature Irradiation Resistant Thermocouples – A Low Cost Sensor for In-Pile Testing at High Temperatures

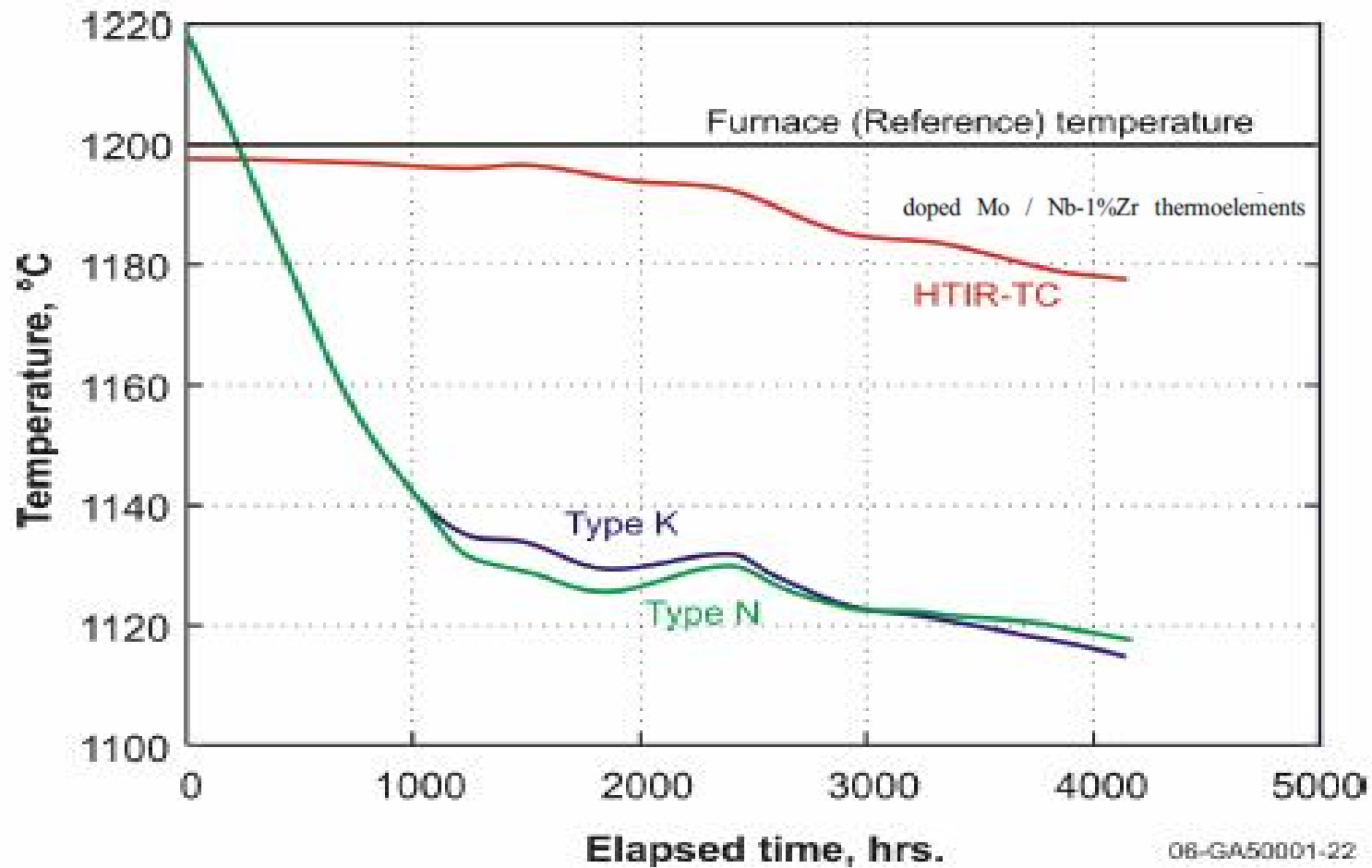
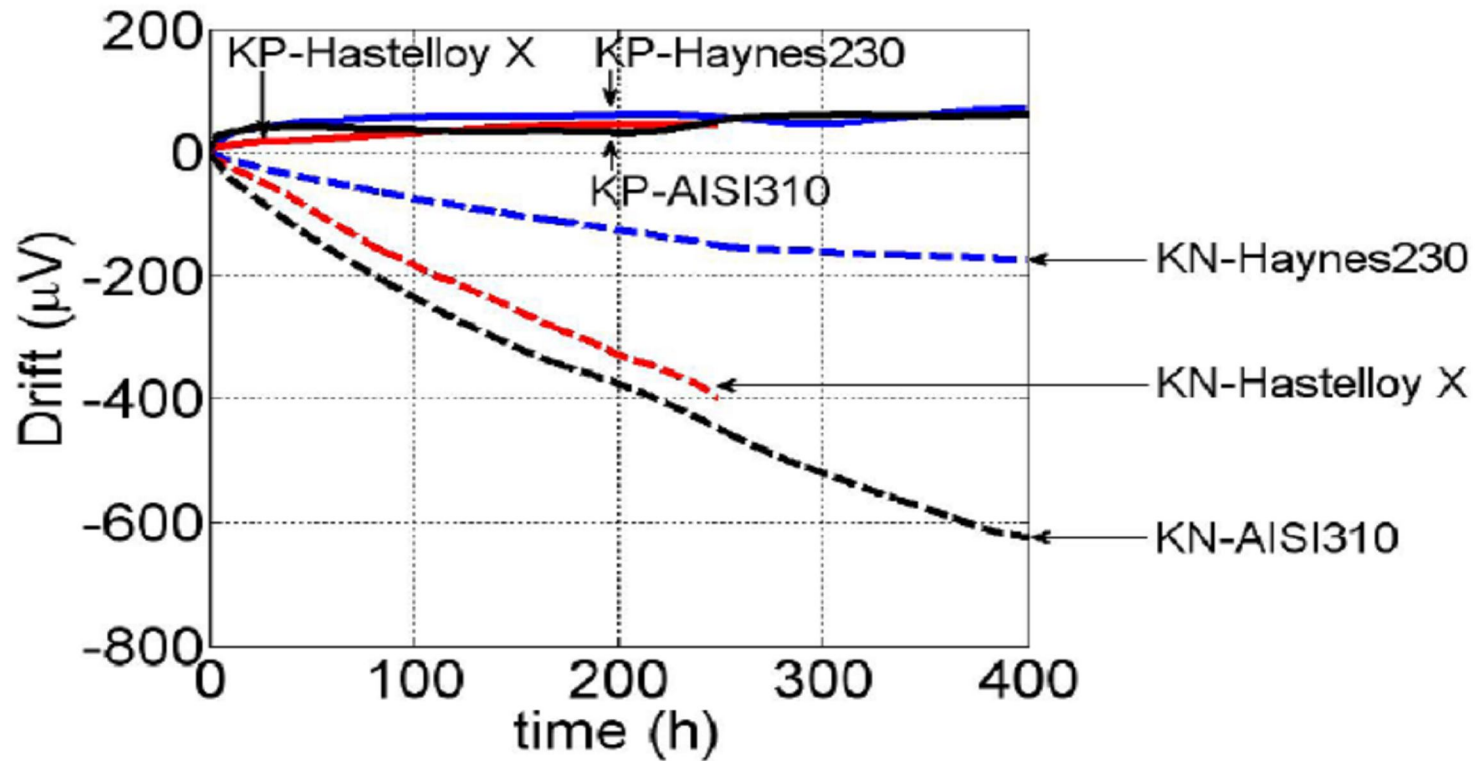


Fig. 5. Representative TC response in the 1200 °C test.

Emf-MIMS TC: drift-sheath-1200°C



Испытание на стабильность при верхнем температурном пределе

5.2.2.7 Stability test at upper temperature limit

A sample of the cable not less than 1.5 m in length shall be inserted into the heating chamber or furnace so that the sealed ends extend out of it by not less than 150 mm. The temperature of the furnace shall be increased to the upper limit of the cable (or other temperature agreed between supplier and user) and kept at that value for 168 h (1 week) or for other time interval on the request of the user. After the exposure the cable insulation resistance shall comply specification of 5.2.2.5 and measured EMF at a calibration temperature close to the upper temperature limit comply specification of 5.2.2.4.

Образец кабеля, длиной не менее 1,5 м должен быть помещен в камеру тепла или печь таким образом, чтобы герметизированные концы кабеля выступали из печи не менее чем на 150 мм. Печь должна быть нагрета до **температуры верхнего предела применения кабеля** (или до другой температуры по согласованию с заказчиком) и должна поддерживаться на этом уровне в течение **168 ч (1 неделя)** или в течение другого времени по согласованию с заказчиком. После этого сопротивление изоляции должно удовлетворять п. 5.2.2.5, **а измеренная ТЭДС в точке, близкой к верхнему пределу применения, должна соответствовать п. 5.2.2.4. (НСХ)**

ТУ Кирскабель

1.7.1 Минимальная наработка кабеля **10 000 ч.** при 800 °С (ХК) и 1000 °С (ХА, НН).

3.6.1 Испытания по подтверждению наработки по 1.7.1 проводят ускоренным методом при воздействии повышенных температур.

Таблица 6

Диаметр кабеля, мм	Марка кабеля	Испытательная температура, °С	Время выдержки, ч
0,9; 1,0; 1,3; 1,5; 1,6; 2,0; 2,5	КТМС; КТМС310; КТМСн	800	100
	КТМСп; КТМСэп; КТМСнн	1000	125
3,0; 4,0; 4,5; 4,8; 5,0; 6,0; 4,6; 7,2; 8,0	КТМС310	900	570
	КТМС; КТМСн	1000	570
	КТМСп; КТМСнн КТМСэп	1100	570

1.3.2 В кабеле не должно быть обрывов термоэлектродных жил

1.3.5 Оболочка должна быть герметичной (водонепроницаемой).

IEC 60300-3-5 ed1.0

- Dependability management - Part 3-5: Application guide - Reliability test conditions and statistical test principles
- **Менеджмент надежности** – часть 3-5: Практическое руководство– Условия испытаний на надежность и принципы статистических испытаний.

Вопросы, которые необходимо решить

- Нужно ли включать испытания на стабильность ТЭДС кабеля и термопар в стандарт?
- Температура испытаний?
- Продолжительность выдержки?
- Критерии годности.

Stability of a Cable Nicrosil-Nisil Thermocouple under Thermal Cycling

A. V. Belevtsev, A. V. Karzhavin, and A. A. Ulanowsky

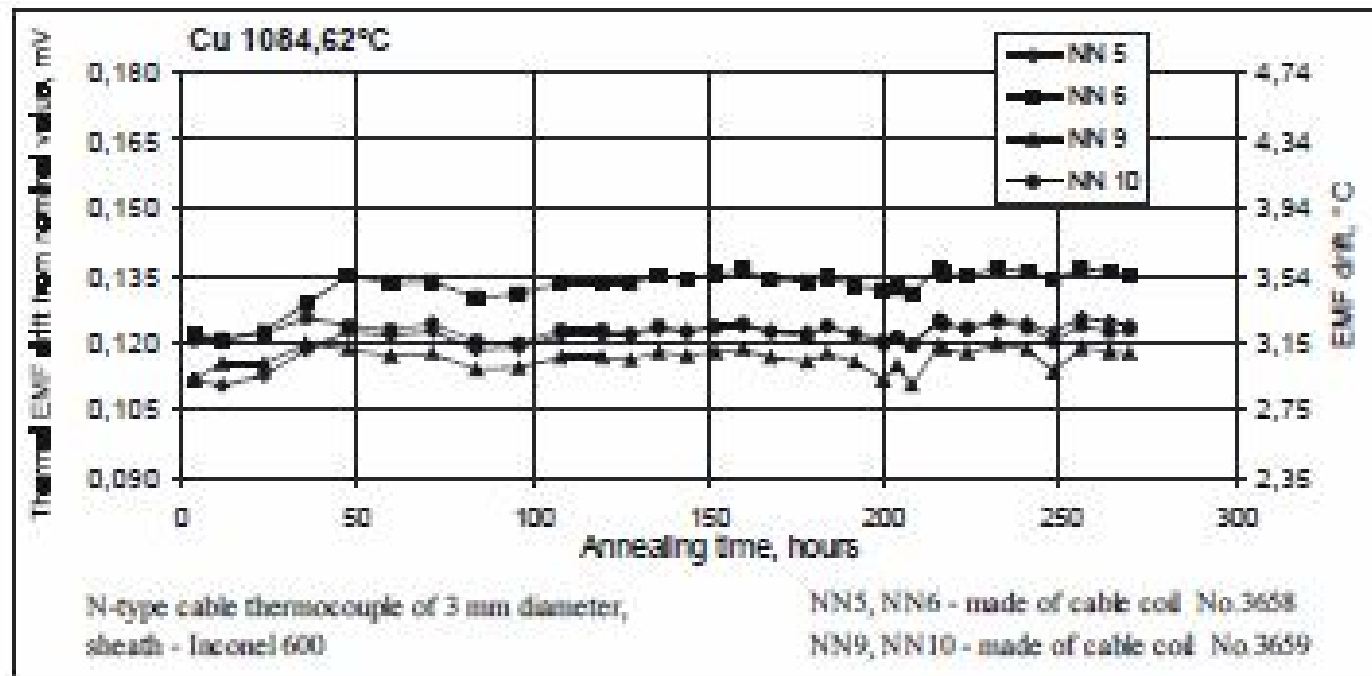


FIGURE 4. Thermal EMF Drift of Type N Cable Thermocouples of 3 mm Outer Diameter During Long-term Annealing in Air at a Temperature $1085 \pm 10^\circ\text{C}$. The nominal EMF value of a type N thermocouple at the copper freezing point equals 39.502 mV.

Life Expectancy Study of Small Diameter Type E, K, and N Mineral Insulated Thermocouples above 1000 °C in Air

K.C. Sloneker
EDL Inc, Danville VA, USA
sloneker@edl-inc.com

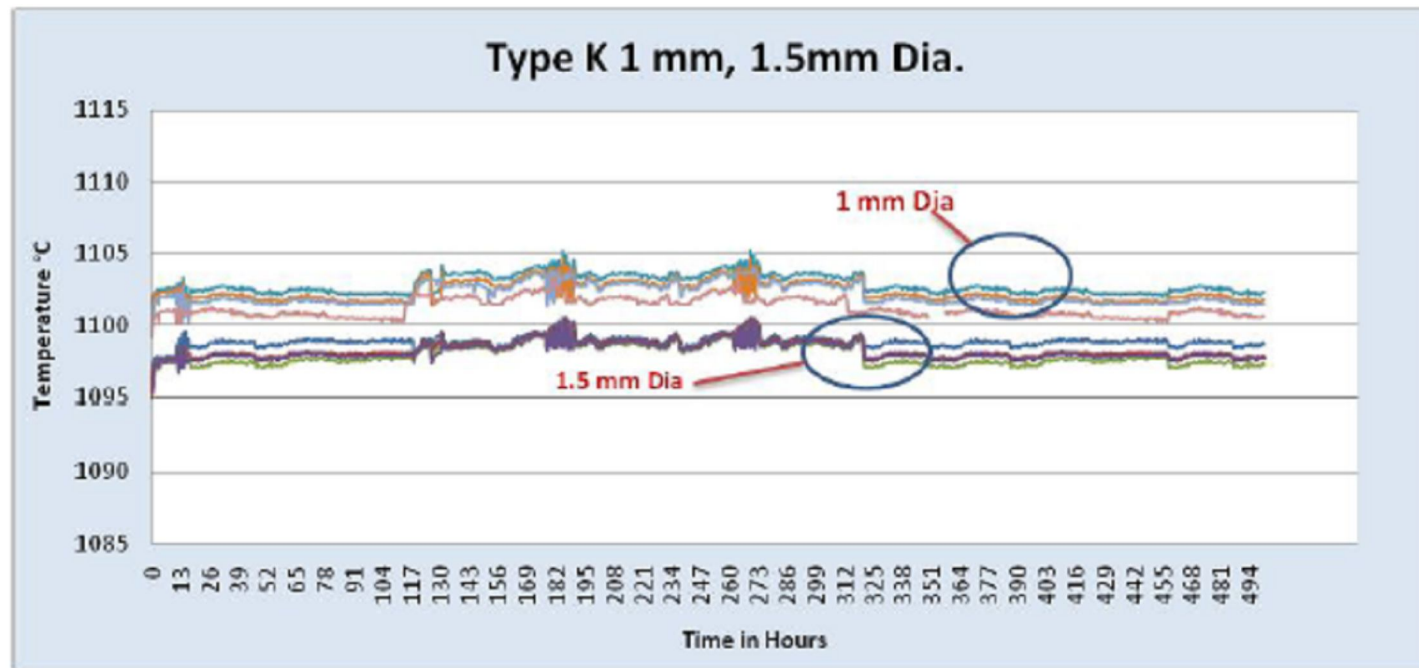


Figure 4, Type K 1 mm and 1.5 mm Results at 1100 °C

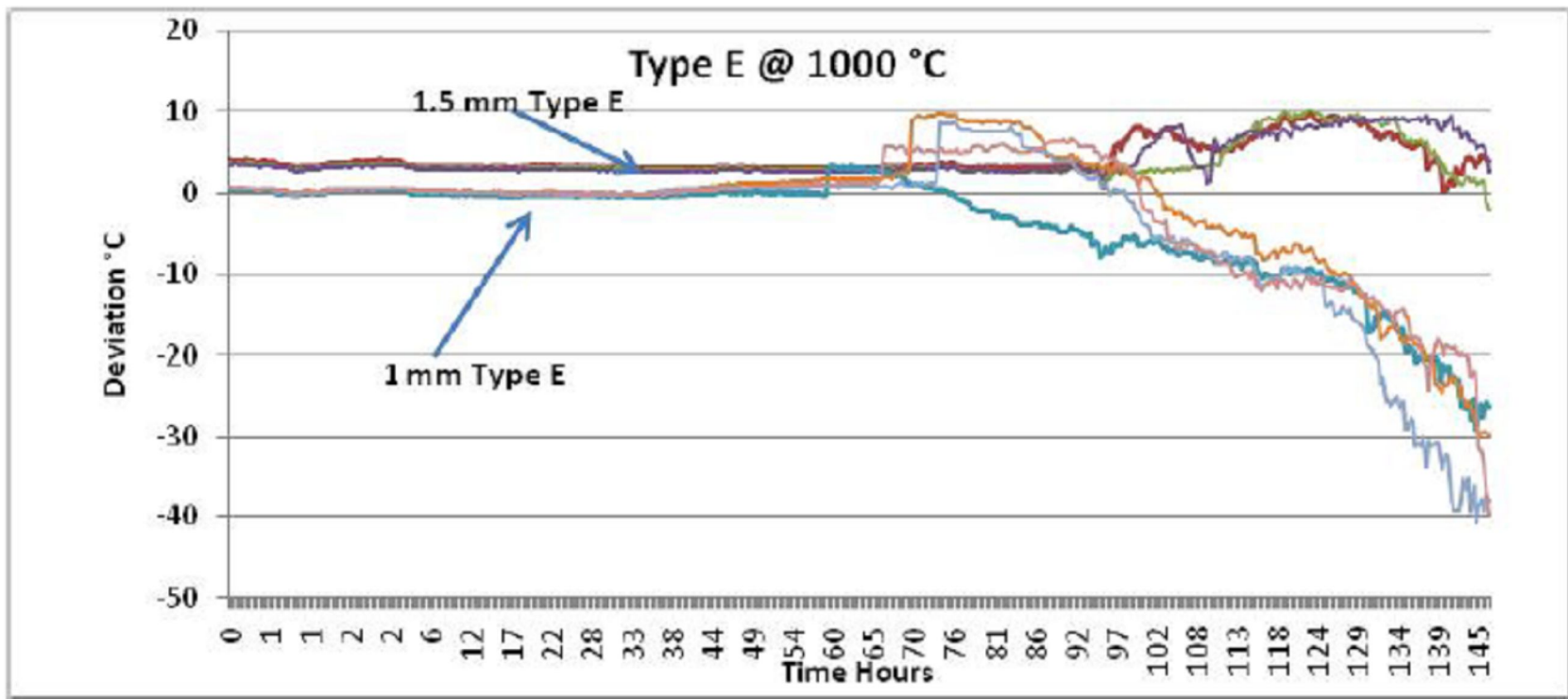


Figure 7, 1.0 mm and 1.5 mm @ 1000 °C Results in Deviation

Improving Industrial Thermocouple Temperature Measurement

William Schuh and Nathan Frost

Watlow Electric Manufacturing Company, Richmond, IL, USA

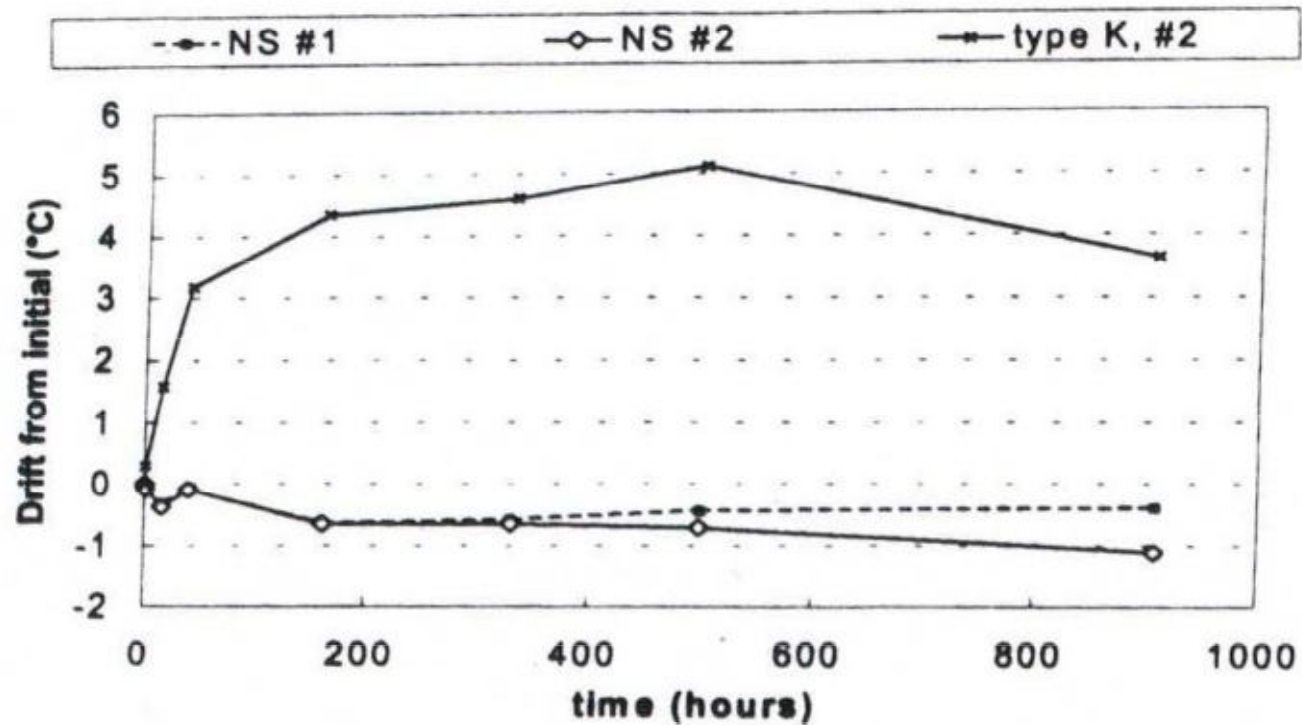


FIGURE 4. Drift test of nonstandard and standard type K MI thermocouples at 1000 °C.

Low-Temperature Drift in MIMS Base-Metal Thermocouples

E. S. Webster

New Zealand

Table 4 Limits-of-error (LOE) comparison for MIMS 1.5 mm and 3 mm diameter thermocouples ‘as supplied’ (AS) and after 200 hours at 200 °C in either the sealed heat-pipe (HP) or gradient furnace

Type	LOE	Manufacturer A				Manufacturer B			
		1.5 mm AS	1.5 mm HP	3 mm AS	3 mm Furnace	1.5 mm AS	1.5 mm HP	3 mm AS	3 mm Furnace
J	2.2 °C	-1.6 °C	-1.1 °C	-1.7 °C	-1.5 °C	-0.8 °C	-0.3 °C	-2.4 °C ^a	-2.1 °C
N	2.2 °C	-1.7 °C	-2.2 °C ^a	-0.3 °C	-0.7 °C	+0.2 °C	-1.5 °C	-1.1 °C	-1.7 °C
E	1.7 °C	+1.2 °C	+1.8 °C ^a	+0.7 °C	+0.8 °C	-	-	+0.0 °C	+0.1 °C
T	1.0 °C	+0.7 °C	+1.1 °C ^a	+0.6 °C	+0.7 °C	+0.1 °C	+0.9 °C	+0.2 °C	+0.5 °C
K	2.2 °C	-1.1 °C	-0.8 °C	-2.3 °C ^a	-2.2 °C ^a	-1.1 °C	-0.4 °C	-3.5 °C ^a	-3.0 °C ^a

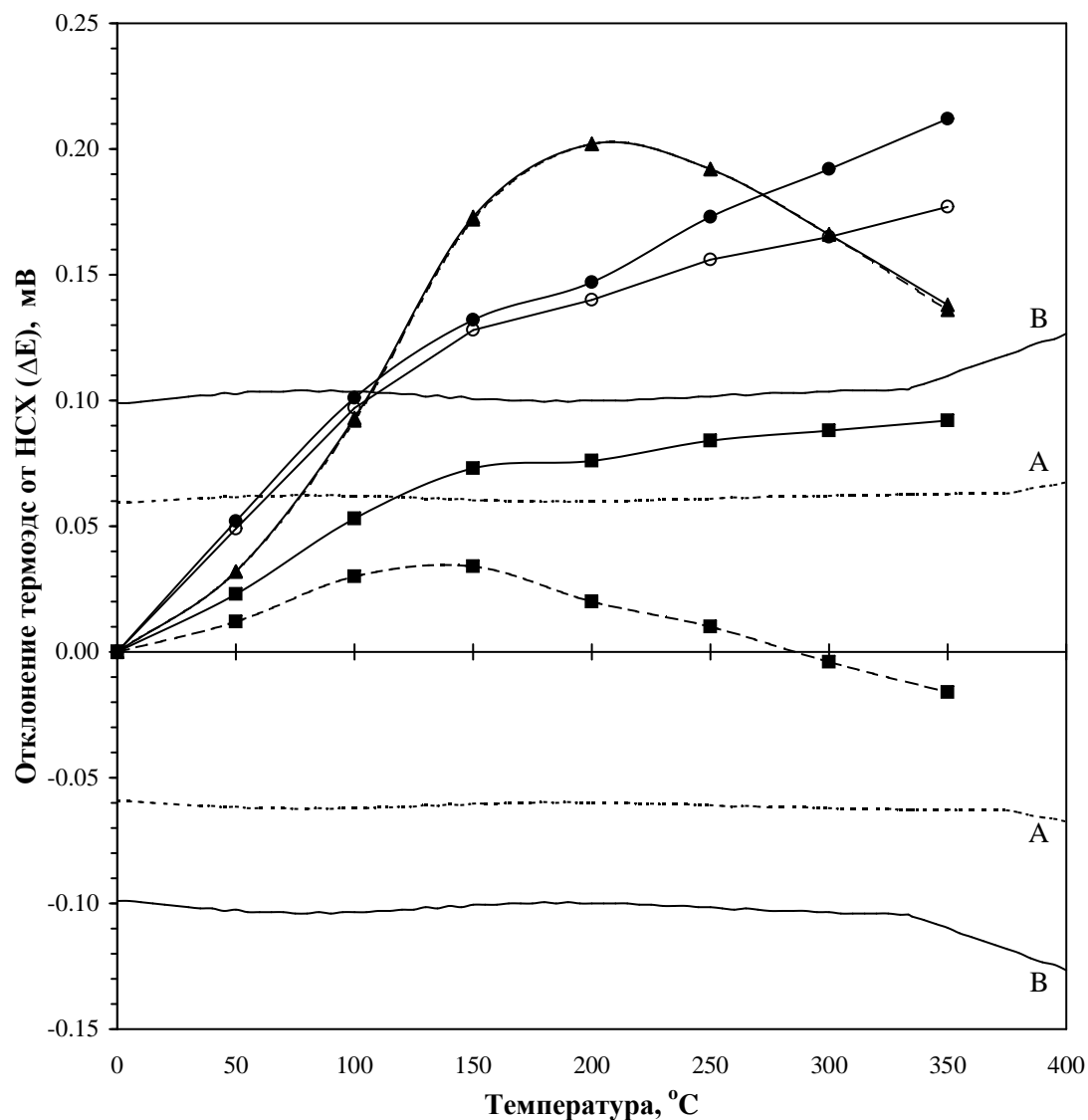
^a At or outside LOE specification

НИЦ "Курчатовский институт" (Конин Д.И., Цветков А.Г., Хализов М.В.)

Основное требование к термообработке термопарного кабеля типа К:

отжиг при температуре выше верхнего предела рабочего диапазона т.е. $+410 \div 425$ °С в течение **120 часов**; обеспечение равномерного поля температур на бухте (в пределах не более 3 °С) при отжиге.

Как правило, термообработка приводит к увеличению термоэдс и смещению градуировочной характеристик от НСХ выше предела допуска (см. Рисунок 1).



**Предложение по формулировке:
испытание на стабильность при температуре
применения**

- Испытание проводится на одном или нескольких образцах кабеля определенного типа.
- Температура испытаний согласуется с заказчиком.
- Время испытаний согласуется с заказчиком, но не менее 6 ч.
- Проверка после испытаний: целостность оболочки, сопротивление изоляции, дрейф ТЭДС (не более допуска). По согласованию с заказчиком, требования к дрейфу могут быть изменены.

Испытание на термоциклирование

- Нужно ли испытывать?
- Испытывать кабель и/или готовые термодпары?
- Температура испытаний.
- Методика нагрева и охлаждения.
- Количество циклов

Stability of a Cable Nicrosil-Nisil Thermocouple under Thermal Cycling

A. V. Belevtsev, A. V.
Karzhavin, and A. A.
Ulanowsky

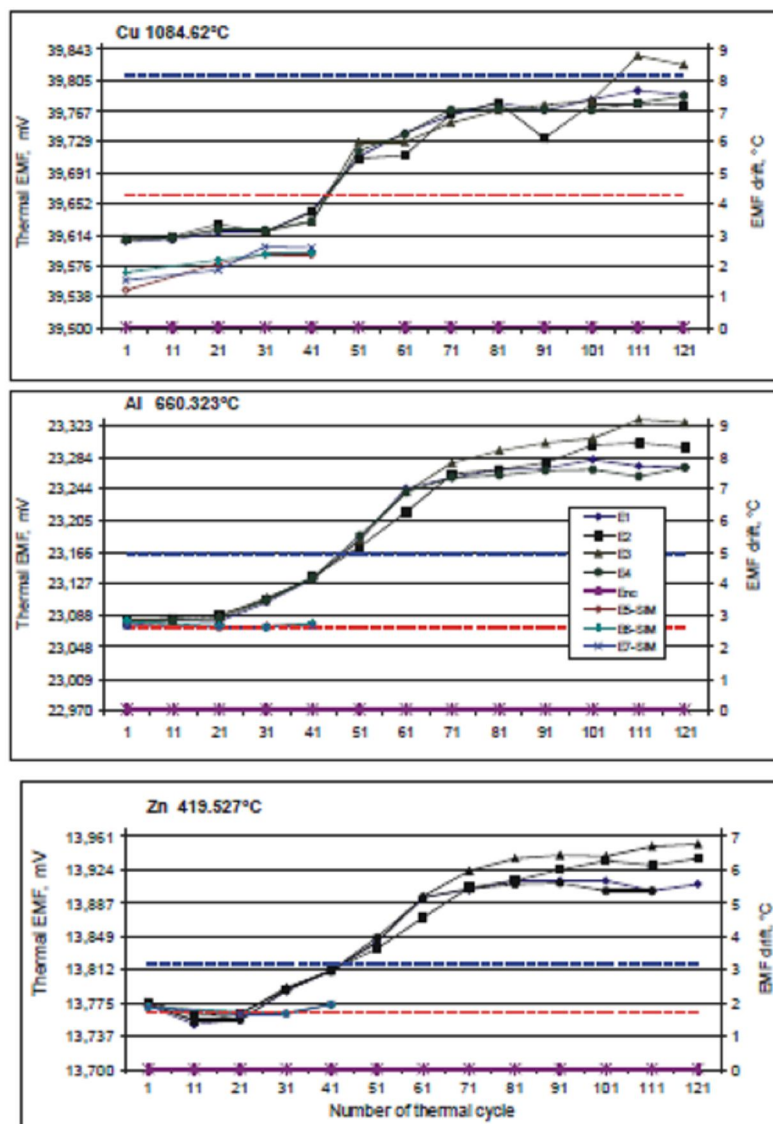


FIGURE 3. Thermal EMF Changes at the Freezing Points of Copper, Aluminium, Zinc for Type N Cable Thermocouples of 3 mm Outer Diameter under Thermal Cycling in Air.

Stability of Cable Thermocouples at the Upper Temperature Limit of their Working Range

A. A. Ulanovskiy¹, E. S. Zemba¹, A. M. Belenkiy²,
S. I. Chibizova², and A. N. Bursin²

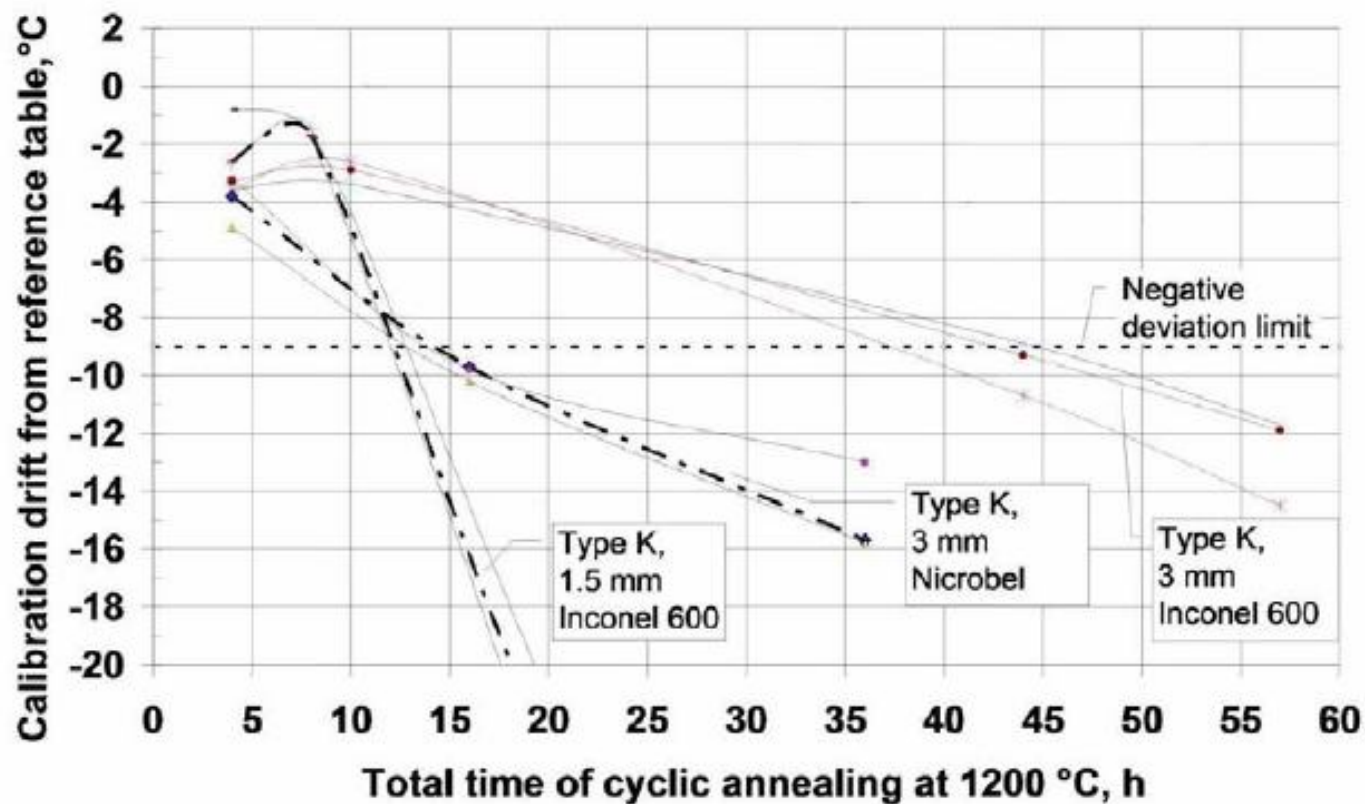


FIGURE 3. Drift of the calibration points relatively reference table for type K cable thermocouples at the calibration temperature 1200 °C during the time of cyclic annealing at 1200 °C.

Stability of Cable Thermocouples at the Upper Temperature Limit of their Working Range

A. A. Ulanovskiy¹, E. S. Zemba¹, A. M. Belenkiy²,
S. I. Chibizova², and A. N. Bursin²

Результаты работы показали, что стабильность кабельной термопары на воздухе при температуре 1200 С зависит, главным образом, **от ее диаметра**, а не от типа термопары или типа жаростойкой оболочки.

Допустимое время эксплуатации в режиме **термоциклирования** для кабельных термопар диаметром **1.5 мм** ограничено **15-16 ч**, а для термопар **3 мм** **40-45 ч**.

**Предложение по формулировке:
испытание на термоциклирование при
температуре применения**

- Испытание проводится на одном или нескольких образцах кабеля определенного типа.
- Температура испытаний и количество циклов нагрева-охлаждения согласуется с заказчиком.
- Проверка после испытаний: целостность оболочки, сопротивление изоляции, дрейф ТЭДС (не более допуска). По согласованию с заказчиком, требования к дрейфу могут быть изменены.