

Основные сведения о термопаре

Указания по применению

Серия заметок о применении термопар

Это первая из четырех заметок о применении термопар:

1. Основные сведения о термопаре
2. Как выбрать оборудование для калибровки термопары
3. Расчет неопределенности в системе калибровки термопары
4. Как откалибровать термопару

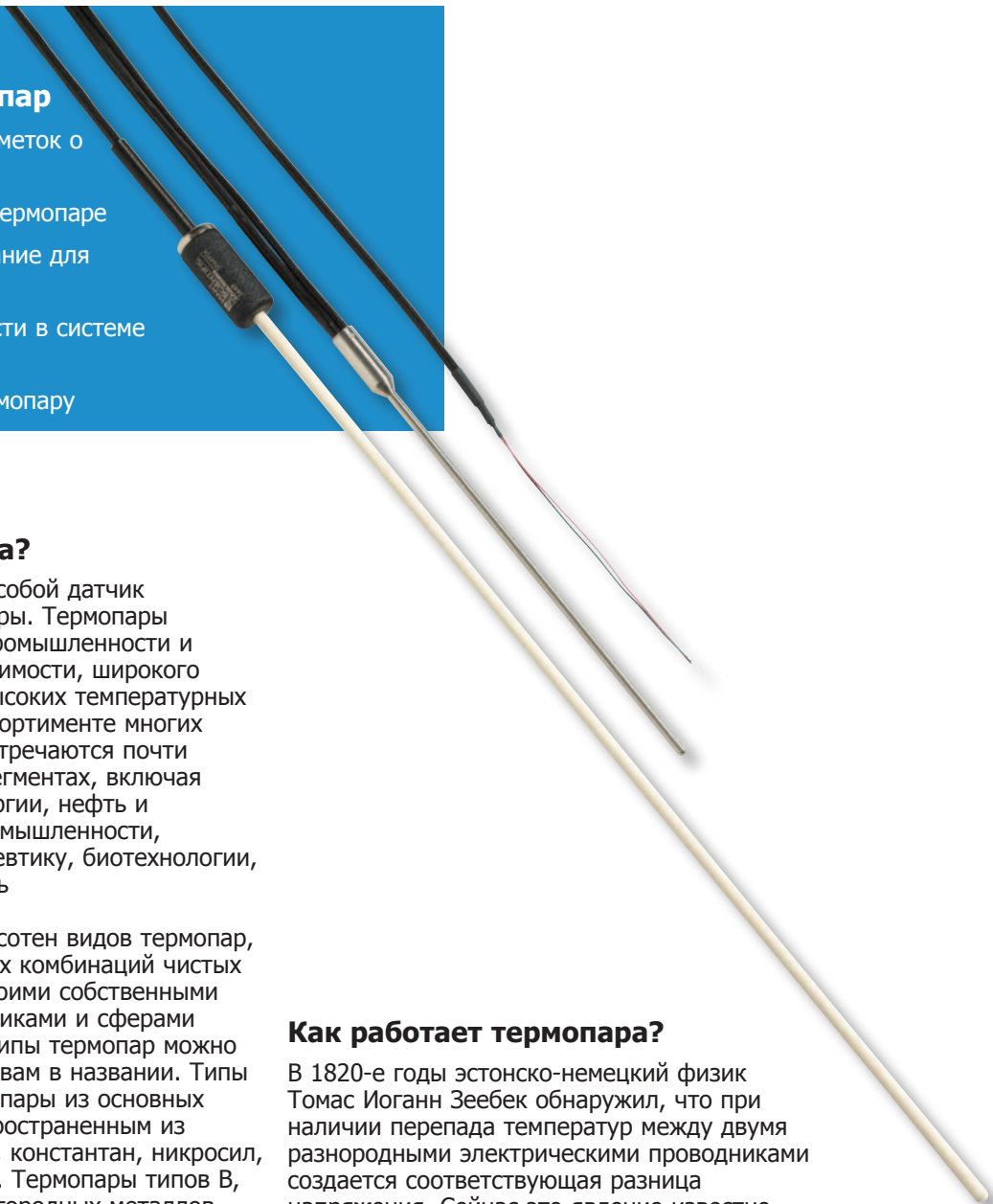
Что такое термопара?

Термопара представляет собой датчик для измерения температуры. Термопары широко применяются в промышленности и науке из-за их низкой стоимости, широкого диапазона температур, высоких температурных пределов и наличия в ассортименте многих типов и размеров. Они встречаются почти во всех промышленных сегментах, включая производство электроэнергии, нефть и газ, аэрокосмическую промышленность, полупроводники, фармацевтику, биотехнологии, пищевую промышленность и металлургию.

Существует несколько сотен видов термопар, построенных из различных комбинаций чистых металлов и сплавов со своими собственными уникальными характеристиками и сферами применения. Различные типы термопар можно идентифицировать по буквам в названии. Типы E, J, K, N и T — это термопары из основных металлов, наиболее распространенным из которых является железо, константан, никросил, медь, хромель и алюмель. Термопары типов B, R и S изготовлены из благородных металлов (главным образом платины и родия), являются более дорогостоящими и используются в условиях высоких температур.

Как работает термопара?

В 1820-е годы эстонско-немецкий физик Томас Иоганн Зеебек обнаружил, что при наличии перепада температур между двумя разнородными электрическими проводниками создается соответствующая разница напряжения. Сейчас это явление известно как эффект Зеебека или термоэлектрический эффект. Поведение термопар определяется «эффектом Зеебека».



На рис. 1 показан пример устройства термопары. Термопара состоит из двух различных проводов термоэлементов А и В, которые соединены на одном конце T_1 («горячий» спай). Провода изолированы друг от друга по всей длине. На другом конце T_2 («холодный» спай) поддерживается постоянная эталонная температура (обычно точка плавления льда). Холодный спай находится там, где провод термопары переходит в медную проволоку для подключения к измерителю. Провод термопары может быть подключен непосредственно к измерителю или счетчику, который оснащен внутренним контуром холодного спая. Эта конфигурация обычно менее точна, чем при использовании внешнего холодного спая в точке плавления ванны со льдом. Разница между фактической температурой T_1 и эталонной температурой T_2 корректируется с помощью электроники в измерительном приборе термопары, чтобы указать фактическую температуру T_1 . Эта регулировка называется компенсацией холодного спая (СЖС).

Напряжение (термоэлектрическая сила) создается между проводами холодного спая (T_2), когда горячий спай (T_1) подвергается воздействию температуры, отличной от температуры холодного спая. Прибор, подключенный к проводникам холодного спая, используется для чтения напряжения термопары.

Теоретически это измерение напряжения зависит только от разности температур ($T_1 - T_2$). По мере изменения T_1 выходное напряжение термопары изменяется пропорционально изменению температуры, но не линейно. Выходное напряжение лежит в диапазоне от -10 до 77 мВ (в зависимости от типа термопары и измеряемой температуры). Корреляция температуры с напряжением устанавливает отношения, уникальные для различных типов термопар. Эти отношения представлены в справочных таблицах, которые являются основой для калибровки термопары.

Почему термопарам требуется калибровка?

Важно отметить, что напряжение термопары генерируется не в точке «горячего спая», где соединены два металла (T_1), но скорее по всей длине (от T_1 до T_2), по которой на провода действует температурный градиент. Разность температур спаев и измерительное напряжение точны, только если каждый провод термопары является однородным по составу. Так как термопары используются в промышленных условиях, проводник может потерять однородность из-за тепла, химического воздействия или механических повреждений (например, изгиб в проводе при температурном градиенте). Если неоднородное сечение цепи термопары подвергается

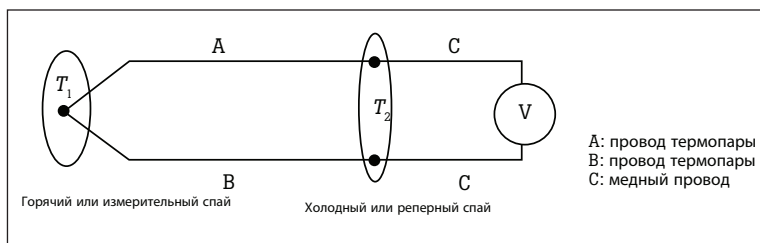


Рис. 1: Конструкция термопары.

воздействию температурного градиента, измеряемое напряжение будет отличаться, что приведет к погрешностям. Поэтому необходимо периодически проверять термопары и выполнять их калибровку, чтобы обеспечить точность измерения.

Термопары из недорогих металлов (типа Е, J, К, N и Т) часто проявляют «неоднородность», когда подвергаются воздействию температуры выше 200 °С. При нагревании этих термопар в печи провод также изменяет свои свойства или вследствие перемещения может измениться температурный градиент. И то, и другое приведет к ошибкам калибровки.

В таких случаях необходимо провести калибровку на объекте. Это делается путем установки эталонного термометра рядом с калибруемой термопарой и сравнения показаний.

Термопары из благородных металлов (типы В, R и S) могут также пострадать от неоднородности, но последствия будут незначительными (около 0,3 °С), так что такие термопары можно будет успешно откалибровать. Термопары из основных металлов, используемые только при температурах ниже 200 °С (тип К ниже 120 °С), как правило, не проявляют сильной неоднородности, так что их можно откалибровать вне объекта.¹

¹См. техническое руководство Новозеландской лаборатории метрологических стандартов «Понимание термопары», чтобы узнать больше о неоднородности термопары.

Fluke Calibration. Точность, эффективность, надежность.™

Электрика	PC	Температура	Давление	Расход	ПО
-----------	----	-------------	----------	--------	----

Fluke Calibration
PO Box 9090, Everett, WA 98206 U.S.A.

Fluke Europe B.V.
PO Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, The Netherlands

ООО «Флюк СИИЭС»
125167, г. Москва, Ленинградский
проспект дом 37, кор. 9
Тел: +7 495 664 75 12
Факс: +7 495 664 75 13
e-mail: info@fluke.ru

Для получения более подробной информации звоните:
В США: тел. (877) 355-3225 или факс (425) 446-5116
В Европе, в Африке, на Ближнем
Востоке: тел. +31 (0) 40 2675 200 или факс +31 (0) 40 2675 222
В Канаде тел. (800)-36-FLUKE или факс (905) 890-6866
В других странах тел. +1 (425) 446-5500 или факс +1 (425) 446-5116
Веб-сайт: <http://www.flukecal.com>

© Fluke Calibration, 2015.
Технические характеристики могут меняться без предварительного уведомления.
Отпечатано в США. 7/2015
Pub-ID 19273-rus

Внесение изменений в этот документ не допускается без письменного разрешения Fluke Corporation.