

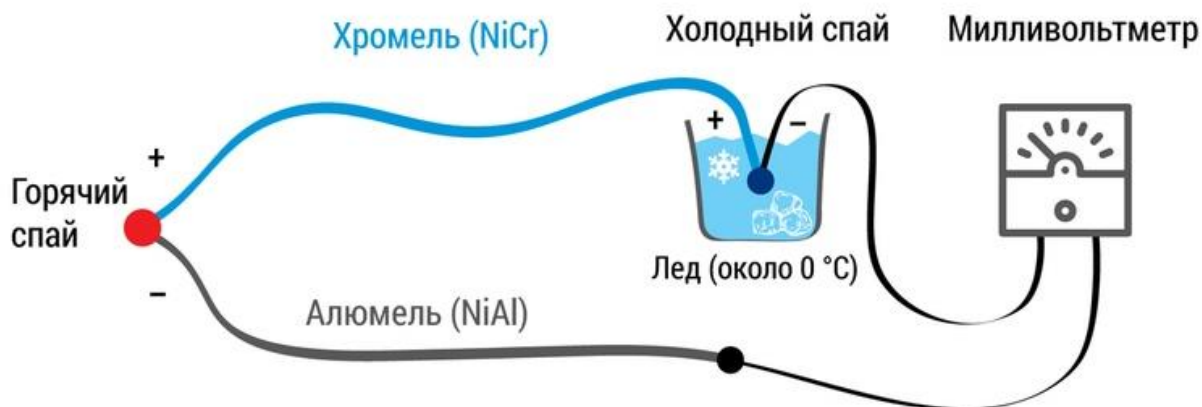
# Мир термопар. Погружение

Сидорцев Алексей, продукт-менеджер по датчикам температуры OVEN

Кажется, что термопара – самый простой датчик температуры наряду с ртутным градусником. Ну, а чего тут сложного? Скрутили-спаяли с концов две проволоки из разных металлов, погрузили «горячий» спай в печку, а «холодный» – в лед, и ловите заветные милливольты, переводите в температуру. Так? Так-то так, да не совсем. Ох, не так они просты, эти датчики, недаром существуют сотни их разновидностей. Почему так много? Попробуем разобраться.

## Немного истории

Термопары, как известно, изобрел еще в 19-ом веке «товарищ Зеебек» (как назвал ученого один наш дилер). Но и в 21-ом веке – это самые популярные датчики для измерения температуры, применяемые в промышленности. Не будем подробно останавливаться на физике работы термопары – об этом написано полным-полно статей и учебников. Примем как факт: если держать «холодный» спай двух разнородных проволок при нулевой температуре, а «горячий» – в среде, температуру которой нужно измерить, то по стрелочке милливольтметра, включенного в цепь нашей термопары, мы увидим, что в термопаре «побежит» электрический ток и появятся милливольты термоэлектродвижущей силы (ТЭДС). Причем величина ТЭДС будет зависеть только от изменения температуры «горячего» спая.



Сейчас, конечно, нет никакого смысла держать «холодный» спай при 0 °C. Все измерители и контроллеры – так называемые вторичные приборы,

к которым подключаются термопары, – автоматически корректируют температуру «холодного» спая. Точно так же все современные приборы автоматически переводят милливольты в градусы Цельсия, и никакими таблицами перевода пользоваться не нужно. Остается вопрос: из каких же металлов выбрать проволоку для термоэлектродов термопары?

По итогам долгих поисков ученых всего мира были приняты примерно две дюжины металлов и сплавов, наилучшим образом подходящих на роль проводников-термоэлектродов. Их попарно скомпоновали в «нерушимые» связки, называемые типами термопар: хромель – алюмель ХА (К), хромель – копель ХК (L), нихросил-нисил НН (N), железо-константан ЖК (J), платинородий-платина ПП (S, R), платинородий-платинородий (В) и др. Друг от друга они отличаются вырабатываемой ТЭДС, температурами применения, чувствительностью, особенностями эксплуатации и т.д. Рассмотрим подробнее наиболее распространенные.

## Наиболее распространенные типы термопар и их особенности

### Хромель-алюмель (К)

Широко применяется на производствах и в лабораторных исследованиях. Не боится деформации, имеет хорошую чувствительность. В этой «паре» со временем происходит дрейф ТЭДС, т.е. растет погрешность измерения. Это зависит от условий эксплуатации – величины измеряемых температур; состава среды, с которой контактирует термопара; конструктивного исполнения термопары и т.д.

Диапазон измеряемых температур этой термопары:  $-200 \dots 1200$  °С, но мы не советуем применять ее на предельных значениях, т.к. это приводит к ускоренному дрейфу термо-ЭДС, и термопара прослужит меньше.

Именно поэтому мы ограничили диапазон применения [наших хромель-алюмелевых термопар ДТПК](#) температурами:  $-40 \dots 1100$  °С.

## **Хромель-копель (L)**

Также является широко применяемой термопарой в России и СНГ. По сравнению с ХА верхняя граница диапазона измеряемых температур у нее ниже ([для термопар ОВЕН ДТПЛ: до +600 °С](#)).

К ее достоинствам относится высокая чувствительность и высокая термо-электрическая стабильность, т.е. ничтожно малый дрейф ТЭДС термопары вовремя эксплуатации. Недостаток все же имеется – это высокая чувствительность к деформации.

В дальнем зарубежье почти не применяется, и там типу «L» соответствует совсем другая термопара – железо-медьникель. Максимально похожая по характеристикам, применяемая в Германии и других странах – тип «E», хромель-константан.

## **Железо-константан (J)**

Еще одна термопара для измерения не очень высоких температур (до +750 °С). Ее особенность – стабильная работа в восстановительной среде (СО и Н<sub>2</sub>), чем не могут «похвастаться» остальные типы термопар. Поэтому для контроля температуры в печах безокислительного нагрева металла, да и вообще в агрегатах с восстановительной атмосферой внутри термопары типа J будут лучшим выбором.

## **Нихросил-нисил (N)**

Эта термопара является улучшенной версией термопары ХА. Температура применения – до 1250 °С, дрейф термоЭДС или рост погрешности измерения гораздо слабее. Это позволяет в ряде случаев применять данную термопару в качестве замены дорогостоящим термопарам из благородных металлов, например, вместо платинородий-платиновой (S). ДТПН считается самой точной термопарой из неблагородных металлов.

**Платинородий-платина (S, R), платинородий-платинородий (B).**  
**Относятся к классу термопар из благородных металлов.**

Широко распространены во всем мире, альтернативы им для измерения температур в диапазоне 1250...1600 °С практически нет.

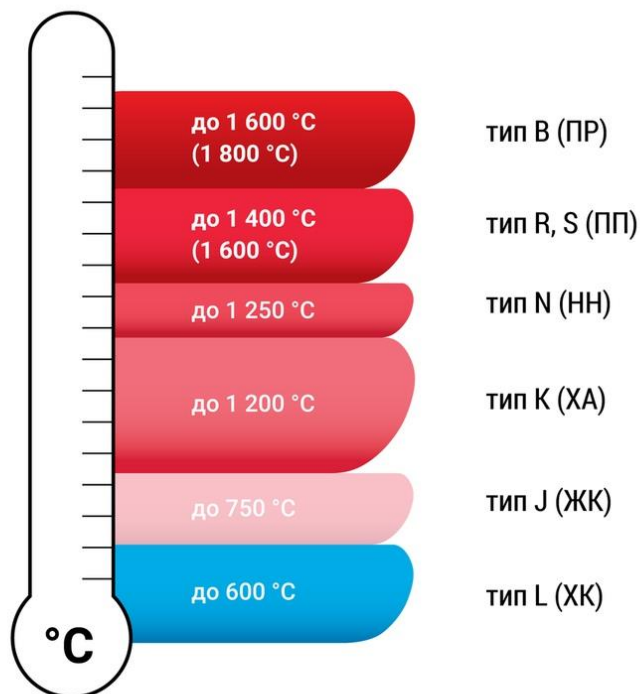
Термопары типа S и R различаются только содержанием родия в платинородиевом термоэлектроде (10 и 13 % соответственно). Их свойства практически идентичны. Тип «S» распространен в РФ, тип «R» – на Западе.

Термопара типа «B» развивает небольшую термо-ЭДС, при температуре ниже 600 °С она очень мала, поэтому для измерения низких температур не подходит. Но термопару этого типа можно применять для долговременного измерения температур вплоть до 1600 °С, кратковременно – до 1800 °С.

Термопара типа «S» отличается большей чувствительностью, диапазон измеряемых температур: 0...1400 °С. Кратковременно – до 1600 °С. Выше 1400 °С ДТПС долго применять нельзя – начинают расти зерна платины, изменяя генерируемую ТЭДС этой термопары.

Платинородий-платиновые датчики – «палочка-выручалочка» во всех отраслях промышленности, где нужно измерять высокие температуры. Эти термопреобразователи отличаются стабильностью, высокой точностью и сопротивлением коррозии в окислительных и нейтральных средах. Но данные термопары стоят недешево (как, впрочем, и любые другие драгоценности).

# Максимальные температуры применения различных типов термопар



## Конструктивные исполнения термопар

Назвать полноценным датчиком температуры просто пару проволок, соединенных между собой, нельзя. Для этого необходимо:

- изолировать друг от друга термоэлектроды по всей длине термопары;
- защитить их от повреждений при установке и эксплуатации;
- защитить от агрессивных веществ, которые будут разрушать термопару;

d) сделать удобным подключение датчика к вторичному прибору и надежным монтаж (а места для установки датчика могут быть самые разные: трубопровод, свод печи, подшипник и т.д.).

Именно поэтому производители предлагают большое количество конструктивных исполнений термопар. Для защиты термоэлектродов от механических повреждений и вредных воздействий внешней среды их помещают в защитную арматуру. Для температур 300-400 °С и 800-900 °С – это трубки из латуни и нержавеющей стали соответственно; для температуры выше 1000 °С и до 1250 °С – трубы из жаростойких сталей и сплавов (15Х25Т, ХН45Ю, Nicrobell). Также на этих температурах применяются и керамические защитные чехлы. При измерении температуры расплавов металлов и солей применяют толстостенные чехлы из серого чугуна, нитрида и карбида кремния.

Небольшой инсайд: инженеры компании ОВЕН разработали собственный чехол из бетонокерамики, не имеющий аналогов по своим характеристикам. Сейчас термопары в таком чехле проходят тестирование в расплавах металлов и в других сложных агрессивных средах. Результаты воодушевляют, и скоро эти датчики поступят в продажу.

По типу коммутации со вторичными приборами термопары делятся на два больших класса:

- с кабельными выводами



- с коммутационными головками

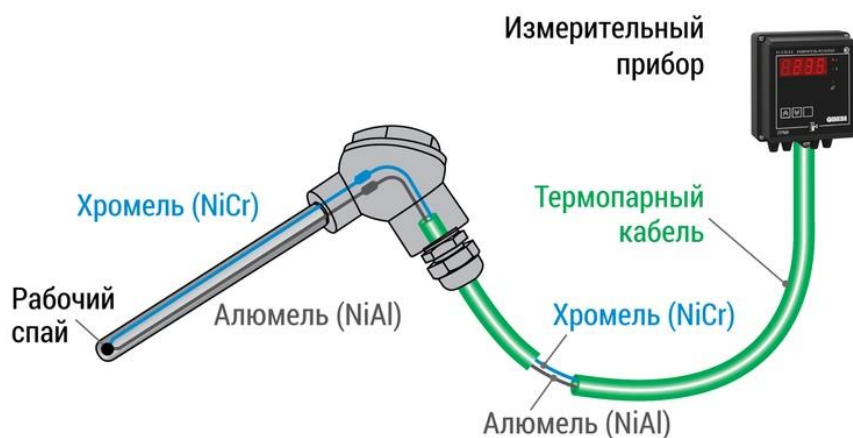


«Горячий» спай находится в заваренном конце защитной арматуры. Благодаря резьбе на штуцере термопара надежно вкручивается в бобышку/втулку с внутренней резьбой, которая приварена на внешнюю поверхность объекта измерения.

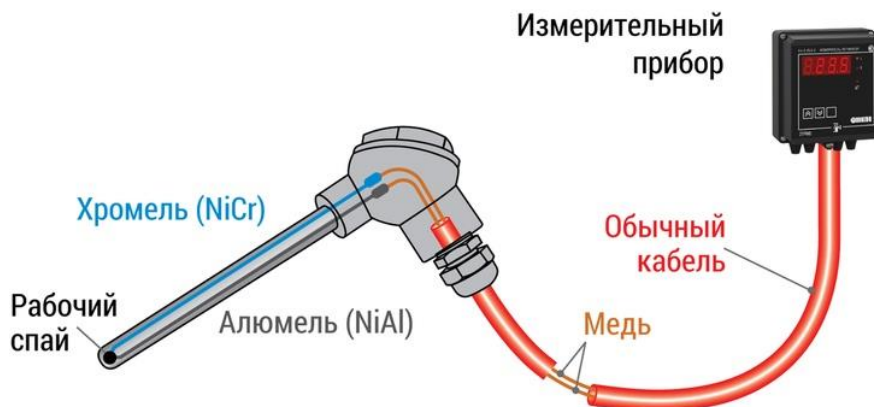
Датчики с кабельным выводом можно сразу подключать к измерителям. Это удобно, но при заказе необходимо четко представлять длину необходимого кабеля. Такие модели советуем применять до 400 °С.

В датчиках с коммутационной головкой провода для линии связи «датчик – прибор» подключаются к клеммам в головке. Этот класс стоит использовать на более высоких температурах (до 800 – 900 °С), и когда расстояние между датчиком и прибором еще неизвестно. Термопарный провод при этом приобретает отдельно. Мы категорически не рекомендуем подключать термопары к вторичным приборам медными или алюминиевыми проводами. Это приведет к непредсказуемой ошибке измерения, что может повлечь за собой брак термообрабатываемой продукции и другие неприятные последствия.

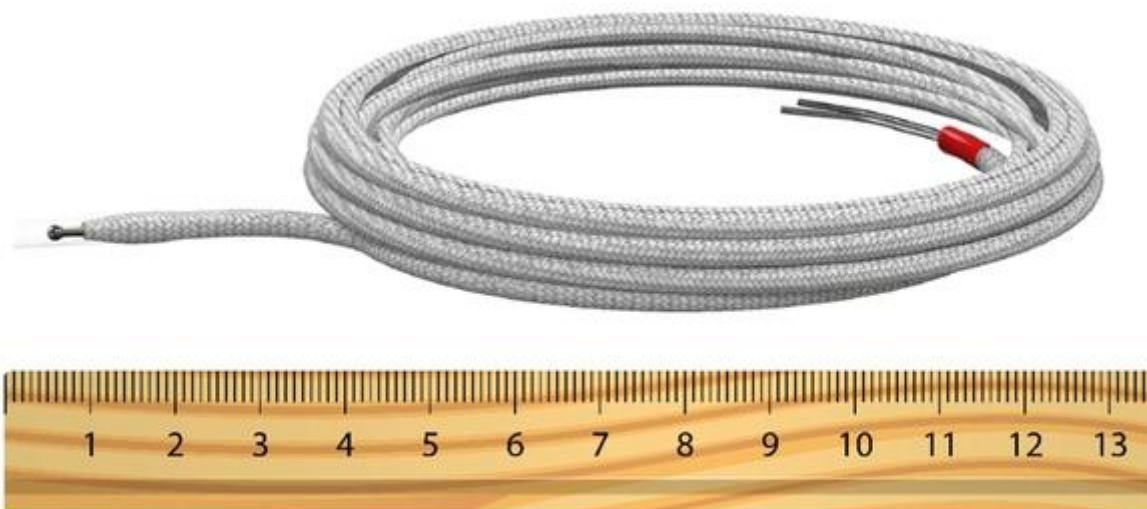
#### Правильное подключение



#### Неправильное подключение



Но есть еще и третий класс – бескорпусные (поверхностные) датчики. Конструкция такой термопары максимально проста (см. рис.). Термоэлектроды находятся внутри оплетки из кремнеземной нити, рабочий спай открытый, температура применения – вплоть до 300 °С.



*Бескорпусная термопара*

Обратите на эти модели внимание – как говорится, «дешево и сердито». Например, метровая термопара ДТПК011 обойдется всего в 400 рублей. А 20-сантиметровая – в 100 рублей (!). Это позволяет в ряде процессов использовать ее буквально для нескольких измерений, после чего менять на новую.

Получается, что для каждой среды и измеряемой температуры – своя термопара! Выбирайте любую под свою задачу, а мы поможем вам не ошибиться с выбором.

До новых встреч!

#ктмс # термопары #датчики #температура