



# ОБНИНСКАЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

[www.otc-obninsk.ru](http://www.otc-obninsk.ru)

ООО «Обнинская термоэлектрическая компания»

Адрес: 249031, Калужская область,  
г. Обнинск, ул. Красных Зорь, дом 30

Телефоны: 8 (484) 397-99-15;  
8 (484) 220-01-33; 8 (484) 397-99-35;  
E-mail: [otc@otc-obninsk.ru](mailto:otc@otc-obninsk.ru)



ООО «ОТК» производит средства измерения температуры для особо агрессивных высокотемпературных сред, а также решает задачи термометрии на объектах заказчика. При производстве изделий используются высококачественные материалы и инновационные технологии.

Компания активно сотрудничает с крупнейшими российскими научно-исследовательскими центрами, металлургическими, керамическими, стекольными и машиностроительными заводами, заводами военно-промышленного комплекса и литейного производства.

Наличие высококвалифицированных специалистов, большой опыт в термометрии, прочная научная база, строгое соответствие российским ГОСТам и индивидуальный подход к каждому заказчику позволяют решать самые сложные задачи и удовлетворять потребности самых взыскательных клиентов.

*Чем выше температура, тем ближе мы к Вам!*

# Установка для калибровки вольфрамрениевых термопар в диапазоне 1200–2200 °С



В статье представлена инновационная разработка ООО «ОТК» – установка для калибровки вольфрамрениевых термопар в серийном производстве. Вольфрамрениевые термопары применяются для контактного измерения сверхвысоких температур и востребованы в атомной и аэрокосмической сферах промышленности, но метрологическое оборудование для их аттестации практически отсутствует. Установка для калибровки вольфрамрениевых термопар в диапазоне 1200–2200 °С является единственным разработанным в России устройством такого рода.

ООО «Обнинская термоэлектрическая компания», г. Обнинск

ООО «Обнинская термоэлектрическая компания» (ООО «ОТК») завершила работы по двухлетнему проекту, который финансировался российским Фондом содействия инновациям. Тема НИОКР: «Разработка и метрологическое обеспечение контактных датчиков температуры для работы в диапазоне 1700–2500 °С». Объектом исследования являлись конструкции датчиков для измерения сверхвысоких температур, а также установка для точного воспроизведения рабочих температур в диапазоне от 1700 до 2500 °С. Целью работ была разработка конструкции опытных образцов контактных датчиков температуры для различных областей применения, а также методики метрологического обеспечения их производства.

Повышение энергетической эффективности современных авиационных и ракетных двигателей, разработка новых композиционных и керамических материалов, металлургия тугоплавких металлов, вопросы ядерной безопасности требуют надежного контроля температуры рабочей среды или печного пространства в диапазоне 1700–2200 °С и хотя бы кратковременно – до 2500 °С. Бесконтактные методы измерения сверхвысоких температур с помощью пирометров излучения далеко

не всегда применимы для измерения температуры в замкнутых объемах, температуры деталей машин и механизмов. В последнее время получили развитие новые проекты в атомной и аэрокосмической промышленности, где рабочие температуры превышают 1700 °С и требуют непрерывного контроля, а бесконтактное измерение невозможно.

Единственное стандартизованное контактное средство для измерения температуры выше 1700 °С по международному стандарту МЭК 60584-1:2013 и стандарту РФ ГОСТ Р 8.585-2001 – термопара, термоэлементы которой изготовлены из сплавов вольфрама с различным содержанием рения (ВР-термопара). Она работоспособна только в инертной и водородной средах, в вакууме.

Работоспособность датчика определяется физико-химическими свойствами защитной арматуры и изолирующими свойствами керамики, которые используются для армирования термоэлементов термопар. Ведущие мировые производители датчиков на основе ВР-термопар декларируют достаточно большие расхождения по предельно допустимым температурам применения защитных чехлов из тугоплавких металлов, керамики, а также

изоляторов термопар. По-видимому, это обусловлено исходным качеством доступных материалов, а также рабочей средой применения.

Но главной проблемой является то, что имеющееся метрологическое оборудование в серийном производстве не позволяет аттестовать датчик или его чувствительный элемент для работы при температуре выше 1800 °С. Единичные публикации по данной теме свидетельствуют о большом дрейфе ТЭДС датчиков стандартного конструктивного исполнения при высоких температурах. Производство подобных датчиков в РФ и современные публикации по данной тематике вообще отсутствовали с начала 90-х годов. Метрологическое оборудование ООО «ОТК» и методика калибровки позволяли аттестовать ВР-термопары только до 1700 °С согласно существующей поверочной схеме.

Результатом проекта стала разработка контактных датчиков для применения в диапазоне ультравысоких температур 1700–2200 °С и обеспечение их надежными и относительно простыми средствами калибровки в данном диапазоне.

Задачу калибровки контактных датчиков удалось решить с помощью оригинального устройства для



Рис. 1. Внешний вид установки для калибровки высокотемпературных термопар (УКТ-2200) и ее Аттестат № 2411/0042-2020 от 13.01.2020 г.

калибровки высокотемпературных термопар. Конструкция устройства защищена патентом РФ на изобретение № RU2720819С1 с приоритетом от 30.12.2019 г. Патентообладатель — ООО «ОТК», авторы — сотрудники предприятия. Подана заявка на оформление международного патента.

Изобретение используется в составе установки для калибровки термопар УКТ-2200 на основе высокотемпературной печи с графитовым электронагревателем, разработанной совместно со специалистами ВНИИ оптико-физических измерений (г. Москва) и аттестованной специалистами ВНИИ метрологии им. Д. И. Менделеева (г. Санкт-Петербург) с помощью эталонного пирометра излучения первого разряда. Установка воспроизводит заданные значения температуры с высокой точностью и имеет максимальное отклонение 3,5 градуса от показаний эталонного пирометра в точке 2200 °С при допустимых 5,5 градуса. Временная нестабильность поддержания температуры составила 1,2 градуса в точке 1800 °С. Аттестация проведена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.568-2017 и ПМА 241.031.001405-2019.

Установка (рис. 1) представляет собой единственное в России средство калибровки вольфрамниевых термопар в серийном производстве в диапазоне температур от 1700 °С до темпе-

ратуры верхнего предела применения термопары. Калибровка термопар производится по показаниям пирометра излучения класса точности от 0,2 до 0,5 в зависимости от его характеристик и характеристик эталона, использованного для калибровки пирометра. Установка характеризуется относительной простотой обслуживания и эксплуатации, небольшой электрической мощностью по сравнению с вакуумными установками. Допускается одновременная калибровка до 10 термопар. Стоимость калибровки в расчете на одну термопару в несколько раз меньше, чем при калибровке на вакуумных установках.

Верхний предел рабочей температуры и калибровки датчика ограничен только изолирующими свойствами высокотемпературной керамики. Величина сопротивления изоляции оксидной керамики обычно падает на порядок при повышении температуры на каждые 200 градусов. Каждый тип керамики имеет свой верхний предел рабочего диапазона, который был проверен при выполнении проекта. Оксид алюминия (корунд) имеет предел 1700–1900 °С в зависимости от качества материала, нитрид бора (гексагональный и пиролитический) — до 1800–1900 °С, лейкосапфир — до 1950 °С, оксид гафния или иттрия — до 2200 °С, оксид берилля — до 2300–2400 °С (не применя-

ется в обычных лабораториях из-за токсичности). Калибровка термопар проводится в инертной газовой среде (аргон) и защитном чехле из вольфрама, ограничивающем перенос паров графита на рабочие спаи термопар и поверхности изолирующих трубок.

Высокотемпературная печь и конструкция графитового электронагревателя допускают также установку в рабочее пространство печи реперных точек плавления карбидов металлов (fixed points “М-С”) Rh-C (1657 °С), Pt-C (1738 °С), Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-C (1811 °С), Ru-C (1954 °С), Ir-C (2290 °С), Re-C (2474 °С) для калибровки одиночной термопары с погрешностью, не превышающей одного градуса в рабочем диапазоне температур.

В метрологической лаборатории ООО «ОТК», аттестованной в Российской системе калибровки, можно получить индивидуальную статическую характеристику для любого термопреобразователя по ГОСТ 6616-94 в рабочем диапазоне температур или в диапазоне, указанном потребителем, а также сертификат калибровки.

Методы калибровки:

- ▶ сличение показаний эталонной платинородиевой термопары типа ПРО (тип В) с показаниями калибруемых термопар в диапазоне температур 600–1700 °С;

- ▶ сличение показаний бесконтактного пирометра излучения и вольф-

рамрениевых термопар в диапазоне температур 1200–2200 °С;

► уже возможна калибровка одиночной термопары по температуре точки плавления карбида рутения: Ru-C (1954 °С).

ВНИИ метрологической службы (г. Москва) согласовал новую редакцию технических условий и методики поверки (калибровки) для вольфрамрениевых термопар типов А (ВР5/20) и С (ВР5/26). Термопары соответствуют требованиям международного стандарта МЭК 60584-1:2013. Проведены государственные приемочные испытания образцов продукции, термопреобразователи типов ТП-А и ТП-С внесены в Реестр средств измерений под номером 78042-20.

Проведены испытания вольфрамрениевых термопар типов А и С на стабильность в течение 50 ч при температуре 2000 и 2200 °С. В основном наблюдался отрицательный дрейф термоЭДС вследствие шунтирования сигнала по изоляторам термопар. Проведены испытания датчиков на предельных температурах до 2500 °С, показавшие, что кратковременное использование вольфрамрениевой термопары при температуре выше 2200 °С возможно только без изоляторов, если это позволяют конструктивные условия монтажа датчика. Любой доступный в настоящее время изолятор будет значительно шунтировать сигнал термопары (от 50 до 150 градусов в диапазоне 2300–2500 °С), занижая

ее показания и превращая термопару в простой индикатор температуры с погрешностью измерений до 6–7%. Чистота керамического материала для изоляторов термопары имеет критическое значение, определяя верхний предел рабочих температур материала и самого датчика.

Опытные партии датчиков уже поставляются ведущим предприятиям Объединенной двигателестроительной корпорации, «Росатома», «Ростеха» и «Роскосмоса». Изготовлены и поставлены заказчику датчики с открытым рабочим спаем термопары, защищенным керамическим покрытием для продления их рабочего ресурса в газоходах стартового ракетного комплекса.

А. А. Улановский, к. т. н., директор,  
ООО «Обнинская термоэлектрическая  
компания», г. Обнинск,  
тел.: +7 (484) 397-9905,  
e-mail: otc@otc-obninsk.ru,  
сайт: otc-obninsk.ru

19-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

# ChipEXPO-2021

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ



## ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «ЧипЭКСПО»  
Москва, 121351,  
ул. Ярцевская, д.4.  
Тел.: +7 (495) 221-50-15  
E-mail: info@chipexpo.ru  
<http://www.chipexpo.ru>



ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ

**14-16.09**

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА

**СКОЛКОВО**

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, включая:
  - экспозицию предприятий, являющихся изготовителями изделий, включенных в единый реестр российской радиоэлектронной продукции [Постановление Правительства РФ №878]
  - экспозицию разработок, созданных в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» [Постановление Правительства РФ №109]
  - экспозицию разработок, обеспечивающих выполнение приоритетных национальных проектов.
- Дивизионы кластера «Радиоэлектроника» ГК «Ростех»
- Квалифицированные поставщики ЭКБ
- Участники конкурса «Золотой Чип»
- Стартапы в электронике
- Консорциумы и дизайн-центры по электронике
- Корпорация развития Зеленограда

ОФИЦИАЛЬНАЯ  
ПОДДЕРЖКА:



МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ

