

# Выбор промышленного калибратора температуры

## Указания по применению

Десятки производителей сухоблочных калибраторов по всему миру выпускают сотни различных моделей такого оборудования. Как узнать, какие устройства окажутся эффективнее, и какие из них больше других подходят для ваших задач? Ниже перечислены десять важнейших моментов, о которых следует помнить.

### Определите свои потребности

Сухоблочные калибраторы имеют множество характеристик, разобраться в которых порой нелегко. Чтобы понять, какие характеристики наиболее важны именно для вас, необходимо определиться с планами применения сухоблочного калибратора.

Это будут лабораторные или полевые условия? Какие температуры вам потребуются? Какая производительность требуется? Хотите ли вы максимально увеличить производительность за счет скорости или за счет мощности? Насколько точны термометры, которые будут проверяться в сухоблочном калибраторе, т.е. насколько точным он должен быть? Будете ли вы использовать показания на дисплее сухоблочного калибратора в качестве опорной температуры или будете использовать внешний термометр? Какова длина термометров, помещаемых в сухоблочный калибратор? Будете ли вы калибровать короткие датчики или датчики неправильной формы, с которыми удобнее работать в ванне с жидкостью? Нужно ли будет автоматизировать калибровки в сухоблочных приборах? И так далее.



Большой выбор сухоблочных калибраторов может превратить задачу подбора модели, подходящей для ваших задач, в небольшой кошмар. Прочтите эту статью и разберитесь, что следует учитывать в первую очередь при покупке следующего калибратора.

### Диапазон температур

В идеальном случае ваши сухоблочные калибраторы должны покрывать все диапазоны температур, в которых калибруются термометры — с небольшим запасом. Если вы оставите слишком большой запас, то понесете ненужные затраты. Будьте осторожны с оценкой нижнего предела температуры: например, “-40 °C” — это не то же самое, что “-40 °C ниже температуры окружающей среды”.

### Надежность

Чем чаще вы будете использовать сухоблочный калибратор от одного предела диапазона температур до другого, тем короче окажется срок его службы. Это особенно касается “холодных” сухоблочных калибраторов, в которых происходит термоэлектрическое охлаждение. Срок службы таких устройств сокращается экстремальными перепадами температур и

чрезмерным использованием на максимальном пределе температурного диапазона.

Если ваши задачи требуют применения любого из этих режимов, рекомендуется приобрести дополнительное устройство для высоких температур.

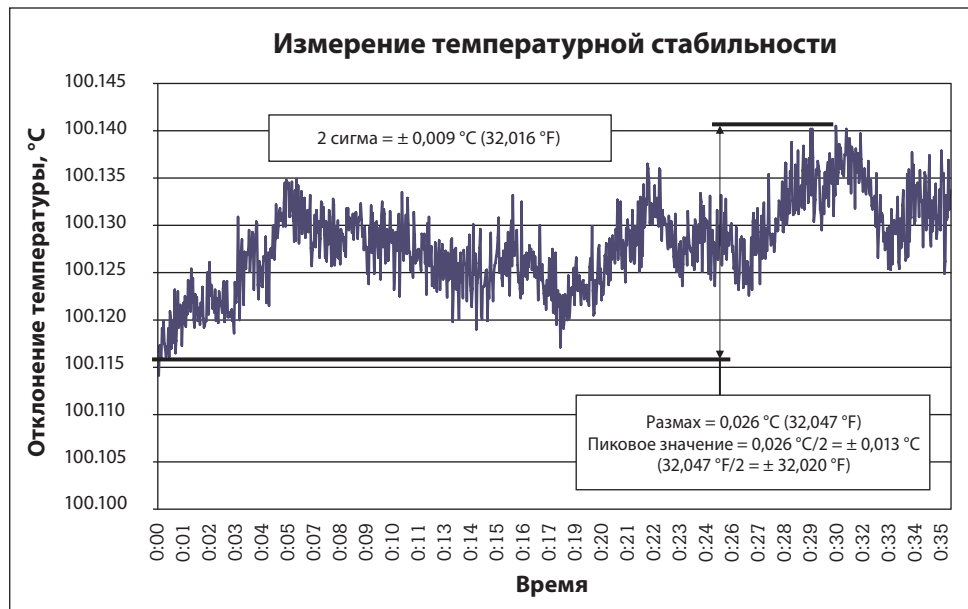
Обращайте внимание на блоки и вкладыши из изнашиваемых материалов. Например, температурные свойства меди лучше, но она быстрее окисляется и отслаивается под воздействием экстремальных температур.

## Погрешность

Есть четыре вещи, которые нужно знать о погрешности сухоблочных калибраторов. Во-первых, встроенный датчик контроля сухоблочного калибратора (данные которого поступают на дисплей прибора) весьма недорогой и не отличается надежностью и эффективностью, характерными для хорошего эталонного термистора или PRT (либо, в некоторых случаях, термопары из драгметаллов). Если это термопреобразователь сопротивления (самый распространенный вариант), то может быть плохой гистерезис и возможен сдвиг в результате механических ударов. С другой стороны, он может быть идеальным вариантом для ваших задач.

Во-вторых, датчик контроля и дисплей, возможно, были откалиброваны по высококачественному эталонному PRT. Однако эталонный PRT вставлялся в конкретную камеру, а его датчик имеет определенную конструкцию. Специфические тепловые и механические характеристики эталонного PRT (длина датчика, его расположение, проводимость измерительного провода и пр.) фактически были откалиброваны под ваш сухоблочный калибратор. Поэтому, если вы не калибруете идентичный датчик, расположенный в том же месте, что и эталонный PRT, применявшийся для калибровки вашего сухоблочного калибратора, то погрешность дисплея может отличаться от заявленной.

В третьих, внешние эталонные термометры обычно точнее внутренних контрольных датчиков. У внешних и испытываемых зондов обычно более сходные "точки зрения" на температуру блока



Не стесняйтесь запрашивать сведения о стабильности и документацию для принятия информированного решения.

по сравнению с внутренним контрольным датчиком. Однако не следует забывать, что простое использование внешнего эталонного термометра не гарантирует автоматически более высокую точность измерений. Необходимо понимать, как определяются показания эталонного прибора. У многих из них недостаточное разрешение и они не принимают калибровочные константы для определенных типов термометров. Обязательно учитывайте эталонный зонд и электронную составляющую, которая считывает его показания. Сухоблочный калибратор с встроенным устройством считывания показаний, возможно, только определяет погрешность устройства считывания, а не совокупную погрешность устройства считывания и зонда.

В-четвертых, погрешность - это гораздо более широкое понятие, чем откалиброванный внутренний датчик или откалиброванное внешнее эталонное устройство. Необходимо также учитывать — в зависимости от конкретных задач использования сухоблочного калибратора — перечисленные ниже пять моментов (стабильность, осевые градиенты, радиальные градиенты, влияние нагрузки и гистерезис).

## Стабильность

Европейская ассоциация национальных институтов по метрологии определяет термин "стабильность" как отклонение температуры в течение 30 минут (документ EURAMET/Cg-13/V.01). Однако при определении стабильности не полагайтесь слишком сильно на показания дисплея сухоблочного калибратора. Разрешение дисплея и применяемые методы фильтрации ограничивают его возможности отображения неустойчивости.

А стабильность контрольного датчика ограничено влияет на стабильность на дне используемой камеры.

Кроме того, не забывайте, что долговременная стабильность или "дрейф" контрольного датчика требует периодической калибровки дисплея сухоблочного калибратора. Какой должна быть периодичность калибровок? Это зависит от сухоблочного калибратора и условий его эксплуатации. Рекомендуется начать с коротких интервалов калибровки (3-6 месяцев) и затем увеличивать их, если сухоблочный калибратор демонстрирует способность сохранять калибровку.

## Осевые (или “вертикальные”) градиенты (наиболее активные точки)

Поскольку верхний конец сухоблочного калибратора полностью (или почти полностью) открыт для воздействий окружающей среды, то температура на этом конце сухоблочного калибратора ближе к температуре окружающей среды и менее устойчива по сравнению с температурой на дне камеры. Это обычная физика. В соответствии с правилами ЕА сухоблочные калибраторы должны иметь “зону достаточно однородной температуры длиной не менее 40 мм (1,5 дюйма)”.

Осевой температурный градиент сухоблочного калибратора может создавать значительные ошибки измерения при сравнении двух зондов, устанавливаемых на разную глубину (следует избегать этого!). Либо при сравнении двух зондов на одинаковой глубине, но с датчиками разной конструкции (например, разная длина датчика).

Ошибки измерения по причине осевого температурного градиента сухоблочного калибратора также могут быть довольно значительными, если испытуемый зонд вставляется на другую глубину или значительно отличается по конструкции от эталонного зонда, который использовался для калибровки сухоблочного калибратора — особенно если в качестве показания эталонной температуры используется дисплей сухоблочного калибратора.



В процессе калибровки необходимо учитывать такие аспекты, как осевые и радиальные градиенты.

Осевые градиенты можно минимизировать за счет конструктивных моментов, например, увеличения массы и глубины блока, изоляции, контроля на нескольких глубинах и за счет использования профилей нагрева или разбалансированного нагрева. Осевые градиенты можно измерять, хотя бывает трудно разделить измерение осевого градиента и стержневых эффектов, присущих зонду, который выполняет измерения.

## Радиальный градиент (между камерами)

Чтобы определиться с терминами: “блок” означает фиксированную массу металла, обычно содержащую или окруженную нагревательными элементами; “вкладыш” означает массу металла, извлекаемую из фиксированного блока; “камера” или “отверстие” означает полость во вкладыше или в камере, в которую вставляются термометры.

Радиальные градиенты ограничивают полезность сравнения зондов в двух разных камерах. Контрольный датчик сухоблочного калибратора измеряет температуру в одном фиксированном месте, тогда как температуры в разных измерительных камерах могут варьироваться из-за различия в расстояниях между камерами и нагревателями, а также из-за различия в параметрах отверстий и движении тепла в отверстие и вокруг него. В некоторых случаях температура в определенной камере может отличаться даже в зависимости от того, как вращается вкладыш в блоке.

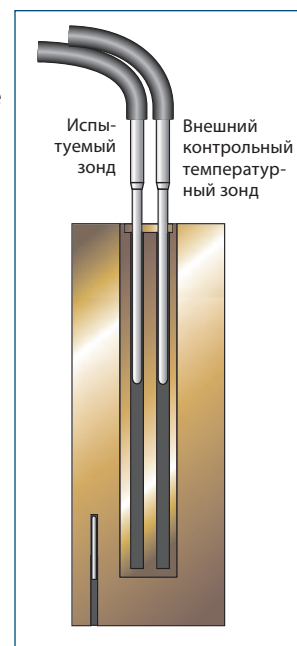
Еще труднее сравнивать зонд одного диаметра в одной камере с зондом другого диаметра в другой камере. Зонды с более высокой теплопроводностью лучше передают влияние окружающей среды внутрь блока. Только по одной этой причине зонды большого диаметра (10 мм [3/8 дюйма]) хуже подходят для калибровки в сухоблочных калибраторах.

## Влияние нагрузки

Если говорить об отводе тепла, то чем больше зондов установлено в камере, тем больше тепла будет отводиться из сухоблочного калибратора и к нему (в зависимости от его собственной температуры относительно окружающей). Дисплей сухоблочного калибратора обычно калибруется при установке одного эталонного зонда. Добавление зондов может создать разницу температур между контрольным датчиком и любым из зондов внутри блока. Такие эффекты легко измеряются путем добавления зондов и регистрации изменений температуры относительно показаний первого зонда. Конструкционные особенности сухоблочных калибраторов (масса блока, глубина камеры, изоляция и мультизональный контроль температуры) могут минимизировать влияние нагрузки, как и использование зондов малого диаметра. Чем глубже зонд погружается в сухоблочный калибратор, тем лучше.

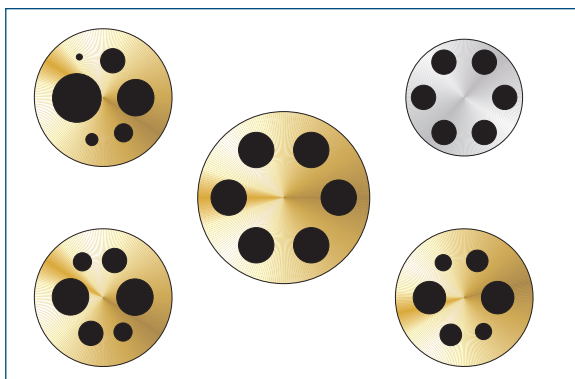
## Гистерезис

Гистерезис - это отличие фактической температуры сухоблочного калибратора, возникающее в зависимости от направления, с которого измеряется эта температура. Оно максимально в средней части диапазона сухоблочного калибратора. Например приблизительная середина сухоблочного калибратора с диапазоном температур от 35 °C до 600 °C составляет около 300 °C. Фактическая температура в середине диапазона относительно эталонного термометра будет меняться на некоторую величину при приближении от более высокой температуры, чем при приближении со стороны более низкой температуры. Такое отклонение температуры, или гистерезис, зависит от характеристик контрольного датчика.



Максимальную точность для коротких зондов можно получить путем сравнения с показаниями аналогичного зонда на такой же глубине камеры.





Доступность различных блоков и вкладышей может повысить гибкость вашего калибратора и обеспечить одновременное выполнение нескольких калибровок.

Влияние гистерезиса значительно уменьшается при сравнении испытуемого зонда с внешним эталонным зондом. Влияние гистерезиса следует учитывать при сравнении с показаниями на дисплее откалиброванного сухоблочного калибратора.

### Глубина погружения

Ошибки погружения зонда (или ошибки утечки тепла через стержень) могут достигать огромных величин. Они меняются не только для каждого конкретного сухоблочного калибратора, но и от зонда, помещаемого в сухоблочный калибратор. В разных зондах применяются различные конструкции и технологии изготовления, включая размер и расположение датчика в зонде, тип и размер измерительных проводов. Поэтому разные зонды имеют разные характеристики погружения. Эти характеристики можно проверить путем регистрации изменений показаний от зонда на разных глубинах при одинаковой температуре. В целом, более глубокие камеры лучше устраняют “стержневой эффект”, возникающий при неправильном погружении. Минимизировать стержневой эффект помогает также применение в сухоблочном калибраторе “контроля зон” с верхним нагревателем. При использовании зондов,

длина которых слишком мала для достижения зоны равномерной температуры сухоблочного калибратора (обычно на дне камеры), рекомендуется использовать ванну. Как минимум, обязательно сравнивайте показания с другим зондом, вставленным на такую же глубину в другой камере. (см. иллюстрацию на предыдущей странице)

### Гибкость

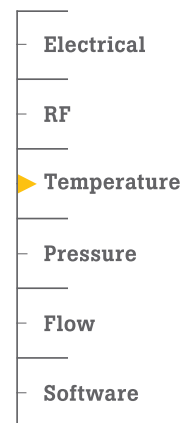
В наиболее гибких сухоблочных калибраторах применяются съемные вкладыши с множеством отверстий. Вкладыши с несколькими отверстиями позволяют устанавливать больше зондов разного размера. Принимая решение о количестве зондов, используемых в одном вкладыше, не забывайте учитывать диаметр концентратора зондов (иногда его называют “рукояткой” зондов). Отверстия вкладыша должны быть расположены на необходимом расстоянии друг от друга, чтобы концентраторы зондов не мешали друг другу.

### Заключение

Выбор размера, веса, скорости и мощность - это компромисс как этих параметров, так и описанных выше эксплуатационных характеристик. Например, большая теплоемкость может обеспечить максимальную мощность, минимальные градиенты и лучшую стабильность, но при этом будет сопровождаться большими размерами весом или скоростью работы. Обычно самые быстрые и легкие сухоблочные калибраторы отличаются низкой эффективностью. Высокую скорость и устойчивость тоже трудно сочетать в одном блоке. Вот почему важно понимать, как будет использоваться ваш сухоблочный калибратор и какими будут характеристики зондов, калибруемых с его помощью. В конечном счете именно зонды, которые вы будете калибровать, определяют выбор способа - будет ли это ванна, метрологическая камера или полевой сухоблочный калибратор.

### Fluke Calibration.

*Точность, эффективность, уверенность.™*



**Fluke Calibration**  
PO Box 9090, Everett, WA 98206 США

**Fluke Europe B.V.**  
PO Box 1186, 5602 BD Eindhoven, Нидерланды

Для получения дополнительной информации звонить:  
США (877) 355-3225 или Факс (425) 446-5116  
В регионе Европы/Ближнего Востока/Африки +31 (0) 40 2675 200 или Факс +31 (0) 40 2675 222  
В Канаде (800)-36-FLUKE или Факс (905) 890-6866  
Из других стран +1 (425) 446-5500 или Факс +1 (425) 446-5116  
Веб-сайт: <http://www.flukecal.com>

©2011 Fluke Corporation. Технические характеристики могут быть изменены без уведомления. Напечатано в США 10/2011 4115686A A-EN

Не разрешается вносить изменения в данный документ без письменного согласия компании Fluke Corporation.  
Pub-ID 11881-rus