

## Метрологическое оборудование для поверки контактных средств измерения температуры

Metrological equipment for calibration of contact temperature sensors

*Мальшев Ю.О.*

Malyshev Y.O.

### Аннотация

В статье рассматривается метрологическое оборудование производства «ОАО НПП «Эталон»», предназначенное для поверки контактных термометров.

### Annotation

In the article considered metrological equipment manufactured by «ОАО НПП «Эталон»» meant for calibration of contact temperature sensors

Ключевые слова: метрология, поверка, температура, печь, термостат, калибратор.

Key words: metrology, calibration, temperature, furnace, thermostat, calibrator.

Контактная термометрия, как известно, является одним из старейших видов измерений. Существует множество разнообразных контактных средств измерения температуры, отличающихся как физическим принципом действия, так и диапазоном измерений и разрешающей способностью. В процессе эксплуатации необходимо периодически контролировать и подтверждать их метрологические характеристики. Для этой цели ОАО НПП "Эталон" выпускает широкий ряд метрологического оборудования, позволяющего проводить поверку и калибровку контактных средств измерения в диапазоне от -190 °С до 1600 °С в лабораторных и промышленных условиях. Для удобства рассмотрения можно условно разделить существующее метрологическое оборудование на группы.

1. По неопределенности воспроизведения температуры следует различать термостаты и калибраторы. Термостат – это устройство, в котором в рабочем объеме реализуется стабильное во времени изотермическое поле. Поэтому для термостатов нормируются только такие характеристики как неравномерность температурного поля в рабочем объеме (градиент температуры) и стабильность поддержания температуры за некоторый промежуток времени. При поверке контактных СИ необходимо помещать в рабочий объем термостата как поверяемые СИ, так и эталонный термометр. С помощью термостатов реализуется метод непосредственного сличения, указанный в государственной поверочной схеме для средств измерения температуры.

Калибратор же является «носителем температуры» (слово «калибратор» произошло от слова «калибр», т.е. мера). Поэтому для калибраторов, помимо всех характеристик, присущих термостатам, нормируется такая характеристика, как неопределенность воспроизведения температуры. Поэтому при использовании калибратора применение эталонного термометра не обязательно.

По способу обеспечения изотермического поля в рабочем объеме термостаты подразделяются на сухоблочные и жидкостные.

2. Сухоблочные термостаты и калибраторы – их еще называют суховоздушными или металлоблочными. Как следует из названия, в этих термостатах и калибраторах изотермическое поле в рабочем объеме обеспечивается за счет выравнивания температуры в металлическом блоке с каналами, диаметры которых соответствуют диаметрам поверяемых термометров. К достоинствам сухоблочных термостатов и калибраторов следует отнести высокую скорость нагрева или охлаждения и, как следствие, быстрое достижение требуемой температуры, а также широкий диапазон реализуемых температур. Сухоблочные термостаты, как правило, изготавливаются компактными и поэтому еще одним их достоинством является мобильность. Недостатками сухоблочных термостатов и калибраторов являются относительно большая неравномерность температуры вдоль термометрического канала и между каналами, малая глубина погружения поверяемых термометров, малое количество одновременно поверяемых термометров. Другим значительным недостатком сухоблочного термостата или калибратора является необходимость малого воздушного зазора между стенкой канала в выравнивающем блоке и арматурой поверяемого термометра, что приводит к необходимости иметь несколько выравнивающих блоков с каналами требуемого диаметра. Исходя из этого, основным назначением сухоблочных термостатов и калибраторов является калибровка промышленных термометров непосредственно на рабочем месте.

3. В жидкостных термостатах высокая изотермичность достигается за счет активного перемешивания теплоносителя в рабочем объеме. Теплоносителем, как правило, является жидкость, имеющая низкий

коэффициент вязкости во всем диапазоне рабочих температур термостата. К достоинствам жидкостных термостатов следует отнести значительно меньшую неравномерность температуры в рабочем объеме по сравнению с сухоблочными, большой размер рабочего объема с гарантируемым изотермическим полем, большее количество одновременно поверяемых термометров, прекрасный контакт поверяемого термометра с термостатированной средой. Недостатками жидкостных термостатов являются малый диапазон воспроизведения температур (максимум до 300 °С), долгое время нагрева или остывания до требуемой температуры и большие габариты и вес. Поэтому жидкостные термостаты используются преимущественно как лабораторное оборудование.

4. Для воспроизведения температур свыше 600 °С, обычно используют печи. На текущий момент наиболее распространены горизонтальные трубчатые печи, в которых изотермическая зона реализуется в центре нагревательной трубы.

Теперь подробнее рассмотрим каждый вид перечисленного метрологического оборудования.

Согласно ГОСТ 8.624-08 для поверки термометров сопротивления, ГОСТ 8.317-78 и ГОСТ 8.279-78 для поверки стеклянных термометров необходимы термостаты, обеспечивающие 0 °С и 100 °С. Для этих целей предприятие серийно выпускает нулевые термостаты ТН-1М, ТН-2М, отличающиеся размерами и паровой термостат ТП-2. ТН-1М и ТН-2М – это термостаты, которые имеют напольное исполнение, при этом ТН-1М обладает большей рабочей камерой и требует больше льда, но он и более производительный. Кроме ТН-1 и ТН-2 выпускается малогабаритный термостат ТН-3М, который легко помещается на рабочем столе и служит для термостатирования холодных спаев термопар.



Рисунок 1 термостат ТП-2, термостат ТН-1М и термостат ТН-2 М (перечисление слева на право).

Высокую точность и малую неравномерность температуры в ТП-2 обеспечивает насыщенный водяной пар, а в ТН-1М, ТН-2М и ТН-3М – дробленый лед. Удобными и привлекательными в использовании эти термостаты делают то, что и лед, и пар легко получаются из воды. Для удобства использования нулевых термостатов наше предприятие выпускает установку дробления льда УДЛ-2.

Семейство жидкостных термостатов, позволяющих проводить поверку и градуировку термопар, термометров сопротивления и ртутных термометров согласно действующим стандартам (ГОСТ 8.338-2002; ГОСТ 8.624-08; ГОСТ 8.317-78, ГОСТ 8.279-78) представлено на предприятии следующими изделиями:

- термостат регулируемый ТР-1М, имеющий пять исполнений ТР-1М-300, ТР-1М-500, ТР-1М-В, ТР-1М-У1 и ТР-1М-У2;
- криостат регулируемый КР -40-2;
- криостат регулируемый КР -80.



Рисунок 2 термостат TP-1M, криостат KP -40-2 и криостат KP -80 (перечисление слева на право).

Высокая стабильность поддержания температуры во всех этих термостатах и криостатах обеспечивается за счет использования высокоточного микропроцессорного регулятора температуры. Наличие интерфейса RS-232 позволяет обеспечивать связь термостатов и криостатов с персональным компьютером, отображать на компьютере график изменения температуры термостата или криостата в реальном времени, а также управлять уставками термостатов или криостатов с помощью компьютера.

Термостат регулируемый TP-1M предназначен для поверки и исследования средств измерения температуры в лабораторных условиях. Исполнения TP-1M-300, TP-1M-500 воспроизводят температуру в диапазоне от 40 до 200 °С, при этом в качестве теплоносителя используется жидкость ПМС-100. При работе в диапазоне от 40° до 95 °С в качестве теплоносителя может использоваться обыкновенная вода. Исполнение TP-1M-B воспроизводит температуру в диапазоне от 150 до 300 °С, при этом в качестве теплоносителя используется масло цилиндрическое МЦ-52. Поскольку при нагреве любой теплоноситель расширяется, термостаты оборудованы переливными трубками, предотвращающими перелив теплоносителя через крышку термостата. По желанию покупателя термостат может быть укомплектован вытяжной камерой.

Для обеспечения универсальности термостата TP-1M были разработаны кассета для поверки стеклянных термометров и термостат поверхностный ТПВ-2М. Кассета позволяет работать с ртутными и спиртовыми термометрами полного погружения с диаметрами от 6,5 до 18,5 мм. Для дополнительного удобства работы в комплекте с кассетой поставляется визирное устройство шестикратного увеличения. Термостат поверхностный ТПВ-2М устанавливается вместо крышки TP-1M и позволяет поверять поверхностные датчики. Высокая изотермичность по поверхности достигается за счет омывания нижней части ТПВ-2 теплоносителем постоянной температуры.

С целью реализации диапазона температур от +40 до +300 °С выпускаются два исполнения термостата TP-1M это - TP-1M-Y1 и TP-1M-Y2. В качестве теплоносителя в этих термостатах используется масло ULTRA-300, которое имеет малый коэффициент вязкости во всем диапазоне температур от +40 до +300 °С. ULTRA-300 остается прозрачным и меньше испаряется при 300 °С. TP-1M-Y1 имеет глубину погружения термометров 300 мм, а TP-1M-Y2 500 мм. TP-1M-Y1 и Y2, могут комплектоваться кассетой для поверки стеклянных термометров и термостатом поверхностным ТПВ-2М.

Криостат регулируемый KP -40-2 предназначен для поверки и исследования средств измерения температуры в диапазоне от минус 40 до +40 °С в лабораторных условиях. В криостате в качестве теплоносителя используется автомобильный тосол А40-М. Хорошая гидравлическая схема перемешивания теплоносителя позволила реализовать в этом криостате высокую стабильность поддержания температуры и малую неравномерность температуры в рабочем объеме. Так же, как и TP-1M, криостат KP -40-2 может комплектоваться кассетой для поверки стеклянных термометров и термостатом поверхностный ТПВ-3.

Криостат регулируемый KP -80 предназначен для нагрева и охлаждения средств измерения температуры в лабораторных условиях. в диапазоне температур от минус -80 до до +40 °С. В этом криостате в качестве теплоносителя используется этиловый спирт. Система двухконтурного охлаждения KP -80 позволяет обеспечить время выхода на температурный режим 2,5 часа у большинства аналогичных криостатов производства других фирм время выхода на режим составляет около 4 часов. При этом KP -80 имеет высокую стабильность поддержания температуры и малую неравномерность температуры в рабочем объеме. Криостат KP -80 может работать с кассетой для ртутных термометров в диапазоне температур от -40 до +40 °С.

Семейство сухоблочных термостатов и криостатов представлено следующими изделиями:

- термостат сухоблочный ТС 600-2;
- калибратор сухоблочный КС 100-1;
- калибратор сухоблочный КС 600-1;
- криостат регулируемый KP -190.



Рисунок 3 термостат ТС 600-2, калибратор КС 100(600)-1 и криостат КР -190-1 (перечисление слева на право).

Как уже говорилось выше, неотъемлемыми условиями достоверности измерений в сухоблочных термостатах является обеспечение хорошего теплового контакта термометра с рабочей камерой термостата и необходимой глубины погружения термометров. Согласно ГОСТ 8.624-2008 диаметр канала для установки поверяемого термометра должен отличаться от внешнего диаметра самого термометра не более чем на 0,5 мм, а глубина погружения термометра в канал выравнивающего блока термостата или калибратора должна быть в 15 раз больше, чем диаметр термометра плюс длина чувствительного элемента термометра.

Таким образом, при стандартной длине чувствительного элемента 40 мм и диаметре термометра 6 мм для работы необходима глубина погружения:

$$L = 6 \cdot 15 + 40 = 130 \text{ мм.} \quad (1)$$

Серийно выпускаемый термостат и ТС 600-2 имеет глубину погружения 160 мм и в стандартной комплектации обеспечивает работу с термометрами диаметром от 4 до 10 мм.

Для обеспечения нужд потребителей наше предприятие поставляет в комплекте с сухоблочным термостатом ТС 600-2 два выравнивающих блока-заготовки, в которых потребитель может просверлить колодцы под необходимые ему диаметры.

Термостат сухой ТС 600-2 предназначен для нагрева средств измерения температуры в диапазоне от 50 до 600 °С в лабораторных и цеховых условиях.

Кроме термостата ТС 600-2 наше предприятие освоило серийный выпуск двух моделей сухоблочных калибраторов КС 600-1 и КС 100-1.

Калибратор КС 600-1 предназначен для поверки и калибровки различных средств измерения температуры в лабораторных и промышленных условиях. Этот калибратор сконструирован на базе термостата ТС 600-2, обеспечивает работу в диапазоне температур от +50 до +600 °С. Основным достоинством КС 600-1 является наличие встроенного измерителя, который обеспечивает измерение выходных сигналов поверяемых термометров в значениях температуры или натуральных величинах, кроме измерения сигналов термометров измеритель может использоваться как вольтметр или омметр независимо от башни тепла калибратора.

Калибратор КС 100-1 как и КС 600-1 предназначен для поверки и калибровки средств измерения температуры в лабораторных и промышленных условиях и обеспечивает работу в диапазоне температур от -10 до +100 °С. КС 100-1 разработан для реализации двух очень востребованных температур 0 и +100 °С и для создания удобной, компактной и современной альтернативы нулевым и паровым термостатам. КС 100-1 как и КС 600-1 оснащен встроенным измерителем.

Калибраторы КС 600-1 и КС 100-1 реализуют метод сличения поверяемого термометра с индивидуально градуируемым платиновым термометром сопротивления, что значительно уменьшает погрешность калибровки. Такой термометр, изогнутый под углом 120°, устанавливается рядом с поверяемым термометром и подключается к специальному разъему калибратора.

Криостат регулируемый КР -190 предназначен для охлаждения термометров при их поверке и исследовании в диапазоне температур от минус 190 до минус 60 °С в лабораторных условиях. Криостат имеет два исполнения КР -190-1 и КР -190-2, отличающиеся количеством и диаметрами колодцев для установки исследуемых термометров. Для работы криостата необходимо помещать его термостабилизирующий блок в криогенный сосуд марки СК-25, заполненный жидким азотом.

Семейство печей, позволяющих проводить поверку и градуировку термопар согласно ГОСТ 8.338-2002, представлено следующими изделиями:

- малоинерционная трубчатая печь МТП-2МР, имеющая исполнения МТП-2МР-50-500 и МТП-2МР-70-1000;
- печь шаровая ПШ 1200;

- печь высокотемпературная ВТП 1600-1;
- малоинерционная трубчатая печь МТП 1200-4 с пониженным напряжением питания.



Рисунок 4 печь МТП 2МР и печь МТП 1200-4 (перечисление слева на право).

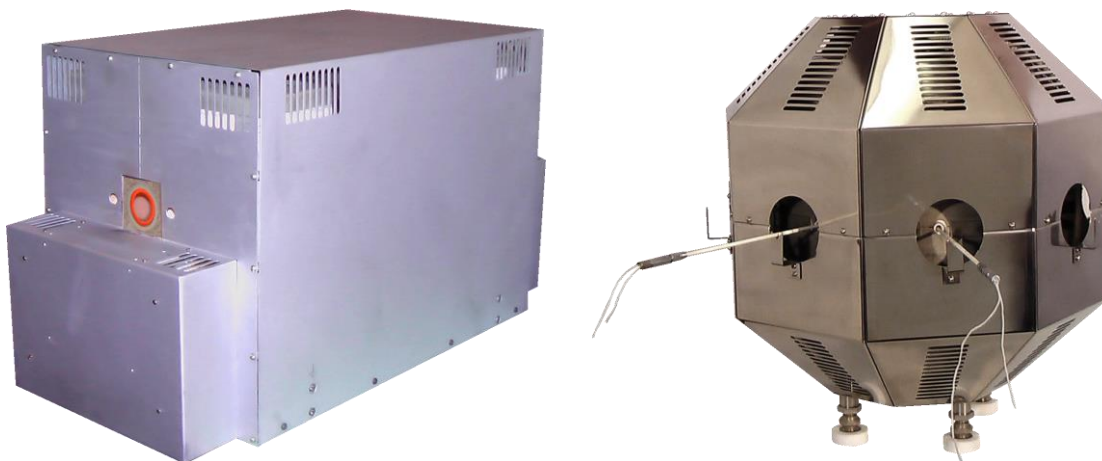


Рисунок 5 печь ВТП 1600-1 и печь ПШ 1200 (перечисление слева на право).

Все печи, кроме ВТП 1600-1, имеют диапазон воспроизводимых температур от 100 °С до 1200 °С. Базисная конструкция печи представляет собой горизонтальную трубчатую печь с гарантируемым температурным градиентом в центральной части.

Исполнения МТП-2МР отличаются друг от друга габаритами нагреваемой зоны: МТП-2МР-50-500 имеет нагреваемую зону длиной 500 мм и диаметром 50 мм, а МТП-2МР-70-1000 – длиной 1000 мм и диаметром 70 мм. При этом у МТП-2МР-50-500 внутри трубы с нагревателем установлена выравнивающая труба, которая увеличивает защиту от электрического пробоя и позволяет использовать никелевый выравнивающий блок для расширения зоны равномерного нагрева.

В 2012 году было освоено серийное производство низковольтной печи МТП 1200-4. Эта печь обеспечивает диапазон рабочих температур от 100 до 1200 °С и при этом имеет напряжение питания 36 В, что гарантирует электробезопасность при эксплуатации печи. Так же стоит отметить, что МТП 1200-4 благодаря наличию трех нагревателей в своей конструкции имеет неравномерность температуры вдоль оси печи 0,1 °С/см во всем диапазоне рабочих температур, то есть практически как у сухоблочных калибраторов и термостатов.

Для поверки и калибровки термопар типа ТПР(В) предприятие выпускает высокотемпературную печь ВТП 1600-1 с диапазоном рабочих температур от 300 до 1600 °С.

Отдельной позицией в ряду печей стоит шаровая печь ПШ 1200, которая имеет сферический нагреватель и вследствие этого значительно меньшую неравномерность температуры в центральной части по сравнению с печью МТП-2МР. В ГОСТ 8.338-2002 указано, что печь должна обладать градиентом 0,8 °С/см на длине 50 мм – этим требованиям удовлетворяет печь МТП-2МР. Шаровая же печь на длине 80 мм, т.е. в 1,5 раза большей, имеет градиент 0,2 °С/см, т.е. в четыре раза меньший. Другим достоинством шаровой печи является возможность установки поверяемых термопар достаточно крупных габаритов таким образом, чтобы спаи физически находились рядом друг с другом. При этом загрузка печи значительно больше из-за наличия восьми каналов.

В существующей поверочной схеме в качестве государственного эталона единицы температуры и образцового средства 1-го разряда используется аппаратура для воспроизведения реперных точек температуры. Эта аппаратура представляет собой ампулы, заполненные высокочистым металлом и печи для нагрева этих ампул. Реперной точкой называется температура фазового перехода первого рода (плавления или остывания)

металла в ампуле при нормальном атмосферном давлении. Именно в реперных точках производится градуировка образцовых средств измерения 1-го разряда.

В настоящее время на предприятии разработаны следующие печи реперных точек: ПРТ 50-700, в которой можно реализовывать реперные точки индия, олова, цинка и алюминия, и ПРТ 600-1100, в которой можно реализовывать реперные точки серебра, золота и меди. Также совместно с ВНИИМ им. Менделеева ведется изготовление ампул с этими металлами.

ОАО НПП «Эталон» охотно разрабатывает и изготавливает изделия по индивидуальному заказу, даже не связанные с основным профилем работы предприятия. Например, по техническому заданию «Ростест-Москва» был разработан и изготовлен термостат ТР 20.



Рисунок 6 термостат ТР 20

Термостат регулируемый ТР 20 предназначен для термостатирования комплекта эталонных катушек электрического сопротивления типа Р310, Р321, Р331 и нормальных элементов типа Х482 в диапазоне температур от 15 до 30 °С в лабораторных условиях. Использование термостата позволяет не проводить коррекцию вследствие отклонения окружающей температуры от значения 20 °С, что упрощает и ускоряет поверку эталонных катушек электрического сопротивления и нормальных элементов. Достоинством термостата является возможность с помощью переключателя из всех подключенных выбрать требуемую катушку электрического сопротивления или нормальный элемент.

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать вывод, что с помощью продукции нашего предприятия можно полностью укомплектовать высококачественную лабораторию для поверки промышленных средств измерения температуры во всем диапазоне контактной термометрии. Основными нашими покупателями являются региональные метрологические центры, такие как «Ростест-Москва», «Оренбургский ЦСМ», «Челябинский ЦСМ», и метрологические лаборатории крупнейших предприятий, таких как ОАО «Ямбурггаздобыча» г. Н.Уренгой, ФГУП «Салют» г. Москва.

#### Сведения об авторе

*Мальшев Юрий Олегович*, ведущий инженер специального конструкторского бюро, ОАО НПП «Эталон», 644009, г. Омск, ул. Лермонтова, 175,  
тел. (3812) 36-99-67,  
E-mail: [fgup@omsketalon.ru](mailto:fgup@omsketalon.ru)