

## НОВЫЕ РАБОЧИЕ ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦЫ ТЕМПЕРАТУРЫ 1-го И 2-го РАЗРЯДОВ: ПЛАТИНОВЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕРИИ ЭТС



*В.А. Медведев,  
канд. техн. наук, советник по  
метрологии ООО НПП «ЭЛЕМЕР»,  
Москва, medvedev@elemer.ru*



*В.М. Окладников,  
чл.-корр. Метрологической акаде-  
мии, генеральный директор  
ООО НПП «ЭЛЕМЕР», Москва,  
director@elemer.ru*



*С.П. Полунин,  
канд. техн. наук, начальник  
ОЭПТ ООО НПП «ЭЛЕМЕР»,  
Москва, polunin@elemer.ru*

*Метрологи-теплотехники со стажем помнят время, когда при поверке рабочих термометров сопротивления (ТС) в качестве средства передачи единицы в подавляющем большинстве лабораторий использовался стеклянный ртутный термометр 2-го разряда ТЛ-4 производства клинского термометрового завода. Поверителю полагалось применять вспомогательное средство поверки «лупа», чтобы «на глаз» отсчитывать доли наименьшего деления шкалы, составлявшего одну десятую градуса. Рабочим эталоном более высокого разряда служил платиновый термометр в корпусе из плавленного кварца ПТС-10 и его более поздняя версия ПТС-10М. Лишь немногочисленные метрологические центры обладали высокоточными «ручными» средствами измерения их выходного сигнала – сопротивления при малом, обычно 1 мА, рабочем токе. По мере появления прецизионных измерителей сопротивления термопреобразователей с функцией автоматического преобразования в единицы температуры, в том числе по загружаемым индивидуальным «пользовательским» наборам коэффициентов стандартного формата для эталонных платиновых термометров, заметно вырос интерес к рабочим эталонам – платиновым термометрам сопротивления. Стала реальной и была реализована автоматизированная поверка групп однородных ТС. Ограниченный выпуск эталонных ПТС-10М и ЭТС-25 уже не может удовлетворить нарастающие потребности.*



Почти 15 лет назад на рынке появились разработанные в ООО НПП «ЭЛЕМЕР» эталонные 2-го и 3-го разрядов термометры сопротивления платиновые вибропрочные серии ПТСВ, к настоящему времени выпускаемые разработчиком в 16 модификациях. Пользователей привлекает металлический корпус (в большинстве модификаций), повышенная стойкость к вибрации, дизайн и удобство использования, но не всегда устраивает диапазон температуры – от минус 50 °С до 450 °С – и отсутствие модификаций более высокого, 1-го, разряда. Существенным стимулом интереса, в первую очередь со стороны метрологов, к рабочим эталонам единицы температуры 1-го разряда и расширению диапазона измерений служит бурно расширяющееся использование многозначных мер температуры – температурных калибраторов при поверке рабочих средств измерений температуры. Применение калибраторов практически решило задачу поверки/калибровки, в том числе автоматизированной, современных цифровых термометров и термометров с унифицированными выходными сигналами. При поверке таких рабочих эталонов-калибраторов, как правило, 3-го, но иногда и 2-го, разряда по поверочной схеме ГОСТ 8.558-2009 [1] в методиках поверки предусмотрено использование рабочих эталонов 1-го разряда, по крайней мере, до температуры 660 °С.

Повышение верхней границы диапазона выше 450 °С и/или обеспечение стабильности до уровня рабочего эталона 1-го разряда связано с решением нескольких непростых задач. Известны трудности приобретения платиновой проволоки требуемой предельно высокой чистоты, разработки конструкций защитного корпуса и чувствительного элемента, снижающих воздействие на проволоку различных неблагоприятных факторов. Традиционный корпус, обеспечивающий неагрессивную атмосферу сухого воздуха до предельно высоких температур, из кварцевого стекла, с выводом платиновых проводников через «холодную» головку из химического стекла платиновой группы, использует «переходник» по коэффициенту теплового расширения – набор из спаянных между собой колец из стекол специальных марок. В настоящее время и такой «переходник», и

стекла для него практически недоступны на рынке. ООО НПП «ЭЛЕМЕР» разработал и запатентовал [2] другой прием герметизации чувствительного элемента в корпусе из плавленого кварца или лейкосапфира. Герметичность обеспечивает металlostеклянная головка термометра с выводом подводящих проводников через химическое стекло, соединяемая с металлизированным пояском на «холодном» конце корпуса пайкой мягким припоем. Герметизацию проводят в корпусе, разогретом в печи до 660 °С, с сухим воздухом при атмосферном давлении. На головке смонтирован удобный 4-х контактный разъем. Корпус из лейкосапфира обладает значительно большей стойкостью к удару и изгибу, чем корпус из плавленого кварца. Коэффициент теплопроводности лейкосапфира в десять раз выше, чем у кварцевого стекла, что не снижает эффективность его использования в средах с большим коэффициентом теплоотдачи, например, в жидкостях и квазижидкостях водяных, масляных, солевых и пылевоздушных термостатов.

Первую группу рабочих эталонов этой серии представляют термометры платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов: ЭТС-1С, ЭТС-1К, ЭТС-2С, ЭТС-2К, ЭТС-3М. Эти средства измерений внесены в Федеральный информационный фонд под номером 73672-18 и уже доходят до потребителя. Их чувствительный элемент в виде спирали из платиновой проволоки уложен отрезками в трубочки из кварцевого стекла, образующие прочный каркас. Номинальное сопротивление при температуре тройной точки воды 10 Ом или 25 Ом. Диаметр защитного корпуса не более 7 мм, длина монтажной части 550 мм. Буква К в аббревиатуре означает защитный каркас из кварцевого стекла, буква С – из лейкосапфира, буква М – из металла (сплава инконель). Диапазон измерений ЭТС-1С и ЭТС-1К 1-го и 2-го разряда от 0,01 до 660,323 °С, ЭТС-2С и ЭТС-2К 1-го разряда от 0,01 до 419,527 °С, ЭТС-3М 1-го разряда от 0,01 до 231,928 °С. Первичную и периодическую поверку изготовитель проводит по ГОСТ 8.568-99 [3] на аппаратуре, включающей в свой состав ампулы реализации температур реперных точек шкалы МТШ-90 нулевого разряда от тройной точки воды до точки затвердевания алюминия. В руковод-



Общий вид термометра платинового эталонного серии ЭТС

стве по эксплуатации для моделей ЭТС-1С и ЭТС-1К подчеркнута необходимость отжига по описанной процедуре после окончания измерений выше 420 °С.

Очевидные эксплуатационные достоинства рабочего эталона 1-го разряда в металлическом защитном корпусе подвигли разработчиков к расширению диапазона измерений модели ЭТС-3М как в сторону высоких температур, до температуры затвердевания цинка 419,527 °С, так и в сторону низких, до температуры кипения азота минус 196 °С. Корпус из металлического сплава, даже такого стойкого, как инконель, по мере повышения температуры эмитирует в среду, окружающую чувствительный элемент, атомы компонентов сплава, которые могут загрязнять платину. Если чувствительный элемент недостаточно защищен от такого воздействия, то трудно рассчитывать на хорошую стабильность сопротивления. Вопрос надлежащей защиты чувствительного элемента решен в модели эталонного термометра 1-го разряда ЭТС-5М с диапазоном измерений от минус 196 до 419,527 °С. Конструкция и габаритные размеры этой модели такие же, как у предыдущих моделей. Изготовлены опытные образцы и в настоящее время завершаются испытания в целях утверждения типа.

Конечно, в термометрической лаборатории ООО НПП «ЭЛЕМЕР» штурмуются подступы к рабочему эталону для диапазона температур до точки затвердевания меди 1084,62 °С. Потребность в таких термометрах пока невелика, но она явно будет расти. Отчасти сдерживающим фактором служит малая распространенность прецизионных омметров с рабочим током 10 мА, использу-

емым в таких низкоомных, с номинальным сопротивлением менее одного ома, термометрах. И наша эталонная база должна быть дополнена реперной точкой затвердевания меди нулевого разряда. Но это вопросы времени, и, скорее всего, близкого.

## Литература

1. ГОСТ 8.558-2009. Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерения температуры.
2. Высокотемпературный термометр сопротивления: пат. Рос. Федерация №2016150684, заявл. 22.12.2016, опублик. 03.05.2017, Бюл. №13.
3. ГОСТ 8.568-99/ГОСТ Р 8.571-98. Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений. Термометры сопротивления платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов. Методика поверки.



ООО НПП «ЭЛЕМЕР»  
г. Москва, г. Зеленоград

Тел.: 495-988-48-55, 499-995-25-07  
Факс: 499-735-14-02

[elemer@elemer.ru](mailto:elemer@elemer.ru)  
[www.elemers.ru](http://www.elemers.ru)

