

Новые рабочие эталоны единицы температуры 1-го и 2-го разрядов: платиновые термометры сопротивления серии ЭТС



Эталонные платиновые термометры серии ЭТС созданы по инновационной технологии, имеют широкий диапазон измерения температур и высокую стабильность. В статье представлены решения, примененные разработчиками НПП «ЭЛЕМЕР» для создания рабочих эталонов 1-го разряда, перечислены характеристики и преимущества данных устройств.

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

Метрологи-теплотехники со стажем помнят время, когда при поверке рабочих термометров сопротивления (ТС) использовался стеклянный ртутный термометр 2-го разряда ТЛ-4 производства Клинского термометрового завода. Специалисту, выполняющему поверку, полагалось пользоваться лупой, отсчитывая на глаз доли наименьшего деления шкалы термометра, которое соответствовало одной десятой градуса. Рабочими эталонами более высокого разряда были платиновый термометр в корпусе из плавленного кварца ПТС-10 и его более поздняя версия ПТС-10М. Лишь немногие метрологические центры имели высокоточные «ручные» средства измерения их выходного сигнала — сопротивления при малом рабочем токе (обычно 1 мА).

Когда стали появляться прецизионные измерители сопротивления термпреобразователей с функцией автоматического преобразования в единицы температуры, в том числе по загружаемому индивидуальному «пользовательским» набором коэффициентов стандартного формата для эталонных платиновых термометров, возрос интерес к рабочим эталонам — платиновым термометрам сопротивления. Появилась возможность проводить автоматизированную поверку групп однородных ТС, что и было реализова-

но. Ограниченный выпуск эталонных термометров ПТС-10М и ЭТС-25 уже не соответствовал растущим потребностям.

Около 15 лет назад специалисты ООО НПП «ЭЛЕМЕР» разработали и вывели на рынок эталонные платиновые вибропрочные термометры сопротивления серии ПТСВ 2-го и 3-го разрядов. В настоящее время они выпускаются в 16 модификациях. Пользователи оценили по достоинству их металлический корпус (в большинстве модификаций), повышенную стойкость к вибрации, дизайн и удобство использования. Однако не всех устроил диапазон измеряемых температур (от -50 до 450 °С) и отсутствие модификаций 1-го, то есть более высокого, разряда. Интерес к рабочему эталону 1-го разряда и расширению диапазона измерений стимулировался активно растущим использованием 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.

Чтобы верхняя граница диапазона измерений превысила 450 °С, а стабильность соответствовала уровню рабочего эталона 1-го разряда, необходимо решить несколько непростых задач. Специалистам известно, как трудно приобрести платиновую проволоку требуемой предельно высокой чистоты, разработать конструкцию защитного корпуса и чувствительного элемента, снижающую 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 стекла специальных марок. В настоящее время и такой «переходник», и стекла для него практически исчезли с рынка. ООО НПП «ЭЛЕМЕР» разработал и запатентовал [2] другой способ герметизации чувствительного элемента в корпусе из плавленного кварца или лейкосапфира. Герметичность обеспечивает металлостеклян-



Рис. 1. Общий вид платинового эталонного термометра серии ЭТС

ная головка термометра с выводом подводящих проводников через химическое стекло, соединяемая с металлизированным пояском на «холодном» конце корпуса пайкой мягким припоем. Герметизацию осуществляют в корпусе, разогретом в печи до 660 °С, с сухим воздухом при атмосферном давлении. На головке смонтирован удобный 4-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 его эффективности в средах с большим коэффициентом теплоотдачи, например в жидкостях и квазижидкостях водяных, масляных, солевых и пылевоздушных термостатов.

В первую группу рабочих эталонов серии ЭТС (рис. 1), созданных с применением новой технологии, вошли термометры платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов: ЭТС-1С, ЭТС-1К, ЭТС-2С, ЭТС-2К, ЭТС-3М. Данные средства измерений внесены в Федеральный информационный фонд под номером 73672-18 и в настоящее время уже доступны для 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 составляет 10 или 25 Ом. Диаметр защитного корпуса — не более 7 мм, длина монтажной части — 550 мм. Буква К в названии 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 разрядов — 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 руководстве по эксплуатации для моделей ЭТС-1С и ЭТС-1К подчеркнута необходимость отжига по описанной процедуре после окончания измерений выше 420 °С.

Очевидные эксплуатационные преимущества рабочего эталона 1-го разряда в металлическом защитном корпусе вызвали у разработчиков желание расширить диапазон 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 (–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. Надлежащую защиту чувствительного элемента удалось реализовать в модели эталон-

ного термометра 1-го разряда ЭТС-5М с диапазоном измерений от –196 до 419,527 °С. Конструкция и габаритные размеры этого эталонного термометра такие же, как у предыдущих моделей. Изготовлены опытные образцы, сегодня завершаются испытания в целях утверждения типа.

В настоящее время в термометрической лаборатории ООО НПП «ЭЛЕМЕР» ведутся работы над рабочим эталоном для диапазона температур до точки затвердевания меди — 1084,62 °С. Потребность в таких термометрах пока невелика, но она несомненно будет расти. В качестве сдерживающего фактора назовем малую распространенность прецизионных омметров с рабочим током 10 мА, используемым в таких низкоомных, с номинальным сопротивлением менее одного ома, термометрах. И наша эталонная база должна быть дополнена реперной точкой затвердевания меди нулевого разряда. Это вопрос времени, и, скорее всего, близкого.

Литература

1. ГОСТ 8.558-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений температуры».
2. Высокотемпературный термометр сопротивления: патент Российской Федерации № 2016150684. Заявл. 22.12.2016, опубл. 03.05.2017, бюл. № 13.
3. ГОСТ 8.568-99 / ГОСТ Р 8.571-98 «Государственная система обеспечения единства измерений. Термометры сопротивления платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов. Методика поверки».

В. М. Окладников, генеральный директор,
В. А. Медведев, к. т. н, советник по метрологии,
С. П. Полунин, к. т. н., начальник ОЭПТ,
ООО НПП «ЭЛЕМЕР», г. Москва, г. Зеленоград,
тел.: +7 (800) 100-5147, +7 (495) 988-4855,
e-mail: elemer@elemer.ru,
сайт: elemer.ru