

Қазақстан Республикасының
Сауда және интеграция
министрлігі



Министерство торговли и
интеграции Республики Казахстан

"Техникалық реттеу және
метрология комитеті"
республикалық мемлекеттік
мекемесі

Республиканское государственное
учреждение "Комитет
технического регулирования и
метрологии"

Нұр-Сұлтан қ.

г.Нур-Султан

Номер: KZ49VTN00005953

Дата выдачи: 28.12.2021

СЕРТИФИКАТ №1366
об утверждении типа средств измерений

Зарегистрирован в
реестре государственной
системы обеспечения
единства измерений
Республики Казахстан
28.12.2021 года
за № KZ.02.01.01366-2021
Действителен до
28.12.2026 года*

Настоящий сертификат удостоверяет, что на основании положительных результатов испытаний утвержден тип

Термометр сопротивления

наименование средства измерений

серии TR, TF и A2G (моделей A2G-60, A2G-70, A2G-85, TR10-O, TR10-1 TR10-A, TR10-B, TR10-C, TR10-D, TR10-F, TR10-H, TR10-J, TR10-K, TR10-L, TR11-A, TR11-C, TR12-A, TR12-B, TR12-M, TR15, TR20, TR21-A, TR21-B, TR21-C, TR22-A, TR22-B, TR25, TR31-3, TR31-K, TR33, TR34, TR36, TR40, TR41, TR50, TR53, TR55, TR57-M, TR60, TR75, TR81, TR95, TF35, TF44, TF45, TF-LCD, TFT35, TF37, TF40, TF41, TF43)

обозначение типа

фирма «Wika Alexander Wiegand SE & Co. KG»

наименование производителя

Германия

территориальное место расположение производства

заводские номера (диапазон заводских номеров)**

и допущен к выпуску в обращение в Республике Казахстан.

Заместитель председателя

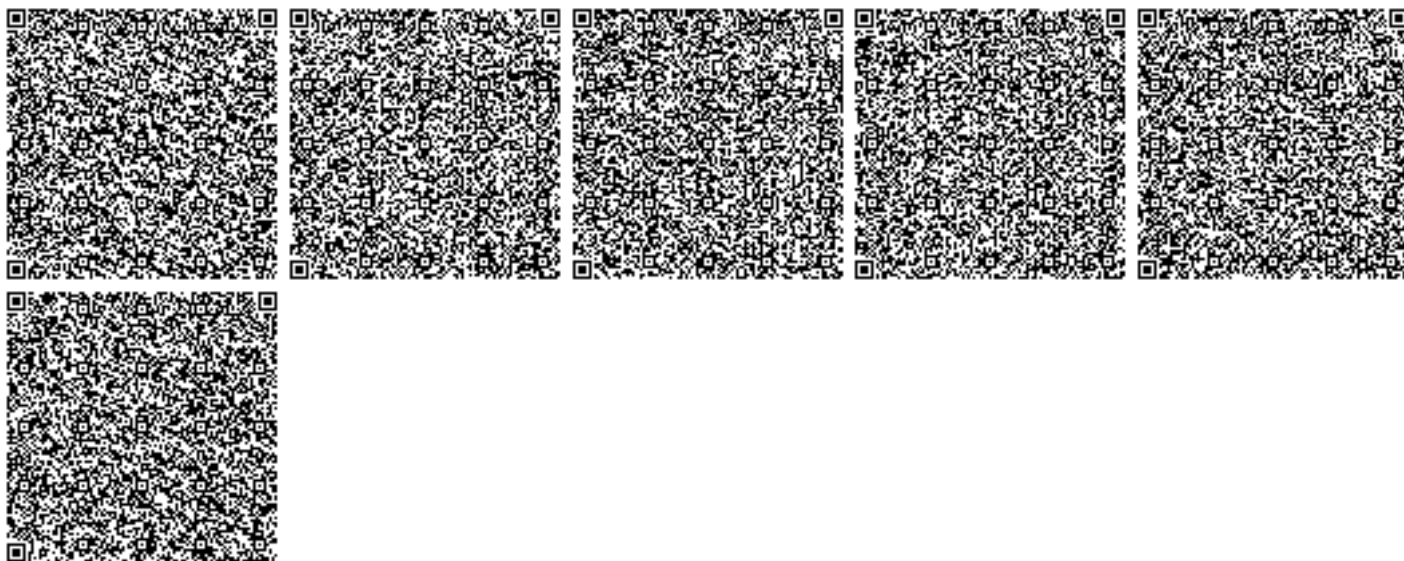
Мейрбаева Галия-Бану Ондасыновна



Примечание:

* - заполняется при утверждении типа средств измерений;

** - заполняется при утверждении типа партии средств измерений.



ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Наименование средства измерений: Термометры сопротивления

Обозначение типа: серии TR, TF и A2G модели A2G-60, A2G-70, A2G-85, TR10-0, TR10-1, TR10-A, TR10-B, TR10-C, TR10-D, TR10-F, TR10-H, TR10-J, TR10-K, TR10-L, TR11-A, TR11-C, TR12-A, TR12-B, TR12-M, TR15, TR20, TR21-A, TR21-B, TR21-C, TR22-A, TR22-B, TR25, TR31-3, TR31-K, TR33, TR34, TR36, TR40, TR41, TR50, TR53, TR55, TR57-M, TR60, TR75, TR81, TR95, TF35, TF44, TF45, TF-LCD, TFT35, TF37, TF40, TF41, TF43

Наименование производителя: фирма «Wika Alexander Wiegand SE & Co. KG» Германия.

Назначение и область применения

Термометры сопротивления серий TR, TF и A2G моделей A2G-60, A2G-70, A2G-85, TR10-0, TR10-1, TR10-A, TR10-B, TR10-C, TR10-D, TR10-F, TR10-H, TR10-J, TR10-K, TR10-L, TR11-A, TR11-C, TR12-A, TR12-B, TR12-M, TR15, TR20, TR21-A, TR21-B, TR21-C, TR22-A, TR22-B, TR25, TR31-3, TR31-K, TR33, TR34, TR36, TR40, TR41, TR50, TR53, TR55, TR57-M, TR60, TR75, TR81, TR95, TF35, TF44, TF45, TF-LCD, TFT35, TF37, TF40, TF41, TF43 (далее термометры) предназначены для измерения температуры в диапазоне от минус 200 ° С до 600 ° С в жидких, газообразных и сыпучих средах, не разрушающих их защитную арматуру, а также твердых поверхностей, во взрывобезопасных и взрывоопасных зонах.

Область применения – термометры используют в различных областях промышленности, в том числе: в химической, пищевой, перерабатывающей, нефтехимической, машиностроении, автомобилестроении и двигателестроении, гидравлике, морском применении, станкостроении, строительстве, энергетике, судостроении, биохимической и фармацевтической отрасли.

Объектами применения термометров являются нефтеперерабатывающие заводы, топливные склады, электростанции, лаборатории, трубопроводы и резервуары, холодильные и климатические системы, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (в том числе в приточных и вытяжных каналах), подвижные составы, гидравлические системы (компрессора и гидравлические машины), зерно- и солодохранилища, доменные печи и другие.

Описание

Термометры представляют собой термопреобразователи сопротивления, электрическое сопротивление которых пропорционально зависит от температуры.

Принцип действия термометров, состоящих из одного или нескольких термочувствительных элементов сопротивления и внутренних соединительных

проводов, основан на свойстве измерительного элемента: платины, никеля, меди или специальных сплавов, изменять свое сопротивление с изменением температуры.

Чувствительными элементами термометров являются резисторы, выполненные из металлической проволоки или пленки, помещенные в герметичный защитный корпус. Защитный корпус обеспечивает механическую прочность и устойчивость термометров к воздействию внешней среды, как правило, это заваренная с одной стороны металлическая трубка с приспособлениями для монтажа термометров или без них. На другой конец может быть навинчена головка с контактными винтами. При очень высоких требованиях к виброустойчивости чувствительные элементы скручиваются и вплавляются в стекло.

Термометры могут иметь гибкую конструкцию - металлическую оболочку из нержавеющей стали с минеральной изоляцией (Mi кабель), внутри которой расположен чувствительный элемент и внутренние выводы. Чувствительные элементы соединяются при помощи выводов с клеммной головкой, закрепленной в защитном корпусе (оболочке), или же внутренние проводники выведены через уплотнение в наружной части защитного корпуса (оболочки).

При использовании термометров со встроенными в них вторичными преобразователями температуры измеряемая температура может быть преобразована в выходной цифровой, а также в электрический сигнал постоянного тока или напряжения.

Модели термометров отличаются между собой конструктивным исполнением, наличием или отсутствием головки, областью применения, диапазоном измеряемых температур.

В зависимости от конструкции термометры могут устанавливаться непосредственно в процесс или внутри защитной гильзы. Защитные гильзы для термометров изготавливаются с учетом их использования в технологическом процессе.

Модель TR10-A, сделана из гибкого экранированного кабеля с минеральной изоляцией. Чувствительный элемент расположен на конце измерительной вставки. Модель предназначена для установки в защитную гильзу и поставляется подпружиненной для обеспечения контакта с дном защитной гильзы. В зависимости от гильзы термометр изготавливается с различными диаметрами и в широком диапазоне измерения температуры.

Термометр модели TR10-B может комбинироваться с различными конструкциями защитных гильз, присоединениями к защитным гильзам, соединительными головками, а также с различными длинами погружения и удлинительными шейками. В особых условиях применения данная модель может использоваться и без защитных гильз, как опция термометр комплектуется вторичными цифровыми или аналоговыми преобразователями.

Модель TR10-C с защитной гильзой модели TW35 предназначена для непосредственного монтирования в процесс измерения температуры. Защитная гильза вкручивается в соединительную головку, вследствие чего измерительная

вставка термометра может быть снята и заменена без полного его демонтажа из процесса, что позволяет не останавливать работу оборудования на время проверки или сервиса.

Для измерения температуры жидкостей и газов при небольших и средних давлениях сконструирована модель TR10-D, которая непосредственно вкручивается в процесс. Для электрических подключений служит клеммный блок в соединительной головке, защищенной от водяных брызг. Измерительные вставки термометров выпускаются в двух исполнениях с зависимости от применения: подпружиненная сменная или несменяемая. Во взрывозащищенном исполнении модель TR10-D может комплектоваться аналоговым вторичным преобразователем типа T91.20.

Термометр TR10-F с защитной гильзой модели TW40 имеет приваренный фланец и вкручивается в соединительную головку, которая комплектуется вторичными цифровыми или аналоговыми преобразователями. Сменная измерительная вставка может быть извлечена из процесса без демонтажа.

Модель TR10-H (без защитной гильзы) применяется для непосредственной установки в высверленные под нее отверстия в деталях машин и механизмов или в процесс. Обычно монтаж данных термометров осуществляется непосредственно в процесс. Как дополнительный вариант в соединительную головку TR10-H может устанавливаться вторичный преобразователь температуры.

Термометры TR10-J с перфорированной защитной гильзой модели TW35 предназначены для непосредственной установки в вентиляционные каналы, вентиляционные шахты зданий и другие места для измерения температуры воздуха. Измерительная вставка TR10-J находится в непосредственном контакте с измеряемой средой, что улучшает ее чувствительность. Термометр может комплектоваться вторичными цифровыми или аналоговыми преобразователями.

Модель термометра TR10-L комбинируется с различными типами защитных гильз и имеет вид взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка». Измерительная вставка, взрывозащищенная соединительная головка и встроенный пламягаситель обеспечивают безопасную работу в опасных зонах. На соединительную платформу измерительной вставки может устанавливаться вторичный преобразователь (опция).

Измерительная вставка TR10-K предназначена для установки в термометры модели TR10-L. Эксплуатация без защитной гильзы допустима только в особых случаях. Измерительная вставка изготавливается из гнувшегося минерально изолированного кабеля. Чувствительный элемент расположен на конце измерительной вставки. Измерительные вставки обычно поставляются подпружиненными для обеспечения хорошего контакта с внутренней торцевой частью защитной гильзы. Возможны варианты модели TR10-K: с установленным кожухом, подходящим по внутреннему диаметру защитной гильзы; без клемного блока для прямого монтажа; с аналоговым или цифровым преобразователем. Тип и количество сенсоров, погрешность и тип соединения могут выбираться в зависимости от применения.

Термометры модели TR10-0 могут сочетаться с большим количеством различных защитных гильз, их многочисленные комбинации параметров датчика, такие как: соединительная головка, погружная длина, длина шейки, присоединение к гильзе и другие, доступны для этой модели. Датчик термометра находится на кончике измерительной вставки, он заменяемый и подпружиненный.

Измерительная вставка TR10-1, предназначенная для термометра TR10-0, подпружиненная, заменяемая и с фиксированным фитингом.

Измерительная вставка модели TR11-A имеет трубчатую конструкцию, закрытую с одной стороны, и предназначена для монтажа в защитную арматуру. Диапазон применения термометра дополняется конструкцией без клеммной коробки для установки его напрямую в процесс. Опционно может быть установлен аналоговый или цифровой трансмиттер.

Термометры модели TR11-C предназначены для винтового фитинга напрямую в процесс, в основном в емкостях и трубопроводах. Термометры подходят для жидких и газообразных сред при умеренной механической нагрузке и нормальных химических условиях. Защитная трубка сделана из нержавеющей стали, вся сварная и ввинчена в соединительную головку.

Сменная измерительная вставка модели TR12-A изготовлена из виброустойчивого измерительного кабеля с оболочкой (кабель с минеральной изоляцией). Датчик расположен на конце измерительной вставки. Тип и количество датчиков, точность и метод подключения выбираются в соответствии с условиями применения.

Термометры моделей TR12-B и TR12-M могут быть объединены с большим количеством конструкций гильз. Сменная центрально подпружиненная измерительная вставка и ее пружинный шаг позволяют сочетаться с широким спектром соединительных головок. Возможны и различные комбинации чувствительного элемента.

Промышленный термометр удаленного монтажа модели TR15 предназначен для монтажа во все стандартные исполнения гильз или установления в процесс, имеет подпружиненную измерительную вставку (сменную) и гибкую бронезащиту. В соединительную головку термометра могут быть установлены аналоговые или цифровые трансмиттеры.

Термометры моделей TR20, TR21-A, TR21-B и TR21-C предназначены для измерения температуры в случае необходимости соблюдения санитарных правил и норм. Модель TR20 оборудована технологическим соединением NEUMO BioControl® и поэтому оптимально подходит для условий применения, в которых погружение гильзы с термометром в процесс невозможно и нежелательно. Для повышения гигиенических требований головка из нержавеющей стали термометра выполнена в оптимизированной гигиенической конструкции. Модели TR21-A, TR21-B и TR21-C отвечают самым строгим требованиям для гигиенических измерений с точки зрения материала и конструкции. Модель TR21-A представляет собой компактный термометр с фланцевым соединением, гильза модели TR21-B устанавливается прямо в трубопровод, с помощью

орбитальной сварки, модель TR21-C изготовлена с встроенным гигиеническим присоединением. Все модели имеют простое электрическое подключение при помощи штыревого разъема M12×1.

Модели TR22-A, TR22-B и TR25 применяются для измерения температуры в стерильных процессах. Качество материала, оболочки и соединительной головки разработаны в соответствии со стандартами стерильных конструкций. Термометры имеют чувствительный элемент Pt 100 и аналоговые либо цифровые преобразователи, встроенные в соединительную головку, способные передавать различные выходные сигналы: 4 мА...20 мА, HART® протокол в сетях FOUNDATION™ Fieldbus and PROFIBUS® PA. Напружиненная измерительная вставка гарантирует контакт между наконечником датчика и крышкой гильзы и это обеспечивает короткое время отклика и необходимую точность.

Термометры моделей TR31-3, TR31-K, TR33 и TR34 применяются в качестве универсальных термометров для измерения температуры жидких и газообразных сред в диапазоне от минус 50 °С до 250 °С. Для эксплуатации в опасных зонах имеются искробезопасные варианты исполнения. Данные термометры можно применять при давлении до 140 бар (14 МПа) при диаметре чувствительного элемента 3 мм или до 270 бар (27 МПа) при диаметре чувствительного элемента 6 мм в зависимости от исполнения. Все электрические компоненты имеют защиту от влаги (IP67 или IP69K) и способны выдерживать вибрацию (20 g, в зависимости от исполнения). Термометры могут поставляться с непосредственным выходным сигналом от чувствительного элемента или встроенным преобразователем, который может конфигурироваться при помощи конфигурационного программного обеспечения для ПК Wika soft-TT. Термометры состоят из защитной гильзы с постоянным технологическим присоединением и вкручиваются непосредственно в технологический процесс. Электрические соединения зависят от конструкции и выполняются с помощью круглого разъема M12×1, что соответствует модели TR31-3, TR33 и TR34. Модель TR31-K представляет собой термометр с кабелем, соединенным на прямую.

Термометры модели TR36 являются универсальными и предназначены для измерения температуры жидкостей и газообразных сред в соответствующих для них диапазонах. Их используют для давлений до 140 бар при 3 мм диаметре сенсора, до 270 бар при диаметре сенсора 6 мм и до 400 бар при диаметре сенсора 8 мм, в зависимости от исполнения. Все электрические компоненты защищены от брызг воды и выдерживают вибрацию до 20 г. Термометр состоит из трубки и зонда, которые можно закрепить в процессе, используя постоянно приварное резьбовое соединение или компрессионный фитинг. Доступна версия термометра без присоединения к процессу.

Кабельные термометры TR40 имеют металлические наконечники (щупы), в которых расположен чувствительный элемент, и применяются для непосредственной установки в высверленные под них отверстия в деталях машин и механизмов или в процесс. Измеряемая среда не должна быть химически агрессивной или иметь абразивные составляющие. В стандартном

исполнении кабельные термометры не имеют резьбы для присоединения к процессу. Резьбовые соединения, такие, как гайки и переходники возможны опционально.

Модель TR41 представляет собой кабельный термометр сопротивления, который применяется в случаях, где металлический зонд устанавливается непосредственно в предусмотренные отверстия (например, в детали механизмов) и непосредственно в процесс, а также для любых применений с химически неагрессивными и неабразивными средами. Для установки термометра в защитную гильзу следует использовать компрессионный фитинг с пружинным поджатием, поскольку только так можно обеспечить плотный контакт наконечника чувствительного элемента с дном защитной гильзы. В стандартном исполнении кабельные термометры сопротивления выпускаются без технологических присоединений.

Термометры для измерения температуры поверхности модели TR50 предназначены для измерения внешней температуры на плоских поверхностях или трубах. Чувствительный элемент устанавливается в контактный блок, который может быть завинченным или приваренным к поверхности, температура которой измеряется. Термометры изготавливаются с различными видами присоединения к процессу: с металлическим контактным блоком, приваривается к поверхности листом, крепится хомутом, с шайбой.

Модель TR53 изготавливается с одним или двумя чувствительными элементами. Данные кабельные термометры имеют байонетное присоединение, они могут быть установлены в высверленные отверстия узлов и агрегатов машин без применения защитных гильз. Различные виды изоляционных материалов применяются в зависимости от условий применения. Концы кабеля могут поставляться неизолированными и подготовленными к подключению, или снабженными опциональными разъемами или гнездами.

Термометры модели TR55 предназначены для измерения температуры подшипников и других поверхностей в насосах, механизмах с шестеренчатыми передачами и двигателях в условиях сухой среды, окружающей сенсорную часть. Подпружиненный край сенсорной части с плоским торцом обеспечивает постоянный контакт с наружной поверхностью корпуса. Оптимальная длина погружения может быть установлена при помощи компрессионного переходника. Аналоговый или цифровой вторичный преобразователь, встраиваемый в соединительную головку, обеспечивает различные выходные сигналы: 4 мА... 20 мА, HART[®], PROFIBUS[®] PA, FOUNDATION[™] Fieldbus и другие.

Монтируемые на трубе термометры модели TR57-M применяются для измерения температуры на трубопроводах. Термометры устанавливаются на трубу без необходимости врезки или прерывания процесса. Измерения осуществляются в диапазоне температур от минус 20 °С до 150 °С. Монтаж измерительного элемента на трубопроводе выполняется с помощью трубного переходника. Измерительный элемент подпружинен, а наконечник сенсора изолирован от воздействия температуры окружающей среды силиконовым покрытием трубного переходника. Измерительный элемент может быть извлечен

для проведения калибровки. Все электрические компоненты защищены от воздействия влаги (IP67). Термометр имеет необработанный выходной сигнал сенсора или встроенный преобразователь и предназначен для работы в условиях с ограниченным монтажным пространством. Для конкретного применения могут быть выбраны такие параметры как технологическое присоединение, тип сенсора и метод подключения. Электрическое подключение производится с помощью круглого соединителя M12×1.

Термометры модели TR60 предназначены для внутреннего или наружного монтажа. Термометр для наружного монтажа измеряет температуру в полевых условиях, отличается закрытой трубой штока и применяется в комнатах с высокой влажностью и на открытых (полевых) площадках. Термометр для внутреннего монтажа отвечает требованиям «искробезопасная цепь» в случае искробезопасного исполнения. Термометр измеряет в закрытых помещениях в комнатах с низкой влажностью. Перфорированный на уровне датчика шток, непосредственно контактирует с окружающей средой, что повышает чувствительность данной модели. Возможны варианты с встроенным вторичным преобразователем температуры.

Модель TR75 представляет собой комбинацию цифрового показывающего термометра и термопреобразователя сопротивления. Может использоваться без внешнего электрического питания. Диапазоны длин погружения, удлинительных шеек, видов присоединения к процессу, позволяют использовать данную модель практически со всеми типами защитных гильз.

Термометр модели TR81 с защитной гильзой TW81 используют при измерении температур газов - продуктов сгорания, отходов горения в дымоходах, домнах и воздушных нагревателях при низком давлении до 0,1 МПа (1 бар). Сменная измерительная вставка позволяет осуществлять обслуживание и проверку температуры в ходе рабочего процесса. Аналоговые или цифровые вторичные преобразователи, вставленные в соединительную головку, способны выдавать различные выходные сигналы: 4 мА...20 мА или HART[®] протокол, PROFIBUS[®] PA или FOUNDATION[™] Fieldbus.

Многоточечные термометры сопротивления ленточной конструкции модели TR95 с защитной гильзой (модель TR95-A-B) и без защитной гильзы (модель TR95-B-B) используются для измерения температуры в реакторах или топливных складах, а также для обнаружения «горячих точек». В данной конструкции на направляющей ленте линейно расположены несколько (если требуется) заменяемых термометров сопротивления. Соединительные клеммы или преобразователи температуры размещают в соединительном блоке, который либо входит в состав многоточечного термометра, либо монтируется отдельно, на стене или трубопроводе.

Вкручивающийся термометр модели TF35 используется для измерения температуры в мобильной гидравлике, машиностроении, компрессорах, автомобилестроении, в отопительном, холодильном и климатическом оборудовании. Данные термометры имеют компактную конструкцию, чрезвычайно высокую виброустойчивость, электрическое подключение и

различные типы чувствительных элементов. Термометр используется для измерения температуры жидких и газообразных сред в диапазоне от минус 50 °С до 250 °С. Встроенная защитная гильза с резьбовым соединением позволяет устанавливать термометр непосредственно в процесс. В зависимости от конкретных требований можно выбрать защитную гильзу из латуни или нержавеющей стали. Термометр может использоваться для работы при давлении до 50 бар (5 МПа).

Резьбовой термометр с соединительным проводом модели TF37, как и модель TF35 очень стоек к вибрациям, используется там, где из-за высокой температуры среды требуется разъединение электрической точки соединения и измерительной точки. Точка перехода от защитной гильзы к соединительному проводу является пыле- и водонепроницаемой. В конструкции данной модели стандартно используются различные чувствительные элементы: Pt1000, Pt100, NTC, Ni1000, КТУ.

Канальный датчик температуры модели TF40 служит для измерения температуры в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, когда высокоточное измерение температуры не требуется. Диапазон измерения зависит в основном от измерительного элемента: Pt1000, Pt100 или NTC. Применение с защитной гильзой позволяет использовать термометр для измерения температуры жидких сред.

Термометры наружного монтажа модели TF41 используются для измерения температуры внешнего воздуха, а также в холодильных камерах, в производственных и складских помещениях. Небольшие размеры корпуса термометра позволяет устанавливать его в ограниченном монтажном пространстве. Термометр стандартно поставляются с чувствительным элементом, встроенным в корпус. Для ускорения процесса измерения температуры модель TF41 может поставляться с внешним зондом. Для предотвращения ошибочных измерений при сильном воздействии солнечного излучения в качестве дополнительного оборудования предлагается специальный солнцезащитный защёлкивающийся козырек. Возможность выбора нужного чувствительного элемента термометра модель TF41 совместима со всеми широко применяемыми системами управления.

Погружной термометр с опаянным пластиком измерительным элементом модели TF43 используется в холодильной промышленности, системах охлаждения и системах кондиционирования воздуха. Измерительный элемент и соединительный кабель имеют защитное покрытие, нанесенное горячим способом, поэтому термометр обладает водонепроницаемостью (степень защиты оболочки IP68) без защитной гильзы.

Накладной датчик температуры с соединительным кабелем термометра модели TF44 не контактирует с измеряемой средой. Термометры этой модели разработаны для монтажа на трубе с помощью зажима трубы и передачи температуры измеряемой среды с помощью теплоносителя.

Кабельные термометры модели TF45 применяются в возобновляемых источниках энергии, машиностроении, компрессорах, в технологии

охлаждения, нагрева, кондиционирования и вентиляции, а также печном оборудовании. Термометры исполняются с одинарным или двояственным чувствительным элементом, с защитной гильзой из нержавеющей стали. Соединительные провода термометров изготавливаются из ПВХ, силикона, тефлона.

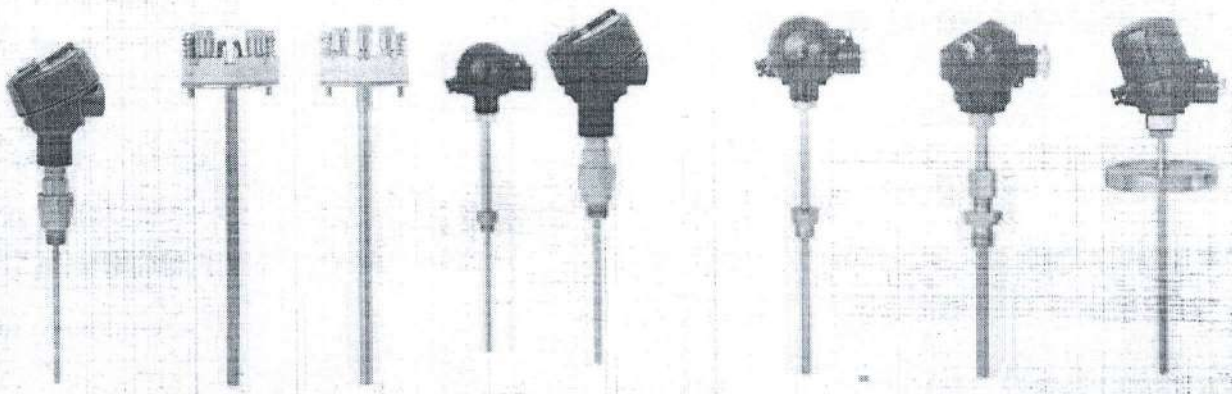
Измерительным элементом термометра модели TF-LCD является капилляр, изготовленный из пластика. Особенности данной модели является его сопротивляемость к влажности и долгий срок эксплуатации.

Вкручиваемый термометр модели TFT35 используется для измерения температуры жидких и газообразных сред в диапазоне от минус 50 °С до 200 °С при давлении до 100 бар (10 МПа). Электрические компоненты защищены от попадания водяных брызг, конструкция устойчива к вибрациям. Встроенная защитная гильза с фиксированным резьбовым присоединением или регулируемым компрессионным фитингом позволяет установку термометра непосредственно в процесс. Части, контактирующие с измеряемой средой, а также корпус, изготовлены из нержавеющей стали. Корпус и сменная измерительная вставка соединяются друг с другом с помощью рифленой гайки, что позволяет заменять измерительную вставку без извлечения термометра из технологического процесса. Встроенный разъем обеспечивает простоту монтажа, встроенный электронный блок преобразует зависящий от температуры сигнал сопротивления измерительного элемента в линейный сигнал. Имеются выходные сигналы 4 мА... 20 мА и 0 ... 10 В. Используется термометр в машиностроении, производстве установок и резервуаров, двигателестроении, гидравлических системах, системах обогрева, охлаждения и кондиционирования воздуха.

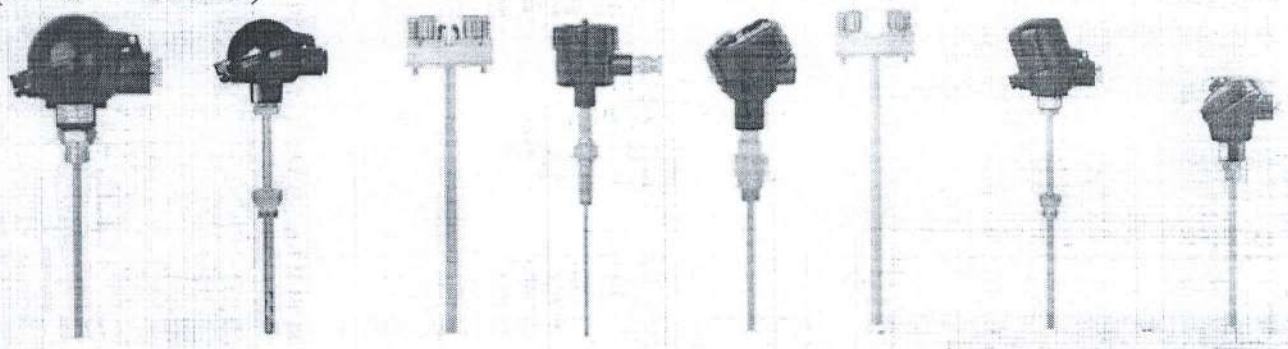
Термометры моделей A2G-60 и A2G-70 устанавливаются непосредственно в процесс для измерения температуры и влажности газовых сред в системах нагрева, охлаждения и кондиционирования. Сигналы датчиков обоих параметров передаются через аналоговые выходы от 0 В до 10 В или от 4 мА до 20 мА (только для A2G-60), а также цифровой протокол Modbus[®].

Модель A2G-85 со встроенной функцией измерения содержания углекислого газа (CO₂) и температуры воздуха предназначена для прямого монтажа в круглые или прямоугольные вентиляционные каналы. Определение содержания углекислого газа (CO₂) осуществляется методом бездисперсионной инфракрасной спектроскопии. Сигналы датчика для обоих измеряемых параметров передаются в систему управления/регулирования вентиляции и кондиционирования воздуха или систему автоматизации здания через аналоговые выходы (0...10 В) или цифровой протокол Modbus[®]. Модель A2G-85 для установки имеет регулируемый монтажный фланец, а дисплей с подсветкой (опция) обеспечивает читаемость показаний с большого расстояния.

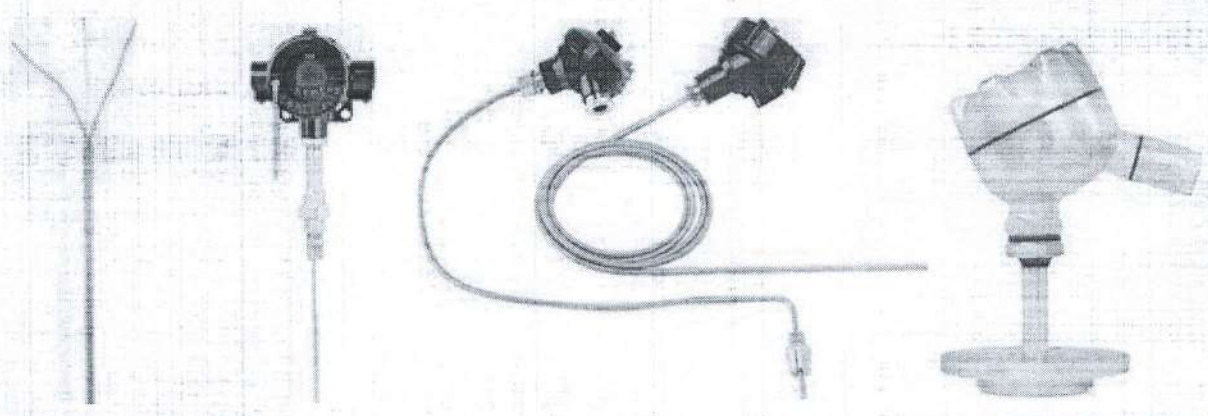
Общий вид моделей термометров и их маркировки представлены на Рисунках 1 и 2, соответственно.



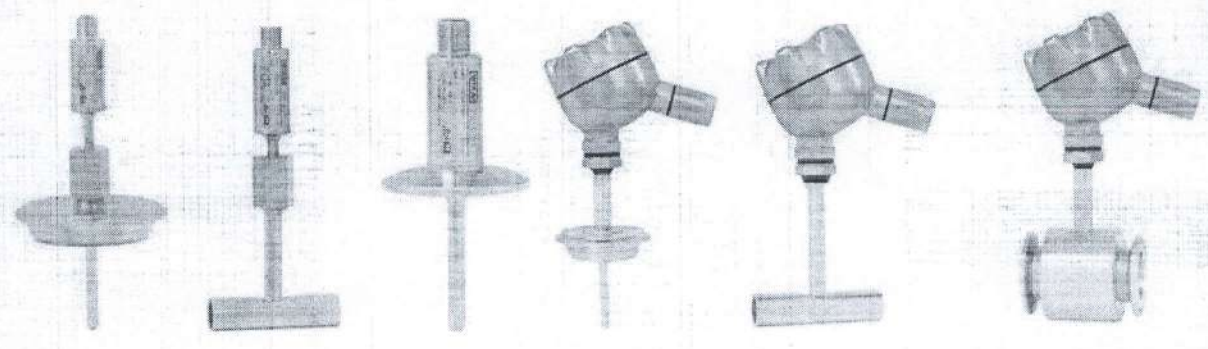
TR10-0 (TR10-1-вставка) TR10-A TR10-B TR10-C TR10-D TR10-F



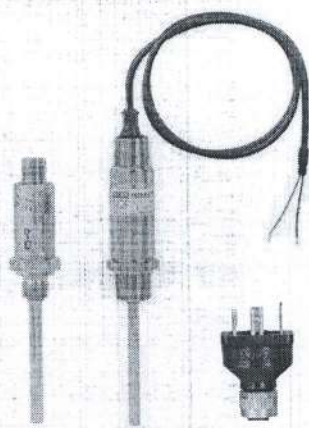
TR10-H TR10-J TR10-K TR10-L TR11-A TR11-C



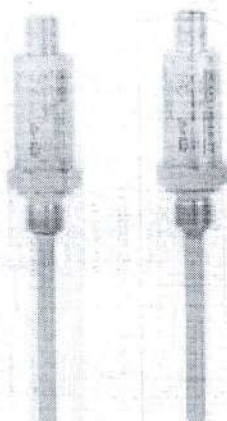
TR12-A TR12-B; TR12-M TR15 TR20



TR21-A TR21-B TR21-C TR22-A TR22-B TR25



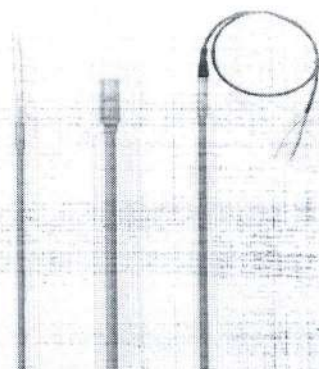
TR31-3; TR31-K



TR33 TR34



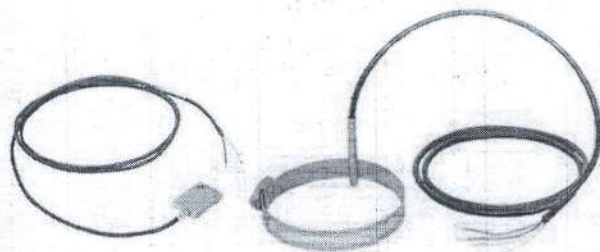
TR36



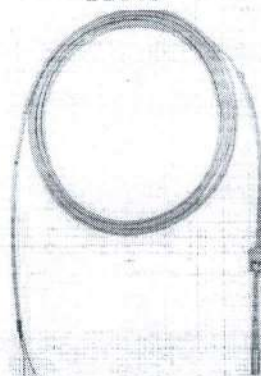
TR40



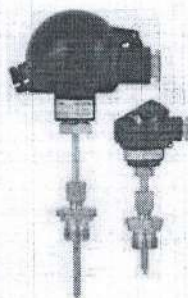
TR41



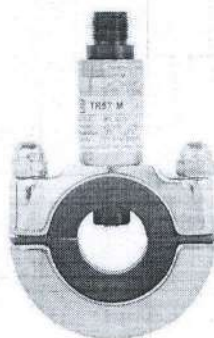
TR50



TR53



TR55



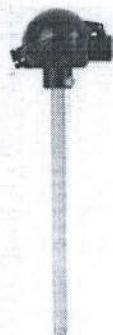
TR57-M



TR60



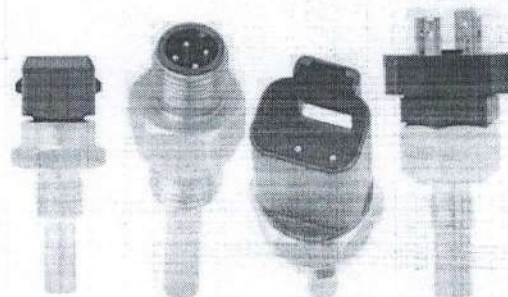
TR75



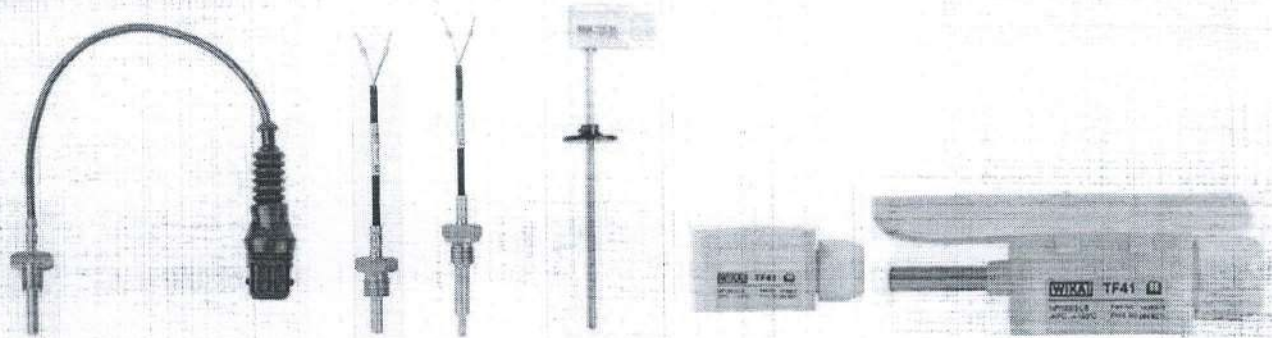
TR81



TR95



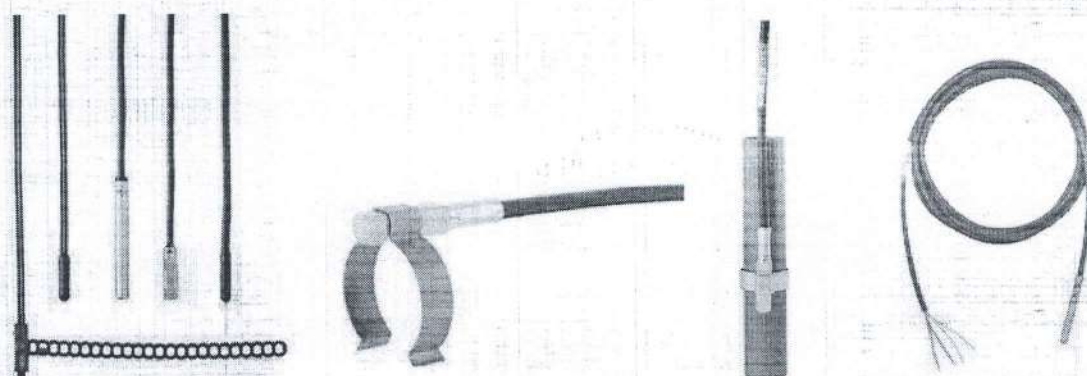
TR35



TF37

TF40

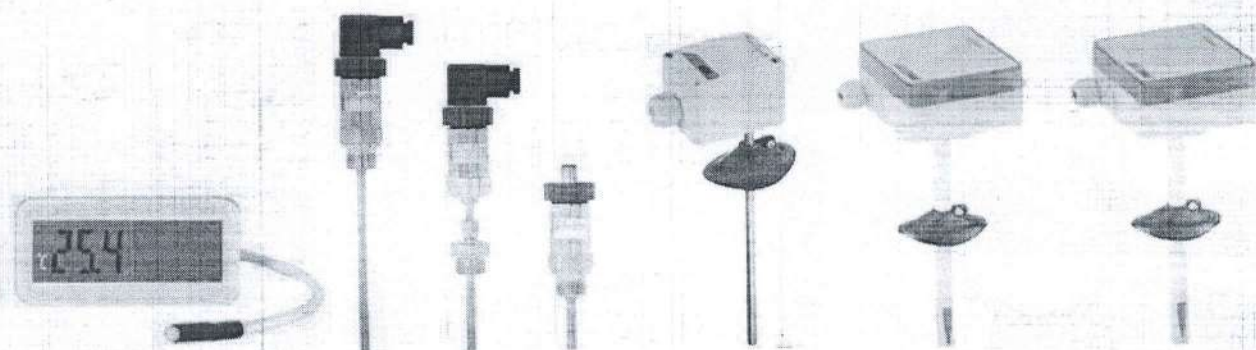
TF41



TF43

TF44

TF45



TF-LCD

TTF35

A2G-60

A2G-70

A2G-85

Рисунок 1. Общий вид моделей термометров серии TR, TF и A2G.

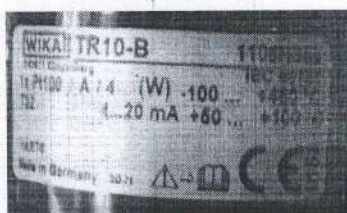




Рисунок 2. Образцы маркировочной таблички термометров серии TC, TF и A2G.

Основные метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики термометров приведены в Таблицах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9.

Таблица 1

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров									
	TR10-0	TR10-1	TR10-A	TR10-B	TR10-C					
Обозначение модели	TR10-0	TR10-1	TR10-A	TR10-B	TR10-C					
Номер типового листа	TE61.01	BR TR10	TE60.01	TE60.02	TE60.03					
Тип первичного преобразователя	1×Pt100; 2×Pt100; Pt1000 ⁽¹⁾		1×Pt100; 2×Pt100	1×Pt100; 2×Pt100; Pt1000 ⁽¹⁾						
Класс допуска (диапазон измерений, °C): - проволоочный - тонкопленочный	AA(-50... 250); A(-100...450); B(-196...600); B(-196...450) ⁽²⁾									
	AA(0... 150); A(-30...300); B(-50...500); B(-50...250) ⁽²⁾									
Номинальное сопротивление при 0 °C, Ом	100; 1000		100	100; 1000						
Температурный коэффициент, α, °C ⁻¹	3,85·10 ⁻³									
Предел допускаемой абсолютной погрешности, °C: класс AA класс A класс B	±(0,1 + 0,0017· t) ±(0,15 + 0,002· t) ±(0,3 + 0,005· t)									
						2-х, 3-х и 4-х проводная				
						Схема внутренних соединений				
Длина погружаемой части, мм	по запросу		75...825; (>825-по запросу)	по запросу	50...4000					
Диаметр погружаемой части, мм	3; 6		3; 6; 8		3; 6; 8; 9; 11; 12; 14					
Материал оболочки, гильзы	зависит от исполнения		нержавеющая сталь							
Материал соединительной головки	алюминий; нерж.сталь; полипропилен		алюминий; нерж.сталь; пластмасса; полипропилен							
Модель вторичного преобразователя	T15; T32		T15; T32; T53							

Окончание таблицы 1

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров		
Дополнительные выходы: токовый, мА цифровой	4...20 HART® протокол		4...20 HART® протокол, FOUNDATION™ Fieldbus и PROFIBUS® PA
Температура окружающей среды, °С	-50...50 ⁽³⁾	-60/-40...80	-40...80
Степень пылевлагозащиты оболочки (головки)	IP65	IP00	IP65; IP66
Средний срок службы, лет	10		
Примечания: (1) Pt1000 поставляется только в виде тонкопленочного измерительного резистора. (2) Не распространяется на термометр модели TR10-A. (3) По ГОСТ 12997-84 «ИЗДЕЛИЯ ГСП. Общие технические условия».			

Таблица 2

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров					
Обозначение модели	TR10-D	TR10-F	TR10-H	TR10-J	TR10-L	TR10-K
Номер типового листа	TE60.04	TE60.06	TE60.08	TE60.10	TE60.12	TE60.11
Тип первичного преобразователя	1×Pt100; 2×Pt100; Pt1000 ⁽¹⁾					1×Pt100; 2×Pt100
Класс допуска (диапазон измерений, °С): - проволочный - тонкопленочный	AA(-50... 250); A(-100...450); B(-196...600) ⁽²⁾ ; B(-196...450) ⁽³⁾ AA(0... 150); A(-30...300); B(-50...500); B (-50...250) ⁽³⁾					
Номинальное сопротивление при 0 °С, Ом	100; 1000		100	100; 1000		100
Температурный коэффициент, α, °С ⁻¹	3,85·10 ⁻³					
Предел допускаемой абсолютной погрешности, °С: класс AA класс A класс B	±(0,1 + 0,0017· t) ±(0,15 + 0,002· t) ±(0,3 + 0,005· t)					
Схема внутренних соединений	2-х, 3-х и 4-х проводная					
Длина погружаемой части, мм	50...600	50...3000	по запросу (не менее 25)	160;250; 400	зависит от исполнения	75...825; (>825-по запросу)
Диаметр погружаемой части, мм	8; 6	6; 9; 11;12; 13,7; 14	2; 3; 6; 8	8;11;12; 14	3; 6; 8	
Материал оболочки, гильзы	нержавеющая сталь			Cr-Ni сталь	зависит от типа гильзы	нерж. сталь
Материал соединительной головки	алюминий	алюминий; нерж.сталь; пластмасса; полипропилен	алюминий; нерж. сталь; пластмасса		алюминий; нерж. сталь;	-

Окончание таблицы 2

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров					
	Модель вторичного преобразователя	T91.20	T15; T32; T53	T15; T32; T53; T91.20	T15; T32; T53	T15; T32; T53; T91.10
Дополнительные выходы: токовый, мА цифровой	4...20 -	4...20 HART® протокол, FOUNDATION™ Fieldbus и PROFIBUS® PA				
Температура окружающей среды, °С	-40...80			-60/-40... ...80	-50...50 ⁽⁴⁾	
Степень пылевлагозащиты оболочки (головки)	IP65; IP54	IP65; IP66	IP65; IP66; IP68	IP65; IP66; IP68	IP66	IP00
Средний срок службы, лет	10					
Примечания: (1) Pt1000 поставляется только в виде тонкопленочного измерительного резистора. (2) Для термометра модели TR10-D диапазон измерения температуры от минус 196 °С до 500 °С. (3) Не распространяется на термометр модели TR10-D и TR10-K. (4) По ГОСТ 12997-84 «ИЗДЕЛИЯ ГСП. Общие технические условия».						

Таблица 3

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров					
	Обозначение модели	TR11-A	TR11-C	TR12-A	TR12-B	TR12-M
Номер типового листа	TE60.13	TE60.14	TE60.16	TE60.17	TE60.17	TE60.15
Тип первичного преобразователя	1×Pt100; 2×Pt100					1×Pt100; 2×Pt100; Pt1000 ⁽²⁾
Класс допуска (диапазон измерений, °С): - проволочный - тонкопленочный	-					А(-100...450); В(-200...600/450)
	АА(0...150); А(-30...250); В(-50...250)	АА(0...150); А(-30...300); В(-50...500)				А(-30...300); В(-50...500/250)
Номинальное сопротивление при 0 °С, Ом	100					100; 1000
Температурный коэффициент, α, °С ⁻¹	3,85·10 ⁻³					
Предел допускаемой абсолютной погрешности, °С: класс АА класс А класс В	.					±(0,1 + 0,0017· t) ±(0,15 + 0,002· t) ±(0,3 + 0,005· t)
	2-х, 3-х и 4-х проводная					
Схема внутренних соединений	2-х, 3-х и 4-х проводная					
Длина погружаемой части, мм	75...500	50...500	≥300	NL ⁽¹⁾ + 12; NL ⁽¹⁾ +18		по запросу ⁽³⁾
Диаметр погружаемой части, мм	3; 8; 6	6; 9; 10;12	3; 6; 8; 3,17; 6,35; 9,53			по запросу ⁽³⁾
Материал оболочки, гильзы	нержавеющая сталь					

Окончание таблицы 3

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров					
	Материал соединительной головки	-	алюминий; нерж.сталь; пластмасса; полипропилен	-	-	алюминий; нерж.сталь
Модель вторичного преобразователя	T15; T32; T53	T15; T32; T53	-	T15; T32; TIF50; TIF52	T12; T32; T53; T19; T24	
Дополнительные выходы: токовый, мА цифровой	4...20 HART® протокол, FOUNDATION™ Fieldbus и PROFIBUS® PA		-	4...20 HART® протокол	4...20 FOUNDATION™ Fieldbus и PROFIBUS® PA	
Температура окружающей среды, °C	-40...80		-60/-40... 80		-50...50 ⁽⁴⁾	
Степень пылевлагозащиты оболочки (головки)	IP00	IP65; IP66; IP68	IP00	IP66	зависит от соединительной головки	
Средний срок службы, лет	10					
Примечания:						
(1) Номинальная длина измерительной вставки NL ≥ 300.						
(2) Pt1000 поставляется только в виде тонкопленочного измерительного резистора.						
(3) В соответствии с технической информацией «WKA типовой лист IN 00.17 · 11/2020».						
(4) По ГОСТ 12997-84 «ИЗДЕЛИЯ ГСП. Общие технические условия».						

Таблица 4

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров						
	Обозначение модели	TR20	TR21-A	TR21-B	TR21-C	TR22-A	TR22-B
Номер типового листа	TE60.20	TE60.26	TE60.27	TE60.28	TE60.22	TE60.23	TE60.25
Тип первичного преобразователя	Pt100	Pt100; Pt1000			1×Pt100; 2×Pt100		1×Pt100
Класс допуска (диапазон измерений, °C)	A(-30... ...250); B(-50... ...250)	AA ⁽²⁾ и A (-30... 250)			AA(0... ...150); A(-30... ...250); B(-50... ...250)	AA(0... ...150); A(-30... ...150); B(-50... ...150)	A(-30... ...150); B(-50... ...150)
Номинальное сопротивление при 0 °C, Ом	100	100; 1000			100		
Температурный коэффициент, α, °C ⁻¹	3,85·10 ⁻³						
Предел допускаемой абсолютной погрешности, °C:	класс AA			±(0,1 + 0,0017· t)			
	класс A			±(0,15 + 0,002· t)			

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров						
	$\pm(0,3 + 0,005 \cdot t)$						
класс В	2-х, 3-х и 4-х проводная				3-х и 4-х проводная		
Схема внутренних соединений							
Высота, длина измерительного элемента (глубина погружения), мм	11; 17	5...55; 25... 200;	6...45	5...55	5...55; 25... 200;	6...45	70...88
Диаметр измерительного элемента, мм	30,5; 50; 68	3; 6; 4,5	3; 4,8	6; 4,5	3; 6; 4,5	3; 4,8	9,5...71,5
Материал измерительного элемента	нерж. сталь						
Материал корпуса, головки	нерж. сталь				алюминий; нерж.сталь; PAV антиста- тический полиамид; полипро- пилен	алюминий; нерж. сталь; пластмасса	
Модель вторичного преобразователя	T15; T32; T53; T91.10	-			T15; T32; T53		
Дополнительные выходы: токовый, mA цифровой	4...20 HART® протокол, FOUNDA- TION™ Fieldbus и PROFIB US® PA	4...20 -			4...20 HART® протокол, FOUNDATION™ Fieldbus и PROFIB US® PA		
Погрешность выходного сигнала, К	-	±0,25			-	±1	
Диапазон измерения температуры термометра с вторичным преобразователем и выходным сигналом 4 mA...20 mA, К	-	мин.20, макс. 300; (от 0 °С до 150 °С – базовая конфигурация)			-		
Дополнительная температурная погрешность выходного сигнала, %/10 К	-	±0,1			-		
Масса, кг	1,0; 1,4; 2,0	от 0,3 до 2,5			от 0,2 до 1,4 (без соеди- нитель- ной головки)	в зависи- мости от длины и диамет- ра трубы	от 0,14 до 0,6 (сое- дини- тельная головка)
Температура окружающей среды, °С	-50...50 ⁽¹⁾	от минус 50 до 85			-50...50 ⁽¹⁾		
Степень пылевлагозащиты термометра	IP65; IP68	IP67; IP69; IP69K			IP65; IP68		IP65; IP67; IP68

Окончание таблицы 4

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров
Средний срок службы, лет	10
Примечания: (1) По ГОСТ 12997-84 «ИЗДЕЛИЯ ГСП. Общие технические условия». (2) Класс точности АА для температур только в диапазоне измерений от 0 °С до 150 °С.	

Таблица 5

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров						
	TR31-3	TR31-K	TR33	TR34	TR36	TR40	TR41
Обозначение модели	TE60.31		TE60.33	TE60.34	TE60.36	TE60.40	TE60.41
Номер типового листа	TE60.31		TE60.33	TE60.34	TE60.36	TE60.40	TE60.41
Тип первичного преобразователя	Pt100; Pt1000				Pt1000	1×Pt100; 2×Pt100; Pt1000 ⁽¹⁾	
Класс допуска (диапазон измерений, °С) - проволочный						AA(-50... ...250); A(-100... ...450); B(-196... ...450/600)	AA(-50... ...250); A(-100... ...450); B(-196... ...450)
	- тонкопленочный				A(-30...250); B(-50...250)	A(-30... ...250)	AA(0... ...150); A(-30... ...300); B(-50... ...250/500)
Номинальное сопротивление при 0 °С, Ом	100; 1000				1000	100; 1000	
Температурный коэффициент, α, °С ⁻¹	3,85·10 ⁻³						
Предел допускаемой абсолютной погрешности, °С: класс АА класс А класс В	$\pm(0,1 + 0,0017 \cdot t)$ $\pm(0,15 + 0,002 \cdot t)$ $\pm(0,3 + 0,005 \cdot t)$						
Схема внутренних соединений	2-х, 3-х и 4-х проводная						
Длина погружаемой части, мм	50...400					по запросу	
Диаметр погружаемой части, мм	3; 6				3; 6; 8	3; 6; 8; 3,17; 6,35; 9,53	
Материал измерительного элемента	нерж. сталь					Cr-Ni сталь	
Материал корпуса	нерж. сталь				нерж. сталь; пластик	-	
Материал соединительной головки	-					алюминий; нерж.сталь; пластмасса; полипропилен	

Окончание таблицы 5

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров		
	Модель вторичного преобразователя	-	
Дополнительные выходы: токовый, mA цифровой	4...20 -		4...20 HART® протокол, FOUNDATION™ Fieldbus и PROFIB US® PA
Погрешность выходного сигнала, K	± 0,25	± 1,0	-
Диапазон измерения температуры термометра с вторичным преобразователем и выходным сигналом 4 mA...20 mA, K	мин.20, макс.300; (от 0 °C до 150 °C – базовая конфигурация)		
Дополнительная температурная погрешность выходного сигнала, %/10 K	±0,1		
Масса, кг	0,2 ... 0,7		зависит от исполнения
Температура окружающей среды, °C	-50...85	-40...85	-40...80
Степень пылевлагозащиты термометра	IP67; IP69	IP65	IP54; IP65; IP66; IP67; IP68
Средний срок службы, лет	10		
Примечания: (1) Pt1000 поставляется только в виде тонкопленочного измерительного резистора.			

Таблица 6

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров				
	Обозначение модели	TR50	TR53	TR55	TR57-M
Номер типового листа	TE60.50	TE60.53	TE60.55	TE60.57	TE60.60
Тип первичного преобразователя	1×Pt100; 2×Pt100		1×Pt100; 2×Pt100; Pt1000 ⁽¹⁾	1×Pt100	1×Pt100; 2×Pt100; Pt1000 ⁽¹⁾
Класс допуска (диапазон измерений, °C): - проволочный	AA(-50... 250); A(-100...450); B(-196...450); B (-196...600)		-	-	AA(-40...80); A(-40...80); B(-40...80)
	- тонкопленочный		AA(0... 150); A(-30...300); B(-50...500); B(-50...250)	A (-20...150)	AA(0... 80); A(-30...80); B(-40...80)
Номинальное сопротивление при 0 °C, Ом	100		100; 1000	100	100; 1000
Температурный коэффициент, α, °C ⁻¹	3,85·10 ⁻³				

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров				
Предел допускаемой абсолютной погрешности, °С: класс АА класс А класс В	$\pm(0,1 + 0,0017 \cdot t)$ $\pm(0,15 + 0,002 \cdot t)$ $\pm(0,3 + 0,005 \cdot t)$				
Схема внутренних соединений	2-х, 3-х и 4-х проводная			3-х проводная	2-х, 3-х и 4-х проводная
Габаритные размеры, мм: - диаметр оболочки - длина (размеры) рабочей части	3; 6 30×40×8; 25×25×3,0; 38,1×19,1×9,5 Ø: 11...158;	6; 8 10	6; 8 от 20 до 220	M12×1 от 8 до 80; Ø 12...88,9 51; 64; 92; 133 66,5; 102,5	6 60 82×80×55; 80×75×57
Масса, кг	3,1 ⁽³⁾	2,2 ⁽³⁾	1,7 ⁽³⁾	3,1 ⁽³⁾	0,4
Материал измерительной части	нерж. сталь				
Материал соединительной головки	-	-	алюминий; нерж.сталь; пластмасса	-	пластмасса; алюминий
Модель вторичного преобразователя	-	-	T15; T32; T53; T91.10; T91.20	-	T15; T32; T53
Дополнительные выходы: токовый, мА цифровой	- -	- -	4...20 HART® протокол, FOUNDATION™ Fieldbus и PROFIB US® PA	4...20 -	4...20 HART® протокол, FOUNDATION™ Fieldbus и PROFIB US® PA
Диапазон измерения температуры термометра с выходным сигналом 4 мА...20 мА, °С	-	-	-	-20...150	-
Относительная погрешность выходного сигнала, %	-	-	-	± 2,5	-
Температура окружающей среды, °С	-40...80	-50...50 ⁽²⁾	-40...80	-20...60/85	-40...80
Степень пылевлагозащиты оболочки (головки)	IP65; IP67		IP65, IP68	IP67	IP65
Средний срок службы, лет	10				
Примечания:					
(1) Pt1000 поставляется только в виде тонкопленочного измерительного резистора.					
(2) По ГОСТ 12997-84 «ИЗДЕЛИЯ ГСП. Общие технические условия».					
(3) В соответствии с технической информацией «WIKA типовой лист IN 00.17 · 11/2020».					

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров				
	TR75	TR81	TR95	TF35	TF37
Обозначение модели	TR75	TR81	TR95	TF35	TF37
Номер типового листа	TE60.75	TE60.81	TE70.01	TE67.10	TE67.12
Тип первичного преобразователя	Pt1000	1×Pt100; 2×Pt100	1×Pt100; 2×Pt100	1×Pt100 1×Pt1000 ⁽¹⁾	
Класс допуска (диапазон измерений, °C): - проволочный	-40... 199,9; 200...450	AA(-50250); A(-100...450); B(-196...600)	A(-100... ...450); B(-196... ...450/600)	B(-50... ...200/250)	B(-50... ..260)
	- тонкопленочный	-	AA(0... 150); A(-30...300); B(-50...500)	A(-30...300); B(-50... ...250/500)	B(-50... ...200/250)
Номинальное сопротивление при 0 °C, Ом	1000	100	100	100; 1000	100; 1000
Температурный коэффициент, α, °C ⁻¹	-	3,85·10 ⁻³			
Предел допускаемой абсолютной погрешности, °C: класс AA класс A класс B	-	±(0,1 + 0,0017· t)			
	-	±(0,15 + 0,002· t)			
	-	±(0,3 + 0,005· t)			
Схема внутренних соединений	-	2-х, 3-х и 4-х проводная		2-х проводная	
Габаритные размеры, мм: - диаметр оболочки, рабочей части	2; 3; 6; 8	22; 15	48,3×3,2/5,1/ /7,1; 60,3×5,5; от 36 до 68;	4; 6; 8	
	- длина (размеры) рабочей части	50;100;150	500; 710; 1000; 1400; 2000	от 10000 до 40000	
	- размеры корпуса (Д×Г)	∅ 101×50	-	-	
Масса, кг	≤1,0	5,4 ⁽²⁾	36,5 ⁽²⁾	0,5 ⁽²⁾	
Материал измерительной части	нерж. сталь			латунь; нерж. сталь	
Материал соединительной головки, корпуса	нерж. сталь	алюминий	-		
Модель вторичного преобразователя	-	T15; T32; T53; T91.10	-		
Дополнительные выходы: токовый, mA цифровой	- индикатор	4...20 HART® протокол, FOUNDATION™ Fieldbus и PROFIB.US® PA	-		
Относительная погрешность выходного сигнала, %	±0,5 + + ед.мл. разряда	-			

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров				
	-20...60	-50...50 ⁽³⁾		-40...130 ⁽⁵⁾	-50...50 ⁽³⁾
Температура окружающей среды, °С					
Степень пылевлагозащиты оболочки (головки)	IP65	IP53, IP65	IP65, IP67 ⁽⁴⁾	IP52; IP65; IP66; IP67; IP69K	IP65; IP66; IP67
Средний срок службы, лет	10				
Примечания:					
(1) Pt1000 поставляется только в виде тонкопленочного измерительного резистора.					
(2) В соответствии с технической информацией «WIKА типовой лист IN 00.17 · 11/2020».					
(3) По ГОСТ 12997-84 «ИЗДЕЛИЯ ГСП. Общие технические условия».					
(4) См. типовой лист TE60.40.					
(5) В зависимости от электрического соединения.					

Таблица 8

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров				
	TF40	TF41	TF43	TF44	TF45
Обозначение модели	TE67.16	TE67.17	TE67.13	TE67.14	TE67.15
Номер типового листа					
Тип первичного преобразователя	1×Pt100 1×Pt1000 ⁽¹⁾				
Класс допуска (диапазон измерений, °С): - проволочный - тонкопленочный	B(-50...200)	B(-40...100)	B(-50...105)	B(-50...200)	B(-50...260)
	B(-50...200)	B(-40...100)	B(-50...105)	B(-50...200)	B(-50...260)
Номинальное сопротивление при 0 °С, Ом	100; 1000				
Температурный коэффициент, α, °С ⁻¹	3,85·10 ⁻³				
Предел допускаемой абсолютной погрешности, °С: класс В	±(0,3 + 0,005· t)				
Схема внутренних соединений	2-х проводная		2-х и 4-х проводная	2-х проводная	2-х, 3-х и 4-х проводная
Габаритные размеры, мм: - диаметр рабочей части - длина рабочей части - размеры корпуса (Д×Н×Г)	6	6	6	35	5; 6
	50;100;150; 200	30	50; 100	-	32, 40, 50, 80, 110, 135
Масса, кг	1,6 ⁽²⁾	0,4 ⁽²⁾	2,4 ⁽²⁾	2,7 ⁽²⁾	1,1 ⁽²⁾
Материал рабочей части	нерж. сталь			алюминий	нерж. сталь
Температура окружающей среды, °С	-40...100	-50...50 ⁽³⁾	-50...105	-50/-20... ...105/200	-50/-20... ...105/200/260
Степень пылевлагозащиты оболочки (головки)	IP65		IP68	IP66; IP67	IP65; IP66; IP67
Средний срок службы, лет	10				
Примечания:					
(1) Pt1000 поставляется только в виде тонкопленочного измерительного резистора.					
(2) В соответствии с технической информацией «WIKА типовой лист IN 00.17 · 11/2020».					
(3) По ГОСТ 12997-84 «ИЗДЕЛИЯ ГСП. Общие технические условия».					

Наименование характеристики, единицы измерений	Значение характеристики термометров				
	TF- LCD	TFT35	A2G-60	A2G-70	A2G-85
Обозначение модели	TE85.01	TE67.18	TE62.90	TE62.91	SP 69.07
Номер типового листа	TE85.01	TE67.18	TE62.90	TE62.91	SP 69.07
Тип первичного преобразователя	-	1×Pt100 1×Pt1000 ⁽¹⁾	1×Pt1000 ⁽¹⁾ 1×Ni1000	-	-
Диапазон измерений температуры, °С	-39,9...49,9; 0...80; 0...120	-50 ... 200; -20 ... 120; 0 ... 50/100; 0 ... 120/150; 0 ... 200	-50...160; -50...260;	0...50	
Номинальное сопротивление при 0 °С, Ом	-	100; 1000	1000	-	
Температурный коэффициент, α, °С ⁻¹	-	3,85·10 ⁻³	-	-	
Предел допускаемой абсолютной погрешности температуры, °С	±1	±(0,3 + 0,005· t)	-	± 0,5	
Схема внутренних соединений	-	2-х и 3-х проводная		-	
Диапазон измерения влажности, %	-	-	-	0...90	-
Допускаемая абсолютной погрешность влажности, %	-	-	-	± 4	-
Габаритные размеры, мм: - диаметр рабочей части - длина рабочей части - размеры корпуса (Д×Н×Г)	5 24 62,2×29,5 ×16,5	6; 8 25...500 Ø 27×58	7 от 62 до 465 65×45,5×50	12 183 89×45×96	
Масса, кг	зависит от длины капилляра (до 10 м)	2,4 ⁽²⁾	0,15		
Материал рабочей части	пластмасса	нерж. сталь		пластмасса	
Материал корпуса	пластмасса	нерж. сталь	пластмасса		
Дополнительные выходы: - электрический: мА В - цифровой	- индикатор	-	4...20 0...10 -	- 0...10 интерфейс	
Относительная погрешность выходного сигнала, %	-	±0,5	±1	-	
Температура окружающей среды, °С	-30...60; -50...120	-40...85	-35 ...90; -35 ...70; -50 ...160	-20...70	
Степень пылевлагозащиты оболочки (головки)	IP68	IP65		IP20	IP54
Средний срок службы, лет	10				
Примечания: (1) Pt1000 поставляется только в виде тонкопленочного измерительного резистора. (2) В соответствии с технической информацией «WIKА типовой лист IN 00.17 · 11/2020».					

Знак утверждения типа средств измерений

Знак утверждения типа наносится на эксплуатационную документацию типографским способом в соответствии с Правилами утверждения типа, испытаний для целей утверждения типа, метрологической аттестации средств измерений, формы сертификата об утверждении типа средств измерений и установления формы знака утверждения типа.

Комплектность средства измерений

Комплектность термометров представлена в Таблице 10.

Таблица 10

Наименование	Обозначение модели	Количество
Термометр сопротивления серии TR, TF и A2G	A2G-60, A2G-70, A2G-85, TR10-0, TR10-1, TR10-A, TR10-B, TR10-C, TR10-D, TR10-F, TR10-H, TR10-J, TR10-K, TR10-L, TR11-A, TR11-C, TR12-A, TR12-B, TR12-M, TR15, TR20, TR21-A, TR21-B, TR21-C, TR22-A, TR22-B, TR25, TR31-3, TR31-K, TR33, TR34, TR36, TR40, TR41, TR50, TR53, TR55, TR57-M, TR60, TR75, TR81, TR95, TF35, TFT35, TF44, TF45, TF-LCD, TF37, TF40, TF41, TF43	1 шт. по заказу
Вторичный преобразователь температуры	T15; T32; T53; T91.20; TIF50; TIF52; T19; T24; T91.10;	1 шт. по заказу
Техническая документация	TE61.01; BR TR10; TE60.01; TE60.02; TE60.03; TE60.04; TE60.06; TE60.08; TE60.10; TE60.12; TE60.11; TE60.13; TE60.14; TE60.16; TE60.17; TE60.15; TE60.20; TE60.26; TE60.27; TE60.28; TE60.22; TE60.23; TE60.25; TE60.31; TE60.33; TE60.34; TE60.36; TE60.40; TE60.41; TE60.50; TE60.53; TE60.55; TE60.57; TE60.60; TE60.75; TE60.81; TE70.01; TE67.10; TE67.12; TE67.16; TE67.17; TE67.13; TE67.14; TE67.15; TE85.01; TE67.18; TE62.90; TE62.91; SP 69.07	1 шт. по заказу

Поверка

Поверка термометров осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 8.461-2009 «ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Методика поверки».

Основные средства поверки:

- термометр сопротивления платиновый низкотемпературный капсульный типа ТСПН, 2-го разряда, с диапазоном температур от минус 259,35 °С до 100 °С;
- эталонный платиновый термометр сопротивления ПТС-10, 1-го разряда, с диапазоном измерения температуры от 273,15 К до 692,68 К;
- термопреобразователь термоэлектрический платинородий-платиновый ППО с диапазоном измерений температуры от 300 °С до 600 °С, 1-го разряда;
- преобразователь сигналов ТС и ТП «ТЕРКОН»;

- многофункциональный калибратор с кл.т. по току 0,01 в диапазоне измерений от 4 мА до 20 мА, с кл.т. по напряжению 0,01 в диапазоне измерений от 0 В до 10 В, с диапазоном измерения температуры от минус 200 °С до 600 °С, с погрешностью измерения температуры $\pm 0,1$ °С.

Межповерочный интервал - 2 года.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к средствам измерений

Приказ и.о. Министра индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан от 29 марта 2019 года № 170 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к государственному регулированию»;

Совместный приказ и.о. Министра энергетики Республики Казахстан от 11 марта 2019 года № 81 и Министра индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан от 18 марта 2019 года № 143 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к государственному регулированию»;

ГОСТ 6651-2009 «Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний»;

Техническая документация фирмы «Wika Alexander Wiegand SE & Co. KG», Германия.

Производитель

Фирма «Wika Alexander Wiegand SE & Co. KG», Германия
Адрес: Alexander –Wiegand-Strasse 30. 63911 Klingenberg/Germany.
Phone: (+49) 93 72/132-0, Fax: (+49) 93 72/132-406.

Импортер

ТОО «ВИКА Казахстан»
Адрес: Республика Казахстан, 050067, г. Алматы, Наурызбайский р-он,
С/О «Дархан», ул. Аскарова, 13/1.
Телефон: +7 (727) 247 23 04; E-mail: info.kz@wika.com.


Генеральный директор
ТОО «ВИКА Казахстан»



 С.С. Арынова

Заместитель генерального
директора РГП «КазСтандарт»



 Ж.А. Бегайдаров

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
8.461—
2009

Государственная система обеспечения единства
измерений

**ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ
ИЗ ПЛАТИНЫ, МЕДИ И НИКЕЛЯ**

Методика поверки

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2011

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—97 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева») Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 36 от 10 ноября 2009 г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызстан	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Российская Федерация	RU	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Госпотребстандарт Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1121-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 8.461—2009 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации

5 ВЗАМЕН ГОСТ 8.461—82

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта публикуется в указателе «Национальные стандарты».

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе «Национальные стандарты», а текст изменений — в информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Национальные стандарты»

© Стандартиформ, 2011

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	1
4 Общие положения	3
5 Операции поверки	3
6 Средства поверки	3
7 Условия поверки и требования к квалификации поверителей.	6
8 Требования безопасности	6
9 Подготовка к поверке	6
10 Проведение поверки и обработка результатов поверки	7
11 Расчет расширенной неопределенности поверки термопреобразователей сопротивления в термостате или калибраторе	9
12 Расчет расширенной неопределенности поверки термопреобразователей сопротивления в реперной точке	13
13 Оформление результатов поверки	14
Приложение А (рекомендуемое) Методика построения индивидуальной зависимости сопротивле- ние — температура для платиновых термопреобразователей сопротивления	15
Приложение Б (справочное) Рекомендуемые среды для жидкостных термостатов	17
Приложение В (справочное) Пример оценки расширенной неопределенности поверки термо- преобразователей сопротивления класса А при температуре 95 °С с применением жидкостного термостата	18
Приложение Г (справочное) Пример расчета расширенной неопределенности градуировки термопреобразователей сопротивления в сухоблочном термостате при температуре 400 °С	20
Приложение Д (справочное) Отклонение зависимости Каллендара — Ван Дюзена от стандартной функции МТШ-90 в различных диапазонах температур.	23
Библиография	23

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗ ПЛАТИНЫ, МЕДИ И НИКЕЛЯ

Методика поверки

State system for ensuring the uniformity of measurements. Platinum, copper and nickel resistive temperature transducers. Verification methods

Дата введения — 2011—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля (далее — ТС) по ГОСТ 6651, предназначенные для измерения температуры от минус 200 °С до плюс 850 °С или в части данного диапазона, а также на находящиеся в обращении ТС, выпущенные до введения в действие ГОСТ 6651, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок. В соответствии с настоящим стандартом могут быть поверены также чувствительные элементы (далее — ЧЭ) ТС, используемые в качестве средств измерений температуры.

Методика построения индивидуальной зависимости сопротивление — температура для ТС, требования к точности которых отличаются от требований ГОСТ 6651, приведена в приложении А.

Значения температуры в настоящем стандарте соответствуют Международной температурной шкале 1990 г. МТШ-90 [1].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 6651—2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 12.2.007.0—75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

П р и м е ч а н и е — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 6651, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 поверка термопреобразователя сопротивления: Установление пригодности термопреобразователя сопротивления к применению на основании контроля соответствия основных характеристик требованиям ГОСТ 6651 и технических документов изготовителя.

3.2 градуировка термопреобразователя сопротивления: Определение сопротивления термопреобразователя сопротивления при нескольких заданных значениях температуры (в градуировочных точках) в целях построения индивидуальной зависимости сопротивления термопреобразователя сопротивления от температуры.

3.3 эталонный [образцовый] термометр: Термометр любого типа, поверенный путем прямой или опосредованной передачи размера единицы от государственного первичного эталона единицы температуры и предназначенный для передачи размера единицы температуры.

3.4 термостат: Устройство для воспроизведения и поддержания температуры в определенном объеме с нормированной однородностью в пространстве и стабильностью во времени.

3.5 калибратор: Термостат, снабженный встроенным эталонным [образцовым] термопреобразователем и дисплеем для отсчета значений воспроизводимой температуры.

Примечания

1 Термостаты и калибраторы подразделяют в зависимости от вида термостатируемой среды на жидкостные, сухоблочные и флюидные.

2 Калибраторы могут быть использованы как термостаты для поверки ТС сличением с внешним эталонным [образцовым] термопреобразователем.

3.6 реперная точка: Температура фазового перехода или фазового равновесия вещества, характеризующаяся высокой стабильностью и воспроизводимостью.

Примечание — Перечень веществ, применяемых в качестве реперных точек, и их основные характеристики регламентированы Положением о Международной температурной шкале МТШ-90 [1] и дополняющими документами.

3.7 неопределенность измерений: Параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Примечания

1 Термины по 3.7—3.10 соответствуют РМГ 43 [2] и стандарту ЕА — 4/02 [3].

2 Сопоставление неопределенности измерений и оценок характеристик погрешности — в соответствии с РМГ 43 [2].

3.8 стандартная неопределенность; u : Неопределенность результата измерений, выраженная как среднее квадратическое отклонение (СКО).

Примечание — Различают два метода оценивания стандартной неопределенности: «по типу А» и «по типу В»:

- метод оценивания по типу А — оценивание неопределенности путем статистического анализа результатов многократных измерений;

- метод оценивания по типу В — оценивание неопределенности иным, чем статистический анализ результатов измерений, способом.

3.9 суммарная стандартная неопределенность; u_c : Стандартная неопределенность результата измерений, полученного через значения других величин, равная положительному квадратному корню суммы членов, представляющих собой дисперсии или ковариации этих других величин, взвешенные в соответствии с тем, как результат изменяется при изменении этих величин.

Примечание — Суммарная стандартная неопределенность измерения сопротивления (температуры), оцениваемая в соответствии с настоящим стандартом, равна квадратному корню из суммы квадратов стандартных неопределенностей, входящих в бюджет неопределенности измерения.

3.10 расширенная неопределенность; U : Неопределенность, представляющая собой интервал вокруг результата измерений, в пределах которого находится большая часть значений, с достаточным основанием могущих быть приписанными измеряемой величине.

Примечание — Расширенную неопределенность рассчитывают умножением суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата k , который в соответствии с настоящим стандартом принят равным двум ($k = 2$) в предположении нормальности закона распределения возможных значений измеряемой величины при доверительной вероятности $P = 0,95$.

3.11 неопределенность поверки термопреобразователя сопротивления: Неопределенность результата измерения сопротивления термопреобразователя сопротивления при заданной температуре (в градуировочной точке).

Примечание — Неопределенность поверки ТС в диапазоне температур — максимальная из неопределенностей результатов измерения сопротивления ТС во всех градуировочных точках в пределах диапазона.

3.12 **бюджет неопределенности измерений:** Сводная таблица составляющих суммарной стандартной неопределенности измерений.

3.13 **нестабильность эталонного [образцового] термопреобразователя сопротивления за межповерочный интервал:** Изменение сопротивления термопреобразователя сопротивления в температурном эквиваленте при температуре тройной точки воды за интервал времени между двумя последовательными поверками.

3.14 **относительное сопротивление термометра; W:** Отношение сопротивления термометра в градуируемой точке к сопротивлению термометра при 0 °С.

4 Общие положения

4.1 ТС подвергают первичной и периодической поверкам в аккредитованных в установленном порядке поверочных лабораториях. Первичную поверку совмещают с приемо-сдаточными испытаниями ТС, если ее выполняют в аккредитованной на право проведения поверки лаборатории предприятия-изготовителя. Периодичность поверки, устанавливаемая техническими документами на ТС конкретного типа, зависит от стабильности ТС и условий его эксплуатации.

4.2 Поверка ТС на соответствие требованиям ГОСТ 6651 должна включать в себя проверку отклонения зависимости сопротивления — температура ТС от номинальной статической характеристики (НСХ). Перечень операций поверки приведен в разделе 5.

4.3 Градуировку ТС в нескольких градуировочных точках в целях построения индивидуальной зависимости сопротивления — температура проводят как составную часть поверки для платиновых ТС, требования к точности которых отличаются от требований ГОСТ 6651. Рекомендуемая методика построения индивидуальной зависимости сопротивления — температура приведена в приложении А.

4.4 Периодическая поверка ТС, демонтаж которых неосуществим или нежелателен, может быть проведена по специально разработанным и утвержденным в установленном порядке методикам, включающим в себя компьютерный многопараметрический сравнительный анализ показаний группы ТС в процессе эксплуатации, сравнение ТС в условиях эксплуатации с временно вмонтированным в измерительный канал эталонным термопреобразователем и т. п.

П р и м е ч а н и е — Методы бездемонтажной поверки настоящий стандарт не рассматривает.

5 Операции поверки

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Операции поверки

Наименование операции	Раздел, подраздел ГОСТ 6651 (требования)	Подраздел настоящего стандарта (методика)	Обязательность проведения поверки	
			первичной	периодической
Внешний осмотр, проверка маркировки и комплектности	9 10	10.1	+	+
Проверка электрического сопротивления изоляции ТС при температуре (20 ± 5) °С	6.3	10.2	+	+
Проверка отклонения сопротивления ТС от НСХ при температуре от –5 °С до +30 °С	5.5, 5.6	10.3	+	+
Проверка отклонения сопротивления ТС от НСХ при температуре от 90 °С до 103 °С	5.5, 5.6	10.4	+	+

П р и м е ч а н и е — Знак «+» указывает на обязательность операции поверки.

6 Средства поверки

6.1 Для поверки ТС применяют следующие основные средства поверки:

- эталонные (образцовые) термометры;
- термостаты;

- калибраторы;
- установки для реализации реперных точек;
- приборы для измерения сопротивления ТС и регистрации показаний эталонных термометров;
- приборы для измерения электрического сопротивления изоляции между выводами и защитным корпусом ТС.

6.2 Вспомогательное оборудование, такое как штативы, защитные экраны, защитные очки, перчатки, стеклянные и кварцевые пробирки, сосуды Дьюара и т. п., должно быть использовано при необходимости для обеспечения удобства и безопасности проведения измерений и в соответствии с инструкциями по применению средств измерений конкретных типов.

6.3 Эталонные [образцовые] термометры

Должны быть использованы отечественные и импортные термометры, внесенные в Государственный реестр средств измерений и имеющие действующие свидетельства о поверке, расширенная неопределенность градуировки которых, указанная в свидетельстве о поверке (или в нормативных и технических документах), не превышает 1/3 допуска поверяемых ТС при температурах поверки. При выборе эталонного термометра следует учитывать его нестабильность за межповерочный интервал, используемую при расчете расширенной неопределенности поверки.

Примечание — Если в свидетельстве о поверке эталонного термометра указана доверительная погрешность при доверительной вероятности 95 %, то она не должна превышать 1/3 допуска поверяемых ТС.

6.4 Термостаты и калибраторы

6.4.1 Для поверки ТС должны быть применены жидкостные переливные термостаты или жидкостные и флюидные термостаты других типов, имеющие действующие свидетельства о поверке и отвечающие следующим требованиям:

- неравномерность температуры в рабочем объеме термостата — не более 1/5 допуска поверяемых ТС;
- нестабильность поддержания температуры как минимум за 30 мин — не более 1/5 допуска поверяемых ТС.

Примечание — В приложении Б представлены рекомендуемые заполняющие среды для жидкостных термостатов в зависимости от диапазона температур (по стандарту ASTM E 644-04 [4]).

6.4.2 Для поверки ТС при температуре 0 °С допускается применять сосуды Дьюара и нулевые термостаты, наполненные смесью льда и воды. Неравномерность температуры в рабочем объеме термостата не должна превышать $\pm 0,01$ °С.

6.4.3 Для поверки ТС допускается применять сухоблочные термостаты и калибраторы, соответствующие следующим требованиям:

- каналы в выравнивающем блоке должны иметь изотермическую зону (зону с нормированным температурным градиентом) длиной не менее длины чувствительного элемента поверяемого ТС, в любом случае не менее 40 мм. Точное расположение зоны должно быть указано в документах на термостат;
- нестабильность поддержания температуры в канале блока за время не менее 30 мин после установления стационарного режима термостата должна быть не более 1/5 допуска поверяемых ТС;
- расхождение значений температуры между каналами блока (горизонтальный перепад температуры) должно быть не более 1/5 допуска поверяемых ТС;
- вертикальный перепад температур в изотермической зоне блока не должен превышать 1/3 допуска поверяемых ТС, неравномерность температуры на длине ЧЭ — не более 1/5 допуска поверяемых ТС;
- расширенная неопределенность воспроизведения температуры калибратором (установленная при поверке калибратора) не должна превышать 1/3 допуска поверяемых ТС.

При применении сухоблочного термостата для поверки ТС должны быть выполнены также следующие требования (соответствующие международному стандарту ЕА — 10/13 [5]):

- в диапазоне температур от минус 80 °С до плюс 660 °С внутренний диаметр канала в блоке должен отличаться от внешнего диаметра поверяемого термопреобразователя не более чем на 0,5 мм. В диапазоне температур свыше 660 °С допускается различие диаметров до 1 мм. Для улучшения теплового контакта рекомендуется использовать различные теплопроводящие вещества, указанные в документах на термостат;

- глубина погружения ТС в блок должна быть по крайней мере в 15 раз больше, чем диаметр ТС плюс длина ЧЭ. Сухоблочные термостаты (калибраторы) рекомендуется использовать для поверки ТС, диаметр которых не более 6 мм. Если термостат используют для поверки ТС диаметром более 6 мм, необходимы дополнительные исследования неопределенности, вызванной теплоотводом по корпусу термопреобразователя в окружающую среду, которые должны быть проведены при поверке калибратора по требованию заказчика для всех предполагаемых диаметров поверяемых ТС;

- условия поверки ТС должны быть максимально приближены к условиям, в которых была проведена поверка термостата (теплопроводящие вещества, средства для изоляции выравнивающего блока сверху, число одновременно поверяемых ТС).

6.5 Аппаратура для реализации реперных точек

6.5.1 Для поверки ТС в диапазоне температур от минус 5 °С до плюс 30 °С рекомендуется использовать следующие реперные точки МТШ-90 [1]:

- тройную точку воды (0,01 °С);
- точку плавления галлия (29,7646 °С).

6.5.2 Для реализации тройной точки воды должна быть использована ампула тройной точки воды, установленная в нулевой термостат или сосуд Дьюара. Допускается использовать жидкостные термостаты, имеющие действующее свидетельство о поверке, для которых нестабильность поддержания температуры и неравномерность температуры в рабочем объеме не превышают $\pm 0,01$ °С.

6.5.3 Для реализации точки плавления галлия должна быть использована установка, включающая в себя ампулу с заплавленным галлием (чистота галлия не менее 99,9999 % по весу), установленную в термостат или калибратор. Ампула должна быть поверена с помощью эталонных ТС. Термостат должен иметь действующее свидетельство о поверке. Установка должна обеспечить воспроизводимость температуры фазового перехода не более $\pm 0,001$ °С.

Примечание — Основные принципы реализации фазовых переходов изложены в документе Международного бюро мер и весов «Дополнительная информация к шкале МТШ-90» [6].

6.5.4 Для поверки в диапазоне температур от 90 °С до 103 °С допускается применять паровой термостат, имеющий действующее свидетельство о поверке, для которого нестабильность поддержания температуры составляет не более $\pm 0,03$ °С.

6.6 Измерительная аппаратура

6.6.1 Для измерения сопротивления поверяемых ТС должны быть применены мосты постоянного и переменного токов, цифровые мультиметры, многоканальные прецизионные измерители температуры, установки типа автоматизированного рабочего места для поверки термопреобразователей сопротивления (АРМ ПТС), внесенные в Государственный реестр средств измерений. При выборе измерительной установки следует учесть, что расширенная неопределенность поверки ТС должна быть в два раза меньше требуемого допуска ТС по ГОСТ 6651 (раздел 5).

6.6.2 Для измерения сопротивления поверяемых ТС могут быть также применены электроизмерительные установки, включающие в себя прецизионные вольтметры и потенциометры, источники тока, образцовые меры сопротивления, коммутирующие средства и переключатели.

6.6.3 Если для поверки применяют измерители температуры со встроенной программой, позволяющей отсчитывать показания в единицах температуры или отклонения температуры от НСХ, то неопределенность измерения, выполненного с использованием таких измерителей, не должна превышать 1/10 допуска поверяемых ТС.

6.7 Для измерения электрического сопротивления изоляции между выводами и защитным корпусом ТС должны быть применены мегомметры типов Ф4102/01-1М, Е6-17 или другие измерительные приборы с верхним пределом измерения не ниже 500 МОм и пределом погрешности, не превышающим ± 5 %.

6.8 Перед использованием средств поверки ТС необходимо провести расчет ожидаемой расширенной неопределенности поверки ТС по данным свидетельств о поверке термостата или калибратора и о поверке всех остальных используемых средств измерений по методике, изложенной в разделе 11. Рассчитанная расширенная неопределенность поверки ТС должна быть в два раза меньше требуемого допуска ТС по ГОСТ 6651. Пример оценивания расширенной неопределенности поверки ТС класса А при температуре 95 °С в лаборатории с использованием жидкостного термостата приведен в приложении В. Пример оценивания расширенной неопределенности градуировки ТС в сухоблочном термостате при температуре 400 °С приведен в приложении Г.

7 Условия поверки и требования к квалификации поверителей

7.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха в помещении, предназначенном для поверки, должна быть $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$; относительная влажность не более 80 %; атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- вибрация, тряска, удары, магнитные поля, кроме земного, влияющие на работу эталонных ТС и других средств поверки, должны быть исключены;
- напряжение питания сети должно быть в пределах, установленных эксплуатационными документами на средства поверки.

7.2 К проведению поверки должны быть допущены лица, имеющие необходимую квалификацию и аттестованные в качестве поверителей.

8 Требования безопасности

8.1 Должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.2.007.0.

8.2 Следует соблюдать осторожность при работе с масляными и солевыми термостатами, не допускать попадания влаги в рабочую среду.

8.3 Запрещается трогать нагретый ТС руками и класть его на легковоспламеняющиеся поверхности.

8.4 При использовании сжиженных газов необходимо соблюдать осторожность и не допускать попадания жидких газов на открытые участки тела. При извлечении охлажденных ТС из сосудов Дьюара необходимо пользоваться хлопчатобумажными перчатками.

8.5 При работе со стеклянными сосудами Дьюара необходимо пользоваться защитными очками. Не допускается уплотнять лед в стеклянных сосудах металлическими и остроконечными предметами.

9 Подготовка к поверке

9.1 Проверка документации

Перед проведением поверки проверяют наличие: инструкций по эксплуатации средств поверки, аттестатов испытательного оборудования, свидетельств о поверке средств измерений, паспорта, клейма или свидетельства о предыдущей поверке ТС.

9.2 Подготовка средств поверки

Все средства поверки, такие как термостаты, калибраторы, установки для реализации реперных точек, измерительные приборы, должны быть подготовлены к работе в соответствии с инструкциями по их эксплуатации. Должно быть обеспечено правильное заземление приборов и должны быть выполнены все требования безопасности.

9.3 Экспериментальная оценка неопределенности единичного измерения сопротивления в условиях конкретной поверочной лаборатории

9.3.1 Неопределенность единичного измерения сопротивления определяют при температурах, близких к градуировочным точкам, отдельно для ТС различных номинальных сопротивлений, поверяемых в данной лаборатории. Допускается использовать термостатированные меры сопротивления с номинальными значениями, близкими к номинальным значениям поверяемых ТС.

9.3.2 Рекомендуется проводить измерения в реперной точке, в нулевом термостате при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ или в высокостабильном жидкостном термостате (нестабильность не более $\pm 0,002 \text{ }^\circ\text{C}$). Проводят не менее 50 отсчетов сопротивления и рассчитывают СКО результата измерения. Для автоматических цифровых мостов необходимо использовать те же параметры при проведении каждого измерения (время интегрирования, время отсчета и т. п.), что и при проведении поверки. Значение СКО $u(r_{lab})$ рассчитывают либо автоматически измерительным мостом, либо, при регистрации поверителем отдельных отсчетов, по формуле

$$u(r_{lab}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{lab}} (R_i - R_s)^2}{N_{lab} - 1}}, \quad (1)$$

где N_{lab} — число отсчетов сопротивления ТС;
 R_i — результат i -го отсчета;
 R_s — среднее значение сопротивления.

10 Проведение поверки и обработка результатов поверки

10.1 Внешний осмотр, проверка маркировки и комплектности

10.1.1 Визуальный осмотр ТС должен показать, что защитный корпус, внешние клеммы и внешние провода ТС не имеют видимых разрушений, резьба на клеммах, клеммных головках и штуцерах не имеет механических повреждений. ТС с загрязненной поверхностью защитной арматуры к поверке не допускают.

10.1.2 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие ТС требованиям ГОСТ 6651 в части маркировки и комплектности.

10.1.3 При невыполнении требований 10.1 ТС к дальнейшей поверке не допускают.

10.2 Проверка электрического сопротивления изоляции термопреобразователей сопротивления при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$

10.2.1 Подключают клеммы прибора для измерения электрического сопротивления к выводам и защитному корпусу ТС. Подают измерительное напряжение 100 В.

10.2.2 Показания снимают в течение 10 с после подачи напряжения и фиксируют минимальное значение сопротивления. Сопротивление изоляции ТС должно соответствовать требованиям ГОСТ 6651. ТС, не удовлетворяющие требованиям ГОСТ 6651, к дальнейшей поверке не допускают.

10.3 Проверка отклонения сопротивления термопреобразователей сопротивления от номинальной статической характеристики при температуре от минус $5 ^\circ\text{C}$ до плюс $30 ^\circ\text{C}$

Проверку отклонения сопротивления ТС от НСХ выполняют сравнением с эталонным [образцовым] термопреобразователем при $0 ^\circ\text{C}$ в нулевом термостате или сосуде Дьюара, заполненном смесью льда и воды, при другой температуре в диапазоне от минус $5 ^\circ\text{C}$ до плюс $30 ^\circ\text{C}$ в термостатах (жидкостных, сухоблочных, флюидных) либо измерением в реперных точках (тройной точке воды, точке плавления галлия).

10.3.1 Сличение с эталонным [образцовым] термометром в жидкостном термостате

10.3.1.1 Эталонный термометр и поверяемые ТС помещают в рабочий объем термостата на глубину не менее минимальной глубины погружения, указанной в паспорте на ТС. Если монтажная длина поверяемых ТС более минимальной глубины погружения эталонного [образцового] термометра или равна ей, то ЧЭ всех ТС должны находиться на одном уровне. Если монтажная длина поверяемых ТС менее минимальной глубины погружения эталонного [образцового] термометра, то ТС погружают в термостат на монтажную длину и в результате измерения вводят поправку на перепад температур между средними точками ЧЭ поверяемых и эталонного [образцового] ТС (по 11.7).

Пр и м е ч а н и е — При поверке ТС монтажной длиной менее 50 мм рекомендуется использовать переливной жидкостный термостат и специальные средства для герметизации контактной головки.

10.3.1.2 Поверяемые ТС подключают к измерительной установке в соответствии со схемой соединения внутренних проводов ТС и схемами внешних электрических подключений приборов. Необходимо строго соблюдать инструкцию по подключению и заземлению электроизмерительной аппаратуры. Подключение ТС к переключателям должно обеспечивать надежный электрический контакт. Поверхность наконечников и выводных проводов ТС должна быть очищена от пленки оксидов. Измерительный ток должен соответствовать указанному в спецификации на ТС. При использовании электроизмерительной установки постоянного тока должна быть обеспечена компенсация паразитных термоэлектродвижущих сил (ТЭДС) во время измерений, например путем переключения направления тока.

10.3.1.3 После достижения стабильного состояния (сопротивление ТС не изменяется более чем на 1/10 допуска за 5 мин) проводят цикл измерений: измеряют температуру эталонным термометром, затем последовательно измеряют сопротивление поверяемых ТС и вновь повторяют измерение эталонным термометром. При использовании автоматических мостов результат каждого измерения должен быть получен как среднее арифметическое значение не менее чем из пяти отсчетов. Цикл измерений повторяют не менее двух раз. Показания эталонного термометра за все время измерений не должны измениться более чем на 1/5 допуска поверяемых ТС.

Пр и м е ч а н и я

1 При использовании двухпроводной схемы соединения внутренних выводов и подключения к измерительной установке необходимо из результата измерения сопротивления ТС вычесть значение сопротивления соединительных проводов и сопротивления внутренних выводов (если оно указано на термопреобразователе или в сопроводительной документации).

2 При использовании трехпроводной схемы соединения внутренних выводов необходимо измерить сопротивление между двумя контактами, соединенными с цепью, включающей в себя ЧЭ, и двумя контактами, соединенными с парой проводников, идущих из одной точки ЧЭ, и затем вычесть значение второго сопротивления из значения первого.

10.3.1.4 По данным измерений рассчитывают среднее арифметическое значение и размах температуры в термостате, средние значения сопротивлений поверяемых ТС. Допускается использовать самостоятельное или входящее в комплект поставки средств поверки аттестованное программное обеспечение, предназначенное для автоматизации процессов градуировки и поверки ТС, обработки и хранения результатов.

10.3.1.5 Расчет расширенной неопределенности результата измерения проводят по методике, изложенной в разделе 11.

10.3.2 Сличение с эталонным [образцовым] термометром при температуре 0 °С

10.3.2.1 Для определения сопротивления ТС при температуре 0 °С рекомендуется использовать термостат или сосуд Дьюара, заполненный смесью мелкодробленого льда и охлажденной воды. Лед должен быть увлажнен и уплотнен по всей массе, чтобы в смеси льда и воды не было пузырей воздуха и излишка воды.

10.3.2.2 Условия погружения ТС и подключения к измерительной установке — по 10.3.1.1 и 10.3.1.2. Толщина слоя льдо-водяной смеси, окружающей термопреобразователя, не должна быть менее 30 мм.

10.3.2.3 После достижения стабильного состояния проводят измерение температуры эталонным термометром, затем последовательно измеряют сопротивление поверяемых ТС. Необходимо провести не менее 10 отсчетов сопротивления для каждого ТС. По полученным данным рассчитывают среднее арифметическое значение сопротивления ТС и СКО среднего арифметического значения.

10.3.2.4 Расчет расширенной неопределенности результата измерений проводят по методике, изложенной в разделе 11.

10.3.3 Сличение с образцовым термометром в сухоблочном термостате (калибраторе)

10.3.3.1 Сухоблочные термостаты рекомендуется применять для поверки и градуировки ТС, диаметр корпуса которых не превышает 6 мм. Необходимо точно соблюдать условия загрузки блока, зазоры между ТС и каналами блока и условия тепловой изоляции блока, при которых была проведена поверка калибратора.

10.3.3.2 Перед использованием термостата необходимо проверить чистоту каналов металлического блока и размер кольцевых зазоров между ТС и внутренними стенками каналов, которые должны быть не более 0,1 мм. Допускается использование блока с кольцевым зазором до 0,5 мм при условии заполнения зазора сухим мелкодисперсным порошком оксида алюминия.

10.3.3.3 При поверке ТС с погружаемой частью переменного диаметра необходимо использовать медные и латунные трубки соответствующего диаметра, обеспечивающие плотную посадку на утонченную часть поверяемого ТС.

10.3.3.4 Методика проведения измерений — по 10.3.1. Расчет неопределенности результата градуировки проводят по методике, изложенной в разделе 11.

10.3.4 Поверка термопреобразователя сопротивления в реперных точках

10.3.4.1 Поверка в тройной точке воды

Предварительно охлажденный ТС погружают в ампулу тройной точки воды, установленную в термостате или сосуде Дьюара. Измерения сопротивления ТС начинают не ранее чем через 15 мин после погружения и продолжают не менее 5 мин. Проводят не менее 10 отсчетов сопротивления. Измерительный ток должен быть равен указанному в документах на термопреобразователь конкретного типа. Показания измерительной установки не должны регистрировать тенденции к увеличению или уменьшению сопротивления ТС. По полученным данным рассчитывают среднее арифметическое значение сопротивления ТС и СКО среднего арифметического значения. Расчет расширенной неопределенности результата градуировки проводят по методике, изложенной в разделе 12.

10.3.4.2 Поверка в точке плавления галлия

ТС погружают в ампулу с галлием после того, как зафиксировано начало температурной площадки фазового перехода. ТС подключают к установке для измерения сопротивления. Измерительный ток должен быть равен указанному в документах на термопреобразователь конкретного типа. После стабилизации показаний проводят измерение сопротивления ТС в течение не менее 5 мин. Необходимо зафиксировать результаты не менее 10 отсчетов. Не должно быть выявлено тенденции к увеличению или уменьшению сопротивления ТС в процессе измерений. По полученным данным рассчитывают

среднее значение сопротивления ТС и СКО среднего значения. Расчет расширенной неопределенности результата градуировки проводят по методике, изложенной в разделе 12.

10.3.5 Критерий годности термопреобразователя сопротивления

ТС считают годным и допускают к дальнейшей поверке в том случае, если отклонение его сопротивления от НСХ с учетом расширенной неопределенности результата измерения не превышает допуск соответствующего класса, т. е. выполнены одновременно два неравенства:

$$\begin{aligned} (R_k(t_x) - R_{НСХ}(t_x) + U) / \frac{dR}{dt} &\leq +\Delta t_x, \\ (R_k(t_x) - R_{НСХ}(t_x) - U) / \frac{dR}{dt} &\geq -\Delta t_x, \end{aligned} \quad (2)$$

где $R_k(t_x)$ — среднее значение сопротивления поверяемого ТС, Ом;

t_x — средняя температура, измеренная эталонным термометром, °С;

$R_{НСХ}(t_x)$ — значение сопротивления ТС по НСХ при температуре t_x , Ом;

U — расширенная неопределенность результата измерения сопротивления ТС, рассчитанная по методике, изложенной в разделе 11, Ом;

$\frac{dR}{dt}$ — чувствительность ТС по НСХ при температуре t_x , Ом/°С;

$\pm\Delta t_x$ — допуск ТС по ГОСТ 6651 при температуре t_x , °С.

10.4 Проверка отклонения сопротивления термопреобразователя сопротивления от номинальной статической характеристики при температуре от 90 °С до 103 °С

Проверку проводят для ТС классов АА, А и В сличением с эталонным [образцовым] ТС в жидкостном, сухоблочном или паровом термостате по методике, изложенной в 10.3.1. Критерий годности — по 10.3.5.

Примечание — Использование паровых термостатов, реализующих точку кипения воды, — в соответствии с техническим описанием и инструкцией по их применению.

11 Расчет расширенной неопределенности поверки термопреобразователей сопротивления в термостате или калибраторе

11.1 Суммарную стандартную и расширенную неопределенности поверки ТС рассчитывают для каждой температуры поверки. При расчете суммарной неопределенности поверки учитывают неопределенность измерений температуры эталонным [образцовым] термопреобразователем сопротивления и неопределенность измеренного значения сопротивления поверяемого ТС. Для расчета используют данные, полученные при проведении измерений (раздел 10), данные, полученные при предварительной экспериментальной оценке неопределенности, связанной со случайными эффектами при измерении в конкретной поверочной лаборатории (по 9.3), а также данные, приведенные в свидетельствах о поверке средств измерений: термостата, калибратора, реперной точки, эталонного термометра и измерительной установки.

11.2 При использовании сухоблочных термостатов (калибраторов) расчет неопределенности, приведенный в настоящей методике и основанный на данных свидетельства о поверке калибратора, относятся только к поверке ТС диаметром, не превышающим 6 мм.

11.3 Значение температуры, определенное по показаниям эталонного термометра, рассчитывают по градуировочной характеристике эталонного термометра

$$t_x = f(R_s), \quad (3)$$

где R_s — среднее арифметическое значение из результатов измерения температуры, определяемое по формуле

$$R_s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i, \quad (4)$$

где N — число измерений сопротивления эталонного термометра, выполненных при градуировке;

R_i — значение, соответствующее i -му измерению сопротивления эталонного термометра.

11.4 Бюджет неопределенности для температуры, измеренной эталонным термометром, включает в себя следующие составляющие.

11.4.1 Стандартную неопределенность, обусловленную случайными эффектами при измерениях $u(r_{lab1-j})$, рассчитывают как СКО среднего значения результатов измерений, выполненных в одном измерительном цикле эталонным термометром по формуле

$$u(r_{lab1-j}) = \frac{u(r_{lab1})}{\sqrt{N_j}}, \quad (5)$$

где $u(r_{lab1})$ — СКО единичного измерения температуры эталонного термометра, определенное по 9.3;
 N_j — число измерений в одном измерительном цикле.

11.4.2 Стандартную неопределенность, обусловленную нестабильностью температуры в термостате за время всех циклов измерений $u(t_s)$, рассчитывают методом по типу В по формуле

$$u(t_s) = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2\sqrt{3}}, \quad (6)$$

где t_{\max} , t_{\min} — соответственно максимальная и минимальная температура, измеренная эталонным термометром за время проведения всех измерительных циклов.

11.4.3 Стандартную неопределенность градуировки эталонного термометра $u(\delta t_s)$ рассчитывают по формуле

$$u(\delta t_s) = U_s/2, \quad (7)$$

где U_s — расширенная неопределенность градуировки эталонного термометра при $k = 2$, приведенная в свидетельстве о его поверке (или доверительная погрешность при доверительной вероятности 95 %).

11.4.4 Стандартную неопределенность, обусловленную неточностью электроизмерительной установки $u(\delta r_s)$, при использовании термопреобразователя сопротивления в качестве эталонного термометра рассчитывают следующим образом:

$$u(\delta r_s) = U_s/2, \quad (8)$$

где U_s — расширенная неопределенность измерения при $k = 2$, приведенная в свидетельстве о поверке установок для измерения сопротивления.

П р и м е ч а н и я

1 Если в свидетельстве о поверке установки указан предел допускаемой погрешности $\pm \Delta_{np}$, то стандартную неопределенность рассчитывают методом по типу В (нормальное распределение) по формуле $u(\delta r_s) = \Delta_{np}/3$.

2 Если мост работает с внешней образцовой мерой сопротивления и известны стандартная неопределенность u_S измеряемого отношения $S = R_{TC}/R_{обп}$, а также стандартная неопределенность градуировки меры $u(\delta R_{обп})$, то стандартную неопределенность измерения сопротивления ТС $u(\delta r_s)$ определяют по формуле

$$u^2(\delta r_s) = S^2 \cdot u^2(\delta R_{обп}) + R_{обп}^2 \cdot u_S^2.$$

11.4.5 Стандартную неопределенность, вызванную ограниченной разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки $u(\delta r_{rs})$, оценивают по типу В по формуле

$$u(\delta r_{rs}) = \frac{a_{rs}}{\sqrt{3}}, \quad (9)$$

где $\pm a_{rs}$ — разрешающая способность установки для измерения сопротивления эталонного [образцового] термометра.

11.4.6 Стандартную неопределенность, обусловленную нестабильностью эталонного [образцового] термометра за межповерочный интервал $u(\delta t_T)$, оценивают методом по типу В по формуле

$$u(\delta t_T) = \frac{a_T}{\sqrt{3}}, \quad (10)$$

где $\pm a_T$ — интервал возможного изменения показаний эталонного термометра в тройной точке воды, определенный экспериментально при периодической поверке эталонного [образцового] термометра и приведенный в свидетельстве о его поверке.

11.5 Составляют бюджет неопределенности измерений температуры эталонным [образцовым] термометром (см. таблицу 2).

Т а б л и ц а 2 — Бюджет неопределенности измерений температуры эталонным [образцовым] термометром

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности, тип, распределение, метод расчета	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении	Тип А, нормальное распределение, $u(r_{lab\ 1-j})$, 11.4.1	$1/C_1$	$u(r_{lab\ 1-j})/C_1$
Нестабильность температуры в термостате	Тип В, равномерное распределение, $u(t_s)$, 11.4.2	1	$u(t_s)$
Градуировка эталонного термометра	Тип В, нормальное распределение, $u(\delta t_s)$, 11.4.3	1	$u(\delta t_s)$
Поверка измерительной установки	Тип В, нормальное распределение, $u(\delta r_s)$, 11.4.4	$\frac{1}{C_1}$	$\frac{1}{C_1} u(\delta r_s)$
Разрешающая способность измерительной установки	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta r_{rs})$, 11.4.5	$\frac{1}{C_1}$	$\frac{1}{C_1} u(\delta r_{rs})$
Нестабильность эталонного термометра за межповерочный интервал	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta t_T)$, 11.4.6	1	$u(\delta t_T)$

П р и м е ч а н и е — C_1 — коэффициент чувствительности эталонного ТС dR/dt , Ом/°С, определяемый при температуре t_s по уравнению, приведенному в свидетельстве о поверке ТС.

11.6 Суммарную стандартную неопределенность результата измерения температуры эталонным термометром $u_c(t_x)$ рассчитывают по формуле

$$u_c(t_x) = \sqrt{\frac{1}{C_1^2} u^2(r_{lab\ 1-j}) + u^2(t_s) + u^2(\delta t_s) + \frac{1}{C_1^2} u^2(\delta r_s) + \frac{1}{C_1^2} u^2(\delta r_{rs}) + u^2(\delta t_T)}. \quad (11)$$

П р и м е ч а н и е — Расчет неопределенности измерения температуры при использовании эталонных термометров, для которых характерны другие функции преобразования, проводят аналогично вышеизложенному.

11.7 Значение сопротивления градуируемого ТС при температуре $t_x - R_k(t_x)$ рассчитывают по формуле

$$R_k(t_x) = R_{ks}(t_x) + C_2 \delta t_{F1} + C_2 \delta t_{F2}, \quad (12)$$

где C_2 — коэффициент чувствительности ТС dR/dt , определяемый по уравнению НСХ ТС при температуре t_x ;

δt_{F1} — поправка, равная изменению температуры по вертикальной оси рабочего объема термостата или калибратора между средней точкой ЧЭ поверяемого ТС и эталонного ТС;

δt_{F2} — поправка, равная изменению температуры по горизонтальной оси между ЧЭ поверяемого ТС и эталонного ТС (или между каналами блока сухоблочного калибратора).

Среднее значение сопротивления градуируемого ТС при температуре $t_x - R_{ks}(t_x)$ рассчитывают как среднее арифметическое значение результатов измерения сопротивления ТС при градуировке по 10.3.1 по формуле

$$R_{ks}(t_x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_{ki}, \quad (13)$$

где N — число измерений сопротивления ТС;

R_{ki} — результат i -го измерения сопротивления ТС.

Примечание — Поправки на вертикальный и горизонтальный градиенты температуры вводят по результатам исследований термостата в поверочной лаборатории. Если при поверке термостата или калибратора градиент температуры был определен только в виде пределов отклонения температуры от среднего значения $\pm a_{F1}$, $\pm a_{F2}$ либо если неизвестна длина ЧЭ поверяемых термопреобразователей, то поправки принимают равными нулю. Градиент учитывают только введением неопределенности по 11.8.4.

11.8 Бюджет неопределенности измерений сопротивления ТС включает в себя следующие составляющие:

11.8.1 Стандартную неопределенность, обусловленную случайными эффектами при измерениях, выполненных в одном измерительном цикле поверяемым ТС, $u(r_{lab\ 2-j})$ оценивают по формуле

$$u(r_{lab\ 2-j}) = \frac{u(r_{lab\ 2})}{\sqrt{N_j}}, \quad (14)$$

где $u(r_{lab\ 2})$ — СКО единичного измерения сопротивления ТС, определенное по 9.3;
 N_j — число измерений сопротивления ТС в каждом цикле.

11.8.2 Стандартную неопределенность измерений при поверке электроизмерительной установки $u(\delta r_k)$ рассчитывают следующим образом:

$$u(\delta r_k) = U_k/2, \quad (15)$$

где U_k — расширенная неопределенность измерения при $k = 2$, приведенная в свидетельстве о поверке установки для измерения сопротивления ТС.

Примечание — Если в свидетельстве о поверке установки указан предел допускаемой погрешности $\pm \Delta_{np}$, то стандартную неопределенность рассчитывают методом по типу В (нормальное распределение) по формуле $u(\delta r_k) = \Delta_{np}/3$.

11.8.3 Стандартную неопределенность, обусловленную ограниченной разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки $u(\delta r_{rk})$, рассчитывают по формуле

$$u(\delta r_{rk}) = \frac{a_{rk}}{\sqrt{3}}, \quad (16)$$

где $\pm a_{rk}$ — разрешающая способность установки для измерения сопротивления ТС.

11.8.4 Стандартные неопределенности, обусловленные вертикальным и горизонтальным градиентами температуры в термостате или калибраторе $u(\delta t_{F1})$, $u(\delta t_{F2})$, рассчитывают по формулам

$$u(\delta t_{F1}) = \frac{a_{F1}}{\sqrt{3}}, \quad u(\delta t_{F2}) = \frac{a_{F2}}{\sqrt{3}}, \quad (17)$$

где $\pm a_{F1}$, $\pm a_{F2}$ — диапазон изменения поправок к температуре, оцениваемый экспериментально при поверке термостата или калибратора. Для использования значений $\pm a_{F1}$, $\pm a_{F2}$ в оценках необходимы данные о том, как и с помощью каких по размерам термометров они были получены.

11.9 Бюджет неопределенности измерения сопротивления ТС представлен в таблице 3.

Таблица 3 — Бюджет неопределенности измерения сопротивления градуируемого термопреобразователя сопротивления

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности, тип, распределение, методика расчета	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении	Тип А, нормальное распределение, $u(r_{lab\ 2-j})$, 11.8.1	1	$u(r_{lab\ 2-j})$
Поверка измерительной установки	Тип В, нормальное распределение, $u(\delta r_k)$, 11.8.2	1	$u(\delta r_k)$

Окончание таблицы 3

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности, тип, распределение, методика расчета	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Разрешающая способность измерительной установки	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta r_{rk})$, 11.8.3	1	$u(\delta r_{rk})$
Перепад температур по вертикальной оси рабочего объема	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta t_{F1})$, 11.8.4	C_2	$C_2 u(\delta t_{F1})$
Перепад температур по горизонтальной оси рабочего объема (либо между каналами в блоке)	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta t_{F2})$, 11.8.4	C_2	$C_2 u(\delta t_{F2})$

11.10 Суммарную стандартную неопределенность измерения сопротивления ТС $u_c(R_k)$ оценивают по формуле

$$u_c(R_k) = \sqrt{u^2(r_{lab\ 2\ j}) + u^2(\delta r_k) + u^2(\delta r_{rk}) + C_2^2 u^2(\delta t_{F1}) + C_2^2 u^2(\delta t_{F2})}. \quad (18)$$

11.11 Суммарную стандартную неопределенность $u_c(R)$ и расширенную неопределенность U поверки ТС в каждой температурной точке рассчитывают по формулам

$$u_c(R) = \sqrt{C_2^2 u_c^2(t_x) + u_c^2(R_k)}; \quad (19)$$

$$U = k u_c(R), \quad (20)$$

где k — коэффициент охвата.

11.12 Результат поверки

При $k = 2$ сопротивление градуируемого термопреобразователя при температуре t_x находится в интервале $R_k(t_x) \pm U$ с вероятностью 95 % в предположении нормального закона распределения. Неопределенность поверки ТС в единицах температуры рассчитывают делением U на коэффициент чувствительности C_2 .

12 Расчет расширенной неопределенности поверки термопреобразователей сопротивления в реперной точке

12.1 Значение температуры реперной точки t_{fp} и расширенная неопределенность этого значения $U(t_{fp})$ должны быть приведены в свидетельстве об аттестации установки с ампулой для реализации реперной точки. Стандартную неопределенность температуры $u(t_{fp})$ рассчитывают по формуле

$$u(t_{fp}) = U(t_{fp})/2. \quad (21)$$

12.2 Бюджет неопределенности измерения сопротивления ТС составляют аналогично 11.8—11.9. Стандартную неопределенность, обусловленную случайными эффектами при измерениях, рассчитывают по формуле (14) как СКО среднего значения результатов измерений сопротивления ТС в реперной точке. Суммарную стандартную неопределенность $u_c(R_k)$ рассчитывают по формуле (18). В бюджет неопределенности не включают стандартные неопределенности, обусловленные вертикальным и горизонтальным градиентами температуры в блоке.

12.3 Суммарную стандартную неопределенность $u_c(R_{fp})$ и расширенную неопределенность U_{fp} поверки ТС в реперной точке определяют по формулам

$$u_c(R_{fp}) = \sqrt{C_2^2 u_c^2(t_{fp}) + u_c^2(R_k)}; \quad (22)$$

$$U_{fp} = k u_c(R_{fp}), \quad (23)$$

где k — коэффициент охвата.

12.4 Результат поверки

При $k = 2$ значение сопротивления градуируемого ТС при температуре $t_{гр}$ находится в интервале $R_k \pm U$ с вероятностью 95 % в предположении нормального закона распределения вероятности. Неопределенность поверки ТС в единицах температуры рассчитывают делением U на коэффициент чувствительности C_2 .

13 Оформление результатов поверки

13.1 В процессе поверки поверитель должен вести протокол поверки, включающий в себя следующие данные: наименование и тип ТС, серийный номер ТС (или партии ТС), рабочий диапазон температур ТС, условное обозначение НСХ, наименование заказчика, данные измерений, заключение о годности, дату поверки, фамилию поверителя. Допускаются компьютерные записи и хранение протокола поверки.

13.2 При положительных результатах поверки на соответствие допускам по ГОСТ 6651 на корпус ТС наносят клеймо или оформляют свидетельство о поверке, в котором указывают наименование и тип ТС, серийный номер ТС (или партии ТС), рабочий диапазон температур ТС, условное обозначение НСХ, класс допуска и срок действия свидетельства. Подпись поверителя удостоверяют оттиском поверительного клейма.

13.3 По согласованию с заказчиком в свидетельстве о поверке допускается указывать результаты измерений, полученные при проведении поверки, и их неопределенность.

13.4 При поверке, включающей в себя градуировку термопреобразователя сопротивления, выдают свидетельство о поверке, содержащее следующие данные:

- тип ТС, серийный номер ТС (или партии ТС), диапазон температур;
- таблицу значений сопротивления ТС при всех температурах градуировки;
- расширенную неопределенность измерения сопротивления ТС в каждой градуировочной точке либо в различных диапазонах температур;
- интерполяционную зависимость сопротивление — температура, определенную по результатам градуировки с указанием всех коэффициентов полинома Каллендара — Ван Дюзена (КВД) либо МТШ-90;
- срок действия свидетельства;
- подпись и клеймо поверителя.

13.5 При отрицательных результатах поверки оттиск поверительного клейма гасят или аннулируют свидетельство о поверке и выдают извещение о непригодности ТС с указанием причин.

**Приложение А
(рекомендуемое)**

Методика построения индивидуальной зависимости сопротивление — температура для платиновых термопреобразователей сопротивления

А.1 Градуировку ТС и построение индивидуальной зависимости сопротивление — температура проводят как составную часть поверки для платиновых ТС, требования к точности которых отличаются от требований ГОСТ 6651.

А.2 Градуировку ТС проводят сличением с эталонным ТС в термостатах или калибраторах или измерением сопротивления ТС в реперных точках.

П р и м е ч а н и е — В приложении Г приведен пример оценивания неопределенности градуировки ТС в сухоблочном калибраторе при температуре 400 °С.

А.3 Для построения индивидуальной зависимости сопротивление — температура платиновых ТС применяют две основные модели: функцию Каллендара — Ван Дюзена (КВД) и методику МТШ-90. Данные модели реализованы в большинстве современных вторичных измерительных термопреобразователей.

А.4 Для платиновых ТС моделью, наиболее точно реализующей международную температурную шкалу, считают методику МТШ-90. Функция Каллендара — Ван Дюзена (функция КВД) представляет собой аппроксимирующую модель, которая имеет неустранимое систематическое отклонение от МТШ-90, ограничивающее точность измерения температуры платиновым ТС. Систематическое отклонение функции КВД от МТШ-90 для различных диапазонов температур представлено на рисунке Д.1 приложения Д.

А.5 Построение функции Каллендара — Ван Дюзена

А.5.1 Функция КВД имеет следующий вид:

Для диапазона температур от минус 200 °С до 0 °С:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100\text{ °С})t^3]. \quad (\text{А.1})$$

Для диапазона температур от 0 °С до 850 °С:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2), \quad (\text{А.2})$$

где R_t — сопротивление ТС, Ом, при температуре t °С;

R_0 — сопротивление ТС, Ом, при температуре 0 °С.

Для определения четырех неизвестных коэффициентов R_0 , A , B , C в формулах (А.1), (А.2) необходимы результаты градуировки ТС по крайней мере в трех точках выше 0 °С и в одной точке ниже 0 °С.

А.5.2 Точность интерполяционной функции зависит от неопределенности градуировки ТС в температурных точках, от числа точек и интервала температур между точками.

А.5.3 Метод построения функции КВД при минимальном числе температурных точек рекомендуется использовать только при градуировке ТС в реперных точках либо при градуировке в высокостабильном жидкостном термостате в узком диапазоне температур. Рекомендуется провести градуировку при температуре 0 °С и в двух точках рабочего диапазона выше 0 °С с примерно равным интервалом температур и при температуре нижнего предела ТС, если этот предел ниже 0 °С. Неопределенность измеренной температуры быстро возрастает при экстраполяции интерполяционной функции. Поэтому экстраполяция допустима не более чем на 20 °С за пределы градуировочного диапазона.

А.5.4 При использовании для градуировки ТС калибраторов или термостатов в диапазоне температур выше 300 °С рекомендуется провести градуировку не менее чем в пяти температурных точках с интервалом не более 50 °С. В данном случае интерполяционную функцию рассчитывают с помощью аппроксимации по методу наименьших квадратов.

А.5.5 В диапазоне температур от 0 °С до 160 °С кривизна функции КВД очень мала. Для получения интерполяционной функции рекомендуется применять в этом диапазоне более экономичный метод МТШ-90 (см. А.6) с использованием одной градуировочной точки, кроме 0 °С, на конце диапазона и, если это необходимо, затем аппроксимировать полученный полином функцией КВД.

А.6 Метод МТШ-90

А.6.1 Метод построения интерполяционной зависимости для платиновых ТС по МТШ-90 основан на использовании двух стандартных функций относительных сопротивлений $W_r(T_{90})$, определенных в интервалах температур от 13,8033 до 273,16 К и от 0,01 °С до 961,78 °С и представляющих собой полиномы высоких степеней с известными коэффициентами [1]:

$$\text{от } 13,8033 \text{ до } 273,16 \text{ К: } \ln[W_\lambda(T_{90})] = A_0 + \sum_{i=1}^{12} A_i \left[\frac{\ln(T_{90}/273,16 \text{ К}) + 1,5}{1,5} \right]^i, \quad (\text{A.3})$$

$$\text{от } 0 \text{ °С до } 961,78 \text{ °С: } W_\lambda(T_{90}) = C_0 + \sum_{i=1}^9 C_i \left[\frac{T_{90}/\text{К} - 754,15}{481} \right]^i, \quad (\text{A.4})$$

коэффициенты функций имеют следующие значения:

$A_0 = -2,13534729;$	$C_0 = 2,78157254;$
$A_1 = 3,1832472;$	$C_1 = 1,64650916;$
$A_2 = -1,80143597;$	$C_2 = -0,1371439;$
$A_3 = 0,71727204;$	$C_3 = -0,00649767;$
$A_4 = 0,50344027;$	$C_4 = -0,00234444;$
$A_5 = -0,61899395;$	$C_5 = 0,00511868;$
$A_6 = -0,05332322;$	$C_6 = 0,00187982;$
$A_7 = 0,28021362;$	$C_7 = -0,00204472;$
$A_8 = 0,10715224;$	$C_8 = -0,00046122;$
$A_9 = -0,29302865;$	$C_9 = 0,00045724.$
$A_{10} = 0,04459872;$	
$A_{11} = 0,11868632;$	
$A_{12} = -0,05248134;$	

A.6.2 Относительное сопротивление платинового ТС при температуре T_{90} определяют как отношение сопротивления термопреобразователя при температуре T_{90} к сопротивлению в тройной точке воды по формуле

$$W(T_{90}) = R(T_{90})/R(273,16 \text{ К}). \quad (\text{A.5})$$

Интерполяционную зависимость относительного сопротивления ТС от температуры рассчитывают как сумму стандартной функции (A.3) или (A.4) и функции отклонения по формуле

$$W(T_{90}) = W_r(T_{90}) + \Delta W(T_{90}). \quad (\text{A.6})$$

Вид функции $\Delta W(T_{90})$ определен для каждого температурного диапазона МТШ-90 и приведен в таблице А.1. Коэффициенты функции рассчитывают по результатам градуировки в основных реперных точках МТШ-90. Перечень реперных точек и значения их температур приведены в 6.5.1.

Т а б л и ц а А.1 — Вид функции отклонения и градуировочные точки в различных диапазонах температур

Диапазон температур, °С	Градуировочные точки	Вид функции отклонения
-189,3442—0,01	Ar, Hg, ТТВ	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1] \ln W(T_{90})$
-38,8344—29,7646	Hg, ТТВ, Ga	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2$
0,01—29,7646	ТТВ, Ga	$a[W(T_{90}) - 1]$
0,01—156,5985	ТТВ, In	$a[W(T_{90}) - 1]$
0,01—231,928	ТТВ, In, Sn	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2$
0,01—419,527	ТТВ, Sn, Zn	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2$
0,01—660,323	ТТВ, Sn, Zn, Al	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2 + c[W(T_{90}) - 1]^3$
0,01—961,78	ТТВ, Sn, Zn, Al, Ag	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2 + c[W(T_{90}) - 1]^3 + d[W(T_{90}) - W(660,323 \text{ °С})]^2$

П р и м е ч а н и е — В таблице применены следующие обозначения:
ТТВ — тройная точка воды; Hg — тройная точка ртути; Ga — точка плавления галлия; In — точка затвердевания индия; Sn — точка затвердевания олова; Zn — точка затвердевания цинка; Al — точка затвердевания алюминия; Ag — точка затвердевания серебра; a, b, c, d — коэффициенты функции отклонения.

A.6.3 Допускается использовать для расчета коэффициентов функций отклонения относительные сопротивления, полученные сравнением в термостатах с эталонным [образцовым] ТС в пределах заданного диапазона температур.

**Приложение Б
(справочное)**

Рекомендуемые среды для жидкостных термостатов

Т а б л и ц а Б.1 — Рабочая среда в термостатах и характерный для нее рабочий диапазон температур

Среда	Диапазон температур в градусах Цельсия
Галогенсодержащие углеводороды	От –150 до –70
Силиконовые масла	От –10 до 315
Легкие минеральные масла	От –75 до 200
Вода	От 0 до 95
GIT (Ga — 62 %; In — 21,5 %; Sn — 16 %)	От 15
Сухие флюиды	От 75 до 850
Расплавленные соли	От 200 до 620
Жидкое олово	От 315 до 540
<p>П р и м е ч а н и е — GIT не закипает примерно до 2000 °С, но может повредить некоторые материалы, т.к. смачивает поверхность и снимает с нее оксид. Алюминий и серебро подвергаются эрозии медленно при комнатной температуре и быстро при температуре свыше 100 °С. Сталь марок 304 и 316 может находиться в контакте с GIT на воздухе при 406 °С в течение 520 сут без повреждений. Максимальная температура контакта со сталью марок 304 и 316 должна быть 650 °С.</p>	

Приложение В
(справочное)

**Пример оценки расширенной неопределенности поверки термопреобразователей
сопротивления класса А при температуре 95 °С с применением жидкостного термостата**

В.1 Информация о поверяемом термопреобразователе сопротивления

Термопреобразователь сопротивления типа ТСП. Условное обозначение НСХ — Pt 100. Класс А по ГОСТ 6651. Допуск при 95 °С $\pm 0,34$ °С.

В.2 Средства измерений, используемые при поверке

В.2.1 Водяной термостат

Нестабильность температуры $\Delta_{ct} = \pm 0,02$ °С.

Неравномерность температуры в рабочем объеме $a_F = \pm 0,01$ °С.

Глубина погружения ТС 350 мм.

В.2.2 Эталонный термопреобразователь сопротивления

Расширенная неопределенность (или доверительная погрешность при доверительной вероятности 95 %) при температуре 100 °С $U_3 = \pm 0,12$ °С (1/3 допуска ТС).

Нестабильность за межповерочный интервал $a_3 = \pm 0,05$ °С.

В.2.3 Мост постоянного тока

Предел основной допускаемой погрешности $\Delta_{np} = \pm 0,002$ Ом.

СКО результата измерения сопротивления 100-омного ТС в поверочной лаборатории при температуре 95 °С $u(r_{lab}) = 0,005$ Ом.

В.3 Бюджет неопределенности

Бюджет неопределенности измерения температуры в термостате представлен в таблице В.1. Бюджет неопределенности измерения сопротивления поверяемого ТС представлен в таблице В.2.

Т а б л и ц а В.1 — Бюджет неопределенности измерения температуры в термостате

Источник неопределенности и метод расчета	Оценка стандартной неопределенности	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении (по пяти измерениям) $u(r_{lab-5}) = u(r_{lab})/\sqrt{5}$	0,0022	1/0,385	0,0058
Нестабильность температуры в термостате $u(t_s) = \Delta_{ct}/\sqrt{3}$	0,0116	1	0,0116
Градуировка эталонного термопреобразователя $u(\delta t_3) = U_3/2$	0,06	1	0,06
Электроизмерительная установка $u(\delta r_s) = \Delta_{np}/3$	0,00067	1/0,385	0,0017
Нестабильность эталонного термопреобразователя за межповерочный интервал $u(\delta t_T) = a_3/\sqrt{3}$	0,0289	1	0,0289
Суммарная стандартная неопределенность температуры $u_c(t_x), \text{°С}$	0,068		

Т а б л и ц а В.2 — Бюджет неопределенности измерения сопротивления поверяемого термопреобразователя сопротивления

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении $u(r_{lab-5}) = u(r_{lab})/\sqrt{5}$	0,0022	1	0,0022
Электроизмерительная установка $u(\delta r_k) = \Delta_{пр}/3$	0,00067	1	0,00067
Перепад температур в рабочем объеме $u(\delta t_p) = a_p/\sqrt{3}$	0,0058	0,385	0,0022
Суммарная стандартная неопределенность сопротивления $u_c(R_k)$, Ом	0,0032		

В.4 Расчет суммарной стандартной неопределенности поверки

Суммарную стандартную неопределенность поверки рассчитывают по формуле (19) при $C_2 = 0,385 \text{ Ом/}^\circ\text{C}$.
 $u_c(R) = 0,0262 \text{ Ом}$.

В.5 Расширенная неопределенность поверки

При $k = 2$ расширенная неопределенность поверки $U = 0,0524 \text{ Ом}$. Расширенная неопределенность поверки в температурном эквиваленте $U_t = 0,136 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вывод:

Комплекс средств поверки пригоден для поверки ТС класса А при температуре $(95 \pm 3) \text{ }^\circ\text{C}$ (по 6.8 расширенная неопределенность поверки должна быть по крайней мере в два раза меньше допуска поверяемых ТС). Заключение о годности ТС должно быть выдано при условии выполнения соотношений

$$\begin{aligned} (R_k(t_x) - R_{НСХ}(t_x) + U) \frac{dR}{dt} &\leq +\Delta t_x; \\ (R_k(t_x) - R_{НСХ}(t_x) - U) \frac{dR}{dt} &\geq -\Delta t_x, \end{aligned} \quad (\text{В.1})$$

где $R_k(t_x)$ — среднее значение сопротивления поверяемого ТС, Ом;

t_x — средняя температура, измеренная эталонным ТС, $^\circ\text{C}$;

$R_{НСХ}(t_x)$ — значение сопротивления ТС по НСХ при температуре t_x , Ом;

U — расширенная неопределенность результата измерения сопротивления ТС, равная для данной лаборатории $0,0524 \text{ Ом}$;

$\frac{dR}{dt}$ — чувствительность ТС по НСХ при температуре $95 \text{ }^\circ\text{C}$, равная $0,385 \text{ Ом/}^\circ\text{C}$;

Δt_x — допуск ТС по ГОСТ 6651 при температуре t_x , $^\circ\text{C}$.

Приложение Г
(справочное)

Пример расчета расширенной неопределенности градуировки термопреобразователей сопротивления в сухоблочном термостате при температуре 400 °С

Г.1 Информация о градуируемом термопреобразователе сопротивления

Термопреобразователь сопротивления модели TE 065 типа Pt 100, фирма Rosemount, диаметр корпуса 6,35 мм, длина погружаемой части 350 мм.

Требования к расширенной неопределенности измерений при температуре 400 °С: $\pm 0,46$ °С.

Г.2 Средства измерений, используемые при градуировке

Г.2.1 Сухоблочный термостат модели 9173, фирма Hart Scientific:

- блок D при температуре 400 °С,

- нестабильность температуры в блоке в стационарном режиме

$\Delta_{\text{ст}} = \pm 0,01$ °С;

- перепад температур между каналами блока (радиальный градиент температуры) $a_{F1} = \pm 0,025$ °С;

- изменение температуры в изотермической зоне блока (вертикальный градиент температуры на длине 60 мм от дна канала) $a_{F2} = \pm 0,25$ °С;

- глубина погружения термопреобразователя сопротивления в блок термостата 203 мм.

Г.2.2 Эталонный термопреобразователь сопротивления типа ЭТС-100 3-го разряда, «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», доверительная погрешность при доверительной вероятности 95 % при 420 °С $U_s = \pm 0,07$ °С, нестабильность за межповерочный интервал $a_s = \pm 0,01$ °С.

Г.2.3 Мост постоянного тока «Super Thermometer 1590», фирма Hart Scientific. По спецификации изготовителя для входного сопротивления от 25 до 400 Ом при использовании опорной меры 100 Ом и измерительного тока 1 мА относительная погрешность нормирована как $6 \cdot 10^{-6}$ (6 ppm), что приводит к расширенной неопределенности измерений для сопротивления 250 Ом (соответствующего 400 °С) $U_s = \pm 0,0015$ Ом.

СКО результата измерения сопротивления в поверочной лаборатории «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» для ТС номинальным сопротивлением 100 Ом при температуре 420 °С, рассчитанного по результатам 100 измерений в реперной точке затвердевания цинка (время интегрирования 12 с, время каждого отсчета при двух направлениях тока 2 с), $u(r_{\text{lab}}) = 0,004$ Ом.

Г.3 Результаты измерений

Эталонный термопреобразователь сопротивления ЭТС-100 был подключен к одному из каналов измерительного моста, и в программу были введены коэффициенты интерполяционной зависимости сопротивление — температура по МТШ-90. Таким образом, ЭТС-100 регистрировал температуру калибратора в градусах Цельсия. К другому каналу моста был подключен поверяемый ТС. Время интегрирования было установлено на 12 с, время каждого отсчета при двух направлениях тока — на 2 с. Таким образом, каждый результат, приведенный в таблице, получен как среднее значение из результатов шести измерений. Проведен попеременный отсчет показаний эталонного и поверяемого ТС. Результаты приведены в таблице Г.1.

Т а б л и ц а Г.1 — Результаты измерений

Термопреобразователь	ЭТС-100	TE 065 Pt 100
Измеряемая величина	$T, \text{ }^\circ\text{C}$	$R, \text{ Ом}$
Результаты измерений	400,0152	247,0673
	400,0186	247,0692
	400,0203	247,0705
	400,0196	247,0689
Среднее арифметическое значение	400,0184	247,0681
$t_{\text{max}} - t_{\text{min}}, \text{ }^\circ\text{C}$	0,0051	

Г.4 Бюджет неопределенности

Бюджет неопределенности измерения температуры в блоке представлен в таблице Г.2.

Бюджет неопределенности измерения сопротивления поверяемого ТС представлен в таблице Г.3.

Т а б л и ц а Г.2 — Бюджет неопределенности измерения температуры в блоке

Источник неопределенности и метод расчета	Оценка стандартной неопределенности	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении (по шести измерениям) $u(r_{lab-6}) = u(r_{lab})/\sqrt{6}$	0,0016	1/0,35	0,0047
Нестабильность температуры в блоке $u(t_s) = (t_{max} - t_{min})/2\sqrt{3}$	0,0015	1	0,0015
Градуировка эталонного ТС $u(\delta t_g) = U_g/2$	0,035	1	0,035
Электроизмерительная установка (по спецификации) $u(\delta r_s) = U_s/2$	0,0008	1/0,35	0,0023
Нестабильность эталонного ТС $u(\delta t_T) = a_T/\sqrt{3}$	0,0058	1	0,0058
Суммарная стандартная неопределенность измерения температуры $u_c(t_x), ^\circ\text{C}$	0,036		

Т а б л и ц а Г.3 — Бюджет неопределенности измерения сопротивления поверяемого термопреобразователя

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении (по шести измерениям) $u(r_{lab-6}) = u(r_{lab})/\sqrt{6}$	0,0016	1	0,0016
Электроизмерительная установка $u(\delta r_k) = U_s/2$	0,0008	1	0,0008
Перепад температур по вертикальной оси $u(\delta t_{F1}) = a_{F1}/\sqrt{3}$	0,1471	0,35	0,0515
Перепад температур между каналами в блоке $u(\delta t_{F2}) = a_{F2}/\sqrt{3}$	0,01471	0,35	0,0051
Суммарная стандартная неопределенность сопротивления $u_c(R_k), \text{ Ом}$	0,0518		

Г.5 Расчет суммарной стандартной неопределенности градуировки

Суммарную стандартную неопределенность градуировки рассчитывают по формуле (19) при $C_2 = 0,35 \text{ Ом}/^\circ\text{C}$.
 $u_c(R) = 0,0532 \text{ Ом}$.

Г.6 Расширенная неопределенность градуировки и результат градуировки

При $k = 2$ расширенная неопределенность градуировки $U = 0,1064 \text{ Ом}$. В температурном эквиваленте $U_t = 0,304 ^\circ\text{C}$

ГОСТ 8.461—2009

Вывод:

Сопротивление градуируемого ТС при температуре 400,02 °С находится в интервале $(247,068 \pm 0,106)$ Ом с вероятностью 95 % в предположении нормального закона распределения вероятности. Расширенная неопределенность градуировки термопреобразователя сопротивления в температурном эквиваленте составляет 0,30 °С, что соответствует требованиям к расширенной неопределенности измерения температуры термопреобразователем сопротивления TE 065 Pt 100 при 400 °С.

Приложение Д
(справочное)

Отклонение зависимости Каллендара — Ван Дюзена от стандартной функции МТШ-90
в различных диапазонах температур

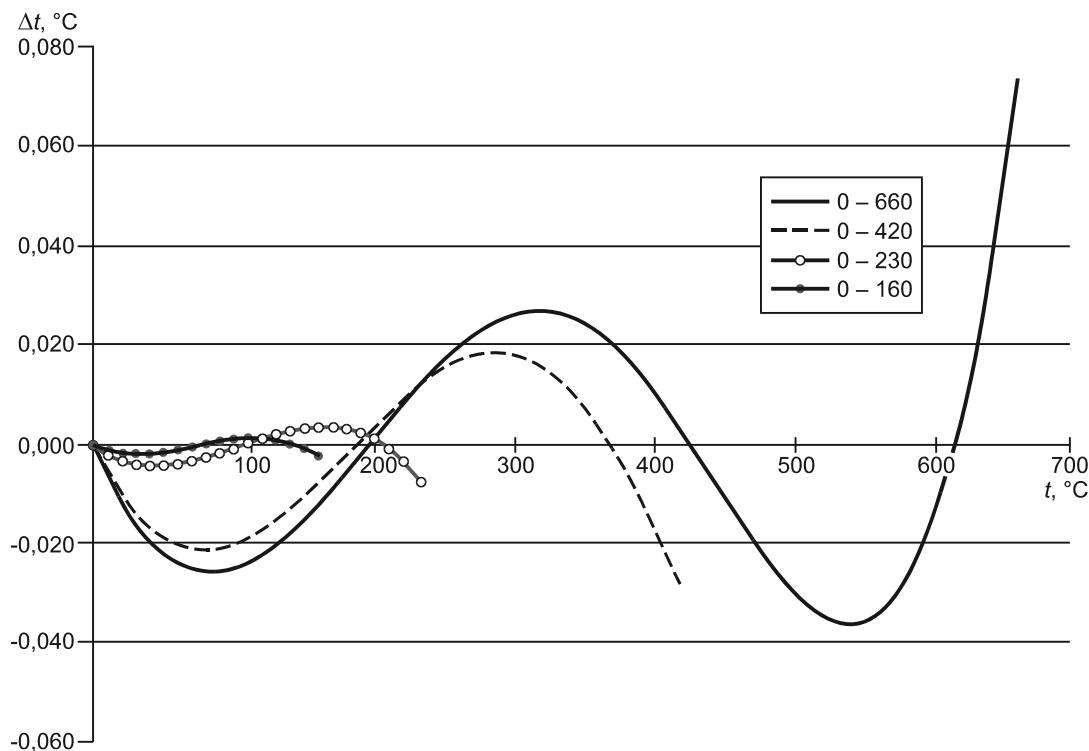


Рисунок Д.1 — Отклонение зависимости Каллендара — Ван Дюзена от стандартной функции МТШ-90 в различных диапазонах температур

Библиография

- | | |
|---|---|
| [1] Международная температурная шкала, 1990 г. (The International Temperature Scale of 1990) (текст опубликован: Metrologia, 1990, v. 27, pp. 3—10) | |
| [2] Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 43—2001 | Государственная система обеспечения единства измерений. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений» |
| [3] Стандарт Европейской ассоциации по аккредитации лабораторий EA-4/02 | Выражение неопределенности измерения при калибровке (Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration) |
| [4] Стандарт ASTM E 644-04 | Стандартные методы испытаний для промышленных термопреобразователей сопротивления (Standard Test Methods for Testing Industrial Resistance Thermometers) |
| [5] Стандарт Европейской ассоциации по аккредитации лабораторий EA—10/13 (Приложение В) | Руководство по калибровке температурных калибраторов, Приложение В: Рекомендации по использованию температурных калибраторов (Guidelines on the calibrations of temperature block calibrators, Annex B: Recommendations for the use of temperature block calibrators) |
| [6] Дополнительная информация к Международной температурной шкале 1990 г. (Supplementary information for the International Temperature Scale of 1990), документ Международного бюро мер и весов 1990 г. | |

Ключевые слова: термопреобразователи сопротивления, температура, методика поверки

Редактор *Л.В. Афанасенко*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабацова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 10.03.2011. Подписано в печать 11.05.2011. Формат 60×84¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 3,00. Тираж 136 экз. Зак. 340.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.