

## Альтернативный подход к построению государственной поверочной схемы для контактных СИ температуры

Моисеева Н.П.  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Передача размера единицы температуры, как и других единиц физических величин, у нас в стране и во всем мире регулируется законом. основополагающим стандартом является ГОСТ ИСО/МЭК 17025, который устанавливает требования к компетентности поверочных лабораторий и по которому проводится аккредитация лабораторий на право поверки и калибровки. Одним из важных требований стандарта является метрологическая прослеживаемость результата к государственному эталону единицы величины. В п. 5.6.2 ГОСТ ИСО/МЭК 17025 сказано, что «для калибровочных лабораторий должна быть создана функционирующая программа калибровки оборудования для того, чтобы обеспечивать прослеживаемость калибровки и измерений, проведенных лабораторией, к Международной системе единиц (СИ). Калибровочная лаборатория устанавливает связь своих исходных эталонов и средств измерений посредством неразрывной цепи калибровки или сличений, с первичными эталонами единиц СИ.».

Отметим, что в стандарте нет требования соответствия какой-то единой государственной поверочной схеме. Государственная поверочная схема (ГПС) – это наше национальное изобретение. Требования к ее построению устанавливаются ГОСТ 8.061-80 «Поверочные схемы. Содержание и построение», который был актуализирован в 2013 г. Стандарт написан очень четко и понятно. Но следует отметить, что он изначально был предназначен для организации цепи государственной поверки основных СИ, на которые существуют государственные стандарты и которые применяют в сфере государственного надзора. Поэтому в п. 2.10 указано, что наименования рабочих средств измерений, приведенные в поверочной схеме, должны соответствовать установленным в **государственных стандартах** на технические требования на эти средства. Этому принципу более или менее соответствовала схема ГОСТ 8.558-80, в которой в качестве образцовых термометров были указаны приборы, на которые существовали ГОСТы - платиновые термометры сопротивления, ртутно-стеклянные термометры и термопары ППО и ПРО. Рабочие СИ в этой схеме тоже имели конкретные названия: ртутно-стеклянные термометры, термометры сопротивления, манометрические термометры, термоэлектрические термометры.

В практику измерения температуры в конце 20 и начале 21 века вошли новые приборы. Это, прежде всего, цифровые термометры с дисплеем и без него, калибраторы температуры, портативные реперные точки, термометры с индивидуальной градуировкой, работающие на разных принципах (диодные, волоконно-оптические, кварцевые и т.д.). Диапазон погрешностей этих СИ разнообразен. Многие новые приборы могут использоваться как эталонные СИ при поверке рабочих термометров. Как учесть все температурные датчики в единой государственной поверочной схеме? Очевидно, что разработчики поверочной схемы 2009 г. столкнулись с реальными трудностями. В результате в новой схеме наименования рабочих СИ стали произвольными, большую часть посчитали возможным объединить в «термометры погружения» с различными диапазонами точности от 0,005 до 20 °С. Конкретно о типах термометров ничего не сказано, то ли это ртутно-стеклянные термометры, то ли манометрические, то ли цифровые. Согласно схеме, они получают размер единицы от эталонов 1, 2, 3 разрядов. Эталоны 3-го разряда также четко не определяются. На рисунке видим названия: «термометры» или «меры температуры». В текстовой части вообще написано «другие СИ температуры», т.е. все что угодно с погрешностью от 0,05 °С при 0 °С до 6 °С при 1800 °С. Очевидно, что трудности были и при назначении приборам интервалов погрешностей и диапазонов. Диапазоны температур в схеме

очень большие, и было ошибкой рекомендовать использовать линейную зависимость погрешности от температуры.

Одной из серьезных проблем, с которой сейчас сталкиваются поверочные центры при попытке классифицировать свои средства измерений по разрядам ГПС – несоответствие требований к приборам в ГПС и требований к приборам, согласно методикам поверки. Например, поверять термопреобразователи сопротивления классов В и С (допускаемая погрешность при 0 °С составляет 0,3 °С и 0,6 °С соответственно) можно было бы с успехом по цифровым эталонным термометрам, имеющим погрешность в пределах 0,1 °С. Однако, согласно действующей поверочной схеме ГОСТ 8.558-2009 термометры третьего разряда должны иметь доверительные границы погрешности от 0,02 °С при 0 °С до 2 °С при 1085 °С. Эталонных термометров с погрешностью больше 0,02 °С нет в ГПС.

Еще хуже дело обстоит с ртутно-стеклянными термометрами. Этого наименования нет среди эталонных и рабочих СИ. Я не выступаю ни в коей мере в защиту ртутников, считаю, что они все должны быть заменены постепенно другими типами термометров погружения. Но сейчас их очень много в промышленности и как-то с ними надо работать и их поверять. Отменять соответствующий квадрат в государственной поверочной схеме пока рано. В схеме нет также биметаллических и манометрических термометров, которые являются иногда хорошей альтернативой ртутникам. Фактически, все СИ, используемые в промышленности и имеющие соответствующие стандарты на технические требования, объединены под лозунгом «термометры погружения», причем с разными вариантами погрешностей и очень широким диапазоном температур.

Самым большим недостатком ГПС является отсутствие требований к суммарной погрешности поверки. Внедренная не так давно система аттестации эталонов предполагает аттестацию в качестве эталона комплекса средств измерений. Однако если заглянуть в паспорта аттестованных эталонов 2 и 3 разрядов, Вы не увидите там оценки суммарной погрешности или неопределенности всего комплекса. Одна из причин в том, что такая оценка не предусмотрена поверочной схемой. Другая причина в том, что поверители не умеют рассчитывать суммарную неопределенность измерений с помощью комплекса СИ.

Напомню, что уже есть стандарты, устанавливающие обязательный расчет расширенной неопределенности поверки с учетом всего измерительного оборудования. Например, ГОСТ 8.461-2009 на поверку рабочих термометров сопротивления, в котором приведены методы поверки и примеры расчета неопределенности поверки, а также требования к погрешности образцового термометра по отношению к допускаемой погрешности поверяемого (1: 3) и требования к расширенной неопределенности поверки, с учетом всех вспомогательных СИ, по отношению к допускаемой погрешности поверяемого термометра (1: 2). Заметьте, разряды поверочной схемы вообще не причем. Если все приборы, участвующие в поверке, поверены и соотношения погрешностей выполняются, то этого достаточно для проведения поверки термометров. Все просто и все соответствует ГОСТ ИСО/МЭК.

Из всего вышесказанного понятно, что существующая в настоящий момент поверочная схема в области контактного измерения температуры создает трудности при попытках связать с ней измерительное оборудование центров стандартизации и поверочных лабораторий. Фактически такая схема не помогает создать цепь метрологической прослеживаемости, а мешает этому процессу. Возникает резонный вопрос: а нужна ли государственная поверочная схема? Может быть, можно просто определить соотношение расширенных неопределенностей поверки СИ на каждом этапе передачи размера единицы и заняться построением локальных схем для каждой поверочной лаборатории с конкретными приборами? Фактически, так оно и есть. Думаю, что государственная поверочная схема постепенно уйдет в прошлое, как, очень надеюсь, уйдут в прошлое ртутно-стеклянные термометры. Будет, как предусмотрено в ГОСТ ИСО/МЭК 17025,

оценка неопределенности калибровки и подтверждение метрологической прослеживаемости через цепь калибровок согласно локальным поверочным схемам. Но это в будущем. Законодательство настоящего времени требует соответствовать государственной поверочной схеме. Поэтому нам остается эту схему переработать, так, чтобы учесть современное состояние процесса передачи размера единицы температуры. Главная цель государственной схемы в том, что она должна служить основой для построения локальных поверочных схем для конкретных приборов на предприятиях.

Первый принцип, который предлагается взять за основу при построении новой ГПС – определение комплекса средств измерений, необходимого для осуществления передачи размера единицы температуры. Выбор комплекса для поверки контактных датчиков температуры не так велик. Состав приборов может быть следующим:

- 1) реперная точка + измерительная установка;
- 2) эталонный термометр сопротивления + термостат + измерительная установка;
- 3) цифровой термометр + термостат;
- 4) калибратор температуры + измерительная установка;
- 5) термоэлектрический термометр + печь + измерительная установка;

Общий метод определения точности вторичных эталонов установлен в действующем стандарте ГОСТ 8.381-2009 (ГСИ. Эталоны. Способы выражения точности.), согласно которому можно рассчитывать границы доверительной погрешности либо неопределенность измерений с помощью комплекса средств измерений и оборудования.

Второй принцип состоит в том, что классифицировать СИ по разрядам следует, не исходя из конкретных значений погрешности, а исходя из их назначения. В решении этого вопроса предлагается также ориентироваться на опыт и реальное положение дел. 0-ой разряд это прерогатива крупных ЦСМ. Он предназначен для контроля и хранения их реперных точек шкалы МТШ-90. Фактически, это «эталон регионального масштаба». Термометры и термодпары 1 разряда, которые градуируются в реперных точках рабочих эталонов, уже могут приобретаться различными поверочными лабораториями для поверки точных рабочих СИ методом сличения. Однако, что касается платиновых термометров сопротивления первого разряда, то они очень хрупкие, дорогие, и по точности мало востребованы. Поэтому они тоже используются редко и в основном в ЦСМ. Средства измерений 2 и 3 разряда – это основа поверочной практики. Они выпускаются в большом количестве, поверяются в ЦСМ, закупаются всеми поверочными службами и имеют более прочную конструкцию (металлический или керамический корпус). Нужен ли третий разряд? Напомню, что в поверочной схеме 1980 г. третий разряд был только для ртутно-стеклянных термометров. Если за основу принять назначение термометра, третий разряд можно исключить из схемы, а все термометры, применяемые для поверки рабочих термометров можно классифицировать, как СИ второго разряда. Еще раз хочу подчеркнуть, что средства измерений второго разряда – это самая важная часть поверочной схемы.

Средства измерений второго разряда это основа локальной поверочной схемы для предприятий. Они могут быть разнообразными, с погрешностью от нескольких сотых градуса до нескольких десятых для поверки термометров сопротивления, и до нескольких градусов для поверки высокотемпературных термодпар.

Типов рабочих средств измерений температуры сейчас много. Понятно, что все существующие сейчас наименования СИ втиснуть в одну схему не реально. Но это и не нужно. Схема создается для обеспечения единства измерений в сфере метрологического государственного контроля, прежде всего для стандартизованных СИ, которые выпускаются промышленностью и которые составляют наибольшую долю всех используемых на предприятиях средств измерения температуры. Поэтому, в обязательном порядке необходимо показать на схеме основные рабочие СИ температуры, на которые разработаны Российские и международные стандарты: платиновые

термометры сопротивления (ГОСТ 6651 и МЭК 60751), термоэлектрические термометры (ГОСТ 6616-94), ртутно-стеклянные термометры (ГОСТ 28498), биметаллические термометры и манометрические термометры (ГОСТ 16920). Все нестандартизованные СИ можно объединить в один квадрат и назвать «другие типы погружаемых СИ температуры» или «термометры с индивидуальной градуировкой».

Важно в текстовой части схемы указать соотношение расширенных неопределенностей поверки на каждом этапе передачи размера единицы. Это соотношение должно выполняться в методиках поверки всех СИ. Например, как установлено в ГОСТ 8.461-2009: расширенная неопределенность поверки должна быть не более 0,5 от допускаемой погрешности поверяемых термометров. Целесообразно также установить требование к соотношению погрешностей носителей шкалы – основных средств измерений. Например, погрешность (расширенная неопределенность поверки) эталонного термометра 2 разряда, не должна превышать 1/3 от допускаемой погрешности поверяемого рабочего термометра.

На следующем рисунке представлен предлагаемый проект общей государственной схемы передачи размера единицы температуры для контактных термометров.

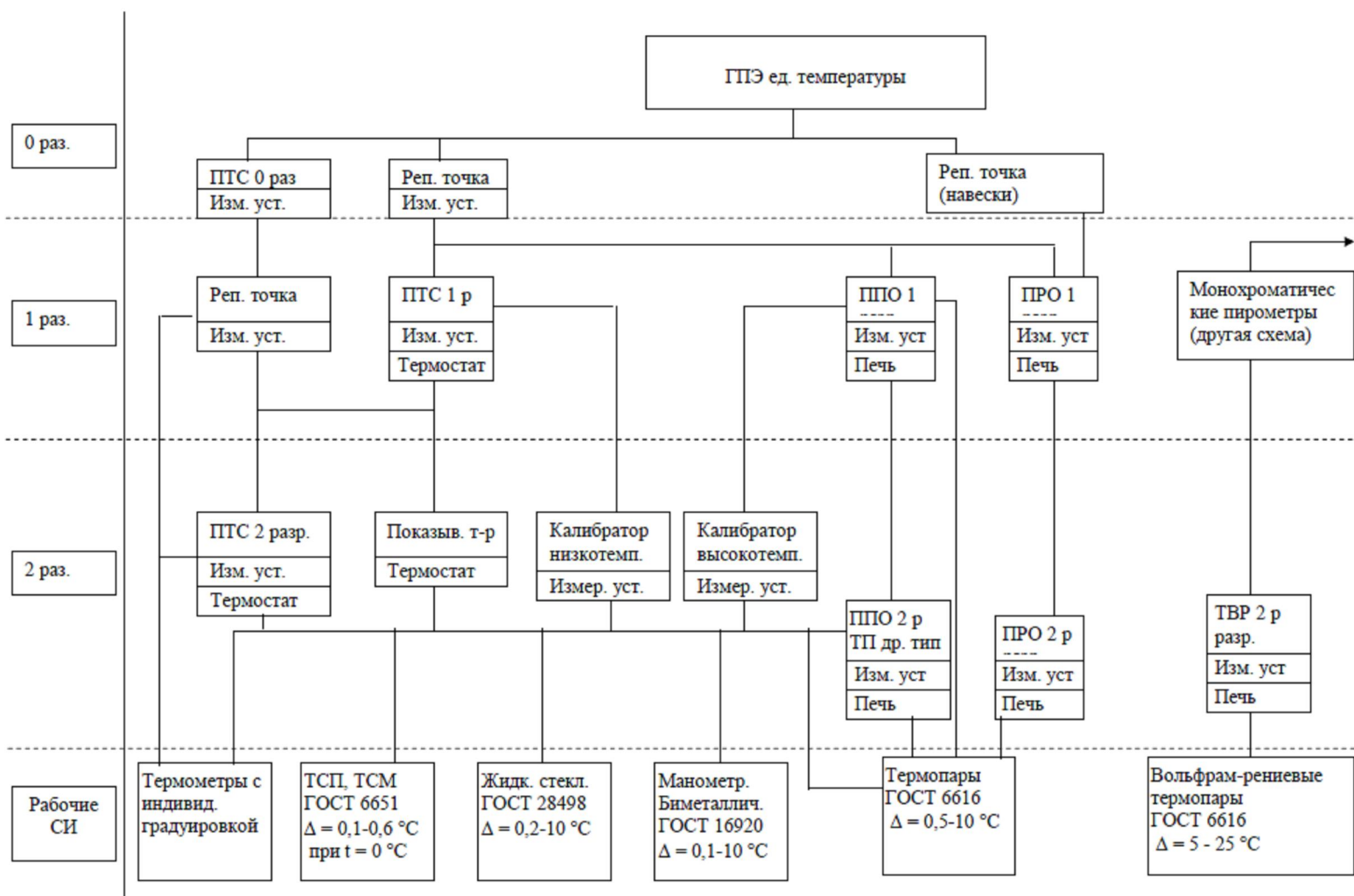


Рис. 1 Проект Государственной поверочной схемы для контактных датчиков температуры в диапазоне от 0 до 1085 °С.

Опираясь на такую схему, каждое предприятие может разработать собственную локальную поверочную схему, включающую конкретные приборы. Именно это и требуется согласно ГОСТ ИСО/МЭК 17025. Один важный на настоящий момент вопрос, с которым столкнулись все поверочные службы страны – обязательная аттестация эталонов. Введя понятие «Эталона» для поверочного комплекса даже самого низшего звена, законодатели решили закрепить все средства измерений в этом эталоне с помощью обязательной аттестации эталонов – довольно сложной, волокитной процедуры с кучей документов, регистраторов, проверяющих и т.д. Такая аттестация не предусмотрена ни в одном международном стандарте. Никаких положительных результатов в плане улучшения точности и метрологической прослеживаемости поверки от аттестации нет и быть не может. Это, по сути, дополнительная бумажная волокита, которая навязывается поверочным службам в дополнение к аккредитации и которая, якобы, призвана все эталоны привязать к единой поверочной схеме. Однако аттестация каждого комплексного эталона на соответствие определенному разряду единой поверочной схемы не только невозможна, она просто противоречит ГОСТ ИСО/МЭК ГОСТ 17025, в котором утверждается, что «калибровочные лаборатории, соответствующие требованиям настоящего стандарта, рассматриваются как компетентные. Сертификат о калибровке с логотипом органа по аккредитации, выданный калибровочной лабораторией, аккредитованной на соответствие настоящему стандарту в отношении проведения данного вида калибровки, является достаточным свидетельством прослеживаемости указанных калибровочных данных». Для аккредитации необходимы локальные схемы поверки и грамотные методики поверки на все приборы, включающие оценивание неопределенности поверки, характерной для каждой лаборатории. Аттестация эталонов – это избыточная бюрократическая процедура, с которой надо бороться.