АННОТАЦИЯ

Темой выпускной квалификационной работы является разработка методики калибровки термометров биметаллических.

Работа состоит из пяти разделов.

В первом разделе представлена информация о деятельности организации.

Во втором разделе предоставлена информация о важности измерения температуры

В третьем разделе приведена классификация термометров по видам и назначению.

В четвертом разделе анализ метрологического обеспечения термометров биметалличкских и какими документами регламентируется обеспечение единства измерений.

В пятом разделе описаны процедуры калибровки термометра биметаллического

Пояснительная записка состоит из 109 листов, в том числе приложений – 2, таблиц – 6, рисунков – 28, формул – 16.

Для написания данной работы было использовано 11 источников.

Ключевые слова: калибровка, средства измерения, температура, термометр биметаллический, методика.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..... 6
1 Описание деятельности организаци……... 9
1.1 История возникновения и развития организации…….. 9
1.2 Характеристика метрологической службы нефтегазодобывающего управления «Сургутнефть» …… 14
1.3 Метрологическое обеспечение технологических процессов…… 18
1.4 Эталонная база метрологической службы…….. 21
1.5 Система обеспечения единства измерений……. 26
1.6 Законодательные основы…….. 31
1.7 Калибровка средства измерений…….. 34
1.8 Требования к методикам калибровки……... 40
2 Измерение температуры……... 43
3 Классификация термометров…….. 46
4 Анализ существующего состояния метрологического обеспечения биметаллических термометров…….. 62
4.1Обзор номенклатуры термометров биметаллических…… 62
4.2 Выбор формы метрологического контроля термометров биметаллических……. 63
5. Разработка процедур калибровки…….. 65
5.1 Разработка процедур калибровки…… 65
5.2 Разработка раздела «Вводная часть»…….. 65
5.3 Разработка раздела «Нормативные ссылки»……..... 66
5.4 Разработка раздела «Технические требования»……. 67
5.5 Разработка раздела «Требования к условиям проведения калибровки»……. 74

5.6 Разработка раздела «Требования к квалификации калибровщиков»……..…… 76
5.7 Разработка раздела «Требования по обеспечению безопасности».. 77
5.8 Разработка раздела «Подготовка к процедуре калибровки»…….. 80
5.9 Разработка раздела «Оформление результатов калибровки»……... 80
5.10 Разработка раздела «Оформление результатов калибровки»……. 90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……... 93
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…… 94
ПРИЛОЖЕНИЕ А (Обязательное) Методика калибровки…… 96
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Справочное) Форма протокола калибровки…….. 111

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время действующее законодательство Российской Федерации в области обеспечения единства измерений устанавливает поверку средств измерений основной формой метрологического контроля в сфере, где необходимо государственное регулирование. Вместе с тем, распоряжением Правительства Российской Федерации [1] утверждена стратегия обеспечения единства измерений в Российской Федерации, в соответствии с которой в Российской Федерации до 2025 года планируется значительно увеличить количество калибровок по отношению к количеству поверок.

В целях соблюдения требований международных документов в области метрологии, устанавливающих требования к выполнению калибровочных работ, Российской Федерацией принят межгосударственный стандарт ГОСТ ISO/IEC 17025 [2]. В соответствии с пунктом 7.6.2 ГОСТ ISO/IEC 17025 [2] установлено, что калибровочные лаборатории должны иметь и применять процедуры оценки неопределенности измерений, которые отсутствуют в большинстве применяемых в настоящее время методик поверки. Целью данной работы является разработка методики калибровки, учитывающей требования как международных, так и отечественных документов, устанавливающих порядок калибровки биметаллических термометров, эксплуатируемых в публичном акционерном обществе «Сургутнефтегаз».

Актуальность темы состоит в необходимости оптимизации затрат на измерения в конкретной области. Так как прибор применяется вне сферы Государственного регулирования, то для него разрабатывается методика

калибровки. Разработка методики позволит повысить точность измерений, без применения дорогостоящих высокоточных эталонов.

Цель работы состоит в разработке методики калибровки термометра биметаллического, которая обеспечит точность в поддержании необходимой температуры на производственных объектах НГДУ «СН».

Задачей данной дипломной работы является изучить документы по эксплуатации термометров биметаллических, нормативную документацию по построению методики и закон по обеспечению единства измерений. Необходимо выбрать эталоны и оборудование для осуществления калибровки, и изучить документы по эксплуатации.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГРОЕИ – Государственное регулирование обеспечения единства измерений;

ПАО – Публичное акционерное общество;

СИ – Средство измерений;

ТБ – Термометр биметаллический;

НПУ – Нефтепромысловое управление;

НГДУ – Нефтегазодобывающее управление;

СН – «Сургутнефть»;

РМГ – Рекомендации по межгосударственной стандартизации;

ГСИ – Государственная система обеспечения единства измерений;

МО – Метрологическое обеспечение;

РКС – Российская система калибровки;

1 Описание деятельности организации

1.1 История возникновения и развития организации

История Сургутской нефти началась в марте 1964 года, когда на Сургутскую землю высадился первый десант нефтяников и было организовано на основании постановления Совета Народного Хозяйства Средне - Уральского экономического района №41 от 30 января 1964 года первое в Западной Сибири нефтепромысловое управление «Сургутнефть». В первые дни возглавил его Рафхат Шакирзянович Мамлеев - главный геолог Затем начальником управления был назначен с 23 марта 1964 года Василий Степанович Иваненко. И первой его командой стали: гл. инженер Лев Дмитриевич Чурилов, гл. механик Николай Егорович Дурасов, гл. энергетик Александр Андреевич Паклинов, гл. инженер транспортной конторы Виктор Лаврентьевич Полюшкин.

К этому моменту в Сургутском районе было открыто четыре нефтяных месторождения Усть - Балыкское, Западно - Сургутское, Северо - Сургутское и Локосовское, в эксплуатации – Усть - Балыкское, уже в мае того же года по Оби на Омский нефтеперерабатывающий завод была отправлена первая баржа с Усть-Балыкской нефтью, которая положила начало промышленному освоению нефтяных месторождений Западной Сибири. В этот год страна получила 209 тонн сибирского черного золота.

В мае 1964 года началось строительство поселка нефтяников в Сургуте. В 1965 году Сургут из поселка городского типа будет переведен в ранг города окружного подчинения.

К августу 1964 года в состав НПУ «Сургутнефть» входят: аппарат управления с соответствующими службами, бюро по разработке нормативов и составлению смет, нефтепромысел №1 в рабочего поселка Усть - Балык, нефтепромысел №2 в рабочего поселка Мегион, цех научно- исследовательских и производственных работ, контора бурения, цех крепления скважин, цех капитального ремонта скважин, транспортный цех, знергоцех, строительно - монтажный участок.

4.08.64 г. - открытие Быстринского м/р. С 1.08.1964 на базе нефтепромысла №2 в р.п. Мегион было организовано НПУ «Мегионнефть».

В апреле 1965 года в строй действующих вступает Западно - Сургутское месторождение нефти. С 1965 продолжает формироваться и совершенствоваться производственная структура предприятия, создаются нефтепромысел №2, при нефтепромысле №1 - участок по закачке воды в пласт, на базе транспортного цеха-автотранспортная контора, на базе стройучастка – ремонтно - строительное управление. Применяются новые технологии. В августе 1965 года была проведена первая пескоструйная перфорация на скважине №5 Западно - Сургутского м/р., в июне 1966 впервые в Среднем Приобье спущены остеклованные трубы в скважины 46 и 160 Западно -Сургутского месторождения.

С 3.03.66 года НПУ «Сургутнефть» возглавил Павел Федорович Ельчанин., главным инженером назначен Иван Иванович Шидловский. В июне этого же года в порядке перевода из объединения «Татнефть» был принят Григорий Михайлович Кукуевицкий - заместителем начальника управления по капстроительству. В память о достойном человеке одна из улиц города Сургута названа его именем.

В июне 1967 года была начата промышленная закачка сеноманской воды в скважины №4, №12, 2№7 Западно - Сургутского м/р, август 1967 года ознаменован началом внедрения механизированной добычи нефти, скважина №14 Западно-Сургутского м/р была оборудована погружным электроцентробежным насосом. В марте 1968 года с вводом в эксплуатацию нефтепровода

Сургут - Усть-Балык - Омск, Западно - Сургутское месторождение было переведено на круглогодичную эксплуатацию, сырье уже не откачивали на наливные баржи, а отправляли трубопроводным транспортом. 23 декабря 1968 года нефтяниками Сургута была добыта первая миллионная тонна сургутской нефти.

В это же время создаются цеха по поддержанию пластового давления и по подготовке и перекачки нефти. Апрель 1969 года -начало обезвоживания нефти Западно-Сургутского месторождения, введена первая термохимическая установка с печами конструкции НПУ «Сургутнефть». В июле 1969г. вводится в эксплуатацию первая подземная кустовая насосная станция на базе установки УЭЦП-16-3000-1000 на скважине 326 Западно-Сургутского м/р.

В октябре 1970 года НПУ «Сургутнефть» переименовано в НГДУ «Сургутнефть».

5.08,1971 года - знаменательная дата добыта 10-миллионная тонна нефти с начала эксплуатации Западно-Сургутского м/р. В декабре 1971 года началась бескомпрессорная подача попутного нефтяного газа Западно-Сургутского м/р на Сургутскую государственную районную электростанцию. Потушены все факелы месторождения. С августа 1971 года началась автоматизация нефтепромысловых объектов. Введен впервые пульт диспетчера производственных автоматизированных технологий.

Прирастала добыча, расширялось производство, вводились в эксплуатацию новые месторождения. С целью поисков залежи нефти и газа в нижнемеловых и юрских отложениях 13.03.71 Сургутской нефтегазоразведочной экспедицией был утвержден акт о заложении поисковой скважины N262 на Федоровской структуре Сургутского свода, это послужило открытием Федоровского нефтегазоконденсатного месторождении. 18,08.71 при испытании скважины из пласта БС-10 было получено безводной нефти дебитом 199,2 м3 в сутки через 10мм штуцер Федоровское нефтегазоконденсатное месторождение введено в промышленную эксплуатацию 31.03.1973 года. Первые тонны нефти были получены из скважины №66.

В сентябре 1976 года введено в разработку Локосовское месторождение, а в декабре 1978 года уже был добыт первый миллион тонн локосовской нефти.

Нефтепромысловое управление «Сургутнефть» созданное 16 марта 1964г. стало базовым предприятием для большинства нефтедобывающих предприятий Тюменской области. По мере развития нефтяного региона на базе НГДУ «Сургутнефть» создавались НГДУ «Мегионнефть» (1.08.64), НГДУ «Правдинскнефть» (1.01.68), НГДУ «Юганскнефть» (1.02.68), НГДУ «Федоровскнефть» (28.04.77), НГДУ «Быстринскнефть», НГДУ «Лянторнефть».

С первых дней создания НГДУ «Сургутнефть» стало полигоном для внедрения передовых технологий разработки нефтяных месторождений Западной Сибири. За годы освоения было построено 4220 эксплуатационных и нагнетательных скважин, в том числе 32 горизонтальных. Добыто более 200 млн. тонн нефти и 9 млрд, кубометров газа.

В настоящее время, НГДУ «Сургутнефть» является одним из крупных структурных подразделений ПАО «Сургутнефтегаз» с численностью более 4.4 тыс. человек, с годовой добычей нефти более 10 млн. тонн и попутного нефтяного газа 646 млн. м3 с его утилизацией на уровне 99.6 %. В состав нефтегазодобывающего управления входят: одиннадцать цехов по добыче нефти и газа с эксплуатационным фондом - более 6 тыс. скважин, приёмосдаточный пункт с аккредитованной лабораторией и центральным пунктом сбора нефти, цеха капитального и подземного ремонта скважин, прокатно-ремонтный цех эксплуатационного оборудования, цех подготовки и перекачки нефти, цех пароводоснабжения, цех подготовки производства, управление технологического транспорта, управление электросетевого хозяйства, цеха автоматизации и метрологического обеспечения производства и др.

На месторождениях для подъема жидкости из продуктивных пластов используются механизированные способы. Из механизированных способов наиболее широко распространен насосный. Большее предпочтение из

насосных способов отдается установкам электроцентробежный и штанговый глубинным насосам.

В настоящее время месторождения управления находятся, в основном, в последней стадии разработки. Большая часть запасов приходится на трудно-извлекаемые, в высокообводненных и слабопроницаемых пластах. Это вызывает необходимость поиска новых решений.

Управление осуществляет разработку и эксплуатацию 11 месторождений которые перечислены на рисунке 1.



Рисунок 1 - Месторождения

В настоящее время вошли в практику и отработаны множество новых технологий: бурение на различных типах растворов; массовое применение

зарезки боковых стволов, в том числе по многоствольной технологии; доразведка и прирост запасов путем углубления скважин на нижележащие горизонты, новые конструкции скважин, методы изоляции, освоения, гидроразрывы в горизонтальных скважинах, увеличение производительности с помощью большеобъемных кислотных составов.

1.2 Характеристика метрологической службы нефтегазодобывающего управления «Сургутнефть»

Нефтегазодобывающая компания «Сургутнефтегаз» - одно из крупнейших предприятий нефтяной отрасли России. На протяжении многих лет предприятие является лидером отрасли по разведочному, эксплуатационному бурению и вводу в эксплуатацию новых добывающих скважин. На предприятии создан первый в России полный цикл производства и переработки газа, выработки на его основе собственной электроэнергии, получения готового продукта и сырья для нефтехимии.

ПАО «Сургутнефтегаз» является самостоятельной правовой единицей, способной нести юридическую ответственность, стабилен в финансовом отношении и имеет ресурсы, необходимые для поверочной деятельности. Одним из значимых конкурентных преимуществ предприятия, при наличии в эксплуатации более 348 тыяч средств измерений, является наличие собственной метрологической службы, аккредитованной на право выполнения поверочных и калибровочных работ в широкой области аккредитации.

В своей деятельности метрологическая служба ПАО «Сургутнефтегаз» руководствуется законодательством Российской Федерации, в том числе Федеральным Законом от 26.06.2008 №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», Федеральным Законом от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании», нормативно правовыми актами субъектов Российской Федерации, и органов местного самоуправления, стандартами, правилами по метрологии и другими нормативными документами государственной системы обеспечения единства измерений Российской Федерации, постановлениями

Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), другими нормативными документами, положением о метрологической службе, приказами, решениями, указаниями, распоряжениями, инструкциями и другими актами по вопросам деятельности ПАО «Сургутнефтегаз».

Метрологическая служба ПАО «Сургутнефтегаз» представляет собой систему, которая включает метрологический отдел Общества, базовую лабораторию метрологию и метрологические службы структурных подразделений.

Базовая лаборатория метрологии является подразделением Сургутской Центральной базы производственного по прокату и ремонту нефтепромысловой спецтехники и навесного оборудования Общества и осуществляет свою деятельность по оказанию услуг и выполнению работ в области обеспечения единства и требуемой точности измерений в сфере деятельности, закрепленной за лабораторией. В состав базовой лаборатории метрологии входят лаборатории по ремонту и калибровке, поверке средств измерений.

Метрологические службы структурных подразделений образуются для выполнения задач по обеспечению единства и требуемой точности измерений при проведении исследований, разработок, испытаний в производстве и эксплуатации продукции или иных областей деятельности, закрепленных за структурными подразделениями, и возглавляются главными метрологами.

Метрологическая служба нефтегазодобывающего управления «Сургутнефть» ПАО «Сургутнефтегаз» выполняет задачи по обеспечению единства и требуемой точности измерений, а также осуществляет метрологический контроль и надзор первого уровня в процессе производства.

Структура и штат метрологической службы определяется руководителем управления, исходя из объемов работ с учетом того, что работы по обеспечению единства и требуемой точности измерений отнесены к основным видам работ, а подразделения метрологической службы к основным производственным, техническим подразделениям.

Структура метрологической службы НГДУ «Сургутнефть» представляет собой систему, которая включает:

- главного метролога и инженера-метролога I категории аппарата управления;
- лабораторию метрологии участка метрологического обеспечения производства входящую в состав базы производственного обслуживания, лабораторию расходометрии и группу по обслуживанию приемо-сдаточного пункта нефти «Демьянское» Южно-Нюрымского месторождения НГДУ «СН».

-организационные единицы НГДУ «Сургутнефть», эксплуатирующие средства измерений и имеющие ответственных лиц за обеспечение правильной эксплуатации средств измерений.

Лаборатории метрологии НГДУ «Сургутнефть» осуществляют:

- ремонт, калибровку в соответствии с областью аккредитации;
- добровольную и обязательную поверку средств измерений относящиеся к сфере государственного регулирования в соответствии с ФЗ-102.

Лаборатории метрологии НГДУ «Сургутнефть» обеспечивается необходимыми рабочими помещениями для ремонта, калибровки и хранения эталонов, средств измерений, соответствующими требованиям РМГ 128-2013 «Требования к созданию лабораторий, осуществляющих испытания и измерения», автотранспортом, оборудованным для перевозки средств измерений и технического обслуживания средств измерений на месте эксплуатации.

Организационные единицы, эксплуатирующие и обслуживающие средства измерений, обеспечивают единство и точность измерений путем:

-соблюдения правил учета, хранения и эксплуатации средств измерений, контрольно-испытательного оборудования и измерительного инструмента;

-своевременного представления средств измерений на ремонт, калибровку и поверку;

-учета и надлежащего хранения нормативных документов по метрологии, эксплуатационной документации на применяемые средства измерений;

-составления графиков ремонта, калибровки и поверки средств измерений;

-оформления требуемых отчетов по метрологии.

Для выполнения указанных функций в каждом подразделении приказом по НГДУ «Сургутнефть» назначается ответственный за учет, техническое состояние, применение средств измерений и соблюдение условий транспортировки при сдаче средств измерений в ремонт, калибровку и поверку.

К главным задачам метрологической службы НГДУ «Сургутнефть» относятся:

- обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение уровня метрологического обеспечения производства;

- определение основных направлений деятельности и выполнение работ по метрологическому обеспечению производства;

- внедрение современных методов и средств измерений, автоматизированного контрольно-измерительного оборудования, информационно-измерительных систем и комплексов (далее - средств измерений), эталонов, применяемых для поверки и калибровки средств измерений;

- осуществление метрологического контроля путем поверки и калибровки средств измерений, проверки своевременности представления средств измерений на поверку, калибровку;

- осуществление надзора за состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками измерений, эталонами единиц величин, применяемыми для поверки и калибровки средств измерений, соблюдением метрологических правил и норм;

- организация и проведение поверки, калибровки и ремонта средств измерений, находящихся в эксплуатации;

- подготовка документации к метрологической аттестации методик выполнения измерений;

- своевременное представление в базовую лабораторию метрологии, сторонние организации эталонов единиц величин, средств измерений на поверку, калибровку.

1.3 Метрологическое обеспечение технологических процессов

Метрологическое обеспечение производства обеспечивает оптимизацию управления технологическими процессами, стабилизирует процессы и поддерживает качество выполненных работ. Основным предметом деятельности метрологической службы НГДУ «Сургутнефть» в области метрологического обеспечения является поверка, калибровка и ремонт средств измерений.

Метрологическая служба НГДУ «Сургутнефть» осуществляет добровольную и обязательную поверку СИ. Под обязательную поверку попадают СИ, которые относятся к сфере государственного регулирования в соответствии с Федеральным законом от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» статья 1 [5].

СИ относящихся измерениям физико-химического состава и свойств веществ, эксплуатируемые в организационных единицах НГДУ это СИ которые применяются в осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды (поверка осуществляется только в государственных центрах метрологии) и осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта. Поверка данных СИ проводится с использованием государственных стандартных образцов поверочных газовых смесей, изготовленных специализированной организацией в соответствии с требованиями, и калибраторами электрических сигналов, являющихся эталонами, и других эталонов в

соответствии с требованиями нормативной документации, поверенными и аттестованными в установленном порядке. В соответствии с областью аккредитации метрологической службой НГДУ «Сургутнефть» выполняется поверка таких СИ как:

- сигнализатор горючих газов СТМ-30 применяется для непрерывного контроля довзрывоопасных концентраций в воздухе помещений и открытых пространств горючих газов, паров и их смесей (мод. СТМ-30-07, СТМ-30-50...СТМ-30-98) и метана промышленного (СТМ-30-30, СТМ-30-31) в условиях макроклиматических районов с умеренным или тропическим климатом.

Стационарный взрывозащищённый оптический датчик-газоанализатор горючих газов СГОЭС и СГОЭС-2 применяются для измерения довзрывоопасных концентраций горючих газов и паров горючих жидкостей, в том числе и паров нефтепродуктов, в смеси с воздухом или азотом, а также передачи измерительной информации внешним устройствам в аналоговой и цифровой форме.

СИ относятся к измерениям давления, вакуумным измерениям, которые применяются в осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта, подвергаются только обязательной поверке. Для поверки данных СИ применяются калибраторы давления и калибраторы электрических сигналов, это эталоны поверенные и аттестованные в установленном порядке. В соответствии с областью аккредитации метрологической службой НГДУ «СН» выполняется поверка таких СИ как:

- преобразователь давления Метран-150,100,55,43, предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами на предприятиях газовой, металлургической, химической, пищевой отраслей промышленности, а также измерения давления газообразного кислорода, обеспечивают непрерывное

преобразование значения измеряемого параметра - давления избыточного, абсолютного, разности давлений, а также уровня нейтральных и агрессивных газообразных и жидких сред и пара в унифицированный выходной сигнал постоянного тока и/или в выходной сигнал в стандарте протокола HART. Для работы во взрывобезопасных и взрывоопасных условиях. Взрывозащищенные датчики имеют виды взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» или «взрывонепроницаемая оболочка». Датчики разности давлений могут использоваться для преобразования значений уровня жидкости, плотности жидкости, газа и пара в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал.

СИ установленные на узлах учета газа, нефти и электроэнергии, которые применяются в выполнении государственных учетных операций и учете количества энергетических ресурсов, также подвергаются только поверке, в установленном порядке. СИ входящие в состав узлов учета относятся к разным видам измерений и выполняют различные функции для точного осуществления учета. В соответствии с областью аккредитации метрологической службой НГДУ «СН» выполняется поверка СИ, относящихся к узлам учета.

Корректор СПГ 761,763 предназначены для измерения электрических сигналов, соответствующих параметрам природного газа с компонентным составом согласно ГОСТ 30319.0-96, и последующим вычислением расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям. Для работы в составе измерительных комплексов (систем), предназначенных для учета природного газа.

Вычислители УВП 280 предназначены для измерений выходных электрических сигналов от преобразователей расхода, температуры, давления и разности давлений, их преобразований в значения физических величин и вычисления расхода и количества воды, пара, товарной и сырой нефти, нефтепродуктов, газов, количества тепловой энергии. Область применения: предприятия поставщики и потребители энергоресурсов. тепловые и газовые сети

объектов (зданий) промышленного и бытового назначения, коммунальное хозяйство и другие предприятия различных отраслей промышленности.

Многофункциональный микропроцессорный счетчик АЛЬФА, А1800, типа А1805RAL-P4G-DW-4(3), трансформаторного включения который предназначен для учета активной и реактивной энергии и мощности в трехфазных сетях переменного тока в режиме многотарифности, хранения измеренных данных в своей памяти, а также передачи их по цифровым и импульсным каналам связи на диспетчерский пункт по контролю, учету и распределению электроэнергии.

Данный тип СИ относится к измерениям электротехнических и магнитных величин. Поверка выполняется на установке для регулировки и поверки счетчиков электрической энергии ЦУ6800, которая поверена и аттестована в качестве эталона.

Первичные преобразователи, входящие в состав узлов учета, такие как преобразователи температуры и давления, преобразователи расхода и счетчики жидкости, трансформаторы тока и др., подвергаются поверке в установленном порядке.

1.4 Эталонная база метрологической службы

Метрологическая служба НГДУ «СН» эксплуатирует эталоны, отвечающее требованиям нормативной документации по поверке средств измерений и соответствующее области аккредитации. Эталоны обеспечивают передачу размеров единиц величин СИ в соответствии с поверочной схемой.

Эксплуатация и хранение эталонов производится в соответствии с технической документацией. При эксплуатации эталонов в службе учитываются условия их работы, установленные в технической документации с соблюдением правил техники безопасности, а также определяется персонал, который будет осуществлять его техническое обслуживание и эксплуатацию.

Аттестация эталонов единиц величии, используемых в сфере государственного регулирования осуществляется в соответствии с «Рекомендациями по проведению первичной и периодической аттестации и подготовке к утверждению эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений», утвержденными приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.01.2014 №36, требованиями Федерального закона от 26 июня 2008 года №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» и постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 года №734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

Метрологическая служба НГДУ «СН» организует работы по проведению первичной и периодической аттестации эталонов, принадлежащих структурному подразделению.

На каждый эталон нанесена этикетка, отражающая их состояние о поверке (этикетку наносят на само устройство, либо на упаковку или ячейку для хранения), и оформлен учетный документ. Учетный документ на каждую единицу оборудования создается и хранится в электронном виде в ПК «Метролог».

На рисунке 2 приведены сведения об оснащенности эталонами метроло гической службы НГДУ «СН» по состоянию на 2018 года.

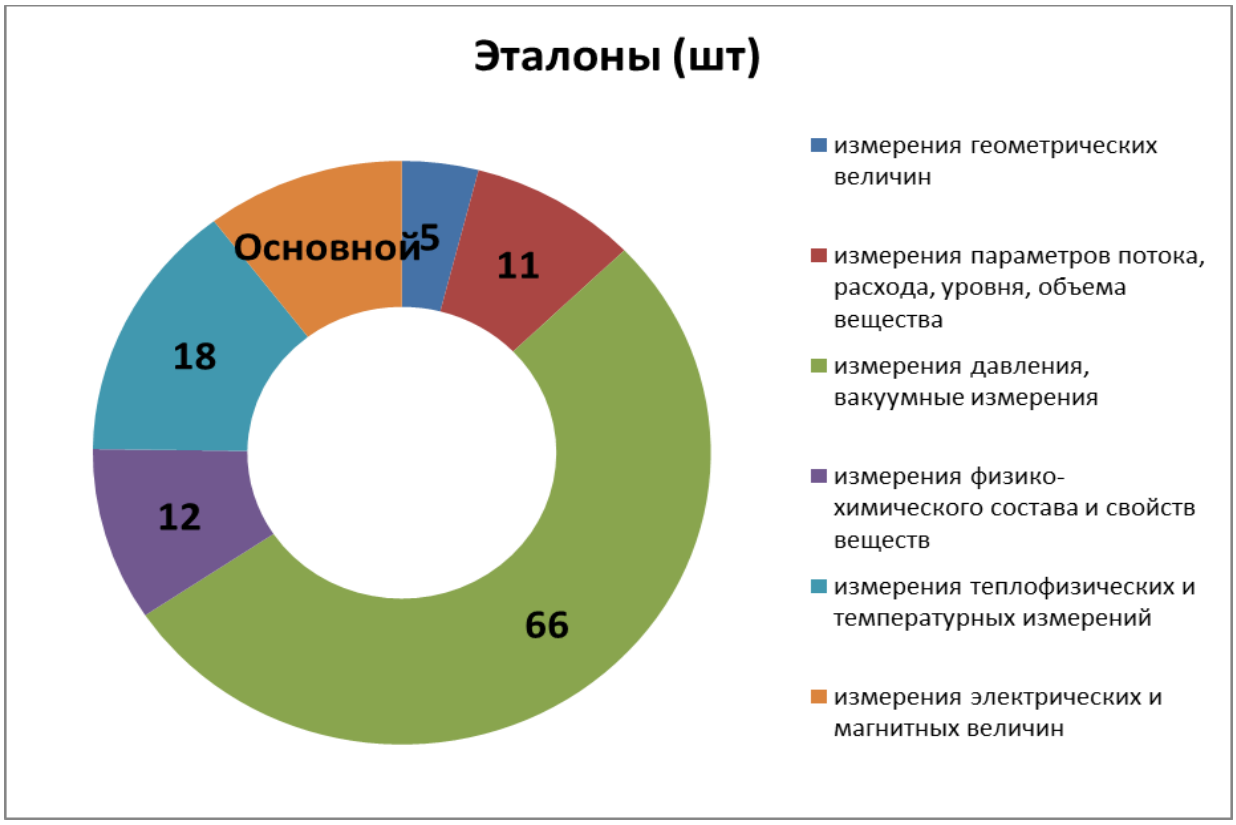


Рисунок 2 - эталоны метрологической службы НГДУ «Сургутнефть»

Оснащенность метрологической службы НГДУ "СН" средствами измерениями, применяемыми при калибровке, приведена в «Паспорте метрологической службы».

Средства калибровки, используемые при проведении калибровочных работ проходят поверку или калибровку перед вводом в эксплуатацию с установленной периодичностью и имеют свидетельство о поверке или сертификат о калибровке. Свидетельства о поверке, протоколы поверки содержат результаты измерений, включая погрешность измерений, и соответствии описанию типа. Сертификаты о калибровке, протоколы калибровки содержат данные о действительных значениях метрологических характеристик, включая неопределенность или погрешность измерений.

На рисунке 3 приведены сведения об оснащенности средствами калибровки метрологической службы НГДУ по состоянию на 2018 года.



Рисунок 3 – средства калибровки метрологической службы НГДУ «СН»

Неисправные эталоны, иные СИ и вспомогательное оборудование сним аются с эксплуатации и снабжаются соответствующими этикетками, указыва ющими на их непригодность для выполнения своих функций (в случае, если нанесение этикетки невозможно, следует принять иные меры по недопущению случайного использования неисправного оборудования в процессе поверки). Информация о проведении ремонтов оборудования фиксируется в учетной ка рточке ПК «Метролог».

Для эталонов, средств измерений и вспомогательного оборудования составляются графики по техническому обслуживанию, а также графики по-верки эталонов единиц величин и средств калибровки.

Метрологическая служба НГДУ обеспечивает сохранность оборудова-ния. Эталоны и средства калибровки хранятся в помещениях лаборатории, где осуществляется поверка и калибровка в специально отведенных для хранения

местах, содержатся в условиях, обеспечивающих их сохранность и защит от повреждений и преждевременного износа. Условия хранения соответствуют требованиям нормативной документации, правилам содержания и применения эталонов и средств измерений. Помещения для хранения эталонов и средств калибровки изолированы от помещений, которые могут служить источниками коррозии и загрязнения.

При размещении и хранении эталонов и средств калибровки выполняются следующие основные правила:

- чаще применяемые эталоны и средства калибровки размещают в легкодоступной части стеллажа;

- крупные и тяжелые располагают в нижних, а мелкие, легкие - в верхних рядах стеллажей;

- для эталонов и средств калибровки, подлежащих ремонту, поверке, калибровке выделяют отдельное место хранения, например, секцию стеллажа, имеющего соответствующую надпись;

- эталоны и средства калибровки, имеющие индивидуальные футляры хранятся в них;

- не используемые эталоны и средства калибровки выводятся из эксплуатации с составлением соответствующего акта, для них выделяют отдельное место хранения, например, секцию стеллажа, имеющего соответствующую надпись.

Ответственные за состояние средств поверки, калибровки и вспомогательного оборудования назначаются руководителем метрологической службы НГДУ. Ответственные за состояние средств поверки, калибровки:

- составляют и контролируют выполнение графиков технического обслуживания и графиков поверки средств измерений и эталонов;

- хранят и выдают персоналу инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования;

- ведут журналы учета средств поверки и калибровки;

- принимают меры по недопущению неправильной эксплуатации оборудования или эксплуатации его в условиях, не соответствующих требованиям эксплуатационной документации.

Метрологическая служба НГДУ систематически проводят анализ потребности в эталонах, средствах измерений, вспомогательного оборудования. На основании проведенного анализа формируется заявка на закупку материально-технических ресурсов и направляется в метрологический отдел ПАО «Сургутнефтегаз». Закупка материально - технических ресурсов, производимых в России, осуществляется через управление по материально-техническому обеспечению производства ПАО «Сургутнефтегаз», ресурсов, производимых иностранными предприятиями – через управление внешнеэкономической деятельности ПАО «Сургутнефтегаз». Выбор поставщика проводится на тендерной основе с учетом технических требований к закупаемому оборудованию и материалам.

1.5 Система обеспечения единства измерений

Все, что окружает человека в современном мире можно измерить в той или иной системе величин, но для этого нужно специальное средство измерения.

Средство измерений (СИ) – это техническое средство, предназначенное для измерений [1]. Точное определение значения измеряемой величины зависит от средства измерений.

Метрологические характеристики (МХ) – это характеристики свойств средств измерений, которые оказывают влияние на результаты и погрешности измерений, предназначенные для оценки технического уровня и качества

средства измерения, для определения результатов измерений и расчетной оценки характеристик инструментальной погрешности измерений.

Метрологическое обеспечение – это технические средства, правила и нормы, научные организационные основы, которые требуются для достижения единства и точности измерений.

МО применяется в технологическом процессе производства, для метрологических измерений в данном процессе:

– использование рациональной номенклатуры для параметров и норм точности измерений, когда контролируется качество продукции и происходит управление процессами;

– выбор и обоснование средств измерений, на основе технических и экономических характеристик;

– применение стандартов, унификаций и методов создания и эксплуатации машин (агрегатирование) для контрольно-измерительной техники;

– создание, внедрение и проверка (аттестация) новых методик к измерительным процессам, процессам испытаний и контроля;

– поверка и калибровка контрольно-измерительного оборудования, которое применяется на производстве;

– проверка контрольно-измерительного оборудования на этапе производства, состояния, применения и ремонта;

– контроль за соблюдением метрологических правил и норм на производстве;

– разработка новых стандартов и их внедрение на предприятии;

– контроль за внедрением и за соблюдением отраслевых, государственных и международных стандартов;

– контроль за использованием технологической, нормативной и конструкторской документации при внедрении проектов, проведение метрологических экспертиз;

– совершенствованию МО и проверка его состояния;

– повышение квалификации работников связанных с выполнением контрольно-измерительных операций.

Метрологическое обеспечение подразделяется на четыре части, которые представлены на рисунке 4.

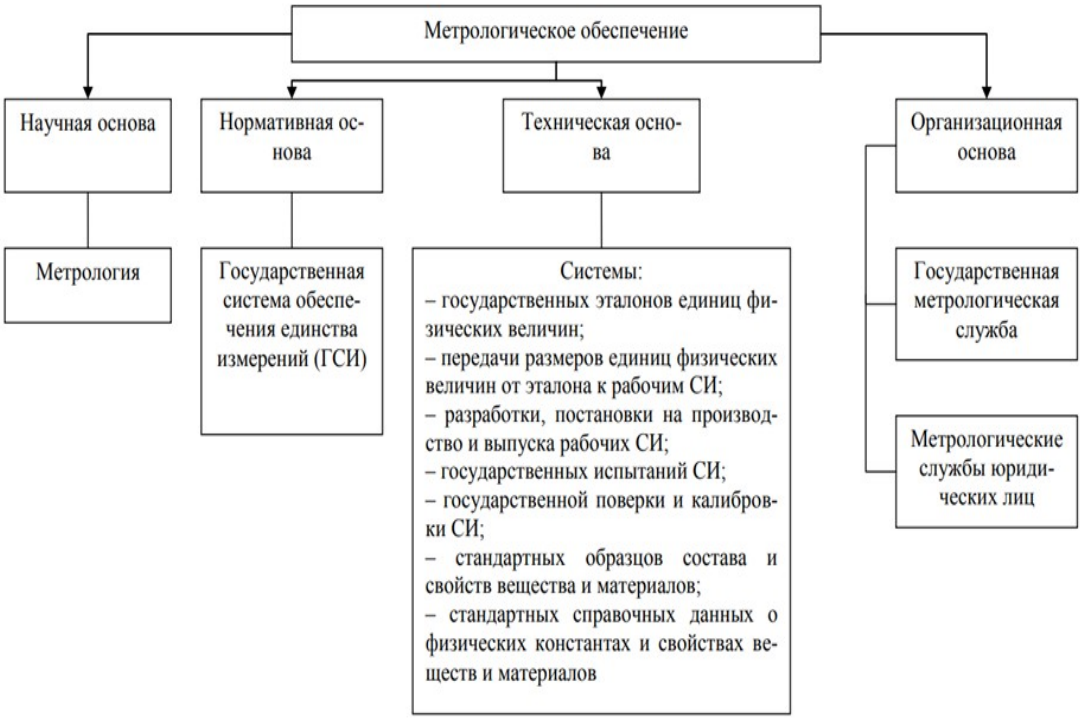


Рисунок 4 – Основы метрологического обеспечения

МО предприятий основывается на законодательных актах РФ и нормативных документов ГСИ (Государственная система обеспечения единства измерений) [2].

Государственная система обеспечения единства измерений – это комплекс стандартов, правил, положений, требований и норм, которые определяют методику и организацию работ по обеспечению и оценки точности измерений. Федеральный орган исполнительной власти по метрологии – Росстандарт, который контролирует и управляет ГСИ.

Цель ГСИ – создание условий на уровне экономических, технических, нормативных, правовых, которые обеспечивают решение задач по единству измерений и правильности их выполнения в различных сферах деятельности.

Единство измерений – результаты измерений, и показатели их точности, которые приняты в Российской Федерации.

Основные задачи ГСИ:

– создание принципов управления деятельностью по обеспечению единства измерений;

– разработка новых, более точных и совершенных государственных эталонов;

– совершенствование системы шкал измерений и единиц величин;

– применение основных понятий метрологии;

– разработка, внедрение, применение и улучшение средств воспроизведения и передачи единицы их размеров;

– государственный контроль и надзор над МО;

– проверка и утверждение методик выполнения измерений;

– проведение калибровки и сертификации средств измерений, которые не входят в государственный метрологический контроль;

– аккредитация метрологических служб и иных юридических и физических лиц по различным видам метрологической деятельности;

– аккредитация поверочных, калибровочных, измерительных, испытательных и других лабораторий;

– участие в работе международных организаций, деятельность которых связана с обеспечением единства измерений;

– разработка стоимости метрологических работ;

– организация и подготовка кадров метрологов;

– информационное обеспечение;

– совершенствование и развитие ГСИ.

Документ, который является основой обеспечения единств измерений является Федеральный закон от 26.06.2008 №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», был принят Государственной Думой 11 июня 2008 года и одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 года [2]. Настоящий закон устанавливает правовые основы обеспечения единства измерений в России,

регулирует отношения государственных органов управления с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений и направлен на защиту граждан и экономики РФ от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений. Законом регламентирована деятельность как государственных органов, так и юридических и физических лиц в области обеспечения единства измерений. За нарушение положений закона предусмотрена уголовная, административная и гражданско-правовая ответственность.

Целями настоящего федерального закона являются:

1) принятие правовой базы обеспечения единства измерений в РФ;

2) защита от негативных последствий в ходе получения неверных результатов измерений, как граждан Российской Федерации, так и всего общества, и государства в целом;

3) гарантирование представителям общества правильных и объективных результатов измерений, которые в дальнейшем могут использоваться в целях сохранения экологической, экономической и оборонной безопасности;

4) поддержка научно-технического и экономического развития Российской Федерации.

В федеральном законе №102-ФЗ перечислены основные понятия об обеспечении единства измерений.

Измерение – совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины [2].

Метрологическая служба – организующее и выполняющее работы по обеспечению единства измерений и оказывающее услуги по обеспечению единства измерений структурное подразделение центрального аппарата федерального органа исполнительной власти [3].

Обязательные метрологические требования – это требования, которые устанавливаются нормативно-правовыми актами Российской Федерации и которые обязательны для соблюдения всеми гражданами на территории страны.

Тип средств измерений – комплекс СИ, с помощью которых измеряют величины одинаковой конструкции и имеющие одну техническую документацию, используя при этом одни единицы измерения и один принцип действия.

Аттестация методик измерений – это исследование и подтверждение соответствия методик измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям.

Методика измерений – это комплекс конкретно сформулированных операций, реализация которых дает возможность получить результаты измерений с необходимой точностью.

Метрологическая экспертиза – это исследование и оценивание правильности применения метрологических требований к проверяемому объекту. Данная экспертиза может проводится как обязательно, так и добровольно.

Эталон единицы величины – техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины.

Государственный первичный эталон единицы величины – это эталон единицы величины, который обеспечивает воспроизведение, хранение и передачу единицы величины с самой высокой точностью, который является исходным на территории Российской Федерации.

Государственный эталон единицы величины – это эталон единицы величины, находящийся в федеральной собственности.

Сличение эталонов единиц величин – комплекс операций, которые устанавливают связь между единицами величин, воспроизводимых эталонами единиц величин одного уровня точности и в одинаковых условиях.

Прослеживаемость – свойство эталона единицы величины, средства измерений или результата измерений, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном или национальным первичным эталоном иностранного государства соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, поверки и калибровки средств измерений [2].

В Российской Федерации применяются эталоны единиц величин, прослеживаемые к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин. В случае отсутствия соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин должна быть обеспечена прослеживаемость средств измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, к национальным эталонам единиц величин иностранных государств.

1.6 Законодательные основы

Единство измерений – обеспечение, допущенных к применению в РФ, выражения единиц величин.

Обеспечение единства измерений нужно для сравнения результатов измерений, которые были выполнены с использованием различных средств измерений, в разное время и месте.

В РФ для обеспечения единства измерений руководствуются Федеральным законом № 102-ФЗ. Как и к любым процедурам, к измерениям предъявляют характерные требования. В статье 5 настоящего закона говориться, что все измерения должны проводиться строго по аттестованным методикам измерений, исключением может являться методики прямых измерений, которые проводятся с помощью средств измерений утверждѐнного типа, прошедшие поверку. Во время утверждения типа средства измерения, подтверждается и методика для прямых измерений, которая вносится в паспорт на данное средство измерения. Так же подтверждение соответствия производится за счет аттестации методик, которую проводят лица, либо предприятия, аккредитованные в данной области. Федеральные органы исполнительной власти определяют, каков должен быть порядок аттестации, а также устанавливают, какие измерения должны относится к сфере государственного регулирования, и определяют каким требованиям они должны соответствовать.

В статье 18 данного закона сказано, что средства измерений, которые

применяются вне сферы государственного регулирования, могут проходить добровольную процедуру калибровки. Калибровка должна осуществляться с использованием государственных эталонов, а если таковых не находится, то прибегают к использованию национальных эталонов иностранных государств. Лица, которые проводят калибровку, должны быть аккредитованы в данной области. Результаты полученные при калибровке СИ, могут использованы при поверке.

Калибровка СИ – это ряд операций, которые устанавливают соотношение между значением величины полученное калибруемым прибором, и этим же значением, измеренное эталонным средством.

Документами предоставляются следующие понятия, относящиеся к калибровке:

- метрологическая характеристика – влияющее на результат одно или несколько свойств СИ;

- неопределенность – значение, характеризующее дисперсию значений, которое непосредственно связано с результатом измерений;

- стандартная неопределенность – неопределенность, представленная в стандартном отклонении;

- входная величина – величина, которую необходимо измерить;

- выходная величина – величина на выходе прибора или электрической цепи;

- поправка – величина, которая вводится в результат измерений, для предотвращения возникновения составляющих систематической погрешности;

- истинное значение – значение, которое характеризует измеряемою величину, за исключением погрешностей;

- действительное значение – значение, полученное средством измерения экспериментальным путем;

- точность – степень близости истинного значения к действительному значению.

Целью калибровки является получение действительных значений, который показывает калибруемое средство измерений. Используется калибровка вне сферы государственного регулирования. В данной сфере могут использоваться СИ как утвержденного, так и неутвержденного типа.

Отличие поверки от калибровки в том, что при поверке используют определенную методику выбора поверяемых точек, и руководствуются максимальными и минимальными пределами измеряемого прибора, и в конце делают заключение о годности прибора, а при калибровке выбор калибровочных точек осуществляется в зависимости от технологического процесса. Сама методика калибровки средств измерений прописана в ГОСТ Р 8.879-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению».

В сфере государственного регулирования находятся только средства измерений утвержденного типа, прошедшие поверку. Данные СИ и информация о них заносятся в единый государственный реестр. Средства измерений в данной сфере подлежат поверке, периодичность которой устанавливается.

В Российской Федерации количественной характеристикой качества измерений является погрешность. Погрешность измерений принято разделять на случайную и систематическую.

Случайная погрешность – погрешность, значение которой, при проведении измерений в одних и тех же условиях, не повторяется. Такая погрешность не имеет закономерностей, и возникает абсолютно случайно, от чего и название. При повторении измерения в одинаковых условиях случайная погрешность может принимать различные значения, с большим разбросом. Погрешности данного рода невозможно устранить и предотвратить, они постоянно присутствуют в измерениях.

Чаще всего случайную погрешность составляют совокупность факторов, которые слабо влияют на результат. Это может связано с несовершенством приборов, вибрацией от проезжавших машин и тому подобное.

Систематическая погрешность – погрешность, остающееся постоянной при повторном проведении эксперимента, в одинаковых условиях. Систематическую погрешность в отличии от случайной можно устранить, отследить при помощи математических операций. Устранение такой погрешности происходит при помощи «улучшения» проведения измерения или при помощи поправки, так как данная погрешность остается постоянной при следующих экспериментах. Как правило систематическая погрешность связана с неправильной настройкой прибора, повреждении прибора, неправильной шкалой. Для проверки работоспособности прибора в Российской Федерации предусмотрены две операции: поверка и калибровка.

1.7 Калибровка средств измерений

Калибровка средств измерений – это совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерения и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения метрологических характеристик этого средства измерений [2].

При проведении калибровки нельзя определить годность средства измерения, а можно на основе ее результатов оценить погрешности, которые вызванные влиянием различных факторов. При калибровке возможно определить и другие метрологические характеристики. Например, диаграмма калибровки, различные неопределенности измерений и др. Если при калибровке было отклонение от нормальных условий окружающей среды, то это компенсируется введением специальных поправок, при определении метрологических характеристик, что отличает калибровку от поверки.

Если СИ не применяется в сфере государственного регулирования области единства измерений, то оно подлежит калибровке. Калибровка может быть необходима только по нескольким причинам:

– если при поверке не удалось определить метрологические характеристики (неопределенность измерений);

– если у государственного первичного эталона метрологические характеристики выявлены в неопределенностях измерений, при сличении с эталоном более низкого разряда, то надлежит провести калибровку для определения соотношения между результатами измерений;

– если этого требует заказчик.

Можно сделать вывод, что поверка и калибровка отличаются между собой по техническому содержанию, а также и по организационному, но содержание калибровки может быть такое же как у поверки, а может быть и меньше, все зависит от требований заказчика.

Ответственные за состояние средств калибровки назначаются руководителем метрологической службы (калибровочной лаборатории).

Ответственные за состояние средств калибровки выполняют поставленные задачи:

– составление и контролирование выполнение графиков профилактического осмотра, технического обслуживания и ремонта средств калибровки;

– ведение журналов учета средств калибровки;

– хранение и выдача персоналу инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию средств калибровки;

– составление и контролирование выполнение графиков поверки (калибровки) средств калибровки;

– осуществление поверки (калибровки) средств калибровки и представление средств калибровки в другие организации, подтвердившие свою компетентность в выполнении соответствующих видов деятельности.

Российская система калибровки – совокупность добровольно объединившихся юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, деятельность которых в части организации и выполнения калибровочных работ направлена на обеспечение единства измерений в стране вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений и осуществляется

в соответствии с едиными требованиями, гармонизированными с международными требованиями и нормами.

Основная цель функционирования Российской системы калибровки – это создание условий для международного признания результатов калибровки и обеспечения доверия к качеству выполнения калибровочных работ со стороны клиентов и партнеров юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, зарегистрированных в РСК и осуществляющих калибровочную деятельность в соответствии с едиными требованиями, гармонизированными с международными требованиями и нормами.

Обязательность наличия Руководства по качеству, содержащего полную информацию об эталонах, используемых при калибровке СИ, обеспечивает достаточность информации, указанной в области аккредитации.

Метрологические службы предприятия и аккредитующий ее орган должны непрерывно взаимодействовать друг с другом с целью повышения конкурентоспособности продукции, ее качества и безопасности. Так, основными необходимыми процедурами на начальном этапе функционирования метрологических служб предприятия в РСК являются аккредитация в соответствии с областью аккредитации, а также аттестация персонала на право проведения калибровочных работ.

Структура РСК с представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Структура РСК

После аккредитации в РСК предприятие может приступать к калибровочной деятельности, к которой также установлены требования.

Требования устанавливаются на такую процедуру, как калибровка средств измерений, а также требования к калибровочным лабораториям, содержанию сертификата калибровки и калибровочным клеймам.

Калибровочные лаборатории считаются компетентными, если они соответствуют требованиям, установленным в ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2019 [4]. Для органов по аккредитации настоящий стандарт является основополагающим.

Данный стандарт устанавливает общие требования к компетентности лабораторий в проведении испытаний и калибровок, включая отбор образцов, испытания и калибровки, проводимые по различным методам, разработанными лабораторией. Все больше возрастающее использование систем качества в

целом усилило необходимость удостовериться в том, что лаборатории, входящие в состав крупных организаций, соответствуют установленным требованиям. Требования к технической компетенции калибровочных лабораторий основываются на информации, получаемой в ходе реализации процедуры калибровки, в свою очередь, базирующейся на ее правильности и надежности.

Правильность и надежность калибровок определяют следующие факторы:

– человеческий фактор;

– помещения и окружающая среда;

– методы калибровок и оценка метода;

– оборудование;

– прослеживаемость измерений;

– обращение с оборудованием.

Помещения и окружающая среда – базовые факторы, определяющие условия проведения калибровки. Лаборатория должна обеспечить, чтобы влияние условий окружающей среды было сведено к минимуму в соответствии с методикой калибровки и иным документам, а также вести их учет. Надлежащее внимание должно уделяться, например, биологической стерильности, пыли, электромагнитных помехам, радиации, влажности, электроснабжению, температуре, уровню шума и вибрации.

Лаборатория должна установить и поддерживать процедуры управления всеми документами, являющимися частью системы качества, такими как: регламенты, стандарты, методики калибровок, чертежи, программное обеспечение, технические условия, инструкции и руководства и др. Документы могут быть следующих видов, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Виды документов, являющиеся частью системы качества

Название документа	**Вид документа**
Описание системы обеспечения качества	Руководство по качеству; Должностные инструкции
Установление требований	Стандарты на продукцию; Регламенты (гигиенические нормативы,

	перечни ПДК, ОБУВ и т.п.)
Содержание рекомендаций (стандарты, методические указания, рекомендации)	Общетехнические стандарты; МетодикиСправочные или расчетные таблицы
Содержание информации о том, как следует выполнять действия	Рабочие инструкции; Инструкции по эксплуатации оборудования; Инструкции по ТБ
Содержание свидетельств выполненных действий или достигнутых результатов	Журналы; Сертификаты калибровки; Паспорт лаборатории; Паспорта оборудования; Протоколы калибровок

Калибровочная лаборатория должна иметь и применять процедуру оценки неопределенности измерений. В случаях, когда метод калибровки может помешать расчету неопределенности, лаборатория должна идентифицировать все составляющие неопределенности и провести объективную оценку, а также предпринять меры для того, чтобы протокол калибровки не создавал ложного представления о неопределенности.

В целях обеспечения прослеживаемости измерений в лаборатории должны быть установлены программа и процедура проведения калибровки СИ. Программа включает в себя систему выбора эталонов для калибровки. Лаборатория должна располагать оборудованием всех типов, применяющихся при процедуре калибровки. Оборудование должно быть идентифицировано (нанесена маркировка, дата последней калибровки и т.п.). В лаборатории должны быть предусмотрены процедуры, позволяющие избежать ухудшения характеристик, потери или повреждений объектов калибровки во время хранения, обращения и подготовки. Руководство лаборатории должно гарантировать компетентность всех, кто работает со специальным оборудованием, проводит калибровку, оценивает результаты и подписывает протоколы и сертификаты калибровок.

1.8 Требования к методикам калибровки

Содержание методики калибровки должно отвечать требованиям согласно ГОСТ Р 8.879-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методика калибровки средств измерений. Общие требования к

содержанию и изложению». Рассмотрим основные рекомендации порядка и содержания методик калибровки:

1) вводная часть (область распространения);

2) нормативные ссылки;

3) определения;

4) технические требования:

а) требования к неопределенностям измерений;

б) требования к средствам калибровки и вспомогательному оборудованию;

в) требования к условиям проведения калибровки;

5) требования к квалификации калибровщиков;

6) требования безопасности;

7) подготовка к процедуре калибровки;

8) процедура калибровки;

9) обработка результатов измерений;

10) оформление результатов калибровки [6].

Выделим основные требования к содержанию и изложению методики калибровки:

1) титульный лист;

2) идентификация (наименование, номер, сведения о разработчике);

3) область распространения;

4) описание основных характеристик, калибруемых си;

5) метрологические характеристики си;

6) перечень средств и вспомогательного оборудования для калибровки си;

7) сведения об условиях окружающей среды;

8) описание процедуры калибровки СИ (подготовка к калибровке, проверка функционирования СИ, калибровка, обработка результатов измерений и их описание, меры безопасности).

Методика калибровки должна содержать в себе вводную часть и разделы. Допускается объединять, добавлять или исключать отдельные разделы, если данная процедура аргументирована. Срок последующей калибровки СИ допускается указывать в вводной части методики. В разделе «Требования к неопределенности измерений» необходимо указать значение известной неопределенности измерений при калибровке (неопределенность, заранее известная как верхний предел и принятая, их предполагаемое использования результатов измерений). Перечисляя средства калибровки и вспомогательное оборудование необходимо описать их метрологические и основные технические характеристики данных средств и (или) нормативную или техническую документацию, которые регламентируют данные требования. «Условия проведения калибровки» также должны содержать перечень величин, которые оказывают влияние на метрологические характеристики средств измерений или средств калибровки, с указанием их нормируемых номинальных значений и допускаемых отклонений.

В методике калибровке необходимо прописывать требуемую квалификацию калибровщиков (профессия, образование, практический опыт, специальная подготовка). Для соблюдения безопасности труда калибровщиков необходимо включить раздел «Требования по обеспечению безопасности». Перечень и способы выполнения работ, которые необходимо провести перед непосредственной процедурой калибровки СИ, учитываются в разделе «Подготовка к процедуре калибровки» (проверка комплектности, внешнего вида СИ, работоспособности и т.д.).

Раздел «Процедура калибровки» обязан включать в себя наименования, а также операции по определению действительных значений метрологических характеристик СИ, описание которых должно сдержать в себе наименование определяемой величины, метод калибровки, чертежи, схемы, графики, таблицы и т.д. Если при проведении калибровки СИ необходимо вести протокол калибровки для записи результатов измерений, это следует указать, и сделать образец протокола в приложении. Бывает, что обработка результатов

измерений осуществляется с помощью определенного программного обеспечения. В таком случае необходимо указать разработчика программного обеспечения, алгоритмы расчета, блок-схемы и т.д.

Требования к оформлению результатов измерений необходимо включить в раздел «Оформление результатов калибровки», в котором можно описать способ или сочетание способов оформления результатов калибровки (сертификат о калибровке, место и способ нанесения оттиска калибровочного клейма, внесение записи в паспорт, формуляр или другой эксплуатационный документ на средство измерения).

Оформление сертификата осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2019.

2 Измерение температуры

Температура на предприятии, а также влажность воздуха является важнейшим параметром. От этого в первую очередь зависит работоспособность работника на рабочем месте. Если микроклимат на предприятии благоприятен, то люди, работающие в данном месте, будут допускать меньше ошибок, а также будут обладать высокой работоспособностью, что для некоторых видов деятельности является неотъемлемой частью. К таким видам можно отнести занятие точными науками, проведение поверок, калибровок и другое. Не благоприятные условия на рабочем месте могут привести к болезни работников, при низких температурах это переохлаждение, а при высоких – от повреждения кожи до свертывания белков ткани. Следовательно, рабочий персонал будет вынужден не согласиться с такими условиями работы и предприятие начнет терять как работников, так и прибыль.

Помимо людей, температура в значительной степени влияет на срок службы и надежность оборудования. Температура оказывает прямое воздействие на производительность аппаратных устройств, а также на достоверность результатов измерения. При несоблюдении установленного в нормативной документации диапазона температуры, будет возникать большая погрешность, чем при нормальной температуре. Например, при поверке электрооборудования, температура помещения должна составлять 15-20 °С.

Кроме людей и оборудования, микроклимат влияет и на растения. У каждого садовода в теплице будет находиться термометр, определяющий температуру и влажность воздуха. Как известно, чем благоприятнее климат, тем больше урожая вырастет. Помимо измерения температуры самой теплицы, необходимо знать так же температуру почвы, температуру воды, поступающей для поливки. Для каждого растения благоприятная температура своя, так что необходим постоянный контроль температуры в разных отделах теплицы.

Первым, кто изобрел устройство для определения температуры, считают Галилея. В 1597 году появился первый термометр, который назывался в честь создателя - термометр Галилея рисунок 6.

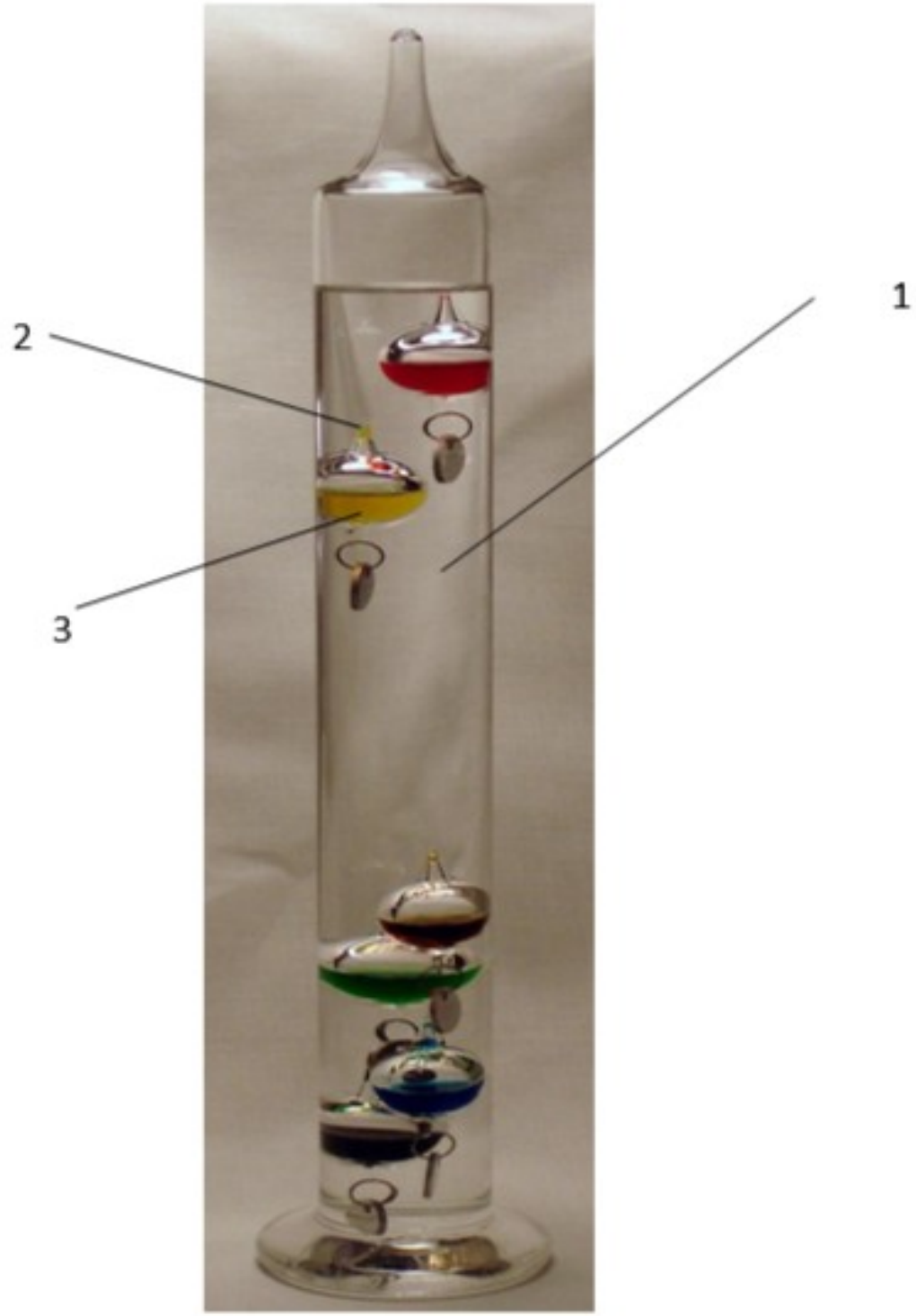


Рисунок 6 – Термометр Галилея

Этот прибор не имел шкалы, и представлял собой запаянный сосуд с жидкостью 1 сосудиками-буйками 2, на которых прикреплена бирка со значением температуры 3. Принцип действия данного термометра довольно

прост. Все сосудики по-разному наполнены жидкостью, и соответственно имеют разную плотность. При изменении температуры в окружающей среде меняется температура в сосуде, и всплывает сосуд, который соответствует условию: тело, плотность которого меньше плотности жидкости в которой оно находиться, всплывает в ней.

Спустя век Роналдини предложил принять за постоянные точки температуру плавления льда и кипения воды. На основе этого первой температурная шкала была создана Фаренгейтом в 1724 году. Все температурные шкалы строились на основе предложения Роналдини, каждый из создателей предлагал свое значение постоянных точек, основываясь на определенных условиях.

По мере появления новых температурных шкал, возникла необходимость в выборе единой шкалы. Международный комитет мер и весов в 1877 году принял за основную шкалу стоградусную водородную температурную шкалу. За ноль было принята температура таяния льда, а за 100˚ - кипение воды, при нормальных условиях.

3 Классификация термометров

В настоящее время существует множество различных приборов для измерения температуры. Классификация термометров изображена на рисунке 7.

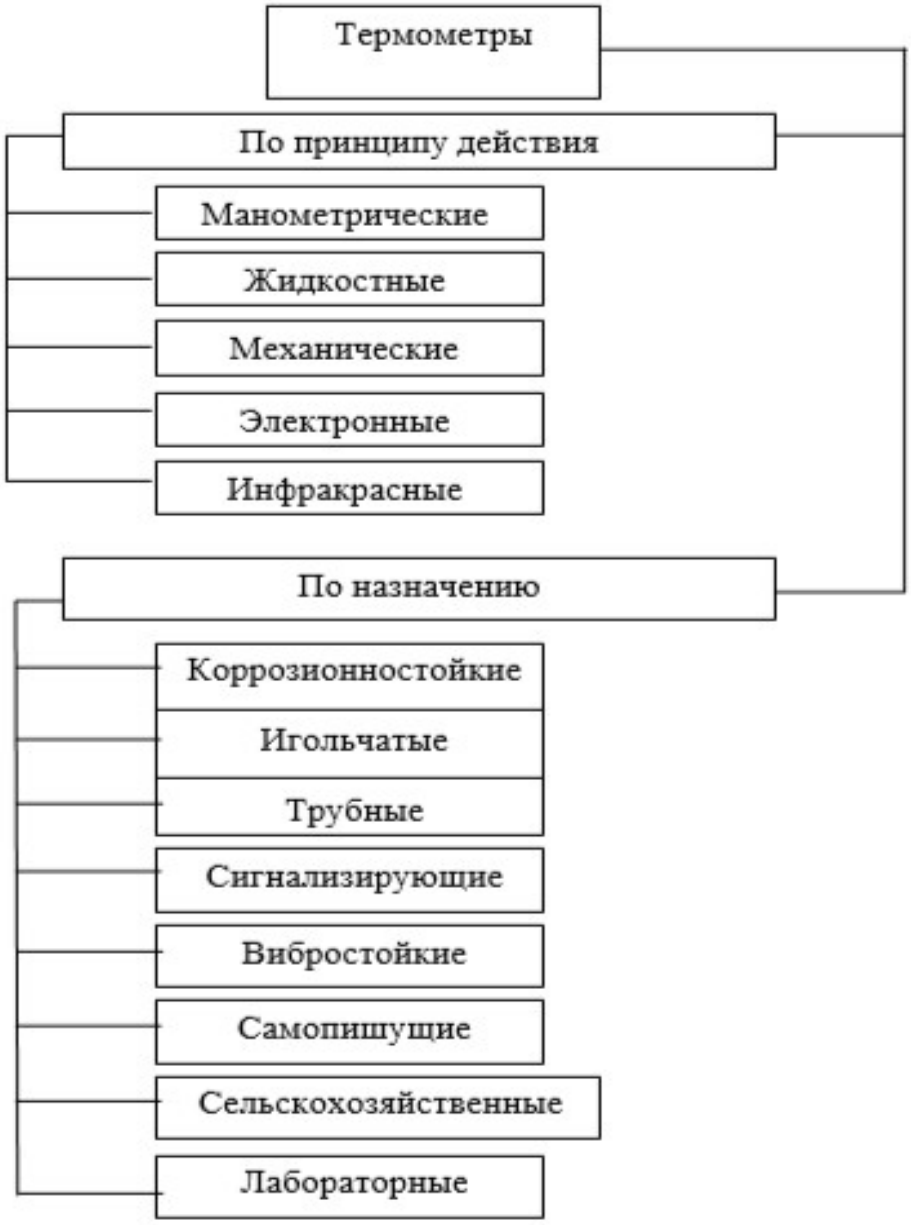


Рисунок 7 – Классификация термометров

Манометрический термометр, схема которого представлена на рисунке 8, предназначен для измерения температуры контактным способом в жидкости или газе.

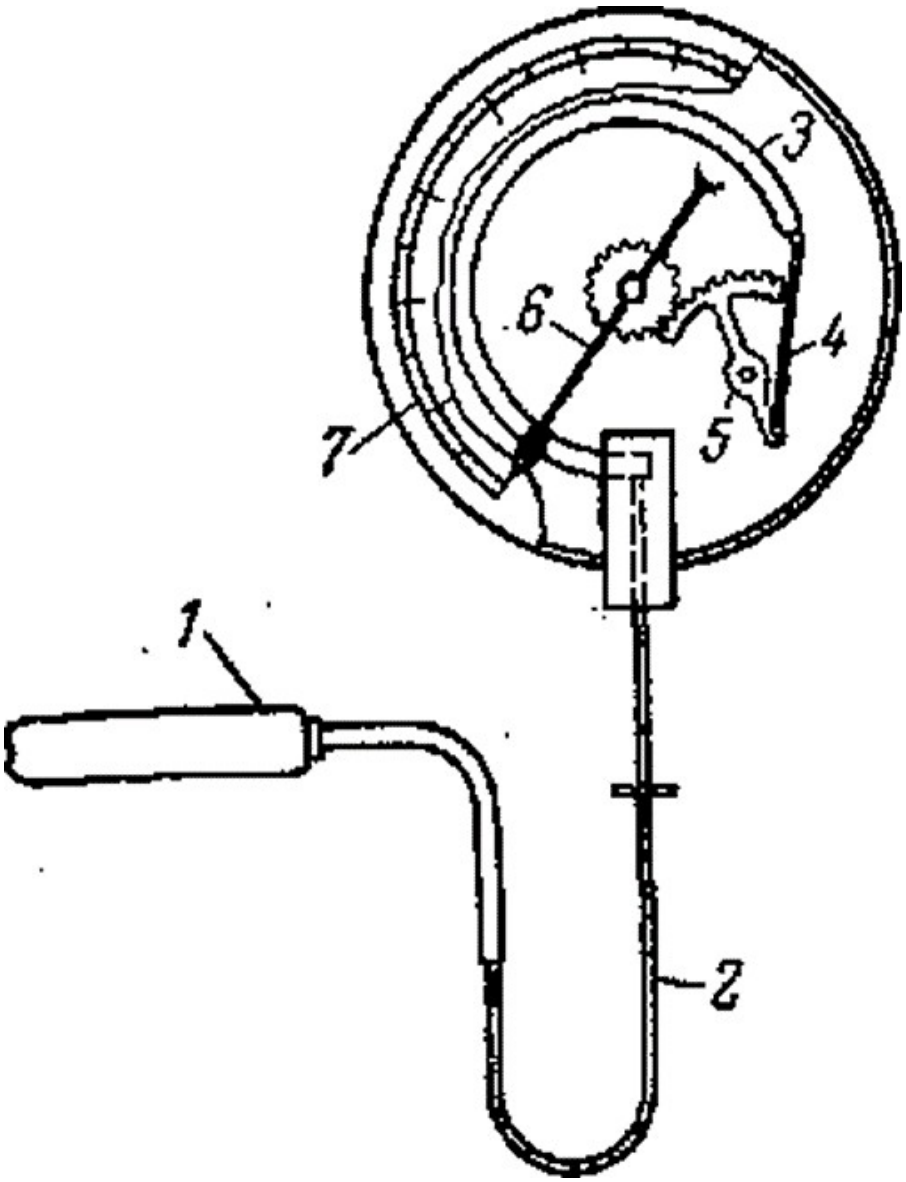


Рисунок 8 – Манометрический термометр

На рисунке 8 представлен манометрический термометр. Термобаллон 1 помещается в вещество, а как известно, при изменении температуры, меняется объем, что приводит к изменению давления. По капиллярной трубке 2 изменение давление передается на манометрическую пружину 3, которая начинает деформироваться, тем самым приводя в движение тягу 4, секторный механизм 5 и стрелку 6. По шкале 7 смотрят измеряемую температуру. Как правило, диапазон измерений у данных термометров составляет от -200 до +700°С.

Жидкостные термометры напоминают обычный градусник с тонким

резервуаром внутри, в котором находится жидкость (рисунок 9).

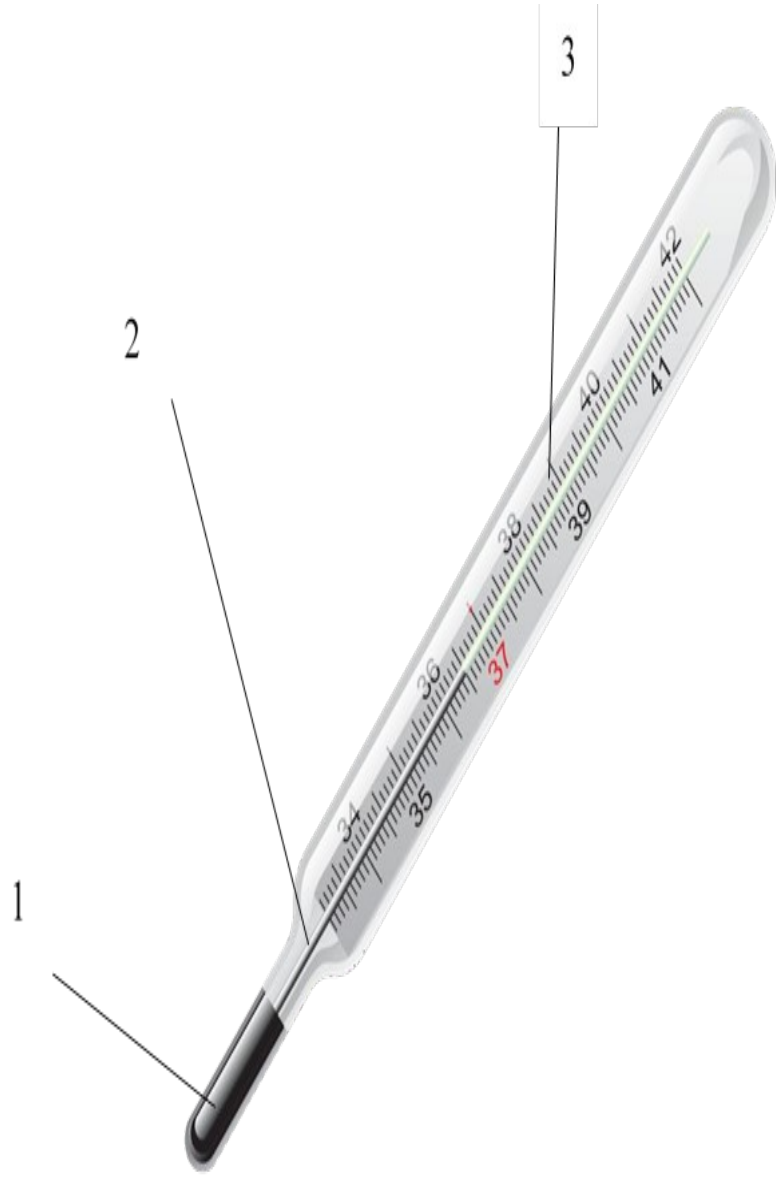


Рисунок 9 – Жидкостный термометр

Резервуар 1 соединяется с капиллярной трубкой 2, которая находится на шкале Цельсия 3. Во время повышения температуры жидкость в резервуаре расширяется и попадает в трубку и по шкале можно узнать температуру измеряемого объекта.

С механическим термометром знакомы большинство людей, он прост в конструкции и довольно не дорогой. Состоит из двух защитных пластин 1 и биметаллической пружины 2. При изменении температуры пружина изгибается и по величине изгиба делают заключение о температуре. Величину

изгиба фиксирует шкала 3. Механический термометр представлен на рисунок 10.

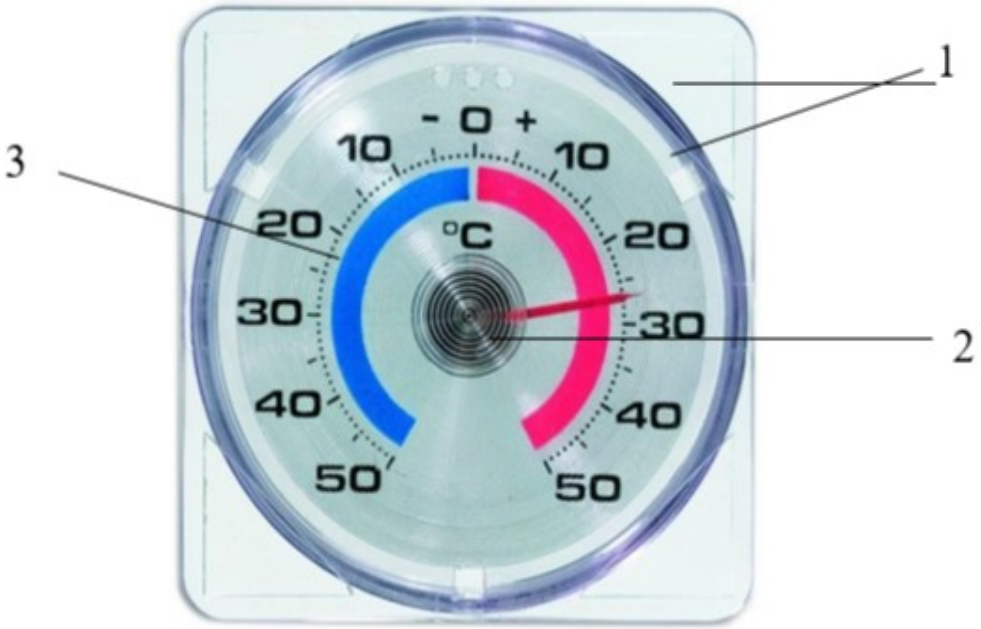


Рисунок 10 – Механический термометр

Все большее применение находят электронные термометры (рисунок 11).



Рисунок 11 – Электронный термометр

Измерение температуры осуществляет металлический датчик 1. В отличии от жидкостных и других термометров, данный прибор не имеет шкалы, результат показывается на дисплее 2. Ещѐ существенным плюсом электронных термометров является наличие памяти, то есть они могут запоминать один или несколько последних результатов измерений.

Рассмотренные выше термометры измеряют температуру контактым способом, инфракрасный же термометр (рисунок 12) обладает безконтактным способом измерения температуры.



Рисунок 12 – Инфракрасный термометр

Прибор ловит энергию объекта и фиксирует ее. Далее происходит преобразование в цифровой вид и фиксирование на экране 1. Лазер 2 предназначен лишь для целеуказания. Питание прибора осуществляется постоянным и небольшим током.

По назначению термометры бывают различные, в зависимости от мест, где они применяются. Биметаллические термометр изготавливаются из

нержавеющей стали, которая не портится в агрессивных средах и хорошо защищает прибор от пыли и влаги. В качестве чувствительного элемента используется биметаллическая пружина. Она изготавливается из двух прочно соединеных металлических пластин, имеющие различные температурные коэффициенты линейного расширения. При измерение температуры пружина изгибается и вращает стрелку термометра. Один конец пружины закреплен внутри штока, а к другому присоединяется ось стрелки термометра. происходит за счет (рисунок 13)



Рисунок 13 – Пример биметаллического термометра

Игольчатые термометры, имеют заостренный на конце шток, для измерения температуры в толще материалов и используются в основном в кулинарии и в садоводчестве. Данный прибор имеет элемент питания и преобразователь и отображает показания на жидкокристаллическом дисплее. Такой

термометр изображен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Пример игольчатого термометра

Название «трубные термометры» (рисунок 15) говорит само за себя и предназначено для измерения температуры на поверхности труб.



Рисунок 15 – Пример трубного термометра

Данный вид термометра относиться к контактным средствам измере-

ния. Измерение температуры происходит за счет биметаллической пружины имею-щую форму спиралевидной пружины, которая в зависимости от температуры измеряемой трубы или другого объекта изменяется.

Сигнализирующие термометры, оснащены звуковой сигнализации о достижении максимальной или минимальной температуры. Принцип действия основан на манометрическом измерении температуры. Применяются термометры манометрического вида для измерения температуры в жидкостях. Измерение происходит при помощи термобаллона, который измеряет давление в жидкости, меняющегося в зависимости от температуры.

В термометрах манометрического типа, приспособлены две стрелки, которыми восстанавливается максимальная и минимальная температура. К термометру подключается датчик, который принимает сигнал выхода стрелки измерения температуры за пределы выставленных отметок. Отметки максимальной и минимальной температуры выставляется в зависимости от того, в какой сфере применяется данный термометр. Пример которого представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Пример сигнализирующего термометра

Вибростойкие термометры применяются в местах с высокой вибрацией.

Пример такого термометра представлен на рисунке 17. Капилляр такого вида термометра выполнен из толстого стекла, к которому прикреплён резервуар с термометрической жидкостью.



Рисунок 17 – Пример вибростойкого термометра

Во время повышения температуры жидкость в резервуаре расширяется и попадает в трубку и по шкале можно узнать температуру измеряемого объекта.

Самопишущие термометры (рисунок18) непрерывно фиксируют значение температуры во времени на дисковой диаграмме. Применяют данные термометры чаще всего на АЭС, в жидких и газообразных средах. Принцип действия основан на манометрическом измерении температуры. Термобаллон помещается в вещество, а как известно, при изменении температуры, меняется объём, что приводит к изменению давления. По капиллярной трубке изменение давление передается на манометрическую пружину, которая начинает деформироваться, тем самым приводя в движение тягу, секторный механизм и стрелку. По шкале смотрят измеряемую температуру.



Рисунок 18 – Пример самопишущего термометра

Сельскохозяйственные термометры (рисунок 19) применяются, как правило, в теплицах, на складах. Как правило термометры такого типа построены на жидкостной форме измерения температуры. В резервуаре находиться термометрическая жидкость, которая при повышении температуры увеличивается в объёме и попадает в трубку, которая находиться на шкале. Совмещая шкалу и уровень жидкости в трубке узнают температуру измеряемого объекта.



Рисунок 19 – Пример сельскохозяйственного термометра

Лабораторные термометры, примером таких термометров является ЛТ-300, представленный на рисунке 20, который представляет собой эталон. Применяются такие термометры в лабораториях, к примеру, в таких, где проводят поверку или калибровку.

Прибор ЛТ-300 платиновый термометр сопротивления для измерения температуры, который помещѐн в оболочке из стали. Благодаря тонкой стенки резервуара, в который помещѐн датчик, прибор измеряет температуру с высокой точностью. Результаты выводятся на жидкокристаллический экран. Особенность данного термометра состоит в том, что она может подключаться к компьютеру и производить регистрацию результатов во времени.

Программное обеспечение позволяет представлять результаты в двух видах: графическом и текстовом (рисунок 20).



Рисунок 20 – Термометр лабораторный ЛТ-300

Для измерения температуры используют три метода измерений:

- контактный метод;
- бесконтактный метод;
- люминесцентный метод.

Контактный метод основан на непосредственном контакте измерительного прибора с поверхностью. Благодаря этому происходит тепловое равновесие датчика измерения температуры и исследуемого объекта. Пример контактного использования представлен на рисунке 21.

Невзирая на простоту и несложность оборудования, метод имеет ряд недостатков:

- температура датчика всегда отличается от температуры объекта;
- из-за некоторых свойств материалов, из которых изготовлены датчики температуры, ограничены максимальные пределы;

- иногда из-за труднодоступности объекта, невозможно использовать данный метод.



Рисунок 21 – Пример контактного метода

Бесконтактный метод (рис. 22) используют в труднодоступных местах, при невозможности использования контактного метода. Данный метод основан на передачи тепловой энергии через луч к измеряемому прибору. Каждый объект имеет инфракрасный свет, энергия которого понижается с понижением температуры.

На этом принципе происходит измерение температуры объекта. По сравнению с контактным методом, данный метод является менее чувствительным, но дает возможность измерять температуру объекта на определѐнном расстоянии от него.



Рисунок 22 – Пример бесконтактного метода

Люминесцентный метод базируется на зависимости интенсивности люминесцентного излучения, которое преобладает в различных датчиках измерения температуры.

Датчик на основе теплового излучения улавливает тепловые колебания исследуемого объекта. Благодаря такому датчику возможно измерять температуру в пределах +2000 ˚С. Примером такого датчика служит тепловизор (рисунок 23).

Измерение происходит бесконтактно, температура отображается на экране прибора, как представлено на рисунке 23.

С помощью датчика на основе поглощения света полупроводником, можно измерить температуру от +30 ˚С до +300 ˚С. Работа таких датчиков базируется на оптических свойствах проводников. Схема волокно- оптического датчика представлена на рис. 25.

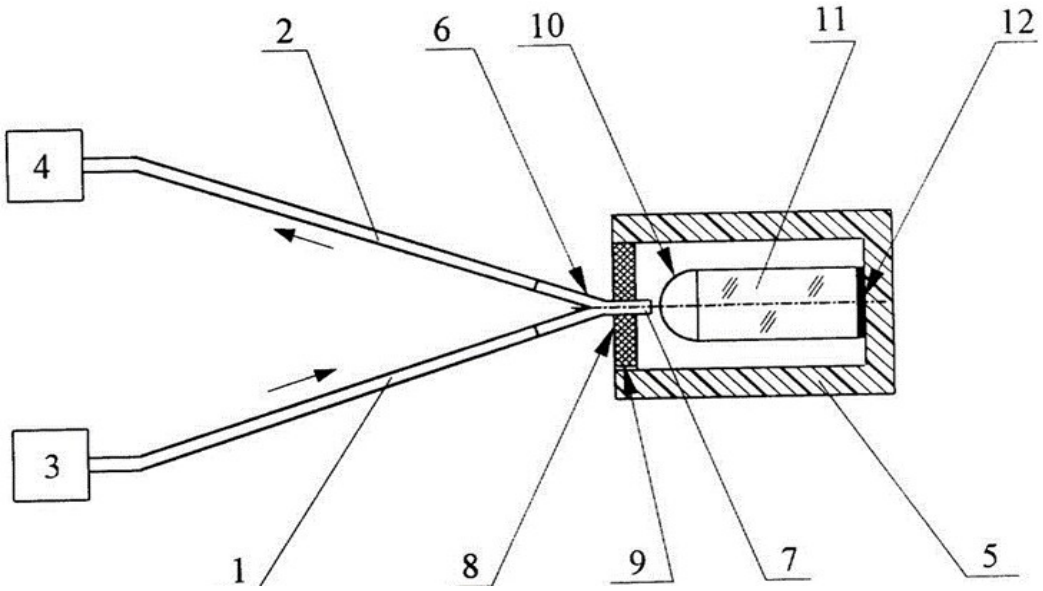


Рисунок 23 – Датчик на основе теплового излучения



Рисунок 24 – Отображение температуры тепловизора

Датчик на основе флуоресценции работает следующим образом: на конец светочувствительной части наносится флуоресцентное вещество. Под действием ультрафиолетовых лучей происходит излучение флуоресценции оптическим волокном, чем так же и идет приём излучений. Температура вычисляется путем расчета отношения соответствующих значений интенсивности флуоресцентного излучения с длиной волны.



Примечание:

1 – осветительный светодиод;

2 – приемный светодиод;

3 – источник света;

4 – фотоприѐмник;

5 – капсула;

6 – разветвитель;

7 – вход/выход;

8 – диэлектрическая заглушка;

9 – щель;

10 – внутрикапсульное зеркало;

11 – стержень;

12 – прокладка.

Рисунок 25 – Схема волокно-оптического датчика

4 Анализ существующего состояния метрологического обеспечения термометров биметаллических

4.1 Обзор номенклатуры термометров биметаллических

По состоянию на 2022 год в Обществе эксплуатируются биметаллические термометры различной номенклатуры, перечисленные в Таблице 2.

Таблица 2 – Номенклатура ТБ

№ п.п.	Наименование СИ	Тип СИ
1	Термометр биметаллический	ТБ-1, ТБ-1Р; ТБ-2, ТБ-2Р; ТБ-3, ТБ-3Р
2	Термометр биметаллический показывающий	ТБПю, ТБП

Область применения ТБ охватывает в основном измерения температуры тепловых узлов технологического значения, систем вентиляций, систем водоснабжения, тепловых сетей, тепловых узлов, котельных установок, сетей горячего водоснабжения.

ТБ, перечисленные в таблице, поверяются в соответствии с меж поверочными интервалами, установленными при утверждении типа СИ. Согласно, перечня калибруемых средств измерений, эксплуатируемых на объектах структурных подразделений Общества от 26.04.2019 г. в него входят ТБ, кроме узлов учета тепловой энергии, нефти, газа, резервуаров вертикальных стальных. В связи с этим становится актуальным вопрос разработки такой методики калибровки, которая была бы применима для калибровки ТБ, указанных в таблице позволила бы использовать для калибровки всех ТБ одни и те же эталоны и содержала бы процедуры оценки неопределенности измерений для всех типов.

4.2 Выбор формы метрологического контроля термометров биметаллических

Большая часть перечисленных ТБ входит в перечень калибруемых средств измерений, эксплуатируемых на объектах структурных подразделений Общества от 26.04.2019 г. Исходя из вышеизложенного, для ТБ, эксплуатируемых, согласно перечню, предпочтительно выполнение калибровки по следующим причинам:

1) при выполнении калибровки возможно пользоваться единой методикой калибровки, разработанной Обществом для всех типов ТБ, эксплуатируемых в Обществе, при этом в методике калибровке можно установить те процедуры и критерии, которые будут удовлетворять требованиям заказчика работ;

2) при выполнении калибровки возможно оформлять результат работ тем способом, который удовлетворяет требованиям заказчика работ;

3) для выполнения калибровки не требуется аккредитация в национальной системе аккредитации, что сокращает затраты на метрологическое обеспечение производства;

4) при выполнении калибровки не требуется передача результатов калибровки в федеральный информационный фонд;

5) методика калибровки может предусматривать процедуры оценки неопределенности измерений, необходимость применения которых будет установлена согласно распоряжению Правительства Российской Федерации [1].

В соответствии с пунктом 2.1.3 правил по метрологии ПР 50.2.016–94 [6], а также в соответствии с примечанием к пункту 2.7.3.3 РД РСК 02–2020 [7], допускается применять в качестве методик калибровки соответствующие нормативные документы по поверке СИ. Учитывая, что применяемые ТБ являются СИ утвержденного типа, в качестве методик калибровки таких ТБ допускается применять методики поверки, установленные при утверждении типа и перечисленные в Таблице 3.

Таблица 3 – Методики поверки ТБ

№ п.п.	Наименование СИ	Тип СИ	Нмер в ГРСИ	Наименование методики поверки
1	Термометр биметаллический	ТБ-1, ТБ-1Р; ТБ-2, ТБ-2Р; ТБ-3, ТБ-3Р	46078-16	МП 46078–16 «Термометры биметаллические показывающие. Методика поверки», утвержденному Ф ГУП «ВНИИМС» 07 августа 2015 г.
2	Термометр биметаллический показывающий	ТБПю, ТБП	51087-12	МП 51087–12 «Термометры биметаллические показывающие ТБю, ТБП. Методика поверки», разработанному и утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС», 25.10.2011 г.

Однако необходимо учитывать, что ни одна из перечисленных методик не содержит процедур оценки неопределенности измерений, а соответственно, данные методики не отвечают требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025 [2].

5 Разработка процедур калибровки

5.1 Нормативные документы, устанавливающие требования к разработке методик калибровки средств измерений

Основным документом, устанавливающим требования к разработке методик калибровки СИ, в Российской Федерации является ГОСТ Р 8.879 [8]. В соответствии с приложением Б к ГОСТ Р 8.879 [8], методика калибровки должна включать в себя следующие разделы:

1) вводная часть (область распространения);

2) нормативные ссылки;

3) определения;

4) технические требования, включающие следующие подразделы:

а) требования к неопределенностям измерений;

б) требования к средствам калибровки;

в) требования к условиям проведения калибровки;

5) требования к квалификации калибровщиков;

6) требования по обеспечению безопасности;

7) подготовка к процедуре калибровки;

8) процедура калибровки;

9) обработка результатов измерений;

10) оформление результатов калибровки.

Рассмотрим порядок разработки каждого раздела.

5.2 Разработка раздела «Вводная часть»

В соответствии с пунктом 4.4 ГОСТ 8.879 [8] во вводной части необходимо устанавливать назначение методики калибровки, а также степень ее соответствия международным документам, региональным, межгосударственным и (или) национальным стандартам. В соответствии с пунктом 4.5 ГОСТ Р 8.879 [8] при необходимости допускается устанавливать интервал между

калибровками. Учитывая, что разрабатываемая методика калибровки распространяется только на ТБ, перечисленные в таблице 1 и применяемые только в Обществе, излагаем вводную часть в следующей редакции:

«Настоящая методика калибровки распространяется на термометры биметаллические, термометры биметаллические показывающие ТБ-1, ТБ-1Р; ТБ-2, ТБ-2Р; ТБ-3, ТБ-3Р, ТБПю, ТБП, эксплуатируемые в публичном акционерном обществе «Сургутнефтегаз». Рекомендуемый интервал между калибровками – 3 года.»

5.3 Разработка раздела «Нормативные ссылки»

Раздел с нормативными ссылками должен содержать ссылки на все документы, использование которых необходимо при выполнении калибровки. Данный раздел должен содержать ссылки на государственные поверочные схемы, в соответствии с которыми обеспечивается прослеживаемость передачи единиц измеряемых величин от эталонов к калибруемому СИ. Кроме этого, в качестве нормативных документов могут быть указаны документы, устанавливающие требования охраны труда, промышленной и пожарной безопасности, технические условия на калибруемое СИ, стандарты, устанавливающие порядок оформления документов, документы, устанавливающие порядок расчета каких-либо величин, используемых при калибровке и т.д. Поскольку на данном этапе работы поверочные схемы, необходимые для применения при выполнении калибровки, а также требования к безопасности еще не определены, указываем ссылку только на ГОСТ ISO/IEC 17025 [2]. Дополнять раздел остальными необходимыми ссылками будем в процессе разработки дальнейших разделов методики калибровки. Таким образом, излагаем раздел «Нормативные ссылки» в следующей редакции:

«В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»;

П р и м е ч а н и е – При применении настоящей методики следует проверить действие нормативной ссылки. Если ссылочный документ заменен (изменен), необходимо руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку».

5.4 Разработка раздела «Технические требования»

Раздел «Технические требования» в соответствии с приложением Б к ГОСТ Р 8.879 [8] должен содержать два подраздела – «Требования к неопределенностям измерений» и «Требования к средства калибровки и вспомогательному оборудованию (включая прослеживаемость)». При этом, учитывая, что приложение Б, как и сам ГОСТ Р 8.879 [8], носят рекомендательный характер, а в Обществе к СРМ предъявляются определенные требования по пределам допускаемых погрешностей, дополняем раздел «Технические требования» подразделом «Требования к погрешностям измерений» и излагаем его в следующей редакции:

«Для калибруемых ТБ установлены следующие пределы допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности и вариации показаний: приведенная к диапазону измерений погрешность и вариация показаний в диапазоне измерений от минус 50 °С до плюс 550 °С составляет ±1,0%; ±1,5%; ±2,5%; ±4,0% в зависимости от конкретного класса точности (значения приведенной погрешности) указанного в паспорте и на циферблате ТБ.

В соответствии с пунктом 4.9 ГОСТ Р 8.879 [8] подраздел «Требования к неопределенностям измерений» должен содержать значения целевых неопределенностей измерений.

В соответствии с РМГ 29 [9]:

1) неопределенность измерений – это неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации;

2) целевая неопределенность измерений – верхняя граница неопределенности измерений, заранее установленная, исходя из предполагаемого использования результатов измерений.

Учитывая, что в настоящее время нормативные значения расширенных неопределенностей измерений не установлены ни действующим законодательством Российской Федерации, ни локальными документами Общества, но могут быть установлены в дальнейшем в ходе реализации положений распоряжения Правительства Российской Федерации [1], излагаем раздел «Требования к неопределенности измерений» в следующей редакции:

«Целевые значения расширенной неопределенности измерений (при уровне доверия p = 0,95) температуры жидкости в диапазоне измерений от -50 °С до +550 °С устанавливаются заказчиком калибровочных работ.».

В соответствии с пунктом 4.7 ГОСТ Р 8.879 [8] раздел «Требования к средствам калибровки и вспомогательному оборудованию (включая прослеживаемость)» должен содержать перечень основных и вспомогательных средств калибровки, стандартных образцов, оборудования и материалов с указанием метрологических и основных технических характеристик данных средств и (или) нормативных документов, регламентирующих данные требования. Особое внимание должно быть уделено наличию требований, обеспечивающих прослеживаемость измерений, выполняемых откалиброванными СИ, до государственных первичных эталонов или национальных первичных эталонов иностранных государств. Данное требование следует из части 1 статьи 18 Федерального закона [3], в соответствии с которой калибровка СИ должна выполняться с использованием эталонов единиц величин, прослеживаемых к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных

эталонов единиц величин – к национальным эталонам единиц величин иностранных государств.

Исходя из указанных требований, в разделе необходимо указать, какому уровню точности по государственной поверочной схеме соответствует тот или иной эталон, а также каким документом это соответствие должно быть подтверждено.

Для выбора государственных поверочных схем, в соответствии с которыми для ТБ необходимо передавать единицы величин, учитываем сведения о метрологических характеристиках ТБ, изложенные в предыдущей таблице, и проводим анализ методик поверок ТБ на предмет определения эталонов, применяемых при поверки ТБ. Результат анализа сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Метрологические характеристики средств поверки

№ п. п	Наименование СИ	Тип СИ	Наименование операции	Средства поверки		
				Наименование	Диапазон измерений	Предел допускаемой погрешности
1	Термометр биметаллический	ТБ-1 ТБ-1Р ТБ-2 ТБ-2Р ТБ-3 ТБ-3Р	Определение погрешности измерений температуры	Термометр цифровой прецизионный DTI-1000	От -50° до +400 °С От +400° до+650 °С	Абсолютная ±0,03 °С Абсолютная ±0,06 °С
2	Термометр биметаллический показывающий	ТБПю, ТБП	Определение погрешности измерений температуры	Термометр цифровой прецизионный DTI-1000	От -50° до +400 °С От +400° до+650 °С	Абсолютная ±0,031 °С Абсолютная ±0,061 °С

В Российской Федерации передача единицы температуры от государственного первичного эталона единицы температуры осуществляется в соответствии с ГОСТ 8.558 [11] (далее – Поверочная схема по температуре). Государственным первичным эталоном является ГЭТ 35–2010 (государственный

первичный эталон единицы температуры – кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К), хранителем ГЭТ 35–2010 является ФГУП «ВНИИФТРИ».

Поверочная схема по температуре разделена на три части – для контактных термометров в диапазоне 0,3 К … 273,16 К, для контактных термометров в диапазоне 0 °С … 3000 °С и для радиационных термометров. Поскольку устройство канала измерений температуры ТБ основано на применении контактных термометров, а диапазон изменений температур измеряемых сред находится как в отрицательной, так и в положительной области, в дальнейшем будем рассматривать первую и вторую часть Поверочной схемы по температуре.

Для контактных термометров единица температуры передается от государственного первичного эталона к эталону-копии, а от эталона-копии последовательно через эталоны 0-го, 1-го, 2-го и 3-го разрядов к рабочим СИ. В качестве рабочих СИ используются различные термопреобразователи (платиновые, медные, родий-железные, полупроводниковые), а также манометрические и жидкостные термометры.

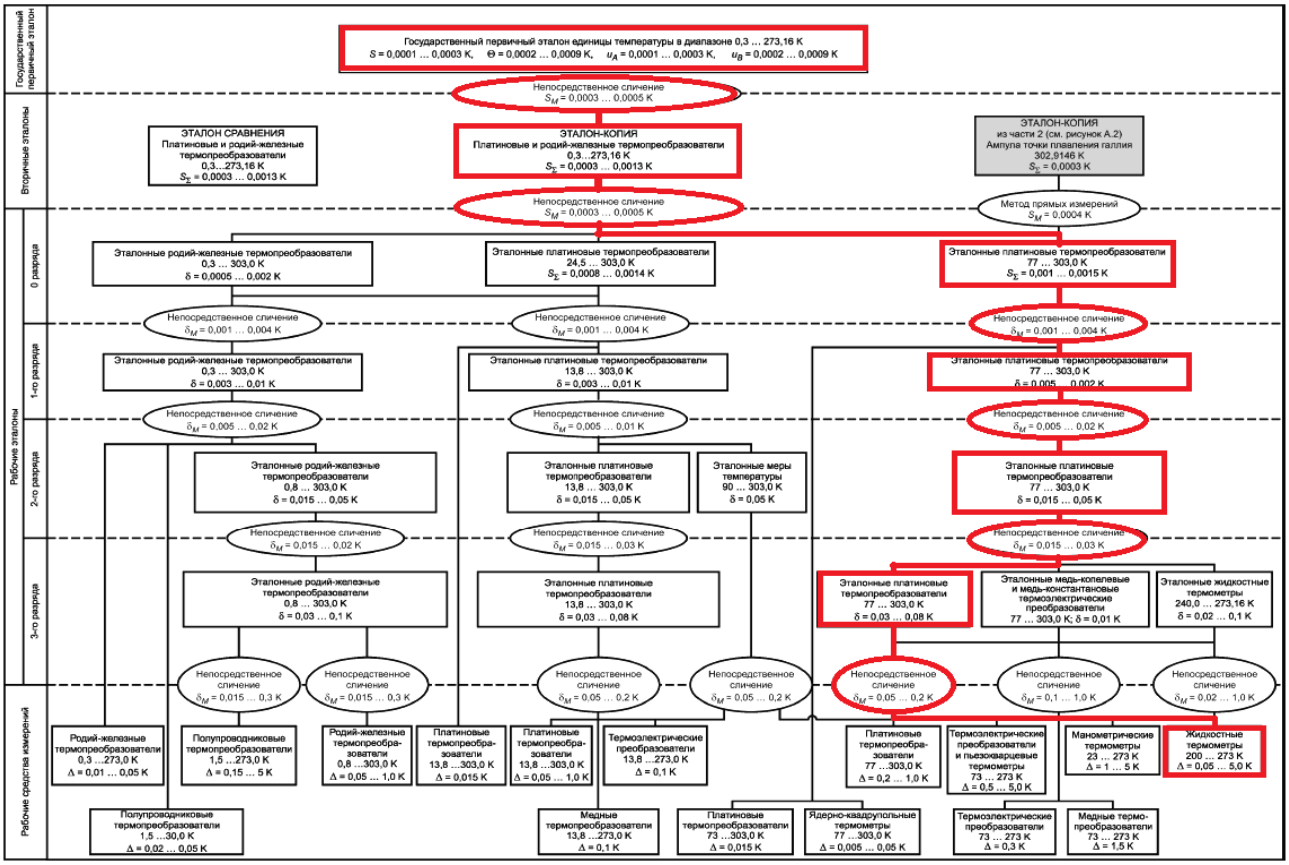
Рассмотрим прослеживаемость измерений температуры жидкости до государственного первичного эталона. Для обоих типов ТБ методиками поверки установлены требования к эталонам температуры. Для определения указанной прослеживаемости учитываем следующее:

1) требования измерения температуры жидкости для всех перечисленных в таблице 3 ТБ необходимо выполнять с пределом допускаемой абсолютной погрешности в зависимости от диапазона шкалы от ±0,6 °С до ±6 °С;

2) минимальная погрешность эталона температуры для всех перечисленных в таблице 4 ТБ составляет ±0,03 °С;

3) в обществе эксплуатируется термометр сопротивления платиновый эталонный ПТС-10М, эталон 1 разряда с пределом допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры от ±0,002 °С до ±0,01 °С. Тип градуировки А и В, диапазон измерений по градуировки А от минус 196 до 0. Диапазон измерений по градуировки В от 0 до плюс 660 °С.

Учитывая вышеизложенное, определяем разряд эталона температуры и прослеживаемость передачи единицы величины от государственного первичного эталона к ТБ в соответствии с Поверочной схемой по температуре,



приведенной на Рисунке 26 для измерения отрицательных температур.

Рисунок 26 – Поверочная схема для отрицательной температуры

Необходимо учесть, что эталонный термометр сопротивления необходимо эксплуатировать в комплекте с цифровым термометром, обеспечивающим преобразование сопротивления термометра в значение температуры и отображение значения температуры на цифровом дисплее. В качестве цифрового термометра допускается использовать многофункциональные калибраторы, предназначенные, в том числе, для преобразования сопротивления термопреобразователей в значение температуры.

Аналогично определяем разряд эталона температуры и прослеживаемость передачи единицы величины от государственного первичного эталона к

ТБ в соответствии с Поверочной схемой по температуре, приведенной на Рисунке 27 для измерения параметров положительной температуры.

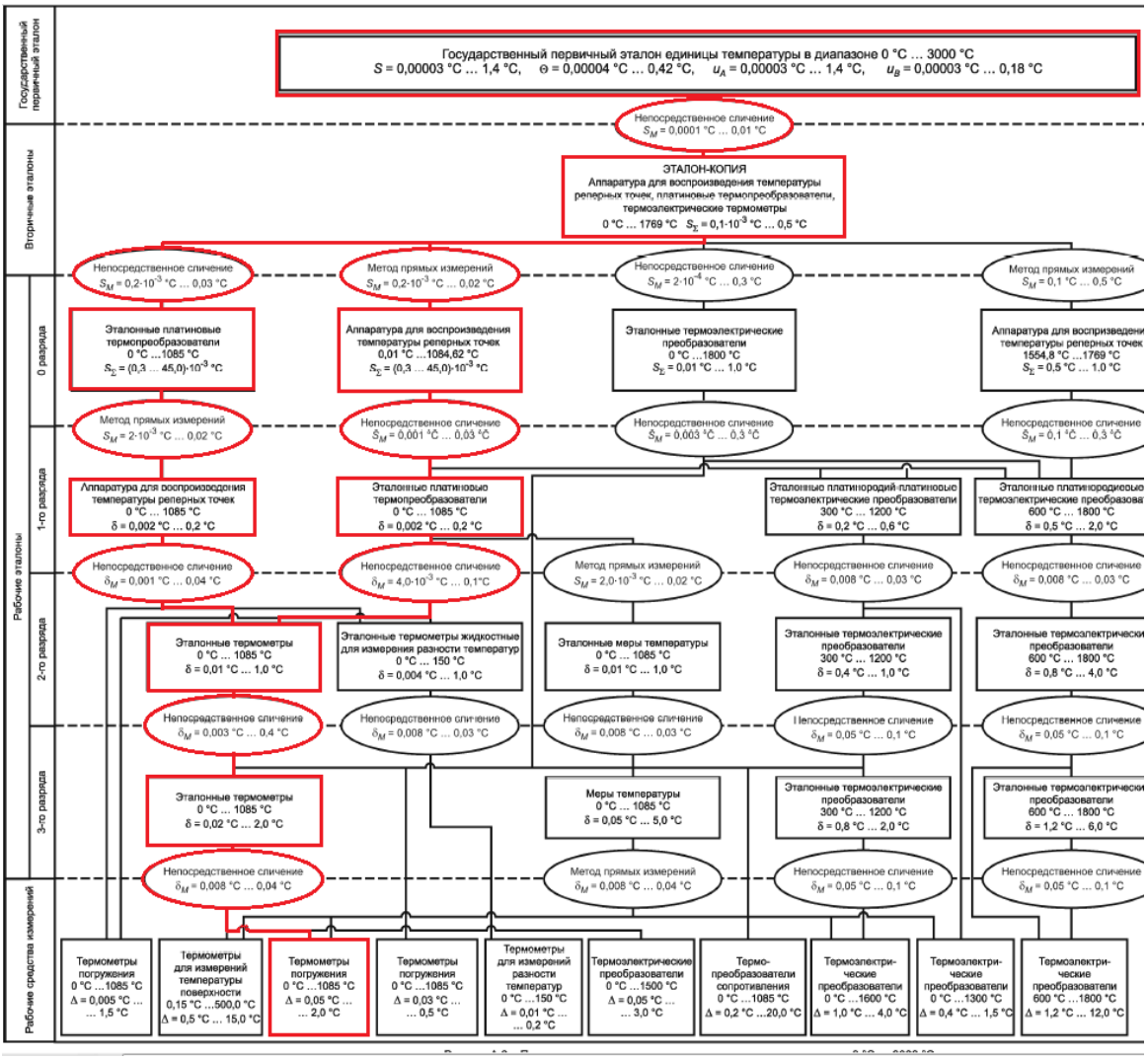


Рисунок 27 – Поверочная схема для положительной температуры

Исходя из вышеизложенного, а также исходя из характеристик средств поверки, перечисленных в таблице 4, формируем обобщенные требования к средствам калибровки всех типов ТБ и излагаем раздел «Требования к средствам калибровки и вспомогательному оборудованию» в следующей редакции:

При выполнении калибровки должны быть использованы следующие средства калибровки:

1) термометр сопротивления эталонный 1-го разряда в диапазоне измерений температуры от минус 50 °С до плюс 550 °С в соответствии с

Поверочной схемой по температуре;

2) измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности измерения сопротивления $\pm(10^{-5}\cdot R+5\cdot 10^{-4})$, где R – измеряемое сопротивление, Ом.

3) термостат жидкостный прецизионный переливного типа модели ТПП-1.3 с диапазоном воспроизводимых температур от минус 70 °С до плюс 100 °С и нестабильностью поддержания заданной температуры ±0,01°С.

4) калибратор температурный эталонный Элемер КТ-650 с диапазоном воспроизводимых температур от минус 50 °С до плюс 650 °С и нестабильностью поддержания заданной температуры $\pm (0{,}02\cdot \frac{t}{100})$ и погрешностью установления заданной температуры $\pm (0{,}02+0{,}008 \cdot \frac{t}{100})$

5) вода дистиллированная для калибровки диапазона плюсовых температур

6) спирт этиловый технический для калибровки диапазона отрицательных температур

Средства калибровки, являющиеся средствами измерений утвержденного типа, должны иметь действующие свидетельства о поверке. В свидетельствах о поверке эталонов должна быть указана информация о соответствии эталонов требуемому уровню по государственным поверочным схемам.

Допускается применять иные средства калибровки и вспомогательное оборудование с техническими и метрологическими характеристиками не хуже указанных.».

Раздел «Нормативные ссылки» дополняем абзацами следующего содержания:

ГОСТ 8.558–2009 «Государственная поверочная схема для средств измерений температуры» (далее – Поверочная схема по температуре)

5.5 Разработка раздела «Требования к условиям проведения калибровки»

В соответствии с пунктом 4.8 ГОСТ Р 8.879 [8] раздел «Требования к условиям проведения калибровки» должен содержать перечень величин, влияющих на метрологические характеристики калибруемых СИ или средств калибровки, с указанием их нормируемых номинальных значений и допускаемых отклонений, в пределах которых характеристики, приписываемые данной методике калибровки, остаются неизменными. Основополагающими документами для разработки данного раздела должны служить руководства по эксплуатации калибруемых СИ, эталонов, вспомогательного оборудования, а также иные документы, необходимость соблюдения требований которых могут оказывать влияние на результат калибровки. При этом условия проведения калибровки не должны противоречить вышеперечисленным документам.

Учитывая, что при разработке методики калибровки ТБ необходимо выполнять часть операций, регламентированных методиками поверки ТБ, проводим анализ условий поверки каждого типа ТБ и формируем обобщенные условия калибровки, которые не должны противоречить методикам поверки. анализируем технические характеристики, приведенные в руководстве по эксплуатации. Результаты анализа сводим в Таблицу 5.

Исходя из информации, приведенной в таблице 5, излагаем раздел «Требования к условиям проведения калибровки» в следующей редакции:

«При проведении калибровки должны быть соблюдены следующие условия:

1) температура окружающей среды – от +15 °С до +25 °С;

2) относительная влажность воздуха – от 30 % до 80 %;

3) атмосферное давление – от 84 кПа до 106,7 кПа;

4) частота питающей сети – от 49Гц до 51 Гц;

5) напряжение питания в сети – от 210 В до 230 В

6) отсутствие внешних ударов и вибраций».

Поскольку для контроля условий калибровки необходимо применять соответствующие СИ, исходя из указанных условий калибровки дополняем раздел «Требования к средствам калибровки и вспомогательному оборудованию» текстом в следующей редакции:

- термогигрометр ИВА-6Н-Д с диапазоном измерений температуры от минус 20 °С до плюс 60 °С и пределом допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры ±0,3 °С, с диапазоном измерений относительной влажности от 0 % до 90 % и пределом допускаемой абсолютной погрешности измерений влажности ±2 %, с диапазоном измерений давления от 30 кПа до 110 кПа и пределом допускаемой основной абсолютной погрешности ±0,25 кПа;

- мультиметр цифровой Fluke 287/289 с диапазонами измерений и пределами допускаемых погрешностей измерений переменного напряжения и частоты, установленными при утверждении типа мультиметра.

Таблица 5 – Условия поверки (калибровки) ТБ

Параметр	Значение параметра по типам ТБ		Обобщенные значения
	ТБ-1 ТБ-1Р ТБ-2 ТБ-2Р ТБ-3 ТБ-3Р	**ТБПю, ТБП**	
Температура окружающей среды	От +15 °С до +25 °С	От +15 °С до +25 °С	От +15 °С до +25 °С
Относительная влажность воздуха	От 30 % до 80 %	От 30 % до 80 %	От 30 % до 80 %
Атмосферное давление	От 84,0 кПа до 106,7 кПа	От 84,0 кПа до 106,7 кПа	От 84,0 кПа до 106,7 кПа
Частота питающей сети	Отсутствует	От 49 Гц до 51 Гц	От 49 Гц до 51 Гц
Напряжение питания в сети	Отсутствует	От 210 В до 230 В	От 210 В до 230 В
Внешние вибрации и удары	Защита от ударов и вибраций	Защита от ударов и вибраций	Защита от ударов и вибраций

5.6 Разработка раздела «Требования к квалификации калибровщиков»

В соответствии с пунктом 4.10 ГОСТ Р 8.879 [8] раздел «Требования к квалификации калибровщиков» должен содержать требования к уровню квалификации лиц, выполняющих калибровочные работы: профессия, образование, специальная подготовка, практический опыт работы и т.д. Помимо этого, данный раздел, при необходимости, может содержать требования к квалификации калибровщиков, установленные требованиями Руководства по качеству организации и выполнения калибровочных работ, а также требования к квалификации, которые устанавливаются нормативными документами в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности.

В соответствии с требованиями Российской системы калибровки Обществом разработан и внедрен документ системы менеджмента качества СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ПАО «Сургутнефтегаз», устанавливающий, в том числе, требования к квалификации работников Общества, выполняющих калибровку СИ. Требования к квалификации в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности устанавливаются соответствующими разделами методик поверки ТБ. Учитывая изложенное, формулируем раздел «Требования к квалификации калибровщиков» в следующей редакции:

«Работник, выполняющий калибровку ТБ, должен:

1) иметь высшее или среднее профессиональное образование, прошедший дополнительное обучение по курсу повышения квалификации «Поверка и калибровка средств измерений теплофизических и температурных величин» или по курсу профессиональной переподготовки «Метрология и обеспечение единства измерений»;

2) иметь квалификационную группу по технике безопасности не ниже II в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»;

3) быть аттестован на право калибровки средств измерений в соответствии с требованиями СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ПАО «Сургутнефтегаз»;

4) быть обучен работе с эталонами и другими средствами калибровки;

5) изучить эксплуатационную документацию на калибруемый ТБ.».

Раздел «Нормативные ссылки» дополняем фразой в следующей редакции:

«СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ПАО «Сургутнефтегаз»;

«Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.».

5.7 Разработка раздела «Требования по обеспечению безопасности»

В соответствии с пунктом 4.11 ГОСТ Р 8.879 раздел «Требования по обеспечению безопасности» должен содержать требования, обеспечивающие при проведении калибровок безопасность труда калибровщиков, соблюдение норм производственной санитарии, охрану окружающей среды. Также должны быть выполнены пункты по безопасности проведения калибровочных работ прописанные в инструкциях по охране труда и промышленной безопасности разработанные в ПАО «Сургутнефтегаз» Требования обобщаем и излагаем в следующей редакции:

«При проведении калибровки соблюдают требования безопасности в соответствии с:

1) правилами технической эксплуатации электроустановок;

2) правилами устройства электроустановок;

3) правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;

4) эксплуатационной документацией на ТБ и средства калибровки;

5) правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на объекте.

Надписи и условные знаки, выполненные для обеспечения безопасной эксплуатации средств калибровки, должны быть четкими.

Монтаж и демонтаж ТБ в место калибровки должен производиться согласно руководству по эксплуатации на ТБ. Монтаж электрических соединений должен производиться в соответствии с ГОСТ 12.3.032 и «Правилами устройства электроустановок» (раздел IV).

Заземление должно выполняться в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0–75

Анализируем методики поверки ТБ на предмет установления требований безопасности. Результаты анализа сводим в Таблицу 6 и составляем обобщенные требования по обеспечению безопасности при выполнении калибровки ТБ.

Таблица 6 – Требования безопасности, установленные методиками поверки ТБ

Область требований	Содержание требований по типам ТБ		Обобщенные требования
	ТБ-1, ТБ-1Р, ТБ-2 ТБ-2Р, ТБ-3, ТБ-3Р	ТБПю ТБП	
1	2	3	4
Требования к поверителям в области электробезопасности	К проведению поверки допускаются лица, аттестованные на право проведения поверки данного вида средств измерений, ознакомленные с ЭД на термометры и прошедшие инструктаж по технике безопасности.	К допускают лиц, имеющих необходимую квалификацию и обученных правилам техники безопасности и изучивших методику поверки.	К проведению поверки допускаются лица, аттестованные на право проведения поверки данного вида средств измерений, ознакомленные с ЭД и методикой поверки на термометры, и прошедшие инструктаж по технике безопасности.
Требования в области охраны труда и пожарной безопасности	При проведении поверки соблюдают указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства испытаний. Во избежание возможных ожогов необходимо соблюдать осторожность при извлечении термометров, нагретых до высоких температур.	При проведении поверки соблюдают требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки; Не допускается перегрев головки поверяемых термометров свыше плюс 80 °С при определении основной погрешности в твердотельных термостатах (калибраторах). Во избежание возможных ожогов необходимо соблюдать осторожность при извлечении термометров, нагретых до высоких температур.	Установленные ГОСТ 12.2.007.0-75 При проведении поверки соблюдают указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства испытаний. Не допускается перегрев головки поверяемых термометров свыше плюс 80 °С при определении основной погрешности в твердотельных термостатах (калибраторах). Во избежание возможных ожогов необходимо соблюдать осторожность при извлечении термометров, нагретых до высоких температур.

Окончание таблицы 6

Запрещается перегрев головки поверяемых термометров свыше плюс 80 °С при определении основной погрешности в твердотельных термостатах (калибраторах).

В дальнейшем обслуживающий персонал руководствуется эксплуатационными документами на средства калибровки.

Доступ к средствам измерений и обслуживаемым при калибровке элементам оборудования должен быть свободным.

Раздел «Нормативные ссылки» дополняем абзацами следующего содержания:

«правила технической эксплуатации электроустановок;

правила устройства электроустановок;

ГОСТ 12.2.007.0–75 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.»

5.8 Разработка раздела «Подготовка к процедуре калибровки»

В соответствии с пунктом 4.12 ГОСТ Р 8.879 [8] раздел «Подготовка к процедуре калибровки» должен содержать перечень и способы выполнения работ, которые необходимо провести перед процедурой калибровки, включая проверку комплектности и внешнего вида средства измерений, подлежащего калибровке, работоспособности и взаимодействия его отдельных частей и элементов (в том числе прочности и электрического сопротивления изоляции, герметичности и т. п.).

Проанализировав разделы «Подготовка к поверке» методик поверки ТБ, формируем обобщенные требования к разделу «Подготовка к процедуре калибровки» и излагаем раздел в следующей редакции:

«ТБ должен быть выдержан при температуре от плюс 15 °С до плюс 25 °С не менее 24 часов.

ТБ и средства калибровки должны быть подготовлены к работе согласно руководствам по эксплуатации.»

5.9 Разработка раздела «Процедура калибровки»

В соответствии с пунктом 4.13 ГОСТ Р 8.879 [8] раздел «Процедура калибровки» должен содержать перечень наименований и описание операций по определению действительных значений метрологических характеристик калибруемого СИ.

Описание каждой операции выделяют в отдельный пункт, в котором нужно указывать наименование определяемой метрологической характеристики калибруемого СИ, используемый метод калибровки, схемы подключения, чертежи, указания о порядке проведения операций, формулы, графики, таблицы с пояснением входящих в них обозначений, рекомендации по числу значащих цифр, фиксируемых в протоколе, и т. д.

Если при проведении операции калибровки необходимо вести протокол записи результатов измерений по определенной форме, это следует указать, а в приложении привести форму протокола с указанием объема сведений, изложенных в нем.

Описание процедуры калибровки должно включать, в том числе:

1) проверки, необходимые перед началом работы;

2) процедуру калибровки;

3) процедуру оценки неопределенности измерений при калибровке в соответствии с подпунктом «и» пункта 4.1 ГОСТ Р 8.879 [8].

Рассмотрим подробно каждую процедуру определения действительных значений метрологических характеристик, которые необходимо определять в процессе калибровки ТБ.

Подраздел «Внешний осмотр» раздела «Процедура калибровки» формируем исходя из требований соответствующих разделов методик поверки ТБ и излагаем в следующей редакции:

«При внешнем осмотре ТБ должно быть установлено:

1) соответствие комплектности и маркировки ТБ требованиям документации предприятия-изготовителя;

2) отсутствие видимых механических повреждений и целостность стекла и стрелки.

3) отсутствие других дефектов, мешающих проведению калибровки.

ТБ, не прошедший внешний осмотр, к дальнейшим операциям калибровки не допускают».

Подраздел «Определение метрологических характеристик ТБ разрабатываем с учетом типа погрешности измерений температуры жидкости, нормированной в описаниях типа СИ и руководствах по эксплуатации ТБ (приведенная к диапазону измерений) и излагаем в следующей редакции:

«Определение приведенной к диапазону измерений погрешности и вариации показаний измерений температуры производится методом сравнения с эталонным термометром. В термостат жидкостный (калибратор сухоблочный) помещают калибруемый термометр ТБП. Эталонный термопреобразователь сопротивления ПТС-10М подключают к измерителю температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.10 и погружают в термостат с калибруемым прибором (рисунок 28).

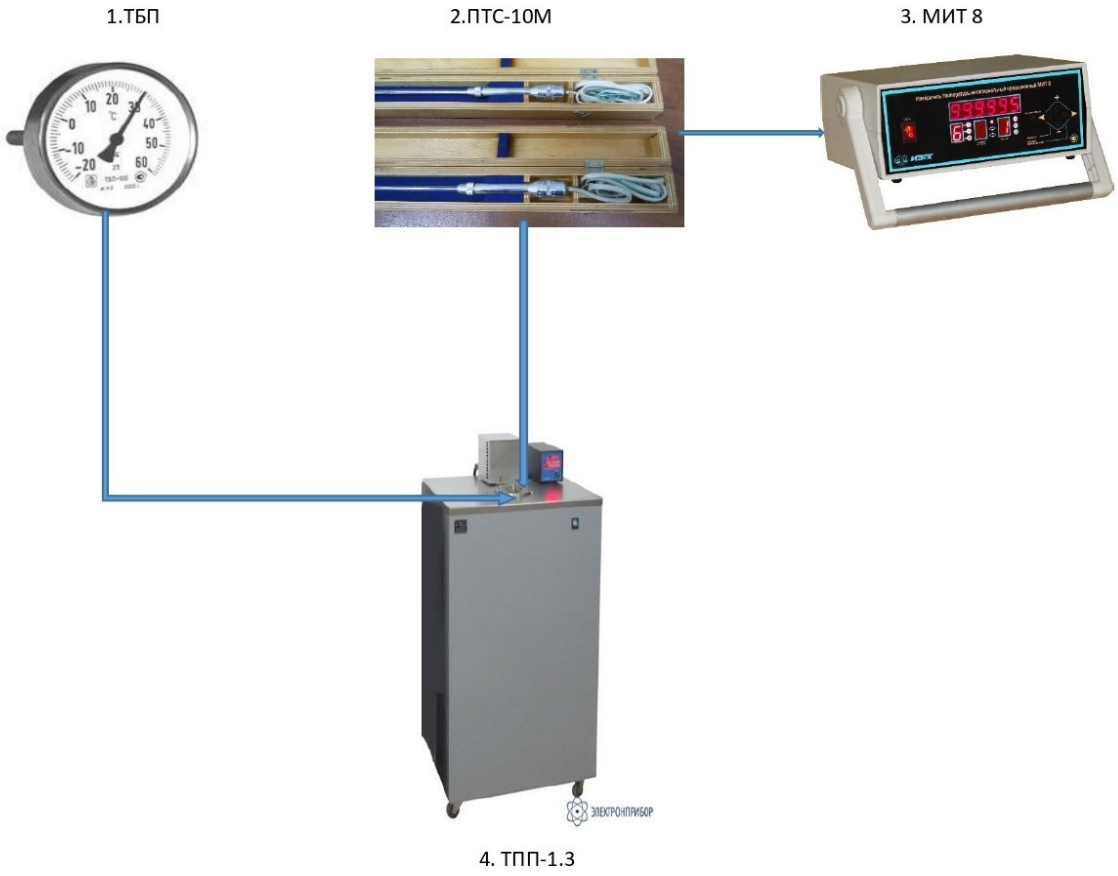


Рисунок 28 – Калибровка термометра биметаллического показывающего

Затем выдерживают время до установления теплового равновесия между термометрами и термостатирующей средой, но не менее 15 минут для каждой измеряемой точки. Для измерений используют равномерно расположенные температурные точки рабочего диапазона ТБ, включая начальную и конечную, но не менее четырех точек.

Абсолютная погрешность измерений температуры вычисляется по формуле:

$$\Delta t = t_{изм.i} - t_{обр.\ i}, \quad (1)$$

где $t_{изм.\ i}$ – значение температуры, измеренное рабочим ТБ в i-ой точке, °С;

$t_{обр.\ i}$ – значение температуры, измеренное эталонным термопреобразователем сопротивления в i-ой точке, °Скаждой измеряемой точки. Для измерений используют равномерно расположенные температурные точки

рабочего диапазона ТБ, включая начальную и конечную, но не менее четырех точек.

Вариацию показаний определяют, как разность показаний поверяемого термометра при проходе к одному и тому же значению температуры, определенной по эталонному термометру, при прямом и обратном ходах, приведенн

Вариацию показаний определяют по формуле:

$$\delta T=\frac{Тизм.пр-Тизм.обр}{Тв-Тн}\cdot 100\,\%\,, \qquad (2)$$

где Тизм.пр. – показания поверяемого термометра при прямом ходе, °С;

Тизм.обр. – показания поверяемого термометра при обратном ходе, °С;

Тв и Тн – верхний и нижний пределы диапазона измерений, °С.

В соответствии с требованиями ГОСТ ISO/IEC 17025 [2] и ГОСТ Р 8.879 [8] методика калибровки СИ должна в обязательном порядке содержать в себе процедуру оценки неопределенности измерений.

При оценке неопределенности измерений, осуществляемой при калибровке СИ, все составляющие неопределенности, являющиеся существенными в данной ситуации, должны быть приняты во внимание при помощи соответствующих методов анализа.

Источниками неопределенности могут быть исходные эталоны и стандартные образцы, используемые при калибровке, методы калибровки и вспомогательное оборудование, окружающая среда и состояние калибруемого СИ, а также индивидуальные особенности операторов, выполняющих калибровочные работы.

В соответствии с пунктом 4.16 ГОСТ Р 8.879 [8] при оценке неопределенности следует учитывать:

1) назначение калибруемых СИ и критичность в оценке достоверности определяемых метрологических характеристик;

2) требования заказчика;

3) требования, заложенные в методику калибровки разработчиками методики.

В соответствии с пунктом 5.34 РМГ 29 неопределённость измерения – это неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации.

Общепринятое обозначение неопределенности измерений – U.

В соответствии с пунктом 5.1 РМГ 115 [13] оценка метрологических характеристик и вычисление неопределенности при калибровке включает следующие этапы:

1) составление уравнения измерений;

2) оценивание входных величин и их неопределенностей;

3) оценивание выходных величин и их неопределенностей;

4) составление бюджета неопределенности;

5) представление результатов калибровки.

Поскольку калибровка ТБ по температуре будет выполняться методом сличения с эталонным измерительным прибором, составляем соответствующее уравнение измерений руководствуясь рекомендациями пункта 8.2 РМГ 115 [13].

В соответствии с требованиями пункта 8.2 РМГ 115 [13] при установлении метрологических характеристик калибруемого измерительного прибора в каждой точке калибровки сначала определяют значение измеряемой величины по показаниям соответствующего эталона. Построение модели и вычисление неопределенности сводится к задаче калибровки методом прямых измерений в соответствии с пунктом 8.1 РМГ 115 [13]. В соответствии с пунктом 8.1.2 РМГ 115 [13] если при калибровке измерительного прибора определяют отклонения от номинальной калибровочной характеристики в заданной точке x_{ref}, то уравнение измерений может быть представлено в следующем виде:

$$\Delta(x_{ref}) = -(y_{cal}(X_{ref}) - f_{nom}(x_{ref})) + \sum \Delta x_i \,, \qquad (3)$$

где $y_{cal}(X_{ref})$ – показания калибруемого измерительного прибора в точке, соответствующие величине, воспроизводимой эталонной мерой X_{ref};

x_{ref} – значение эталонной меры (показания эталона).

$f_{nom}(x_{ref})$ – значение номинальной калибровочной характеристики калибруемого измерительного прибора в точке x_{ref};

Δx_i – поправки на нестабильность эталона и другие влияющие величины.

В результате анализа технической документации ТБ и всех средств калибровки установлено, что при измерении температуры жидкости влияющими величинами являются:

1) Δt_s – значение нестабильности термостата, °С;

2) Δt_c – значение погрешности измерения эталонного термометра, °С;

3) Δt_T – значение нестабильности эталонного термометра °С;

Учитывая вышеизложенное, информацию об эталонах, приведенную в предыдущих разделах, а также пример, приведенный в пункте 8.1.3 РМГ 115, составляем соответствующие уравнения измерений температуры жидкости БТ. [13]

Дополняем подраздел «Определение метрологических характеристик ТБ абзацем следующего содержания:

«Уравнение измерений температуры жидкости ТБ имеет следующий вид:

$$Et=t_{изм}–t_{обр}+\Delta t_s+ \Delta t_c+ \Delta t_T, \quad (4)$$

где $t_{изм}$ - измеренное значение температуры ТБ;

$t_{обр}$ - измеренное значение температуры эталонным термометром;

Δt_s – нестабильность термостата, °С;

Δt_c – погрешность эталонного термометра, °С;

Δt_T – нестабильность эталонного термометра °С.».

Далее рассмотрим оценку неопределенности входных величин. Все составляющие неопределенности входных величин условно можно сгруппировать в две категории в соответствии со способом их оценки.

Неопределенности типа А (u_A) – неопределенности, оцениваемые путем применения статистических методов (путем обработки результатов многократных измерений). Вычисляются в соответствии с РМГ-115 [13], одним из наиболее часто применяемых методов является вычисление среднеквадратического отклонения (СКО) средних арифметических многократных измерений по формуле:

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}, \qquad (5)$$

где n – количество измерений;

x_i – результат i-го измерения;

$\bar{x}$ – среднее арифметическое значение всех результатов измерений.

Неопределенности типа В (u_B) – неопределенности, оцениваемые другими способами, отличными от оценивания неопределенности измерений по типу А (по характеристикам, взятым из паспорта на прибор, методик выполнения измерений и т. д.). Вычисляются в соответствии с РМГ-115 [13], одним из наиболее часто применяемых методов является вычисление стандартного (среднеквадратического) отклонения, получаемого из известных границ, в которых могут находиться значения измеряемых величин, по формуле:

$$u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}, \qquad (6)$$

где Δ - абсолютная погрешность, для которой известны границы интервала, в котором ее неизвестное значение может находиться с равной вероятностью (например, значение допускаемой абсолютной погрешности из описания типа СИ или выраженное из значений относительной или приведенной погрешности).

Все составляющие формируют суммарную стандартную неопределенность u_C - стандартную неопределенность измерений, которую получают суммированием отдельных стандартных неопределенностей измерений, связанных с входными величинами в модели измерений. Вычисляется по закону распространения неопределенности:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \ . \qquad (7)$$

Интервальной оценкой неопределенности является расширенная неопределенность U_P, вычисляемая по формуле:

$$U_p = k \cdot u_C , \qquad (8)$$

где k – коэффициент охвата, вычисляемый в соответствии с РМГ 115 [13] или принимаемый равным 2 в общем случае при нормальном распределении вероятности измеряемой величины для вероятности 0,95.

Результат измерений с учетом неопределенности при заданном уровне доверия записывается в виде:

$$Y = (y \pm U),\ p = 0{,}95, \qquad (9)$$

и означает, что вероятный разброс значений Y находится в диапазоне ±U относительно результата измерения y, а степень обоснованности нахождения значений Y в этом интервале определяется вероятностью (уровнем доверия) p = 0,95.

Используя вышеизложенные формулы, а также значения пределов допускаемых погрешностей измерений массы, плотности и температуры жидкости, определенные по описаниям типа СИ и руководствам по эксплуатации ТБ и применяемых эталонов, разрабатываем процедуры вычисления неопределенности измерений при выполнении калибровки ТБ.

Дополняем подраздел «Определение метрологических характеристик ТБ абзацем следующего содержания:

«Вычислить неопределенность по типу А измерений температуры жидкости (u_{At}) по формуле:

$$U_{At} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^{n} (t_i - t_{cp})^2} \quad , \qquad (10)$$

где n – количество измерений;

t_i – температура жидкости, измеренная калибруемым ТБ в течение i-го измерения, °С

t_{cp} – среднее арифметическое значение всех результатов измерений температуры жидкости, определенных по показаниям калибруемого ТБ, °С.

Вычислить неопределенность по типу В, связанную с нестабильностью термостата, по формуле:

$$Ut_s = \frac{t_s}{\sqrt{3}} \quad , \qquad (11)$$

где t_s – нестабильность поддержания температуры термостата;

Вычислить неопределенность по типу В, связанную с неоднородностью температурного поля в рабочей зоне термостата, по формуле:

$$Ut_{s1} = \frac{t_{s1}}{\sqrt{3}}, \qquad (12)$$

где t_{s1} – неоднородность температурного поля в рабочей зоне термостата;

Вычислить неопределенность по типу В, связанную погрешностью измерения эталонного термометра, по формуле:

$$Ut_c = \frac{t_c}{2}, \qquad (13)$$

где t_c – погрешность измерения эталонного термометра;

Вычислить неопределенность по типу В, связанную погрешностью измерения измерителя температуры, по формуле:

$$Ut_{izm} = \frac{t_{izm}}{\sqrt{3}}, \quad (14)$$

где t_{izm} – погрешность измерения измерителя температуры.

Вычислить суммарную стандартную неопределенность измерений температуры жидкости (u_{Ct}) по формуле:

$$U_{sumt} = \sqrt{U^2_{At} + U^2 t_s + U^2 t_{s1} + U^2 t_c + U^2 t_{izm}}. \quad (15)$$

Вычислить расширенную неопределенность измерений температуры жидкости U_{pt} по формуле:

$$U_{pt} = k \cdot U_{sumt}, \quad (16)$$

Внести все полученные результаты измерений в протокол калибровки. В соответствии с пунктом 4.14 ГОСТ Р 8.879 [8] раздел "Обработка результатов измерений" следует включать в методику калибровки при наличии сложных способов обработки результатов измерений. Учитывая отсутствие в разрабатываемой методике калибровке сложных способов обработки результатов измерений, добавлять указанный раздел в разрабатываемую методику калибровки нецелесообразно.

5.10 Разработка раздела «Оформление результатов калибровки»

Раздел «Оформление результатов калибровки» должен содержать требования к оформлению результатов калибровки. В этом разделе необходимо указывать способ или сочетание способов оформления результатов калибровки:

1) Сертификат и протокол калибровки;

2) место и способ нанесения оттиска калибровочного клейма;

3) внесение записи в паспорт или другой документ средства измерений.

Учитывая установленное методикой калибровки требование к целевой неопределенности измерений, в разделе «Оформление результатов калибровки» необходимо предусматривать наличие критериев пригодности либо непригодности калибруемого ТБ к применению. С учетом изложенного излагаем раздел «Оформление результатов калибровки» в следующей редакции:

«ТБ, у которого значения фактических погрешностей не превышают предельных значений, установленных настоящей методикой калибровки, и у которого фактические неопределенности измерений не превышают целевых значений неопределенности измерений, установленных заказчиком, допускают к применению. На ТБ оформляют сертификат о калибровке по форме, установленной требованиями СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ПАО «Сургутнефтегаз» с приложением протокола калибровки по форме, установленной в приложении Б к настоящей методике калибровки.

ТБ, у которого значения фактических погрешностей превышают предельные значения, установленные настоящей методикой калибровки, и (или) фактические неопределенности измерений превышают значения целевых неопределенностей измерений, установленные заказчиком, не допускают к применению. На ТБ оформляют извещение о непригодности по форме, установленной требованиями СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ПАО «Сургутнефтегаз» с приложением протокола калибровки по форме, установленной в приложении В к настоящей методике калибровки.»

В соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17025 [2] сертификат о калибровке должен содержать следующую информацию:

1) наименование документа "Сертификат калибровки";

2) наименование и юридический адрес калибровочной лаборатории, а также место проведения калибровки, если оно не совпадает с юридическим адресом лаборатории;

3) номер сертификата калибровки, при этом, если сертификат калибровки помещается на нескольких страницах или содержит приложения (протоколы калибровки, градуировочные таблицы и т. д.), каждая страница сертификата калибровки или приложения должна быть соответствующим образом идентифицирована как имеющая отношение к конкретному сертификату калибровки. Каждая страница сертификата калибровки должна быть пронумерована, общее количество страниц должно быть указано;

4) наименование и адрес заказчика (или подразделения предприятия в случае выполнения работ для собственных нужд предприятия);

5) идентификацию используемой методики калибровки;

6) наименование (тип), заводской номер и, при необходимости, состояние средства измерений, поступившего на калибровку;

7) дату проведения калибровки;

8) результаты калибровки с указанием единиц измерения величин;

9) условия проведения калибровки (например, условия окружающей среды, при которых проводилась калибровка и которые могли оказать влияние на результаты калибровки);

10) оценка неопределенности измерений и указание о соответствии полученной неопределенности значению целевой неопределенности;

11) доказательства прослеживаемости измерений к государственному первичному эталону соответствующей единицы величины или национальному первичному эталону иностранного государства;

12) должность, подпись и расшифровку подписи лица, проводившего калибровку;

13) при необходимости, в целях предупреждения злоупотреблений и защиты интеллектуальной собственности на сертификатах калибровки может быть помещена надпись: «Сертификат калибровки не может быть

воспроизведен полностью или частично без письменного разрешения калибровочной службы».

Вышеперечисленным требованиям удовлетворяет форма сертификата о калибровке, установленная требованиями СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ПАО «Сургутнефтегаз» и приведенная в приложении Б.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В приведенной работе рассмотрен порядок разработки методики калибровки СИ на примере ТБ различных типов, применяемых в ПАО «Сургутнефтегаз». Примененный подход к разработке методики калибровки позволяет применить его и для остальных СИ с целью обеспечения выполнения требований ГОСТ ISO/IEC 17025 [2], а соответственно, своевременно подготовиться к изменениям в законодательстве об обеспечении единства измерений, появление которых предполагается в ходе реализации положений распоряжения Правительства Российской Федерации [1].

Результатом работы является нормативно-технический документ ПАО «Сургутнефтегаз» М 4–2022 «Термометры биметаллические, термометры биметаллические показывающиеТБ-1, ТБ-1Р;ТБ-2, ТБ-2Р; ТБ-3, ТБ-3Р, ТБПю, ТБП. Методика калибровки», разработанный в соответствии с требованиями ГОСТ ISO/IEC 17025 [2], ГОСТ Р 8.879 [8], РМГ 115 [13], РД РСК 02–2020[7], Р РСК 002–06 [15] и стандартов ПАО «Сургутнефтегаз».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года распоряжение Правительства Рос. Федерации от 19.04.2017 №737-р. // КонсультантПлюс : офиц. сайт. – URL: – Режим доступа: www. konsultant.ru. (дата обращения 11.10.2023).

2. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Москва: Стандартинформ, 2021. – 32 с.

3. Об обеспечении единства измерений: Федер. закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ (последняя ред.) : принят Государственной Думой 11 июня 2008 г. : одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 г. // КонсультантПлюс : офиц. сайт. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904 (дата обращения 02.12.2023).

4. Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений постановление Правительства Рос. Федерации от 16.11.2020 №1847. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: www.konsultant.ru. (дата обращения 11.10.2023).

5. Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке [Электронный ресурс] : приказ Минпромторга России от 31.07.2020 №2510. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: www. konsultant.ru.

6. ПР 50.2.016–94 ГСИ. Требования к выполнению калибровочных работ. – Москва: Изд-во стандартов, 2006. – 6 с.

7. РД РСК 02–2020. Порядок организации деятельности Российской системы калибровки. – Москва: ФГУП «ВНИИМС», 2020. – 88 с.

8. ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие

требования к содержанию и изложению : изд. офиц. : утв. и введ. Приказом Федер. агенства по техн. регулированию и метрологии от 20 ноя. 2014 г. №1701-ст : введ. впервые // Техэксперт: офиц. сайт. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200118303 (дата обращения 21.12.2023).

9. РМГ 29–2013. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» – Москва: Стандартинформ, 2014. – 56 с.

10. ГОСТ 8.558–2009. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры – .: Москва Стандартинформ, 2010. – 10 с.

11. РМГ 115–2019. ГСИ. Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределенности. - Москва: Стандартинформ, 2019. – 32 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Обязательное)

Методика калибровки

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ТЕРМОМЕТРЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ, ТЕРМОМЕТРЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКАЗЫВАЮЩИЕ ТБ-1, ТБ-1Р; ТБ-2, ТБ-2Р; ТБ-3, ТБ-3Р, ТБПю, ТБП.

МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ

М 4-2022

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН метрологическим отделом ПАО «Сургутнефтегаз».

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом ПАО «Сургутнефтегаз» от «___» _____ 20__ г. №_____

ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

СРОК ДЕЙСТВИЯ – 5 лет

© ПАО «Сургутнефтегаз», 2022

Настоящий нормативно-технический документ не может быть полностью или
частично воспроизведен, тиражирован и распространен без письменного согласия ПАО «Сургутнефтегаз»

СОДЕРЖАНИЕ

1. Область применения.

2. Нормативные ссылки

3. Определения

4. Технические требования

4.1 Требования к погрешностям измерений

4.2 Требования к неопределенностям измерений

4.3 Средства калибровки и вспомогательное оборудование

4.4 Требования к условиям проведения калибровки

5. Требования к квалификации калибровщиков

6. Требования по обеспечению безопасности

7. Подготовка к процедуре калибровки

8. Процедура калибровки

8.1 Внешний осмотр

8.2 Определение метрологических характеристик

9. Оформление результатов калибровки

Приложение А (рекомендуемое) Форма сертификата калибровки

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«СУРГУТНЕФТЕГАЗ»

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ТЕРМОМЕТРЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ, ТЕРМОМЕТРЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКАЗЫВАЮЩИЕ ТБ-1, ТБ-1Р; ТБ-2, ТБ-2Р; ТБ-3, ТБ-3Р, ТБПю, ТБП.

МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ

М 4-2022

Введен в действие приказом от «___» _____20___ г. № _____

Дата введения _____

1 Область применения

Настоящая методика калибровки распространяется на термометры биметаллические, термометры биметаллические показывающие ТБ-1, ТБ-1Р; ТБ-2, ТБ-2Р; ТБ-3, ТБ-3Р, ТБПю, ТБП, эксплуатируемые в публичном акционерном обществе «Сургутнефтегаз» (далее – ТБ). Рекомендуемый интервал между калибровками – 3 года.

2 Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»;

ГОСТ 8.558–2009 «Государственная поверочная схема для средств измерений температуры»;

СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ОАО «Сургутнефтегаз»;

Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;

Правила технической эксплуатации электроустановок;

Правила устройства электроустановок;

ГОСТ 12.2.007.0–75 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

П р и м е ч а н и е – При применении настоящей методики следует проверить действие нормативной ссылки. Если ссылочный документ заменен (изменен), необходимо руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Определения

В настоящей методике калибровки используются следующие термины и определения:

средство измерений - техническое средство, предназначенное для измерений;

эталон - техническое средство, предназначенное для хранения, воспроизведения и передачи единицы величины.

4 Технические требования

4.1 Требования к погрешностям измерений

Для калибруемых ТБ установлены следующие пределы допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности и вариации показаний: приведенная к диапазону измерений погрешность и вариация показаний в

диапазоне измерений от -50 °С до +550 °С составляет ±1,0%; ±1,5%; ±2,5%; ±4,0% в зависимости от конкретного класса точности (значения приведенной погрешности) указанного в паспорте и на циферблате БТ.

4.2 требования к неопределенностям измерений

Целевые значения расширенной неопределенности измерений (при уровне доверия p = 0,95) температуры жидкости в диапазоне измерений от -50 °С до +550 °С устанавливаются заказчиком калибровочных работ.

4.3 Средства калибровки и вспомогательное оборудование

При выполнении калибровки должны быть использованы следующие средства калибровки:

термометр сопротивления эталонный 1-го разряда в диапазоне измерений температуры от -50 °С до +550 °С в соответствии с Поверочной схемой по температуре;

измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности измерения сопротивления $\pm(10^{-5}\cdot R+5\cdot 10^{-4})$, где R – измеряемое сопротивление, Ом;

термостат жидкостный прецизионный переливного типа модели ТПП-1.3 с диапазоном воспроизводимых температур от -70 °С до +100 °С и нестабильностью поддержания заданной температуры ±0,01°С.

калибратор температурный эталонный Элемер КТ-650 с диапазоном воспроизводимых температур от +50 °С до +650 °С и нестабильностью поддержания заданной температуры $\pm (0{,}02^{*}\cdot\frac{t}{100})$ и погрешностью установления заданной температуры $\pm (0{,}02+0{,}008^{*}\cdot\frac{t}{100})$;

термогигрометр ИВА-6Н-Д с диапазоном измерений температуры от -20 °С до +60 °С и пределом допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры ±0,3 °С, с диапазоном измерений относительной влажности от 0 % до 90 % и пределом допускаемой абсолютной погрешности

измерений влажности ±2 %, с диапазоном измерений давления от 30 кПа до 110 кПа и пределом допускаемой основной абсолютной погрешности ±0,25 кПа;

мультиметр цифровой Fluke 287/289 с диапазонами измерений и пределами допускаемых погрешностей измерений переменного напряжения и частоты, установленными при утверждении типа мультиметра.

Средства калибровки, являющиеся средствами измерений утвержденного типа, должны иметь действующие свидетельства о поверке. В свидетельствах о поверке эталонов должна быть указана информация о соответствии эталонов требуемому уровню по государственным поверочным схемам.

Допускается применять иные средства калибровки и вспомогательное оборудование с техническими и метрологическими характеристиками не хуже указанных.

4.4 Требование к условиям проведения калибровки

При проведении калибровки должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающей среды – от +15 °С до +25 °С;

относительная влажность воздуха – от 30 % до 80 %;

атмосферное давление – от 84 кПа до 106,7 кПа;

частота питающей сети – от 49Гц до 51 Гц;

напряжение питания в сети – от 210 В до 230 В;

отсутствие внешних ударов и вибраций.

5 Требования к квалификации калибровщиков.

Работник, выполняющий калибровку ТБ, должен:

Иметь высшее или среднее профессиональное образование, прошедший дополнительное обучение по курсу повышения квалификации «Поверка и калибровка средств измерений теплофизических и температурных величин» или

по курсу профессиональной переподготовки «Метрология и обеспечение единства измерений;

иметь квалификационную группу по технике безопасности не ниже II в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;

быть аттестован на право калибровки средств измерений в соответствии с требованиями СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ОАО «Сургутнефтегаз»;

быть обучен работе с эталонами и другими средствами калибровки;

изучить эксплуатационную документацию на калибруемый ТБ.

6 Требования по обеспечению безопасности

При проведении калибровки соблюдают требования безопасности в соответствии с:

правилами технической эксплуатации электроустановок;

правилами устройства электроустановок;

эксплуатационной документацией на ТБ и средства калибровки;

правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на объекте.

Заземление должно выполняться в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0–75.

Надписи и условные знаки, выполненные для обеспечения безопасной эксплуатации средств калибровки, должны быть четкими.

Монтаж и демонтаж ТБ при калибровке должен производиться согласно руководству по эксплуатации на ТБ. Монтаж электрических соединений должен производиться в соответствии с ГОСТ 12.3.032 и «Правилами устройства электроустановок» (раздел IV).

Запрещается перегрев головки поверяемых термометров свыше плюс 80 °С при определении основной погрешности в твердотельных термостатах (калибраторах).

В дальнейшем обслуживающий персонал руководствуется эксплуатационными документами на средства калибровки.

Доступ к средствам измерений и обслуживаемым при калибровке элементам оборудования должен быть свободным.

7 Подготовка к процедуре калибровки

ТБ должен быть выдержан при температуре от +15 °С до +25 °С не менее 24 часов.

ТБ и средства калибровки должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации.

8 Процедура калибровки

8.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре ТБ должно быть установлено:

соответствие комплектности и маркировки ТБ требованиям документации предприятия-изготовителя;

отсутствие видимых механических повреждений и целостность стекла, и стрелки;

отсутствие других дефектов, мешающих проведению калибровки.

ТБ, не прошедший внешний осмотр, к дальнейшим операциям калибровки не допускают.

8.2 Определение метрологических характеристик

Определение метрологических характеристик

Определение приведенной к диапазону измерений погрешности и вариации показаний измерений температуры производится методом сравнения с

эталонным термометром. В термостат жидкостный (калибратор сухоблочный) помещают эталонный термопреобразователь сопротивления, подключенный к измерителю температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 и калибруемый термометр*, затем выдерживают время до установления теплового равновесия между термометрами и термостатирующей средой, но не менее 15 минут для каждой измеряемой точки. Для измерений используют равномерно расположенные температурные точки рабочего диапазона ТБ, включая начальную и конечную, но не менее четырех точек.

Абсолютная погрешность измерений температуры вычисляется по формуле:

$$\Delta t = t_{изм.i} - t_{обр.i},$$

(1)

где $t_{изм.i}$ – значение температуры, измеренное рабочим ТБ в i-ой точке, °С;

$t_{обр.i}$ – значение температуры, измеренное эталонным термопреобразователем сопротивления в i-ой точке, °С.

Вариацию показаний определяют, как разность показаний поверяемого термометра при проходе к одному и тому же значению температуры, определенной по эталонному термометру, при прямом и обратном ходах, приведенную к диапазонам измерений.

Вариацию показаний определяют по формуле:

$$\delta T = \frac{Тизм.пр - Тизм.обр}{Тв - Тн} \cdot 100\,\%$$

(2)

где $Т_{изм.пр.}$ – показания поверяемого термометра при прямом ходе, °С;

$Т_{изм.обр.}$ – показания поверяемого термометра при обратном ходе, °С;

$Т_в$ и $Т_н$ – верхний и нижний пределы диапазона измерений, °С.

Уравнение измерений температуры жидкости БТ имеет следующий вид:

$$Et = t_{изм} - t_{обр} + \Delta t_s + \Delta t_c + \Delta t_T \qquad (3)$$

где $t_{изм}$ - измеренное значение температуры БТ;

$t_{обр}$ – измеренное значение температуры эталонным термометром;

Δt_s – нестабильность термостата, °С;

Δt_c – погрешность эталонного термометра, °С;

Δt_T – нестабильность эталонного термометра °С.

Вычислить неопределенность по типу А измерений температуры жидкости (u_{At}) по формуле:

$$U_{At} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^{n} (t_i - t_{ср})^2} \qquad (4)$$

где n – количество измерений;

t_i – температура жидкости, измеренная калибруемым ТБ в течение i-го измерения, °С;

$t_{ср}$ – среднее арифметическое значение всех результатов измерений температуры жидкости, определенных по показаниям калибруемого ТБ, °С.

Вычислить неопределенность по типу В, связанную с нестабильностью термостата, по формуле:

$$Ut_s = \frac{t_s}{\sqrt{3}} \qquad (5)$$

где t_s – нестабильность поддержания температуры термостата;

Вычислить неопределенность по типу В, связанную с неоднородностью температурного поля в рабочей зоне термостата, по формуле:

$$Ut_{s1} = \frac{t_{s1}}{\sqrt{3}} \qquad (6)$$

где t_{s1} – неоднородность температурного поля в рабочей зоне термостата;

Вычислить неопределенность по типу В, связанную погрешностью из-

мерения эталонного термометра, по формуле:

$$Ut_c = \frac{t_c}{2} \quad (7)$$

где t_c – погрешность измерения эталонного термометра;

Вычислить неопределенность по типу В, связанную погрешностью измерения измерителя температуры, по формуле:

$$Ut_{izm} = \frac{t_{izm}}{\sqrt{3}} \quad (8)$$

где t_{izm} – погрешность измерения измерителя температуры.

Вычислить суммарную стандартную неопределенность измерений температуры жидкости (u_{Ct}) по формуле:

$$U_{sumt} = \sqrt{U^2_{At} + U^2 t_s + U^2 t_{s1} + U^2 t_c + U^2 t_{izm}} \quad (9)$$

Вычислить расширенную неопределенность измерений температуры жидкости U_{pt} по формуле:

$$U_{pt} = k \cdot U_{sumt} \quad (10)$$

Внести все полученные результаты измерений в протокол калибровки

по форме приложения 1.

9 Оформление результатов калибровки

ТБ, у которого значения фактических погрешностей не превышают предельных значений, установленных настоящей методикой калибровки, и у которого фактические неопределенности измерений не превышают целевых значений неопределенности измерений, установленных заказчиком, допускают к применению. На ТБ оформляют сертификат о калибровке по форме, установленной требованиями СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ПАО «Сургутнефтегаз» с

приложением протокола калибровки по форме, установленной в приложении А к настоящей методике калибровки. ТБ, у которого значения фактических погрешностей превышают предельные значения, установленные настоящей методикой калибровки, и (или) фактические неопределенности измерений превышают значения целевых неопределенностей измерений, установленные заказчиком, не допускают к применению. На ТБ оформляют извещение о непригодности, по форме, установленной требованиями СМК-02-01-2021 «Руководство по качеству организации и выполнения калибровочных работ ПАО «Сургутнефтегаз» с приложением протокола калибровки по форме, установленной в приложении Б.

Методику разработал:
Инженер II категории
участка метрологического
обеспечения производства
базы производственного обслуживания
НГДУ «Сургутнефть» Н.А. Дмитрук

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(справочное)

Форма сертификата о калибровке



Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы-
(ВНИИМС)
наименование Исполнительного органа РСК

ПАО «Сургутнефтегаз», Российская Федерация
наименование юридического лица

Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, г. Сургут, Ул. Григория Кукуевицкого, 1, корпус
юридический адрес

наименование калибровочной лаборатории, подразделения юридического лица

Свидетельство о регистрации в РСК №001028 действительно до 28.05.2026 г.

СЕРТИФИКАТ О КАЛИБРОВКЕ №_____-_____-_____
код подразделения-код лаборатории-порядковый номер

Наименование, тип, заводской номер СИ
_____

Наименование подразделения – заказчика
_____

Место проведения калибровки
_____

Методика калибровки
_____
наименование, номер, кем утверждена

Результаты калибровки:
_____
действительные значения метрологических характеристик

Условия проведения калибровки
_____

Неопределенность оценки метрологических характеристик (измерений)*_____
_____
_____

Доказательства прослеживаемости измерений-
_____
_____
__

сведения об используемых при калибровке эталонах: наименование, тип, заводской номер, дата поверки (калибровки), номер сертификата о калибровке (для калиброванных эталонов)

Приложение*: (протоколы, градуировочные таблицы и т. п.) на_____л.

Калибровку провел

_____

должность, подпись, Ф.И.О.

оттиск калибровочного клейма

Сертификат о калибровке утвердил*_____

должность, подпись, Ф.И.О

дата проведения калибровки _____

• - указывается при необходимости

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Форма протокола калибровки

ПАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ»

Участок метрологического обеспечения производства НГДУ «Сургутнефть»

Россия, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, р-он Сургутский, Западно-Сургутское месторождение БПО «Сургутнефть» здание инженерно-технических служб ЦМОП

ПРОТОКОЛ калибровки № _____

Термометр биметаллический _____

(тип, модификация термометра биметаллического)

Заводской номер ТБ: _____

Предел измерения ТБ: _____

Изготовленного _____

Принадлежащего _____

Условия проведения калибровки:

1. Температура окружающей среды: _____ °С

2. Атмосферное давление: _____ кПа

3. Относительная влажность воздуха: _____ %

5. Напряжение сетевого электропитания переменного тока: _____ В

6. Частота сетевого электропитания переменного тока: _____ Гц

9. Внешние удары и вибрация: отсутствуют

Средства калибровки и вспомогательное оборудование:

1._____

2._____

3._____

4._____

5._____

Внешний осмотр:

1. Соответствие комплектности и маркировки ТБ требованиям документации предприятия-изготовителя: _____

2. Видимые механические повреждения, повреждения стекла, и стрелки: _____

3. Другие дефекты, мешающие проведению калибровки: _____

4. Видимые механические дефекты и повреждения: _____

5.Определение основной приведенной погрешности

Диапазон температуры °С	калибруе-мые точки	Т измеренная °С		Т эталона °С		Погрешность %		вариация %	Наибольшая погрешность %
		прямой ход	обратный ход	прямой ход	обратный ход	прямой ход	обратный ход		

Неопределенность по типу А измерений температуры жидкости (u_{At})	
Неопределенность по типу В, связанная с нестабильностью термостата Ut_s, °С	
Неопределенность по типу В, связанная с неоднородностью температурного поля в рабочей зоне термостата Ut_{s1}, °С	
Неопределенность по типу В, связанная с погрешностью измерения эталонного термометра Ut_c, °С	
Неопределенность по типу В, связанная с погрешностью измерения измерителя температуры Ut_{izm}, °С	
Суммарная стандартная неопределенность измерений температуры жидкости U_{sumt}, °С	
Расширенная неопределенность измерений температуры жидкости Upt с коэффициентом охвата k = 2 при уровне доверия p = 0,95 (U_{pt}), °С	
Целевое значение расширенной неопределенности измерений температуры жидкости, °С	

Заключение: _____

_____ _____ _____

(должность калибровщика) (подпись калибровщика) (инициалы, фамилия калибровщика)

Дата: _____