



Содержание

1. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТРОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	4
2. ВНЕДРЕНИЕ ГОСТ Р 8.624-2006 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОАО НПП "ЭТАЛОН"	7
3. ИЗМЕРИТЕЛИ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КОРПУСА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ	9
4. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ.....	10
5. ПИРОМЕТРЫ	12
6. ПИРОМЕТРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОМЫШЛЕННОСТЯХ	17
7. О СОСТОЯНИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛИНЫ В ДИАПАЗОНЕ 0,8...2000 МКМ	18
8. РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ЖИДКОСТНОГО ТЕРМОСТАТА ДЛЯ ПОВЕРКИ КОНТАКТНЫХ ТЕРМОМЕТРОВ	20
9. СРЕДСТВА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ДИАПАЗОНЕ ОТ -190 ДО 1600°С	22
10. РЕАЛИЗАЦИЯ РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК ТЕМПЕРАТУРНОЙ ШКАЛЫ В МАЛОГАБАРИТНЫХ АМПУЛАХ	24
11. ПРОДУКЦИЯ ОМСКОГО ОАО НПП «ЭТАЛОН» ДЛЯ ЗАДАЧ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	26
12. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ТЕРМОМЕТРОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ	28
13. ЭКОНОМИКА И КОНТРОЛЬ	30
14. ДАТЧИКИ И ПРИБОРЫ ОМСКОГО ЗАВОДА "ЭТАЛОН" ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ	32
15. РАБОТА ФГУП "ЭТАЛОН" В ОБЛАСТИ ТЕПЛОСБЕРЕЖЕНИЯ	33
16. ВТОРИЧНЫЕ ПРИБОРЫ ОАО НПП «ЭТАЛОН»	34
17. ПРИБОРЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	36
18. ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ НУЖД ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ	37
19. ИННОВАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА КОНТАКТНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ ПРОИЗВОДСТВА ОАО НПП «ЭТАЛОН»..	38
20. МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕКОНТАКТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ	40
21. НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ ОАО НПП "ЭТАЛОН" В ОБЛАСТИ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	42
22. КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАСПЛАВА ХЛОРИДА БАРИЯ В СОЛЯНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧАХ	46
23. КАЛИБРАТОРЫ СЕРИИ КС ПЕРЕНОСНАЯ ПОВЕРОЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ, УДОВЛЕТВОРЯЮЩАЯ ТРЕБОВАНИЯМ ГОСТ Р 8.624-2006.....	47
24. КРИОСТАТ КР -80: ВЫСОКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПОВЕРКИ В ДИАПАЗОНЕ ОТ -80 ДО +40 °С	49
25. ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭТАЛОННЫХ МЕР СВЧ В ОАО НПП «ЭТАЛОН»	51
26. ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦСМ (ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ)	



МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ В РАМКАХ ПРИМЕНЕНИЯ "РУКОВОДСТВА ПО ВЫРАЖЕНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ"	51
27. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В РАДИАЦИОННОЙ ТЕРМОМЕТРИИ - ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ	54
28. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ОАО НПП "ЭТАЛОН" ДЛЯ НУЖД ЭНЕРГОАУДИТА	59
29. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРИБОРЫ В ЭНЕРГОАУДИТЕ	64
30. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ОАО НПП "ЭТАЛОН" ДЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ	67
31. УСТАНОВКА ТЕПЛОМЕТРИЧЕСКАЯ УТМ-1	68
32. КОНТРОЛЛЕРЫ ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ	70
33. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПОВЕРКИ КОНТАКТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ -190 ДО 1600 °С	71
34. ФИЛЬТРЫ НА ПАВ, ДАТЧИКИ НА ИХ ОСНОВЕ, А ТАКЖЕ О МЕРАХ МИКРОННОГО ДИАПАЗОНА	73
35. ПРЕЦИЗИОННЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ РАЗРАБОТКИ ОАО НПП "ЭТАЛОН"	75



1. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТРОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.

ОАО НПП «Эталон» (ФГУП ООЗ «Эталон») - научно-производственное предприятие Агентства по техническому регулированию и метрологии (Госстандарт России) – единственное в России, которое специализируется на разработке и производстве образцовых и технических средств измерения температуры.

До перестройки завод выпускал наборы мер полного и волнового сопротивления, комплексного коэффициента передачи, аттенуаторы, комплекты фильтров нижних частот и переходов СВЧ диапазонов (0-18ГГц), образцовые эталонные меры длины микронного диапазона и ПАВ-фильтры на базе тонкопленочной технологии для электронной промышленности на частотах 100-900 МГц, с предельно низкими потерями 3,5Дб. 30% в объеме работ занимал на заводе прибороремонт. Ремонтировали находящиеся в эксплуатации на предприятиях г. Омска и области все виды весов, радиоизмерительные, теплотехнические, оптико-механические, физико-химические и другие средства измерений. Ремонт профилактические работы электротехнических лабораторий типа 82050 «Роботрон», «Хагенюк».

НПП «Эталон» развивается и функционирует в рамках правовых норм регламентированных Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» и «Основании политики РФ в области развития науки и техники на период до 2010г. и на дальнейшую перспективу», одобренную 20.09.2002г. на совместном заседании президиума Госсовета, Совета Безопасности и Совета по науке РФ.

Предприятие располагает собственным КБ, научно-исследовательским отделом, метрологической службой, службой маркетинга и другими структурными подразделениями, что дает возможность самостоятельно проводить разработки на современном техническом уровне, выпускать высококачественные и надежные изделия.

Предприятие – постоянный член температурной комиссии Госстандарта России. Имеет тесные постоянные связи с ведущими метрологическими институтами, НИИ различных отраслей и проектными организациями. Все это способствует совершенствованию существующих технологий, внедрению новых, в том числе конверсионных материалов и уникального оборудования.

Благодаря высокой квалификации разработчиков и изготовителей, а также высокому технич. уровню изделий предприятие получило лицензию Госстандарта России на специальный вид деятельности. Система качества предприятия сертифицирована на соответствие международным стандартам ИСО 9001 и стандартам ГОСТ Р.

С 1991 года по настоящее время заводом разработано и освоено серийное производство более 150 типов изделий температуры, более 7000 модификаций, в том числе взрывозащищенного исполнения; с унифицированными выходными сигналами, как для термометров сопротивления, так и для термопар, парных термометров сопротивления для теплосчетчиков. Освоив производство датчиков температуры, завод приступил к разработкам и серийному производству электронных вторичных приборов с применением современной микропроцессорной техники: преобразователей, измерителей и регуляторов температуры.

Производство технических СИ температуры должно предусматривать наличие средств их поверки, как при производстве и выпуске, так и в эксплуатации. При методическом руководстве ВНИИМ (г.Санкт-Петербург) СНИИМ (г.Новосибирск), УНИИМ (г.Екатеринбург) предприятие ведет исследования, разрабатывает, как рабочие средства измерения температуры, так и метрологическое

оборудование к нему. Особую роль выполняет разработка и выпуск метрологического оборудования, что важно при вступлении России в ВТО и введении технических регламентов. С помощью измерения на самом высоком уровне достоверно оценивается качество и количество товаров и услуг, защита прав потребителя.

Образовавшаяся «ниша» в метрологическом обеспечении температурных измерений быстро заполняется оборудованием, поставляемым из дальнего зарубежья. Однако не все рекламируемые и сертифицированные импортные изделия удовлетворяют метрологическим нормам. Так, например, появилась масса портативных калибраторов температуры («калибратор» - от слова «калибр» - мера), сертифицированных по России для поверочных работ. Потребители, приобретая эти изделия, сталкиваются с проблемой значительных инструментальных погрешностей, связанных: с малой глубиной рабочей камеры (от 80 до 200мм), вследствие чего возникает мощный теплоотвод от поверяемого датчика, а большой градиент температурного поля рабочей камеры (до -0,5°С/см) еще сильнее влияет на погрешность измерений.

Хотя по точности и специфическим особенностям эксплуатации калибраторы температуры не всегда годятся для поверочных работ, они могут применяться для тестирования измерительных приборов и систем непосредственно на объектах эксплуатации.

Хуже обстоят дела в области неконтактной термометрии. Отечественная промышленность не выпускает модели «абсолютно черных тел», прекращен выпуск температурных ламп, предназначенных для поверки пирометров полного и частичного излучения. Не решены вопросы по методикам поверки сканирующих пирометров-тепловизоров.

Учитывая выше изложенное, наше предприятие приступило к разработкам и освоению серийного производства метрологического оборудования для оснащения поверочных лабораторий.

Уже на протяжении ряда лет предприятием серийно выпускаются термостаты: нулевой – ТН-1М, и паровой ТП-2, реализующие 0°С и 100°С соответственно, раньше, аналогичные термостаты (ТН-12, и ТП-5) выпускались в Казахстане. Термостаты применяются при поверке термометров сопротивления согласно ГОСТ 8.461.

Внешний вид термостатов приведен на рис. 1.1; 1.2, а технические параметры в таблице 1.1.

С 1999 года завод серийно выпускает жидкостные регулируемые термостаты ТР-1М с диапазоном от 40°С до 300°С, глубиной рабочей камеры до 300мм, с гарантированным градиентом температурного поля, как в осевом, так и в радиальном направлениях по всему объему камеры. Термостат может применяться при поверке и градуировке термопар, термометров сопротивления и ртутных термометров согласно ГОСТ 8.338.

ГОСТ 8.461; ГОСТ 8.317. В качестве теплоносителя используется жидкость ПМС-100 ГОСТ 8.338, а если температура термостатирования не превышает 95°С то может использоваться вода. Термостат ТР-1М внешний вид рис. 1.3, а его параметры приведены в таблице. По желанию покупателя термостат может быть укомплектован вытяжной камерой.

В 2000 году освоено серийное производство сухоблочных термостатов ТС-250 и ТС-600 с верхним значением диапазона регулирования и стабилизации температура 250 и 600°С соответственно.



Рисунок 1.1. Термостат нулевой ТН-1М



Рисунок 1.2. Термостат паровой ТП-2



Рисунок 1.3. Термостат регулируемый ТР-1М



Рисунок 1.4. Термостат сухоблочный ТС-250



Достоверные измерения в сухоблочных термостатах возможно реализовать при условии хорошего теплового контакта датчиков температуры относительно рабочей камеры термостата и оптимальной глубины погружения датчиков, в противном случае имеет место дополнительная неопределенная инструментальная погрешность. С этой целью термостаты комплектуются сменными металлическими вставками с калиброванными отверстиями для датчиков. Внешний вид сухоблочных термостатов приведен на рис.1.4., а их технические характеристики в таблице 1.1. На основе сухоблочных термостатов, созданы калибраторы температуры, готовится их выпуск.

Для нагрева средств измерения температуры в диапазоне от 100°C до 1200°C завод серийно выпускает малоинерционные трубчатые печи МТП-2МР длиной 500мм и 1000мм, с гарантируемым температурным градиентом в центральной части (± 25 мм) не более 0,8°C/см при температуре 1200°C. Для расширения зоны равномерного нагрева в комплект поставки может входить никелевый выравнивающий блок. Управление печью осуществляется от регулятора температуры, входящего в комплект поставки. Внешний вид печи показан на рис. 1.5, а технические параметры - в таблице. Печи МТП-2МР применяются при проверке и градуировке термопар согласно ГОСТ 8.338, в том числе эталонных согласно МИ1744.

В 2001 году завод поставил на серийное производство печь с диапазоном рабочих температур от 900°C до 1600°C аналогичного назначения.

Проверка, калибровка или градуировка предусматривает наличие образцовых (эталонных) средств измерения.

С 1977г. завод серийно выпускает эталонные платиновые термопары 1,2,3 разрядов типа ППО в диапазоне рабочих температур от 300°C до 1200°C и образцовые платинородиевые термопары типа ПРО с диапазоном рабочих температур от 900°C до 1800°C. Длина термопар 1000; 1250; 1600 мм. Для более низких температур (до 400°C) завод может поставлять эталонные платиновые термометры сопротивления типа ЭТС-100 (номинальное сопротивление при 0°C -100 Ом). Достоинствами этих термометров по сравнению с общеизвестными ПТС-10 являются повышенная чувствительность и металлический корпус. Эталонный термопреобразователь ППО неоднократно награждался дипломами и медалями на выставках и ярмарках СССР, Германии, Чехии, Венгрии, а в настоящее время стал лауреатом конкурса «100 лучших товаров» 2000 года.

На протяжении ряда лет, завод серийно производит установку УПСТ-2М. Установка имеет блочно-модульную конструкцию, реализующую проверку и градуировку всех типов термопар по ГОСТ 8.338 и МИ 1744 в диапазоне температур от 0°C до 1200°C и термометров сопротивления, в том числе парных для теплосчетчиков, по ГОСТ 8.461 и соответствующим методикам. Установка состоит из двух измерительных блоков (для термопар БИ-1 и для термометров сопротивления БИ-2), двух печей МТП-2МР, термостатов ТН-1М, ТП-2. Кроме этого с установкой могут поставляться образцовые термопары и термометры сопротивления, выравнивающие блоки, термостат ТР-1М, устройство для дробления льда УДЛ. В составе установки может работать любой вольтметр или потенциометр соответствующего класса точности, например вольтметр В2-99 нашей разработки. Прецизионный милливольтметр В2-99 для поверочного оборудования может использоваться в лабораториях государственных метрологических служб и метрологических служб юридических лиц для измерений напряжений. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения милливольтметра В2-99:

$$\pm(6 \cdot 10^{-4} + 10 \cdot 5 \cdot U) \text{ мВ},$$

где U - измеренное напряжение в мВ. Метрологические характеристики милливольтметра обеспечивают возможность проведения проверки и градуировки образцовых термоэлектрических преобразователей 2-го и 3-го разрядов, всех типов рабочих термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления.

Все блоки, модули и изделия, входящие в состав установки, имеют самостоятельную поставку. Установка сертифицирована и внесена в Госреестр средств измерения.

Установка УПСТ-2М — это единый метрологический комплекс, размещаемый на одном лабораторном столе (за исключением термостатов), проста в эксплуатации, позволяет проводить одновременную проверку до 8 термопар и до 10 термометров сопротивления.

Федеральным надзором России по ядерной и радиационной безопасности выдана лицензия (Госатомнадзор России), которая дает право на конструирование и изготовление оборудования для объектов использования атомной энергии. Установка УПСТ-2М в течение нескольких лет эксплуатируется на Курской АЭС, Кольской АЭС.

В июне 2001г. закончены испытания с целью утверждения типа автоматизированного рабочего места для проверки термометров сопротивления АРМ ПТС, которая позволяет производить проверку и градуировку рабочих термометров сопротивления всех типов, имеет связь с компьютером и обеспечивает расчет градуировочной характеристики ТС, протоколирование и хранение информации результатов проверки (градуировки).

Аналогично установке УПСТ-2М, АРМ ПТС комплектуется термостатами и эталонными СИ.

В августе 2001г. на Международной специализированной выставке «Эталон-2001», проходившей на ВДНХ в г. Москве, завод награжден большой золотой медалью «Гарантия качества и безопасности» в номинации «Контроль качества и безопасность» за изделия: АРМ ПТС (автоматизированное рабочее место проверки термометров сопротивления), портативный пирометр ПП-1 и АЧТ-45/100/1100.

На очередном заседании температурной комиссии Госстандарта России проходившим в Омске в октябре 2000г., был одобрен план на период 2005 года метрологического обеспечения средств измерения температуры в основе, которого стоят серийно выпускаемые и разрабатываемые Омским предприятием «Эталон» изделия. Особое место в этом плане занимают: эталонные термоэлектрические термометры новой градуировочной характеристики (платино-палладий), и термометрами сопротивления; автоматизированное рабочее место для проверки технических термометров сопротивления и термопар; термостаты и криостаты различных конструкций и назначения, в том числе калибраторы температуры; приборы и оборудование для неконтактной термометрии-пирометры, тепловизоры и средства их проверки - «модели абсолютно черных тел», и эталонные пирометры, приборы и оборудование для определения теплопроводности материалов и конструкций; вторичные приборы различного назначения на базе разработанного прецизионного вольтметра В2-99 (дипломант конкурса «Лучший отечественный измерительный прибор 2002 г.»), и т.д..

В рамках сотрудничества с Сибирским НИИ метрологии ведутся работы в обл. приборостроения для энергосберегающих технологий.

При обследовании теплоэнергетических объектов необходим оперативный контроль поверхности. Из СИ температуры наибольшим быстродействием обладают фотоэлектрические пирометры. Однако зависимость их показаний от оптикофизических свойств поверхности измеряемого объекта, а также спектральных характеристик среды и оптической системы пирометра затрудняют нормирование характеристик его точности. Поэтому задача создания контактных преобразователей температуры является актуальной для приборостроения. Конструкция таких преобразователей температуры должна быть оптимальной по следующим требованиям: надежность теплового контакта с объектом измерений, минимальность теплоотвода в окружающую среду, защищенность чувствительного элемента, возможность градуировки с помощью погружных или поверхностных термостатов и др.. По условиям измерения они могут быть для стационарной установки, для временной или для экспресс-измерений.

Заводом разработаны и серийно выпускаются такие датчики температуры с относительной погрешностью в 1% с инерционностью менее 10 с.

Перспективным направлением развития СИ температуры поверхности являются также оптические методы, обеспечивающие измерения в труднодоступных местах энергетических объектов, например высоковольтных цепей. К этим методам следует отнести и волоконно-оптические методы, возможности которых до сих пор до конца не исследованы.

Контактные преобразователи теплового потока, основанного на зависимости возникающего в них перепада температуры от проходящего с поверхности объекта теплового потока, используются при определении теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий и сооружений. Количественная связь сигнала преобразователя с проходящим тепловым потоком устанавливается с помощью поверочных установок в соответствии с государственной поверочной схемой. Широкое внедрение таких преобразователей содержится в значительной степени их инерционностью и методическими погрешностями, обусловленными их тепловым сопротивлением. В настоящее время в СНИИМ проходят исследования, изготовленные на нашем НПП преобразователи теплового потока с целью постановки их и соответствующих поверочных установок на серийное производство.

Для определения теплозащитных свойств строительных материалов необходимы точные измерения их теплопроводности.



Нашим заводом осваивается выпуск тепловых зондов для разработанного в СНИИМ компаратора-измерителя теплопроводности основанного на тепловом неразрушающем зондировании поверхности исследуемого материала. Этот прибор уже используется в метролог. службах в качестве образцового, а также в испытательных лабораториях для экспресс – измерений широкого класса материалов. Однако для большинства измерений в стройиндустрии необходимо освоить выпуск измерителей теплопроводности, использующих например, стандартный метод пластины с таким же образцом большого размера.

В мае 2001 года на заводе завершены Государственные испытания с целью утверждения типа двух пирометров, включая аттестацию их метрологического обеспечения – моделей «абсолютно-черных» теп. Готовятся к Государственным испытаниям сканирующий и кадровый пирометры.

На Всемирной выставке инноваций и изобретений в Брюсселе преобразователь СТ-1 награжден бронзовой медалью «Брюссель-Эврика-2001». Преобразователи выпускаются в четырех исполнениях в зависимости от диапазона измеряемых температур и показателя визирования (от 1:15 до 1:40). Подключение преобразователя к источнику питания (30 +/- 0,5 В) и измерительной цепи производится при помощи разъема, расположенного на тыльной стороне преобразователя. Рабочий диапазон температур окружающей среды от +5 до +50°C используется на Омском нефтеперерабатывающем заводе. Характеристики ПД-4 соответствуют образцовым средствам I-го разряда ($\delta=2^{\circ}\text{--}5^{\circ}\text{C}$; диапазон 800-2500°C); что не хуже общеизвестного эталонного пирометра ЭОП-93, выпускаемого на Украине. Разработан и запущен в производство пирометр ПД-7 с выносной оптоволоконной головкой для диапазонов (400°÷1500°C и 1500°÷2500°C) измеряемых температур.

В настоящее время ОАО НПП «ЭТАЛОН» для задач поверки тепловизионных и термографических измерительных систем и приборов разработаны модели протяженных излучателей. Модели позволяют определять элементарное поле зрения и угол поля зрения тепловизионных и термографических приборов. Модели комплектуются базовым набором мир.

Модель ПЧТ 540/40/100 предназначена для поверки в диапазоне 40-100°C, размеры излучающей поверхности 540*540мм. Коэффициент черноты 0,95.

Модель ПЧТ 280/100/500 предназначена для поверки в диапазоне 100-500°C диаметр излучающей поверхности 280мм. Коэффициент черноты 0,95.

Модели комплектуются электронными регуляторами БУ-1М, обеспечивающими необходимую стабильность поддержания темп-ры излучающих поверхностей протяженных излучателей, а также имеет связь с компьютером через порт RS 232.

Вся информация выводится на монитор в графическом режиме.

Опытные образцы тепловизионных систем (СТК-1) отлаживались и до сих пор эксплуатируются на Красноярском цементном, Ачинском глиноземным комбинате. В январе 2002г. система месяца испытывалась на ОАО «Топкинский цемент» и рекомендована к применению.

Все разработки, выполняемые нашим заводом, ведутся за счет собственных средств.

Ведущие специалисты завода имеют желание и возможность проведения выездных семинаров-совещаний в регионах и на предприятиях с целью ознакомления потенциальных потребителей с выпускаемыми изделиями и решения конкретных проблем температурных измерений с «привязкой» к конкретному объекту.

Все разрабатываемые средства измерений подвергаются испытаниям с целью утверждения типа, заносятся в Госреестр СИ, а завод получает лицензию на право их производства.

Предприятием решена основная задача – обеспечена Государственная поверочная схема для средств измерения температур ГОСТ 8 558-93 всеми необходимыми метрологическими средствами передачи единицы температур от рабочего эталона в диапазоне -200°C +2500°C до рабочих средств измерения.

Выпускаемое поверочное оборудование обеспечивает развитие метрологической инфраструктуры, ее функционирование на современном уровне, является важным элементом в создании Российской системы измерений, основанной на применении рыночной экономики и гармонизирует с международными правилами и нормами, обеспечивая единство измерений в стране.

Таблица 1.1

ПАРАМЕТРЫ И ХАР-КИ	НАИМЕНОВАНИЕ И ТИП ОБОРУДОВАНИЯ						
	ТЕРМОСТАТЫ					КРИО-СТАТ	ПЕЧЬ
	ТН-1М	ТП-2	ТР-1М	ТС-250-1	ТС-600-1	КР-40-2	МТП-2МР
Диапазон воспроизводимых температур или номинальная температура (°C)	0	100	40...200	50...250	50...600	-40...+40	от 100 до 1200
Максимальная глубина рабочей камеры (мм)	350	350	300; 500	120	180	300	250 или 500
Длина рабочей зоны с градиентом температуры (мм)	100	100	300	60	80	100	±25 от центра печи
Температурный градиент, °C/см, не более	0,006		0,02	0,1	0,2	0,02	0,8 при t° 1200°C
Неустойчивость поддержания температуры	-	-	0,1°C за 30 мин				0,1°C в мин
Время выхода на режим, (мин)	30	60	120	15	30	240	60

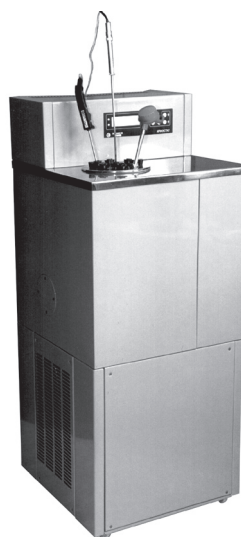


Рисунок 1.6. Криостат КР-40-2

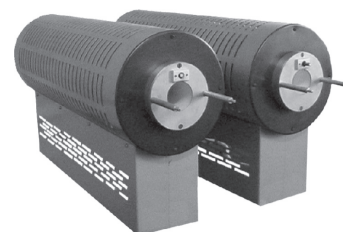


Рисунок 1.5. Печь МТП-2МР



Рисунок 1.7. Пирометр ПД-4



Рисунок 1.8. АЧТ45/100/1100

2. ВНЕДРЕНИЕ ГОСТ Р 8.624-2006 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБО- РУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОАО НПП "ЭТАЛОН"



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

С 1 января 2008 г. в Российской Федерации введены в действие новые национальные стандарты ГОСТ Р 8.625-2006 [1] и ГОСТ Р 8.624-2006 [2], устанавливающие технические требования и методики поверки для рабочих термометров сопротивления (ТС). Сложность внедрения данных стандартов обусловлена тем, что в стандарте ГОСТ Р 8.624 [2] появился термин «неопределенность измерений», который требует больших математических расчетов и более осмысленного применения, чем старый термин «погрешность измерений». Математические расчеты на современном уровне развития вычислительной техники не вызывают особых проблем, а наше мнение по выполнению требований ГОСТ Р 8.624 к поверочному оборудованию мы изложим ниже.

ГОСТ Р 8.624 [2] формулирует требования как к отдельным видам средств поверки: п.6.3 эталонные термометры сопротивления, п.6.4 термостаты и калибраторы, п.6.5 аппаратура для реализации реперных точек, п.6.6 измерительная аппаратура, так и к всему комплексу поверочного оборудования – п.6.8. Какими же требованиями должен руководствоваться поверитель при выборе средств измерений для поверки термометров сопротивления. На наш взгляд, поверитель должен выполнять требование п.6.8 ГОСТ Р 8.624 [2]: "Перед использованием средств поверки ТС необходимо провести расчет ожидаемой расширенной неопределенности поверки ТС по данным свидетельств о поверке термостата или калибратора и о поверке всех остальных используемых средств измерений по методике, изложенной в разделе 11. Рассчитанная расширенная неопределенность поверки ТС (или предел погрешности поверки) должна быть в два раза меньше требуемого допуска ТС по ГОСТ Р 8.625." При этом нужно понимать, что нормируется расширенная неопределенность поверки, в которую входит много составляющих, что позволяет при разных значениях этих составляющих получить результирующее знач.расширенной неопределенности поверки таким же.

Рассмотрим данное утверждение на примере из приложения В ГОСТ Р 8.624 [2].

Задача: оценить расширенную неопределенности поверки ТС класса А при температуре 95 °С с применением жидкостного термостата.

Информация о поверяемом термометре: термометр сопротивления типа ТСР. Условное обозначение НСХ – Pt100. Класс А по ГОСТ Р 8.625. Допуск при 95 °С $\pm 0,34$ °С.	
Средства измерений, используемые при поверке:	
Случай 1:	Случай 2
- водяной термостат - нестабильность температуры $\Delta t_{\text{ст}} = \pm 0,02$ °С; - неравномерность температуры в рабочем объеме $aF = \pm 0,01$ °С; - эталонный термометр - расширенная неопределенность (или доверительная погрешность при доверительной вероятности 95%) при 100 °С $U_{\alpha} = \pm 0,12$ °С; - нестабильность за межповерочный интервал $a\alpha = \pm 0,05$ °С; - Мост постоянного тока - предел основной допускаемой погрешности $\Delta \text{ПР} = \pm 0,002$ Ом; - СКО результата измерения сопротивления 100-омного ТС в поверочной лаборатории при 95 °С $u(\text{rlab}) = 0,005$ Ом	- термостат регулируемый TP-1M-300 - нестабильность температуры $\Delta t_{\text{ст}} = \pm 0,03$ °С; - неравномерность температуры в рабочем объеме $aF = \pm 0,02$ °С; - эталонный термометр ЭТС-100 3-го разр. - расширенная неопределенность (или доверительная погрешность при доверительной вероятности 95%) при 100 °С $U_{\alpha} = \pm 0,03$ °С; - нестабильность за межповерочный интервал $a\alpha = \pm 0,01$ °С; - Вольтметр универсальный цифровой В7-34 - предел основной допускаемой погрешности, в процентах, равен $\pm [0,015 + 0,002(Rx/Rk-1)]$, в нашем случае $\Delta \text{ПР} = \pm 0,038$ Ом; - СКО результата измерения сопротивления 100-омного ТС в поверочной лаборатории при 95 °С $u(\text{rlab}) = 0,005$ Ом.

Бюджет неопределенности измерения температуры в термостате эталонным термометром представлен в таблице 2.1. Бюджет неопределенности измерения сопротивления поверяемого ТС представлен в таблице 2.2. Рассчитанные значения суммарной стандартной неопределенности поверки и расширенной неопределенности поверки представлены в таблице 2.3.

Как видно из таблицы 2.3, значения расширенной неопределенности поверки в обоих случаях сравнимы и более чем в два раза меньше допуска поверяемого ТС, таким образом и первый и второй комплект оборудования может использоваться для поверки данного термометра сопротивления.

В приведенном выше случае мы подбирали оборудование для поверки термометра сопротивления класса А в одной точке диапазона. Однако, по нашему мнению, самым актуальным на данном этапе является вопрос, можно ли с помощью предлагаемого на рынке в настоящее время метрологического оборудования осуществлять поверку термометров сопротивления в соответствии с требованиями нового стандарта ГОСТ Р 8.624 [2] в требуемом диапазоне температур.

В таблице 4 приведены значения расширенной неопределенности поверки платинового ТС с НСХ 100П с использованием эталонного термометра сопротивления ЭТС-100 3-го разряда, вольтметра универсального В7-54/3 и серийно выпускающихся термостатов и криостатов производства ОАО НПП "Эталон", г.Омск.

Анализ значений, приведенных в этой таблице, позволяет сделать

Таблица 2.1 - Бюджет неопределенности измерения температуры в термостате

источник неопределенности и метод расчета	Случай 1			Случай 2		
	оценка стандартной неопределенности	коэффициент влияния	вклад в суммарную стандартную неопределенность	оценка стандартной неопределенности	коэффициент влияния	вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении (по пяти измерениям) $u(\text{dlab-5}) = u(\text{drlab})/\sqrt{5}$	0,0022	1/0,385	0,0058	0,0022	1/0,385	0,0058
Нестабильность температуры в термостате $u(t_{\text{ст}}) = \Delta t_{\text{ст}}/\sqrt{3}$	0,0116	1	0,0116	0,0173	1	0,0173
Градуировка эталонного термометра $u(\text{drc}) = U_{\alpha}/2$	0,06	1	0,06	0,0150	1	0,0150
Электроизмерительная установка $u(\text{drg}) = \Delta \text{ПР}/3$	0,00067	1/0,385	0,0017	0,0127	1/0,385	0,0329
Нестабильность эталонного термометра за межповерочный интервал $u(\text{drt}) = a\alpha/\sqrt{3}$	0,0289	1	0,0289	0,0058	1	0,0058
Суммарная стандартная неопределенность температуры $u_c(t)$, °С			0,068			0,041

Таблица 2.2 - Бюджет неопределенности измерения сопротивления поверяемого ТС

Источники неопределенности и метод расчета	Случай 1			Случай 2		
	оценка стандартной неопределенности	коэффициент влияния	вклад в суммарную стандартную неопределенность	оценка стандартной неопределенности	коэффициент влияния	вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении (по пяти измерениям) $u(\text{dlab-5}) = u(\text{drlab})/\sqrt{5}$	0,0022	1	0,0022	0,0022	1	0,0022
Электроизмерительная установка $u(\text{drg}) = \Delta \text{ПР}/3$	0,00067	1	0,00067	0,0127	1	0,0127
Перепад температур в рабочем объеме $u(\text{drt}) = aF/\sqrt{3}$	0,0058	0,385	0,0022	0,0115	0,385	0,0044
Суммарная стандартная неопределенность сопротивления $u_c(RK)$, Ом			0,0032			0,0136

Таблица 2.3 – Рассчитанные значения неопределенности поверки

Рассчитанные значения	Случай 1	Случай 2
Суммарная стандартная неопределенность поверки $u_c(R)$, Ом	0,0262	0,0208
Расширенная неопределенность поверки при $k=2$ u_{ext} , °С	0,136	0,108

вывод о том, что, правильно выбрав комплекс поверочного оборудования, можно поверять ТС классов А, В, С и даже самого точного класса АА с выполнением требований нового стандарта ГОСТ Р 8.624 [2] с тем оборудованием, которое разрабатывалось для выполнения требований ГОСТ 8.461 [3] и в настоящее время серийно выпускается.

Что же делать, когда производитель предлагает полностью укомплектованный комплекс оборудования для поверки ТС. В этом случае конечно нужно удостовериться, что все требования нового ГОСТ Р 8.624 [2] выполняются, т.к. заменить какую-либо часть комплекса очень сложно.

Рассмотрим автоматизированное рабочее место для поверки термометров сопротивления (АРМ ПТС), выпускаемое ОАО НПП "Эталон", г.Омск.

Требование п.9.3 ГОСТ Р 8.624 [2] "Экспериментальная оценка неопределенности единичного измерения сопротивления в условиях конкретной поверочной лаборатории" выполняется в АРМ ПТС по отдельной команде сервисного меню. ГОСТ Р 8.624 [2] рекомендует использовать при этой операции термостатированные меры сопротивления, реперные точки или высокостабильные жидкостные термостаты, поэтому, учитывая отсутствие реперных точек или высокостабильных жидкостных термостатов в большинстве региональных метрологических центров, в АРМ ПТС предусмотрено использование мер сопротивления или высокоточного магазина сопротивлений. Для каждого канала измерения производится 50 измерений и автоматически рассчитывается СКО результата измерения.



Таблица 26.4 – Оценка расширенной неопределенности поверки ТСП с помощью различных термостатов производства ОАО НПП «Эталон»

Температура, °C	Допуск ТСП при этой температуре по ГОСТ Р 8.625, °C				Расширенная неопределенность поверки с помощью данного термостата + ЭТС-100 + В7-54/3, °C (пригодность для поверки ТСП класса, указывается самый точный класс)						
	AA	A	B	C	ТН-2М	ТП-2	КР-40-2	КР-190	ТР-1М-300	ТР-1М-В	ТР-1М-У1
-190	-	-	1,25	2,5	-	-	-	0,140 (B)	-	-	-
-60	-	0,27	0,6	1,2	-	-	-	0,134 (A)	-	-	-
-40	0,168	0,23	0,5	1,0	-	-	0,056 (AA)	-	-	-	-
0	0,1	0,15	0,3	0,6	0,052 (A)	-	0,052 (A)	-	-	-	-
40	0,168	0,23	0,5	1,0	-	-	0,057 (AA)	-	0,057 (AA)	-	0,057 (AA)
100	0,27	0,35	0,8	1,6	-	0,87 (AA)	-	-	0,058 (AA)	0,058 (AA)	0,058 (AA)
200	0,44	0,55	1,3	2,6	-	-	-	-	0,065 (AA)	0,065 (AA)	0,065 (AA)
300	-	0,75	1,8	3,6	-	-	-	-	0,076 (A)	0,076 (A)	0,076 (A)

Данная информация сохраняется в защищенном файле. Примерный вид окна программы приведен на рис. 2.1.

При проведении поверки программа на основании данных о типе подключенного ТС и реализуемой в термостате температурной точке автоматически выбирает требуемое значение СКО единичного измерения, кот. ис- для расчета бюджета неопределенностей в соответствии с ГОСТ Р 8.624 [2].

Согласно требованию п.10.3.1.3 ГОСТ Р 8.624 [2] критерием достижения стабильного состояния является изменение сопротивления ТС не более чем на 1/10 допуска за 5 минут. Данное требование выполняется в АРМ ПТС автоматически, оператор только должен указать термометры какого класса он собирается поверять (рис.26.2).

Пункт 10.3.1.3 ГОСТ Р 8.624 [2] требует, чтобы при использовании автоматических мостов результат каждого измерения был получен как среднее арифметическое значение не менее чем из пяти отсчетов. Цикл измерений должен повторяться не менее 2 раз. Температура эталонного термометра за все время измерений не должна измениться более чем на 1/5 допуска поверяемых ТС. Все эти требования автоматически выполняются в АРМ ПТС. (Пример на рис. 2.3)

Программа АРМ ПТС на основании информации о применяемом оборудовании (рис. 2.4) автоматически рассчитывает расширенную неопределенность поверки ТС и учитывает это значение при присвоении класса допуска поверяемым ТС согласно требованию п.10.3.5.

В таблице 2.5 приведена оценка расширенной неопределенности поверки различных ТС с помощью АРМ ПТС, г.Омск.

На основании данных, приведенных в табл.2.5, можно сделать вывод, что с помощью АРМ ПТС можно поверять ТС классов А, В, С и даже самого точного класса АА с выполнением требований нового стандарта ГОСТ Р 8.624 [2].

Таблица 2.5 – Оценка расширенной неопределенности поверки различных ТСП с помощью АРМ ПТС производства ОАО НПП «Эталон»

Температура, °C	Допуск ТСП при этой температуре по ГОСТ Р 8.625, °C				Расширенная неопределенность поверки с помощью АРМ ПТС, °C (пригодность для поверки ТСП класса, указывается самый точный класс)		
	AA	A	B	C	10П	100П	1000П
0	0,1	0,15	0,3	0,6	0,05 (AA)	0,05 (AA)	0,05 (AA)
100	0,27	0,35	0,8	1,6	0,063 (AA)	0,063 (AA)	0,063 (AA)

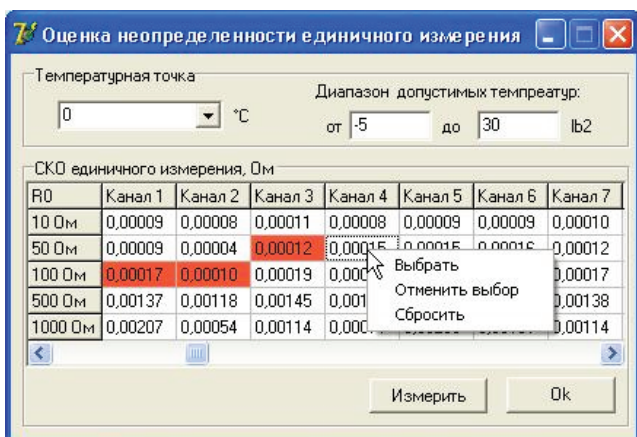


Рисунок 2.1 Окно оценки неопределенности единичного измерения сопротивления

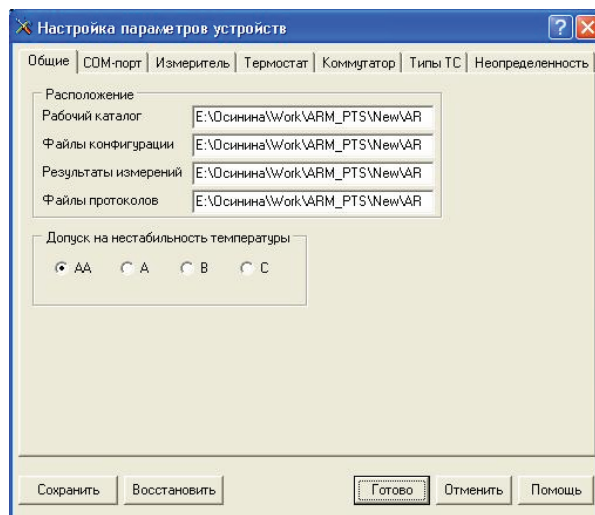


Рисунок 2.2 Окно выбора допуска на нестабильность тем-ры

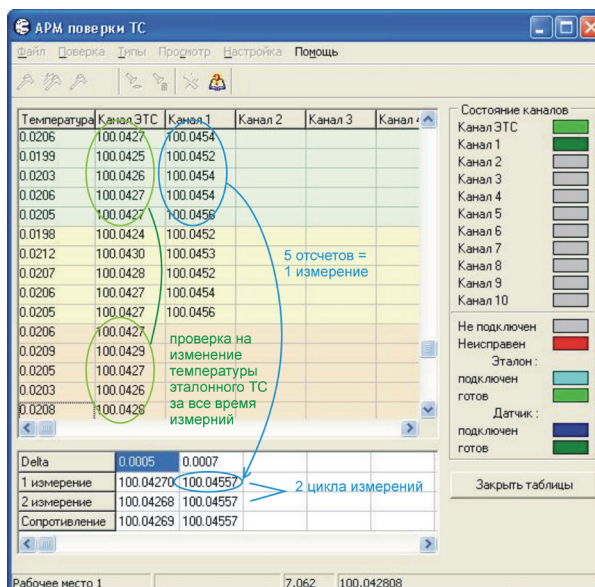


Рисунок 2.3 Пример поверки 1-го термометра сопротивления

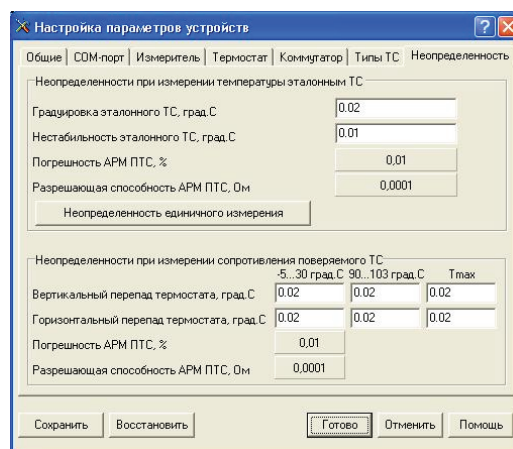


Рисунок 2.4 Источники неопределенности

Резюмируя все вышесказанное, можно с уверенностью утверждать, что в настоящее время можно проводить поверку термометров сопротивления всех классов допуска по ГОСТ Р 8.624 [2] с использованием АРМ ПТС или отдельных термостатов производства ОАО НПП "Эталон", г.Омск.

3. ИЗМЕРИТЕЛИ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КОРПУСА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

С конца 70-х годов прошлого столетия в цементной промышленности для контроля за температурой стенок вращающихся печей стали применяться сначала сканирующие радиационные пирометры, затем тепловизионные системы.

В основу такого сканирования положен принцип сканирования сектора зоны обзора вдоль линии (рис. 3.1) с целью регистрации инфракрасного излучения, испускаемого стенкой корпуса печи по линии, параллельной оси вращения печи.

Вращающееся зеркало обеспечивает сканирование лучистого потока вдоль корпуса печи. Поток, отражаясь от зеркала, попадает через диафрагмирующее отверстие на фотоприемник блока ПИ, включенный в электрическую схему 6. Блок ЭМС содержит также оптико-электронный датчик 2 скорости вращения зеркала с электронной схемой 4 стабилизации этой скорости. Оптико-электронный датчик 3 служит для снятия сигнала о положении зеркала относительно зоны обзора и через электронную схему 8 блока ПИ обеспечивает синхронизацию работы ключей блока ПИ и тактирования приемопередатчика данных в блоке БЦО. Схема 7 блока ПИ обеспечивает термостабилизацию нуля и чувствительности приемника излучения.

Аналоговый сигнал с выхода приемника излучения поступает на аналогоцифровой 10-разрядный преобразователь (АЦП) 9, с выхода которого параллельный код поступает на схему хранения 12 блока цифровой обработки. Запоминание сигналов необходимо для согласования скорости приема и передачи данных в виде 12-ти разрядных слов на 1 строку. Со схемы хранения сигналы передаются в регистр сдвига 13, обеспечивающий преобразование параллельного кода в последовательный асинхронный. Далее при помощи парафазного усилителя-преобразователя 14 сигналы в виде токовых посылок («токовая петля») попадают в линию связи ЛС. На вход последовательного порта ЭВМ сигналы поступают ч/з оптико-электронный преобразователь адаптера канала связи АКС. Электронная сх.10 обеспечивает тактирование процессов выборки-хранения сигналов. Кварцевый генератор 11 обеспечивает синхронизацию работы всех эл-ых блоков и узлов.

Питание всех электронных блоков осуществляется от источника питания ИП, обеспечивающего стабильные напряжения +15 В и 5 В от сети переменного тока ~220 или 36 В.

Система обеспечивает как дистанционную визуализацию тепловых полей стенки корпуса вращающейся печи в реальном времени, их регистрацию и хранение в виде изображений, так и измерение температур в заданных точках и по сечениям с последующей их математической обработкой, выводов и архивацией в виде трендов. Система имеет следующие тех.характеристики:

Диапазон контролируемых температур, °С.....	100 - 500
Сектор зоны сканирования	100°
Диапазон рабочих температур, °С	-40 ... +55
Приведенная погрешность, %	3
Разрядность аналого-цифрового преобразователя	10
Показатель визуирования	35
Площадь контролируемой точки с расстояния в 5 м. не более, мм	200x200
Программное обеспечение в среде	WINDOWS XP
Интерфейс связи с ПЭВМ	RS-232
Тип чувствительного к инфракрасному излучению элемента	ФР-611
Спектральный интервал, мкм	2,5 - 5,5
Частота сканирования, Гц	4
Габариты первичного прибора, мм.....	220x275x95
Вес первичного прибора не более, кг	5
Длина соединительной линии, км	2

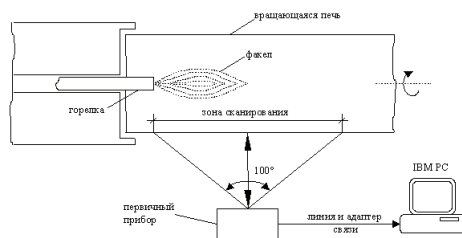


Рисунок 3.1. Иллюстрация способа контроля температуры стенки корпуса вращающейся печи

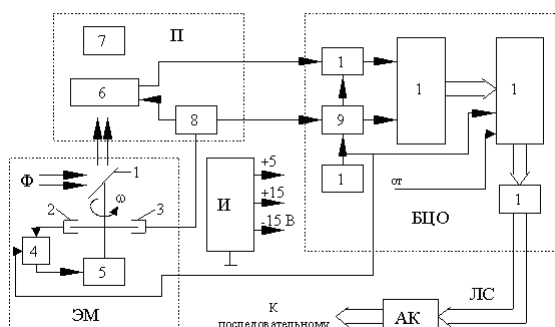


Рисунок 3.2. Функциональная схема



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

При обеспечении скорости сканирования значительно большей, чем линейная скорость движения контролируемой на корпусе линии при вращении печи, можно считать, что линии контроля тем-ры на стенке корпуса вращающейся печи остаются параллельными оси печи. Это позволяет формировать построчное изображение тем-ры контролируемого участка в кадр синхронно с вращением печи. При этом размер кадра определяется длиной окружности развертки цилиндра печи.

На Омском ОАО НПП «Эталон» – гос.предприятии Госстандарта России, специализирующемся на производстве тех-их и образцовых средств измерения температуры с 2000 года выпускается система тепловизионного контроля корпуса вращающейся печи типа СТК-1.

Система представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из 1, 2-х первичных приборов, IBM совместимого комп-ра, программы обработки и визуализации поля темп-р цилиндра развертки корпуса печи и адаптера канала связи.

С помощью первичного прибора осуществляется сканирование сектора зоны обзора около 100° (см. рис. 3.1) таким образом, что он регистрирует инфракрасное излучение, испускаемое стенкой корпуса печи вдоль линии, за 250 миллисекунд.

Функциональная схема первичного прибора приведена на рис. 2. Прибор состоит из блока электромеханического сканера (ЭМС), включающего в себя элементы 1, 2, 3, 4, 5; печатной платы приемника излучения (ПИ), состоящей из устройств 7, 6, 8; платы блока цифровой обработки (БЦО), представленного схемами 9, 10, 11, 12, 13, 14; двухпроводной линии связи (ЛС); адаптера канала связи (АКС) и блока источника питания (ИП). Лучистый поток Ф от стенки корпуса печи в соответствии с законом Стефана - Больцмана пропорциональный ее температуре попадает на зеркало 1 блока ЭМС, вращаемого со скоростью $\omega = 4$ об/с двигателем постоянного тока 5.

Связь первичных приборов с компьютером обеспечивается по двухпроводной токовой петле с оптико-электронной развязкой на входе компьютера.

В системе предусмотрены задания на подачу звуковой сигнализации при превышении температур выше заданной установки и при несанкционированном ее отклонении.

Технические решения, заложенные в конструкцию первичных приборов, интерфейс пользователя и программное обеспечение, максимально адаптированы к условиям эксплуатации на цементных заводах. Первые аппаратные реализации были доведены до практического использования еще в 1989 году на Навоийском цементном заводе. Опытные образцы системы отлаживались и эксплуатируются до настоящего времени на Красноярском цементном заводе, в ОАО «Сухоложскцемент», Коркинском цементном заводе, Ачинском глиноземном комбинате. В декабре 2001 года – январе 2002 года система в течении месяца испытывалась в ОАО «Топкинский цемент» и рекомендована к применению.

На рис. 3.3 приведена иллюстрация вывода информации с тепловизионной системы на экран монитора. Применение системы тепловизионного контроля в производстве цемента позволяет технологу и машинисту печи осуществлять динамический контроль за изменениями температур как по величине, так и за передвижением по длине (по зонам), что дает возможность обоснованно корректировать процесс обжига. Система позволяет выявлять места нарушения футеровки, контролировать ее качество после ремонтов, увеличивать стойкость, предотвращать прогары. Архивирование информации, предусмотренное в системе, позволяет анализировать качество ведения процесса обжига машинами, предисторию различных ситуаций, возникающих в процессе обжига.

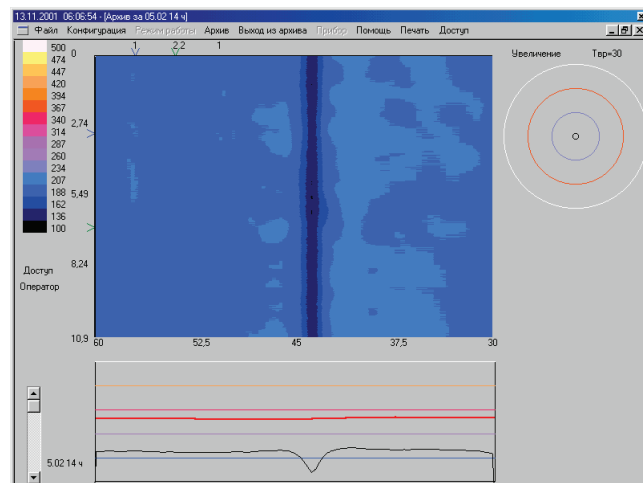


Рисунок 3.3. Иллюстрация вывода тепловизионной информации стенки корпуса печи на экран монитора с 30 по 60 метр

В.А. Никоненко, к.т.н., генеральный директор
В.А. Захаренко, доцент ОмГТУ



Если до начала 70-х гг. прошлого столетия основными приборами для пирометрических измерений являлись пирометры с исчезающей нитью накала, то в последние годы, благодаря бурному развитию электронных и цифровых технологий, в практике появилось большое разнообразие различных приборов для бесконтактного измерения температуры по тепловой радиации (пирометров).

В этой связи крайне актуальными являются вопросы оценки преимуществ и недостатков как самого пирометрического метода, так и сравнительной оценки различных типов пирометров.

Преимуществами пирометрических методов измерения температуры перед контактными являются:

- высокое быстродействие, определяемое типом приемника излучения и схемой обработки электрических сигналов. При использовании квантовых приемников излучения (фотодиодов) и быстродействующих аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) постоянная времени может составлять 10-2 ... 10-6 с;
- возможность измерения температуры движущихся объектов и элементов оборудования, находящихся под высоковольтным потенциалом;
- отсутствие искажения температурного поля объекта контроля, что особенно актуально при измерении температуры материалов с низкой теплопроводностью (дерево, пластик и др.), а также риска повреждения поверхности и формы в случае мягких (пластичных) объектов;
- возможность измерения высоких температур, при которых применение контактных средств измерения либо невозможно, либо время их работы очень невелико;
- возможность работы в условиях повышенной радиации и температуры окружающей среды (до 250°C) при размещении приемной головки и электроники пирометра с помощью оптоволоконного кабеля.

Основными недостатками пирометрических измерений температуры являются трудности полного учета связей между термодинамической температурой объекта и регистрируемой пирометром тепловой радиацией. Необходимо учитывать изменение излучательной способности поверхности ϵ от длины волны λ в регистрируемом спектральном диапазоне и от температуры T в диапазоне измерений, наличие поглощения излучения в среде между пирометром и объектом контроля, геометрические параметры поля зрения пирометра и его оптической системы, температуру окружающей среды и корпуса прибора.

Рассмотрим основные факторы, влияющие на точность результатов измерений пирометром более подробно.

1) Как известно, пирометр вычисляет температуру объекта, измеряя поток теплового излучения с некоторой части его поверхности в рабочей области спектра (либо используя отношение потоков в двух и более областях спектра – в пирометрах спектрального отношения).

Для расчета плотности излучения в заданном спектральном интервале применяют закон Планка, который является основным и наиболее общим законом в теории теплового излучения

$$E(\lambda, T) = \frac{\epsilon \times C_1}{\lambda^5 \times \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)}, \text{ Вт/см}^2, \text{ где}$$

ϵ – излучательная способность, C_1 и C_2 – первая и вторая постоянные Планка, λ – длина волны, T – температура.

Для непрозрачных тел справедливо выражение:

$$\epsilon = A = 1 - R, \text{ где}$$

A – коэффициент поглощения, R – коэффициент отражения.

Объект с $R=0$, т.е. полностью поглощающий падающее на него излучение, обладает наибольшей излучательной способностью $\epsilon = 1$ и называется "абсолютно черным телом" (АЧТ). Реальные объекты имеют излучательную способность меньше 1 и, следовательно, излучают меньше энергии. Проблема заключается в том, что для большинства реальных объектов излучательная способность зависит от температуры и длины волны, т.е. $\epsilon = f(\lambda, T)$, а также от многих других факторов: материала и формы объекта, состояния поверхности, наличия оксидной пленки, конденсата влаги и т.п. (рис. 4.1).

Дерево, пластик, органические материалы, камень, графит имеют излучательную способность около 0,8...0,95, в противоположность им излучательная способность металлов может изменяться в очень широких пределах, зависит от температуры и длины волны. Поверхность расплавленного металла образует гладкое зеркало, излучательная способность которого может быть менее 0,1, а излуча-

тельная способность плавающего на поверхности шлака может достигать значений 0,9...0,95.

Для корректного измерения температуры необходимо точно указать пирометру излучательную способность объекта, для определения которой в пирометрической практике в настоящее время используются следующие способы:

- справочные таблицы, приводимые обычно в руководстве на пирометр или в справочниках. Способ самый простой и наименее точный;
- измерение температуры объекта контактным способом (например, поверхностной термопарой), затем, изменяя значение излучательной способности на задатчике пирометра, добиться равенства показаний пирометра и термопары. Если по каким-либо причинам провести измерение температуры объекта контактным способом невозможно, эту процедуру следует провести с образцом материала объекта, нагрев его до температуры близкой к температуре объекта. Некоторые модели пирометров имеют разъем для подключения термопары и могут измерять температуру контактным и бесконтактным способом одновременно;
- просверлить в объекте (или в образце материала объекта) отверстие диаметром, соответствующим диаметру поля зрения пирометра и глубиной, не менее чем в пять раз больше диаметра. Измерить температуру внутри отверстия при помощи пирометра, излучательную способность созданной таким образом модели АЧТ можно принять равной 1. Затем навести пирометр на неповрежденную поверхность объекта и, изменяя значение излучательной способности на задатчике пирометра, добиться показаний, близких к полученным ранее по модели АЧТ. Этот способ наиболее трудоемок и приемлем в том случае, если перепад температур по длине отверстия незначителен;
- при невысоких температурах можно окрасить часть поверхности объекта черной матовой краской, излучательную способность которой можно принять равной 0,95, измерить температуру окрашенной поверхности пирометром, а затем определить излучательную способность неокрашенной поверхности, как описано выше.

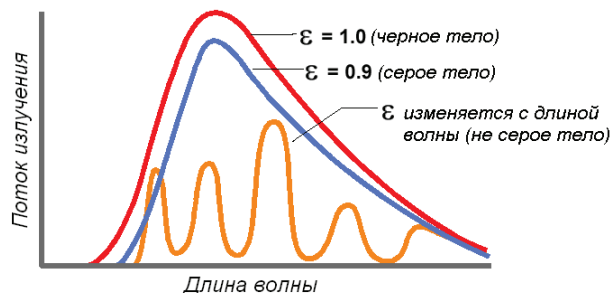


Рисунок 4.1. Излучательная способность АЧТ и реальных объектов

2) Между пирометром и объектом не должно быть препятствий, непрозрачных в рабочей области спектра пирометра, в противном случае, в результате уменьшения потока излучения, показания пирометра будут занижены.

Объект измерения, напротив, должен быть непрозрачным в данной области спектра. Для примера возьмем обычное оптическое стекло при 25°C (рис. 4.2).

Если необходимо измерить температуру самого стекла, следует использовать пирометр, работающий в той области спектра, в которой стекло наименее прозрачно. Как видно из рис. 4.2 при 25°C такой областью является 5...8 мкм. При проведении измерений пирометром, работающим в области 1...2 мкм, будет измерена температура не стекла, а объектов находящихся за стеклом (следует заметить, что при температуре выше 1000°C стекло становится непрозрачным в области 1...2 мкм).

Содержание в воздухе перед объектом значительного количества пыли, дыма или пара снижает точность измерений, так как происходит селективное (в определенном диапазоне длин волн) или сплошное ослабление теплового излучения объекта. Селективное поглощение теплового излучения происходит даже в абсолютно чистом воздухе из-за поглощения газами, входящими в его состав (в основном CO , CO_2 , H_2O), что приводит к завышению показаний пирометра от расстояния до объекта. Существуют так называемые "окна прозрачности" атмосферы, в которых поглощение минимально (1...1,7; 2...2,5; 3...5 и 8...14 мкм, рис. 4.3).

При использовании в пирометре оптических фильтров (германиевые, кремниевые и др.) погрешность, возникающая из-за поглощения атмосферой, сводится к минимуму при условии попадания



в "окно прозрачности".

Значительные погрешности возникают также при загрязнении поверхностей оптической системы пирометра, что приводит к необходимости их периодической очистки или, в особо тяжелых условиях, к непрерывному обдуву чистым воздухом.

3) Учет геометрических параметров оптических систем производится на основе следующих представлений:

Оптическая система формирует поле зрения пирометра – область пространства, в пределах которой производится измерение температуры. Для корректного проведения измерений необходимо чтобы объект полностью перекрывал поле зрения. В противном случае, во первых, поток теплового излучения, попадающий на приемник (датчик) пирометра от объекта измерения, уменьшится пропорционально сокращению перекрываемой объектом площади, во вторых, на приемник будет попадать излучение заднего фона (объектов, расположенных за объектом измерения). Рассмотрим три основных варианта пространственной формы поля зрения пирометра:

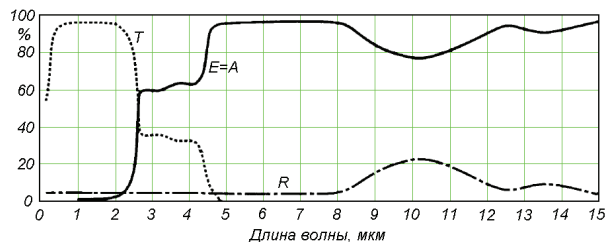
- приемник расположен перед или в фокусе линзовой либо зеркальной оптической системы. Поле зрения в этом случае будет представлять собой усеченный конус, расходящийся от пирометра (рис. 4.4а);
- приемник расположен за фокусом оптической системы. Поле зрения вначале сужается, а после прохождения "перетяжки" расширяется под углом, несколько большим угла сужения (рис. 4.4б);
- оптическая система представляет диафрагму с калиброванным отверстием малого диаметра. Поле зрения, как и в первом случае, образует расходящийся от пирометра усеченный конус, наименьший диаметр которого равен диаметру отверстия (рис. 4.4в);

В качестве параметра, определяющего диаметр поля зрения пирометра, обычно используют "показатель визирования" η , равный отношению диаметра поля зрения к расстоянию до точки измерения (рис. 4.5).

Следует отметить, что корректно рассчитать диаметр поля зрения пирометра на произвольном расстоянии, используя показатель визирования, можно только в случае, изображенном на рис.4.4в. В случаях 6.4а и 4.4б такой расчет будет давать большую ошибку, так как для них $\eta=f(L)$. Наиболее точно рассчитать диаметр поля зрения возможно при использовании диаграммы поля зрения пирометра, на которой приводится диаметр (или радиус) поля зрения в зависимости от расстояния до объекта измерения (рис. 4.6).

4) Пирометром может быть измерена только температура поверхности объекта, измерение температуры внутри объекта возможно лишь путем нарушения его целостности (что справедливо и для контактных средств измерения).

5) Для настройки и поверки пирометров необходимо использовать модели АЧТ, излучательная способность которых близка к единице и определена с высокой точностью. Конструктивно модель АЧТ обычно представляет собой равномерно нагретую полость с выходным отверстием для визирования пирометра (рис. 4.7).



T - пропускание, R - отражение, A - поглощение, E - излучательная способность.
 $A+R+T=1$

Рисунок 4.2. Оптические характеристики стекла при 25°C

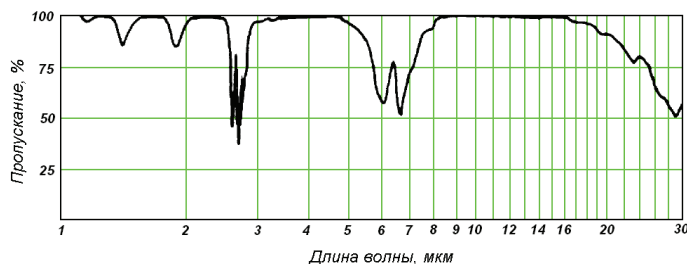


Рисунок 4.3. Пропускание 1 м воздуха при t 32°C и влажности 75%

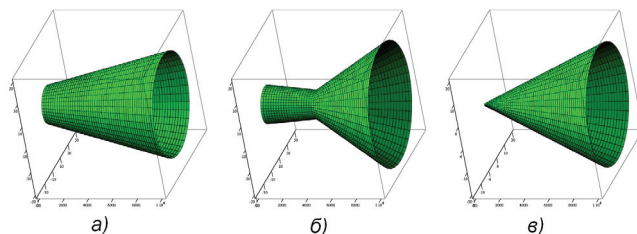


Рисунок 4.4. Поле зрения пирометра

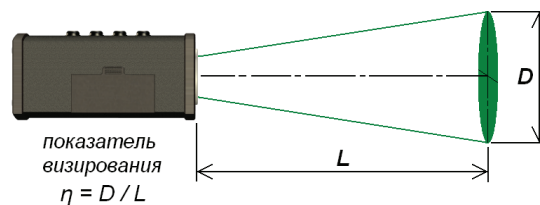


Рисунок 4.5. Определение показателя визирования

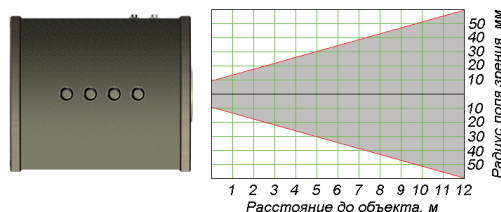


Рисунок 4.6. Диаграмма поля зрения пирометра

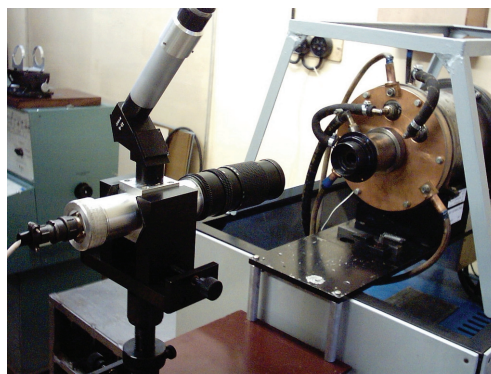


Рисунок 4.7. Настройка и поверка пирометра по модели АЧТ



Автором статьи анализируется современное состояние российского парка пирометров, теоретические основы измерения температуры по тепловому излучению объекта контроля. Приведен краткий обзор существующих датчиков теплового излучения, их достоинств и недостатков, особенностей применения. Приводятся технические данные некоторых моделей пирометров, разработанных на ОАО НПП "Эталон".

Пирометры – бесконтактные измерители температуры по-прежнему являются незаменимыми элементами цепей контроля и управления в целом ряде отраслей промышленности – металлургической, машиностроительной, электронной, химической, медико-биологической и т.д. Им нет альтернативы при измерении температуры движущихся (например металл на прокатном стане), труднодоступных или находящихся в опасных зонах (подстанции высокого напряжения) объектов.

Большая часть пирометров разрабатывалась и выпускалась на Украине: на Каменец-Подольском приборостроительном заводе (КППЗ), Харьковском заводе "Прибор" и во Львовском НПО "Термо-прибор". В целом парк приборов СССР составлял 200-300 тыс. приборов, большую часть которых (до 70-80%) составляли визуальные пирометры с исчезающей нитью типа "Проминь". Серийный выпуск пирометров в ограниченных объемах (всего около 15-25% от общего количества) проводился в Москве, Ленинграде, Свердловске, Горьком, который в настоящее время прекращен. Основную массу парка приборов составляли приборы с основной погрешностью 1-5%.

Использование современной элементной базы существенно расширило возможности этих приборов и позволило наделять их новыми свойствами – помимо измерения они могут теперь проводить обработку полученной информации и осуществлять сложные действия по управлению технологическим процессом. Снизился их вес, уменьшились габариты, приборы стали проще и удобнее в эксплуатации.

Все это оказалось возможным благодаря применению в приборах новой элементной базы, включающей микропроцессоры. Использование электроники нового поколения позволило также снизить процент отказов приборов как за счет уменьшения количества используемых элементов, так и за счет высокой надежности каждого из них. Кроме того, более корректно учитывается влияние излучательной способности измеряемого объекта и температуры окружающей среды, что позволило повысить точность измерений в цеховых условиях. Высокая стабильность источников опорного напряжения и цифровое преобразование сигнала приемника излучения в температуру создали предпосылки для увеличения межповерочного интервала пирометров.

Все более широкое применение получает радиационная термометрия в технологических процессах, ранее традиционно использовавших контактные методы, причем диапазон измерений расширился в сторону низких температур до минус 50°C, расширяется область применения тепловизоров, очень актуально внедрение неконтактных методов измерения температуры в энергетической промышленности. Значительно сократилась доля визуальных пирометров, еще в 80-е годы составлявшая более 70%, в настоящее время, по видимому, она не превышает 25-30%.

Общее число применяемых пирометров в России, по оценке ВНИИМ 50-70 тысяч.

Структура парка включает следующие основные группы приборов:

- сканирующие пирометры (тепловизоры) - 3-5%;
- пирометры полного и частичного излучения – 70-75%;
- пирометры спектрального отношения – 10-15%;
- монохроматиче

$$E(\lambda, T) = \frac{\varepsilon \times C_1}{\lambda^5 \times \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)}, \text{ Вт/см}^2, \text{ где}$$

ε – излучательная способность, C_1 и C_2 – первая и вторая постоянные Планка, λ – длина волны, T – температура.

Объект, полностью поглощающий падающее на него излучение, обладает наибольшей излучательной способностью $\varepsilon=1$ и называется "абсолютно черным телом" (АЧТ). Реальные объекты имеют излучательную способность меньше 1 и, следовательно, излучают меньше энергии. Проблема заключается в том, что для большинства реальных объектов излучательная способность зависит от температуры и длины волны, т.е. $\varepsilon = f(\lambda, T)$, а также от многих других факторов – материала и формы объекта, состояния поверхности, наличия оксидной пленки, конденсата влаги и т.п. (см. рис. 5.1).

Дерево, пластик, органические материалы, камень, графит имеют излучательную способность около 0.8-0.95, в противоположность им излучательная способность металлов может изменяться в очень широких пределах, зависит от температуры и длины волны. Поверхность расплавленного металла образует гладкое зеркало, излучательная способность которого может быть менее 0.1, а излучательная способность плавающего на поверхности шлака может достигать значений 0.9-0.95.

Для корректного измерения температуры необходимо точно указать пирометру излучательную способность объекта, для определения которой можно воспользоваться справочными данными либо некоторыми практическими методами.

Кратко рассмотрим основные преимущества и недостатки пирометрического метода перед контактными:

1. Перед контактными методами измерения температуры пирометрические обладают следующими преимуществами:

- высоким быстродействием, определяемым типом приемника излучения и схемой обработки электрических сигналов. При использовании квантовых приемников излучения (фотодиодов) и быстродействующих аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) постоянная времени может составлять 10-2 – 10-6 с.;
- возможностью измерения температуры движущихся объектов и элементов оборудования, находящихся под высоковольтным потенциалом;
- отсутствием искажения температурного поля объекта контроля, что особенно актуально при измерении температуры материалов с низкой теплопроводностью (дерево, пластик и др.), а также риска повреждения поверхности и формы в случае мягких (пластичных) объектов;
- возможностью измерения высоких температур, при которых применение контактных средств измерения либо невозможно, либо время их работы очень невелико;
- возможностью работы в условиях повышенной радиации и температуры окружающей среды (до 250°C) при размещении приемной головки и электроники пирометра с помощью оптоволоконного кабеля.

2. Основными недостатками пирометрических измерений температуры являются трудности полного учета связей между термодинамической температурой объекта и регистрируемой пирометром тепловой радиацией. Необходимо учитывать изменение излучательной способности поверхности ε от длины волны λ в регистрируемом спектральном диапазоне и от температуры T в диапазоне измерений, наличие поглощения излучения в среде между пирометром и объектом контроля, геометрические параметры поля зрения пирометра и его оптической системы, температуру окружающей среды и корпуса прибора. Рассмотрим основные факторы, влияющие на точность результатов измерений пирометром более подробно:

а) Как известно, пирометр вычисляет температуру объекта измеряя поток теплового излучения с некоторой части его поверхности в рабочей области спектра (либо используя отношение потоков в двух и более областях спектра – в пирометрах спектрального отношения).

Для расчета плотности излучения в заданном спектральном интервале применяют закон Планка, который является основным и наиболее общим законом в теории теплового излучения:

б) Между пирометром и объектом не должно быть препятствий непрозрачных в рабочей области спектра пирометра, в противном случае, в результате уменьшения потока излучения, показания пирометра будут занижены. Объект измерения, напротив, должен быть непрозрачным в данной области спектра.

Значительные погрешности возникают также при загрязнении поверхностей оптической системы пирометра, что приводит к необходимости их периодической очистки, или, в особо тяжелых условиях, к непрерывному обдуву чистым воздухом.



в) Оптическая система формирует поле зрения пирометра – область пространства, в пределах которой производится измерение температуры. Для корректного проведения измерений необходимо чтобы объект полностью перекрывал поле зрения. В противном случае, во первых, поток теплового излучения попадающий на приемник (датчик) пирометра от объекта измерения уменьшится пропорционально сокращению перекрываемой объектом площади, во вторых, на приемник будет попадать излучение заднего фона (объектов, расположенных за объектом измерения).

В качестве параметра, определяющего диаметр поля зрения пирометра, обычно используют “показатель визирования” h , равный отношению диаметра поля зрения к расстоянию до точки измерения.

Наиболее точно рассчитать диаметр поля зрения возможно при использовании диаграммы поля зрения пирометра, на которой приводится диаметр (или радиус) поля зрения в зависимости от расстояния до объекта измерения.

г) Пирометром может быть измерена только температура поверхности объекта, измерение температуры внутри объекта возможно лишь путем нарушения его целостности (что справедливо и для контактных средств измерения).

д) Для настройки и поверки пирометров необходимо использовать модели АЧТ, излучательная способность которых близка к единице и определена с высокой точностью.

Рассмотрим модели пирометров выпускаемые Омском ОАО НПП “Эталон”:

Прецизионные пирометры серии ПД-4

Прецизионные стационарные пирометры серии ПД-4 благодаря высокому оптическому разрешению обеспечивают возможность измерения температуры малых объектов, высокоскоростной процессор позволяет обрабатывать и передавать на ПЭВМ и токовый выход до 50 измерений в секунду. Оптическая система наведения позволяет наблюдать область измерения температуры на фоне объекта контроля.

В пирометрах серии ПД-4 предусмотрено:

- изменяемое фокусное расстояние;
- изменение скорости измерений от 1 до 50 изм./с;
- программируемый цифровой фильтр;
- одновременный аналоговый и цифровой выходы;
- связь с ПЭВМ по интерфейсу RS-232 с гальванической развязкой;
- токовый выход с программируемым диапазоном температур и режимами тока 0-5, 0-20 и 4-20 мА;
- сигнализация обрыва токового выхода (5В, 20мА);
- два программируемых выходных ключа (5В, 20мА);
- контроль температуры корпуса прибора.

Питание пирометра осуществляется от входящего в комплект поставки источника постоянного тока 18 В, 600 мА.

Модификации прибора ПД-4-03, ПД-4-04 и ПД-4-06 предназначены для высокоточного измерения температуры в полостях образцовых излучателей типа моделей АЧТ, ампул реперных точек, поверки рабочих пирометрических средств. В пирометры устанавливаются интерференционные фильтры для обеспечения $\lambda_{эфф} = 656.3 \pm 10$ нм и $\Delta\lambda_{эфф} = 950 \pm 10$ нм. Модификация пирометра ПД-4-06 отличается более сложной схемой оптического тракта, в которую дополнительно устанавливаются оптические элементы для обеспечения параллельности хода лучей через интерференционный фильтр.

Исполнение пирометра	Диапазон измерений, °С	Э ф ф е к т и в н а я длина волны, нм
ПД-4-01	1000-2500	650±200
ПД-4-03	1200-2500	656.3±10
ПД-4-04	1000-2300	950±10
ПД-4-02	800-2300	950±200
ПД-4-05	800-2500	1550±200
ПД-4-06	1000-2500	656.3±10

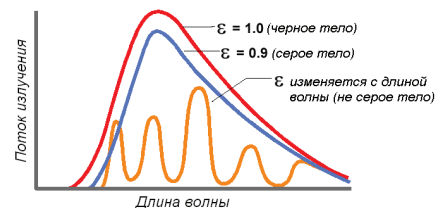


Рисунок 5.1. Излучательная способность АЧТ и реальных объектов

Основные технические характеристики пирометров

ПД-4-03, ПД-4-04:

Основная приведенная погрешность	0.25%
Разрешающая способность	0.01°C*
Показатель визирования	1:300
Температура окружающей среды	20±5°C
Коррекция излучательной способности	0.1-1.5, шаг 0.001
Габариты (без визирного устройства)	Ø68, L=450мм

Основные технические характеристики пирометров

ПД-4-01, ПД-4-02, ПД-4-05:

Основная приведенная погрешность	0.5%
Разрешающая способность	0.01°C*
Показатель визирования	1:100
Температура окружающей среды	5±40°C
Коррекция излучательной способности	0.1-1.5, шаг 0.001
Габариты (без визирного устройства)	±68, L=400мм

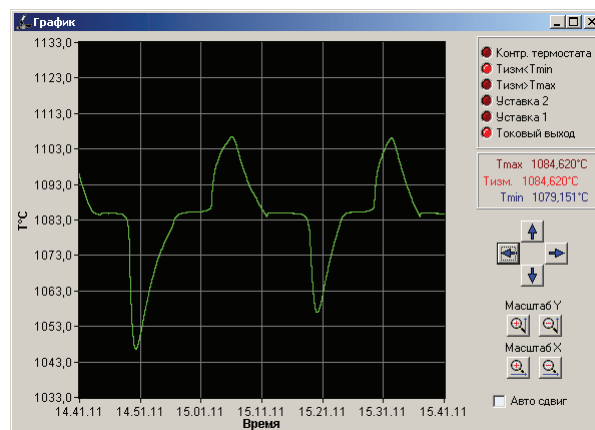
Основные технические хар-ки пирометра ПД-4-06:

Основная приведенная погрешность	0.2%
Разрешающая способность	0.01°C*
Показатель визирования	1:500
Температура окружающей среды	20±5°C
Коррекция излучательной способности	0.1-1.5, шаг 0.001
Габариты (без визирного устройства)	±68, L=500мм

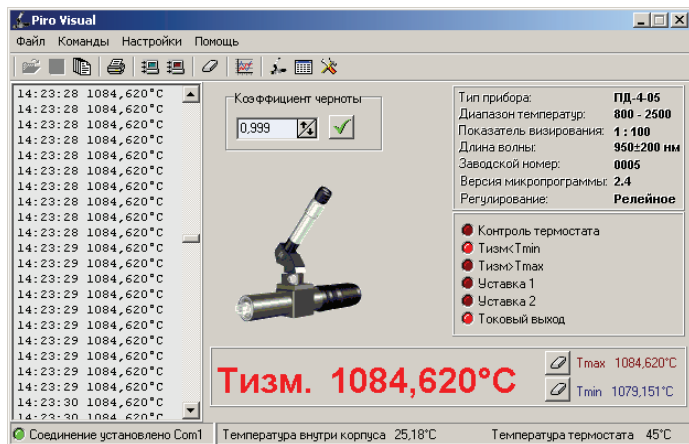
*при включении цифрового фильтра

Входящее в комплект поставки программное обеспечение Piro Visual, совместимое с Windows 95/98/XP, позволяет:

- идентифицировать пирометр
- отображать текущее, минимальное и максимальное значение температуры
- задавать коэффициент коррекции излучательной способности
- сигнализировать о неисправности прибора или выходе параметров за допустимые значения
- производить визуализацию измерений в виде графика в режиме реального времени
- вести непрерывную запись измерений в файл на жестком диске
- выводить графики или их фрагменты на принтер



- настраивать цифровой фильтр и быстродействие
- настраивать токовый выход
- проводить калибровку пирометра



Портативные пирометры серии ПП-1

Портативные пирометры серии ПП-1 предназначены для бесконтактного измерения температуры поверхности объектов по их собственному тепловому излучению в диапазоне температур от -40 до +2000°C. Пирометры применяются для контроля состояния объектов и технологических процессов в различных отраслях, а также при проведении научных исследований.

Область применения:

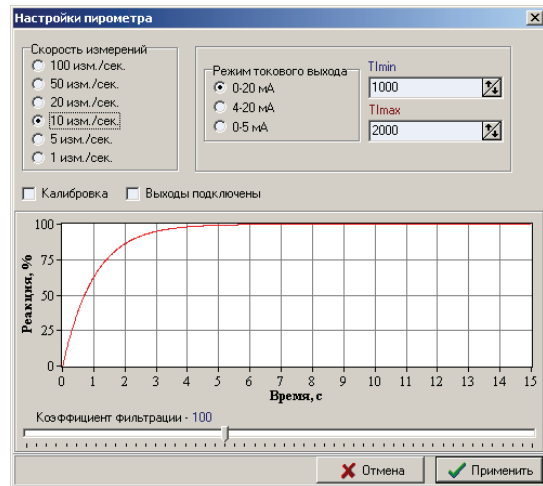
- машиностроение;
- металлургия;
- энергетика;
- энергоаудит;
- жилищно-коммунальное хозяйство и др.

Благодаря использованию высококачественной германиевой оптики и специальных инфракрасных фильтров пирометры ПП-1 работают в спектральном диапазоне 8-14 мкм, в котором поглощение ИК-излучения атмосферой минимально. Наведение на объект контроля производится при помощи лазерного целеуказателя. Тепловое излучение объекта преобразуется датчиком в электрический сигнал, который после усиления обрабатывается микропроцессором и пересчитывается в значение температуры на основе калибровочных характеристик и излучательной способности объекта. Это значение температуры выводится на цифровой дисплей и записывается в энергонезависимую память пирометра, а также конвертируется в цифровой выходной сигнал и при помощи прикладного программного обеспечения Piro Visual отображается на дисплее компьютера.

В пирометрах серии ПП-1 предусмотрено:

- лазерный целеуказатель;
- цифровой фильтр;
- десятиразрядный ЖК-дисплей с подсветкой;
- энергонезависимая память на 20 измерений;
- коэффициент коррекции излучательной способности в диапазоне 0.1-1.5 с шагом 0.01;
- подключение внешней термопары типов S, R, B, J, T, E, K, N, A1, A2, A3, L, M;
- определение излучательной способности объекта при подключении внешней термопары;
- связь с ПЭВМ по интерфейсу RS-232 с гальванической развязкой;
- часы;
- измерение напряжения питания прибора;
- контроль температуры корпуса прибора;
- визуальная и звуковая сигнализация выхода параметров за допустимые значения;
- автоматическое отключение через заданное время.

Питание пирометра осуществляется от элемента типа «Крона», возможно подключение пирометра к внешнему стабилизированному источнику постоянного тока 9 В, 50 мА.



Основные технические характеристики пирометров ПП-1:

Разрешающая способность:	0.1°C
Показатель визирования	1:50
Спектральная чувствительность	8-14 мкм
Время установления показаний	1 сек
Температура окружающей среды	5-50°C
Коэффициент коррекции излучательной способности	0.1-1.5, шаг 0.01
Габариты	60x100x140 мм

Конструктивное исполнение	Диапазон измеряемых температур, °C	Предел допускаемой основной абсолютной и приведенной погрешности
ПП-1-01	-20...400	4°C
ПП-1-02	100...1200	4°C в диапазоне температур от 100 до 400°C 1% в диапазоне от 400 до 1200°C
ПП-1-03	400...2000	1%
ПП-1-04	-40...2000	4°C в диапазоне температур от -20 до 400°C 1% в диапазоне от 400 до 2000°C

Входящее в комплект поставки программное обеспечение Piro Visual, совместимое с Windows 95/98/XP, позволяет:

- идентифицировать пирометр
- задавать коэффициент коррекции излучательной способности
- считывать измерения из энергонезависимой памяти пирометра
- сигнализировать о неисправности прибора или выходе параметров за допустимые значения
- отображать текущее, минимальное и максимальное значение температуры
- производить визуализацию измерений в виде графика в режиме реального времени
- вести непрерывную запись измерений в файл на жестком диске
- выводить графики или их фрагменты на принтер
- проводить калибровку пирометра



ПП-1



ПД-4



Назначение, классификация и основные параметры приемников излучения

Приемники излучения являются незаменимыми элементами инфракрасных приборов и предназначены для преобразования энергии оптического излучения в электрическую энергию, более удобную для непосредственного измерения.

По принципу действия приемники делят на две большие группы: тепловые и фотонные. Тепловые приемники основаны на изменении тех или иных свойств при изменении температуры, образующейся под воздействием падающего лучистого потока, независимо от его спектрального состава. Различают следующие типы тепловых приемников:

- болометры, у которых при изменении температуры меняется электрическое сопротивление чувствительного элемента;
- термоэлементы, использующие термоэлектрический эффект;
- пирозлектрические приемники, основанные на изменении параметров сегнетоэлектрика под действием падающего лучистого потока;
- оптико-акустические приемники, в основе которых лежит свойство увеличения объема газа при повышении температуры.

В фотонных приемниках имеет место прямое взаимодействие между падающими фотонами и электронами материала чувствительного элемента. Типы фотонных приемников следующие:

- фотоэлементы и фотоумножители основанные на внешнем фотоэффекте, при котором электроны эмитируются с поверхности чувствительного слоя под действием падающего лучистого потока;
- фоторезисторы, основанные на внутреннем фотоэффекте, заключающемся в образовании свободных электронов в твердом теле и изменении его электропроводности при поглощении квантов излучения;
- приемники с p-n переходом, которые, в свою очередь, делят на:
 - вентильные фотоэлементы, состоящие из двух различных контактирующих веществ (металлопроводник, два полупроводника), на границе которых при облучении возникает фотоэлектродвижущая сила; фототок в цепи вентильных фотоэлементов возникает при отсутствии внешнего питающего напряжения;
 - фотодиоды - вентильные фотоэлементы, у которых в качестве контактирующих веществ применяют полупроводники с различным типом проводимости; фотодиоды работают как с приложенным внешним электрическим напряжением, так и в режиме генератора тока;
 - фототранзисторы, устройства, подобные фотодиодам, но представляющие собой системы с p-p-p или p-n-p переходами и обладающие свойством внутреннего усиления фототока;

По спектральному диапазону чувствительности приемники разделяют на неселективные, чувствительность которых не зависит от длины волны падающего излучения, и селективные, чувствительность которых ограничена определенным длинноволновым пределом.

По конструктивным признакам приемники излучения классифицируют на одноэлементные и многоэлементные (мозаичные), а также на неохлаждаемые, работающие при температурах, близких к 300 К, и охлаждаемые приемники, работающие при температурах 195, 78 и ниже 20 К. Основными требованиями, предъявляемыми к приемникам излучения, предназначенным для работы в инфракрасной аппаратуре, являются:

- определенный спектральный диапазон чувствительности, соответствующий характеристикам теплового излучения объектов;
- высокий порог чувствительности;
- малый уровень собственных шумов;
- слабая зависимость выходного сигнала от частоты модуляции падающего лучистого потока (малая инерционность);
- линейная зависимость выходного сигнала от величины падающего лучистого потока в широком диапазоне изменений последнего;
- слабая зависимость внутреннего сопротивления от температуры;
- одинаковая чувствительность по всей рабочей площадке;
- малый вес и габариты.

К основным параметрам приемников излучения относят порог чувствительности, интегральную чувствительность, уровень шумов, сопротивление (темновое) и постоянную времени.

В настоящее время к наиболее распространенным в пирометрии типам приемников (датчиков) можно отнести:

- фотодиоды. Si фотодиоды имеют максимум спектральной чувствительности в диапазоне 0.6 – 0.9 мкм, высокую температурную и временную стабильность параметров. Применяются при измерении температур от 500°C и выше. InGaAs фотодиоды с максимумом в диапазоне 1.5 – 2.3 мкм используются для измерения температур 300

– 2000°C. Стабильность этих фотодиодов значительно хуже кремниевых и предпочтительно их термостатирование. Быстродействие фотодиодов очень велико и достигает величины 10-9 с. и менее. Предпочтительным считается включение фотодиода в режиме генератора тока (сопротивление нагрузки близко к нулю);

- термобатарейные приемники излучения. Применяются для измерения низких температур и комплектуются оптическим фильтром с полосой пропускания 8-14 мкм, в которой влияние поглощения ИК-излучения атмосферой минимально. Быстродействие термобатарей невелико и достигает 10-1 с. Диапазон измеряемых с их помощью температур обычно составляет от -50°C до 1000°C, при измерении более высоких температур фотодиоды обеспечивают значительно большую точность. Также необходимо компенсировать температуру холодных спаев термобатарей, для чего в ее корпусе устанавливается терморезистор;

- пирозлектрические приемники. Требуют механической модуляции потока излучения, что усложняет конструкцию прибора и снижает его надежность. Высокая чувствительность пирозлектриков в диапазоне 4-20 мкм позволяет применять в качестве оптической системы калиброванное отверстие в непрозрачном материале. Быстродействие пирозлектриков достаточно велико, но ограничивается частотой модуляции потока излучения. В силу указанных особенностей их используют достаточно редко;

- фоторезисторы. Использование фоторезисторов представляется целесообразным в спектральном диапазоне 3-5 мкм, в котором существует окно прозрачности атмосферы для ИК-излучения. Сильная температурная зависимость чувствительности фоторезистора от его температуры приводит к необходимости термостатирования корпуса датчика и модуляции измеряемого потока излучения. Несмотря на то, что по быстродействию фоторезисторы приближаются к фотодиодам, быстродействие в случае механической модуляции будет определяться ее частотой. К достоинствам фоторезисторов можно отнести высокую чувствительность, что позволяет использовать простые оптические системы в виде калиброванных отверстий.

В наших разработках в различное время находили применение пирозлектрические датчики, фоторезисторы, фотодиоды и термобатарей. От использования пирозлектрических датчиков пришлось отказаться в виду низкой стабильности параметров и проблем с механической модуляцией. С внедрением в схемотехнические решения современной элементной базы, в частности операционных усилителей стабилизированных прерыванием, появилась возможность непосредственного усиления сигналов постоянного тока генерируемых термобатарейными и фотодиодами без преобразования в переменные. Цифровая обработка результатов измерений позволила отказаться от капризных и сложных в настройке аналоговых логарифматоров и получить приемлемый динамический диапазон. Большая часть некачественных датчиков попадает на российский рынок из Китая под логотипами известных фирм, что вынуждает устанавливать прямые контакты с зарегистрированными дилерами. В выпускаемых серийно ОАО НПП "Эталон" пирометрах применяются следующие типы датчиков: термобатарей фирмы "Perkin Elmer" устанавливаются в пирометры ПП-1, ПТ-1; Si и InGaAs фотодиоды фирмы "Hamamatsu" нашли применение в стационарных пирометрах ПД-4 и ПД-7, двохвалный фотодиод "Hamamatsu" используется в пирометре спектрального отношения ПД-8; В стационарном пирометре СТ-1 используется фоторезистор ФР-611 производства российской фирмы "Гириконд".

Среди последних разработок ОАО НПП "Эталон" хотелось бы выделить представителей новой линейки пирометров – стационарный оптоволоконный пирометр ПД-7 и стационарный термобатарейный пирометр ПТ-1.

Пирометры серии ПД-7 разработаны для массового применения в металлургии, машиностроении, химической промышленности. Предназначены для измерения температур расплавов металла, сыпучих веществ, полупроводников, расплава стекла на глубине. В качестве датчика теплового излучения в пирометрах применяются термостатированные InGaAs фотодиоды "Hamamatsu" с максимумом спектральной чувствительности на 1.55мкм. В пирометрах этой серии удалось добиться следующих технических характеристик:



-диапазон измерений:	300-2500°C;
-основная приведенная погрешность:	0.5%;
-разрешающая способность:	0.01°C;
-показатель визирования	1:150;
-температура окружающей среды	5...50 °C;
-температура эксплуатации оптической головки, оптоволоконного кабеля	150 °C;
-коррекция излучательной способности	0.1-1.5 шаг 0.001.

Пирометр состоит из двух частей: приемника ИК-излучения и блока обработки сигнала, соединенных между собой оптоволоконным кабелем, по которому передается инфракрасное излучение от объекта контроля. Приемник ИК-излучения и оптоволоконный кабель выдерживают температуру окружающей среды до 200°C кратковременно. Гибкий оптоволоконный кабель и маленькие габариты приемника позволяют измерять температуру в труднодоступных местах. Приемник ИК-излучения и оптоволоконный кабель не чувствительны к воздействию электромагнитных полей. Металлорукав из нержавеющей стали защищает оптоволоконный кабель от механических повреждений и влияния агрессивной окружающей среды.

Высокий показатель визирования пирометра (не менее 1:150) позволяет контролировать температуру объекта на расстоянии 1000 мм с пятном визирования 6 мм. Лазерная подсветка поля зрения позволяет точно навести пирометр на объект контроля.



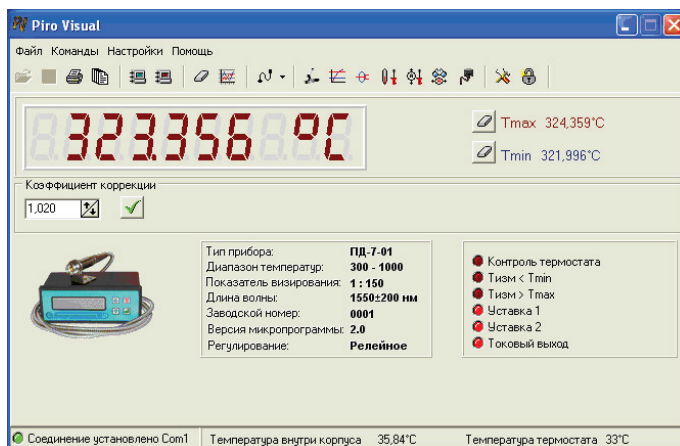
ПД-7

Дополнительно пирометр ПД-7 может быть укомплектован специальным защитным керамическим или металлическим чехлом, на дно которого фокусируется приемник ИК-излучения. Такая схема позволяет измерять температуру среды, в которой находится защитный чехол - аналог термомпары. Пирометр успешно прошел государственные испытания на утверждение типа.

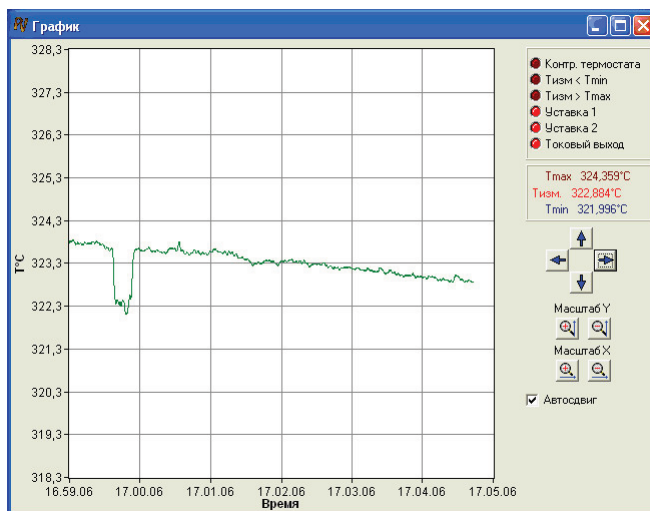


Входящее в комплект поставки пирометров программное обеспечение Piro Visual, совместимое с Windows 95/98/XP, позволяет:

- идентифицировать пирометры;
- отображать текущее, минимальное и максимальное значение температуры;
- задавать коэффициент коррекции излучательной способности;
- сигнализировать о неисправности прибора или выходе параметров за допустимые значения;
- производить визуализацию измерений в виде графика в режиме реального времени;
- вести непрерывную запись измерений в файл на жестком диске;
- выводить графики или их фрагменты на принтер;



- изменять внутренние настройки пирометра;
- настраивать токовый выход;
- проводить калибровку пирометров;



Стационарные пирометры серии ПТ-1 разработаны для измерения температур от -50°C до 1000°C. В пирометры этой модели устанавливаются термобатарейные датчики "Perkin Elmer" с встроенным оптическим фильтром, обеспечивающим полосу пропускания 8-14 мкм. Датчик расположен в пассивном (не подогреваемом) термостате, компенсация температуры окружающей среды проводится посредством измерения температуры встроенного в датчик терморезистора и математической обработки полученных результатов. Отсутствие подогрева позволило существенно снизить потребляемую пирометром мощность. В оптическую систему пирометров устанавливается германиевая оптика и два лазерных модуля для наведения на объект измерений. В настоящее время пирометры подготавливаются для проведения государственных испытаний на утверждение типа и подтверждения следующих параметров:

- диапазон измерений:	-50-1000°C;
- основная приведенная погрешность:	0.5%;
- разрешающая способность:	0.1°C;
- показатель визирования	1:50;
- температура окружающей среды	5...50°C;
- потребляемый ток от сети 24 В	30 мА;
- коррекция излучательной способности	0.1-1.5 шаг 0.001.



ПТ-1

6. ПИРОМЕТРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОМЫШЛЕННОСТЯХ



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

Связь первичных приборов с компьютером по двухпроводной токовой петле длиной до 2 км с оптико - электронной развязкой на входе компьютера. В системе предусмотрены задания на подачу звуковой сигнализации при превышении температур выше заданной уставки и при несанкционированном ее отключении.

Технологические процессы как производства сырой резины, так и готовых резиновых изделий требуют контроля температуры практически на всех этапах технологической цепи. При этом характерной особенностью производства является большое количество мест контроля, в которых объект контроля либо движется, либо вращается. Очевидно, что в этих случаях при контроле температуры предпочтение следует отдавать бесконтактным средствам измерения – пирометрам.

Несмотря на значительное разнообразие пирометров отечественных и зарубежных фирм, появившихся на российском рынке в последние годы, вопросы технологического контроля в резинотехнической промышленности при помощи пирометров остаются актуальными, а контактные средства измерения попрежнему являются основными в регламентах этих производств.

Причинами, сдерживающими применение пирометров в резинотехнической промышленности, являются такие особенности производств, как высокая загрязненность технологических линий, большие уровни электромагнитных помех, неопределенности с коэффициентами черноты, тяжелые условия эксплуатации при вибрациях и больших перепадах температуры окружающей среды.

Применение пирометров в производстве сырой резины, для контроля температуры каландровых вальцов, контроля температуры движущейся ленты резины для протекторов в шинной промышленности, контроля температуры сброса из форм резиновых изделий позволит повысить качество выпускаемой продукции.

Для решения поставленных задач на Омском НПП «Эталон» совместно с сотрудниками Омского государственного технического университета разработан и сертифицирован пирометр СТ-1. Пирометр имеет несколько модификаций, одна из которых прошла опытную эксплуатацию на Омском заводе технического углерода и на Омском шинном заводе. Пирометр стационарного исполнения и предназначен для непрерывного бесконтактного контроля температуры в ходе технологического процесса. Пирометр позволяет контролировать температуры в диапазоне от 50 до 130 °С с погрешностью не более 2%. Выходной сигнал пирометра стандартный токовый (0 – 5) мА.

В качестве приемника излучения в разработанном пирометре применяется селенисто-свинцовый фоторезистор с фильтром из антимонида кадмия, обладающий наибольшей чувствительностью в

спектральном диапазоне 2,7...5,5 мкм. Данный спектральный диапазон удовлетворяет требованиям хорошей отстройки от излучений различных фоновых источников. Высокая чувствительность фоторезистора позволила отказаться от объектива и использовать на входе пирометра диафрагму с отверстием диаметром 4 мм, что обеспечило хорошую пылегазозащищенность прибора при показателе визирования от 1:10 до 1:15.

Применение в пирометре оригинальной электронной схемы термостабилизации основных параметров, в сочетании со схемой синхронного детектирования, позволило обеспечить необходимую чувствительность прибора и хорошую отстройку от промышленных электромагнитных помех.

В процессе производства сырой резины приготовление резиновой смеси осуществляется при помощи двух вращающихся смесительных вальцов. На вальцы загружается каучук, за счет трения вальцы и каучук разогреваются, после чего в определенной последовательности вводятся остальные ингредиенты резиновой смеси (стеариновая кислота, ZnO, сера, технический углерод и др.). для получения качественной смеси температура поверхности вальцов должна поддерживаться в пределах 70 ± 5 °С, что регламентировано рядом отечественных и зарубежных стандартов. Регулировка температуры осуществляется вальцовщиком вручную, путем дозированной (при помощи игольчатого клапана) подачи охлаждающей жидкости во внутреннюю полость смесительных вальцов.

Применяемый в настоящее время в производствах периодический контактный контроль температуры поверхности вращающихся вальцов с помощью термопары не дает возможности поддерживать температуру в заданных пределах в течении всего технологического процесса, что не обеспечивает стабильности качества конечной продукции.

Переход к непрерывному бесконтактному контролю температуры поверхности вальца с помощью пирометра позволяет получить реальную картину измерения температуры в ходе процесса получения резиновой смеси и дает возможность перейти к автоматическому поддержанию температуры при помощи промышленных регуляторов. При установке пирометра основное внимание должно уделяться его визированию на ту часть вальца, которая не загрязняется ингредиентами резиновой смеси.

Калибровка пирометра и определение коэффициента излучения ($E = 0,13$) для хромированной поверхности вальцов производились при помощи сертифицированного излучателя типа модели абсолютно черного тела и образцовой ХА термопары, изготавливаемых на предприятии «Эталон».

В.А.Захаренко, доцент ОмГТУ
В.А.Никоненко, к.т.н., ген.директор
Д.Г.Лобов, к.т.н



7. О СОСТОЯНИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛИНЫ В ДИАПАЗОНЕ 0,8...2000 МКМ

Обеспечение единства линейных измерений в субмикронанометровом диапазоне базируется на комплексном подходе, включающем создание и внедрение нового поколения эталонов единицы длины, а также способов и средств передачи размера данной единицы высокоточным рабочим средствам измерений, соответствующим современным требованиям измерительной техники, наукоемких технологий и международной метрологической практики.

Существующая система метрологического обеспечения в области измерений длины [1, 2] в последнее время уже не обеспечивала воспроизведение, хранение и передачу размера единицы длины менее 1 мкм с необходимой для нужд промышленности точностью.

В России работы по метрологическому обеспечению в области малых длин проводятся в метрологических институтах Ростехрегулирования — ФГУП «ВНИИМ», г. Санкт-Петербург; ОАО «НИЦПВ», г. Москва и ФГУП «СНИИМ», г. Новосибирск.

В 90-е годы XX века в СНИИМ были сформулированы три актуальные проблемы повышения точности метрологического обеспечения измерений малых длин:

- создание специальных мер малых длин, как эталонных, так и рабочих, особенно в диапазоне менее 100 мкм;
 - создание эталонных СИ и вторичных эталонов для аттестации специальных мер малых длин;
 - разработка поверочной схемы (или дополнения к государственной поверочной схеме СИ длины) и методики передачи значений единицы длины эталонным и рабочим СИ.
- Решение этих проблем было достигнуто:
- анализом методов и СИ, используемых для высокоточных измерений малых размеров в диапазоне 0,8...200 мкм и состояния их метрологического обеспечения;
 - разработкой математической модели высокоточной когерентно-оптической измерительной системы дифракционного типа;
 - оценкой пределов измерений и разрешающей способности дифракционных измерителей малых длин;
 - анализом погрешностей измерений в дифракционных измерительных системах;
 - разработкой методов измерений диаметров микропроводов, стеклянных и синтетических волокон, ширины штрихов;
 - разработкой метода одновременного измерения ширины щели и периода штрихов дифракционным и интерференционным методом;
 - разработкой высокоточных измерительных установок и комплекта мер для поверки СИ малых длин;
 - создания локальной поверочной схемы для СИ малых длин.

В СНИИМ была создана эталонная установка на основе фотоэлектрического микроскопа с лазерным интерферометром и лазерный дифрактометр, предназначенные для аттестации периода и ширины штрихов мер малой длины на фотошаблонах в диапазоне 0,8...200 мкм с неопределенностью 5 и 20 нм соответственно. Аналогичное оборудование было изготовлено в ОАО НПП «Эталон», г. Омск.

В последние годы были разработаны и внедрены в метрологическую практику высокоточные исходные эталоны для СИ малых длин, предназначенные для аттестации эталонных мер малых длин, используемых для аттестации как эталонных, так и рабочих СИ. Также были созданы высокопроизводительные устройства для измерений диаметров движущихся волокон. И, наконец, был разработан, изготовлен и внедрен в метрологическую практику ряд специальных мер малых длин (рисунок 1), проведены испытания СИ для целей утверждения типа [3].

С помощью эталонных мер малой длины представлялась возможность определять линейные размеры структур, предназначенные для метрологического обеспечения в широкой области применения.

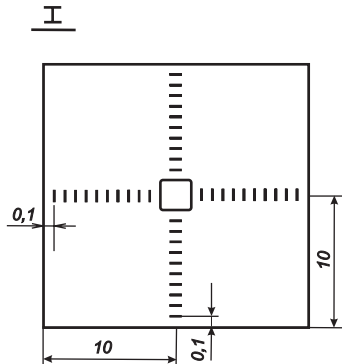
Изготовление мер производится по специально разработанной для этой цели технологии, обеспечивающей высокое оптическое качество элементов структуры на прецизионных фоторезистивных хромированных пластинах. Исходя из требований, предъявляемых к изготовлению фотошаблонов в полупроводниковой и электронной промышленности, структура эталонных мер была выбрана таким образом, что с помощью мер проверяются все средства измерений, используемые в технологических процессах микроэлектроники, оптики и электронной оптики.

Мера совмещаемости

Мера совмещаемости предназначена для поверки рабочих средств измерений: микроскопов типа MVG 7x7, ИМЦ, ИМЦ-Л и др.

Мера совмещаемости исполняется в негативном и позитивном изображении.

Погрешность измерения $\pm(0,05+0,002 \cdot L)$ мкм, где L-измеряемая величина в мм.



В структуре эталонной меры наряду со штрихами номинальных размеров в пределах от 1 до 200 мкм реализована штриховая мера с шагом 5 мкм в диапазоне до 1 мм, с дискретностью 0,1 мм в диапазоне до 80 мм, а также периодическая мера с периодами от 2 до 400 мкм. Поверка эталонных мер проводится дифракционным и фотометрическим методами на эталонных установках, разработанных в СНИИМе.

Основное преимущество для пользователя заключается в универсальности применения эталонной меры. Мера снабжена поисковыми линиями и визирными линиями для облегчения поиска измеряемых элементов, что значительно сокращает время настройки и юстировки средств измерений.

Меры изготовлены с качеством, не уступающим зарубежным аналогам, и аттестуются с высокой точностью. С помощью таких мер имеется возможность проведения калибровки или поверки практически любого прецизионного оптического и оптико-механического прибора.

В пакет предложений входит и локальная поверочная схема для СИ малых длин, которую сопровождает методика определения и исключения (или существенного уменьшения) систематических погрешностей при измерениях транспарентных (железоокисных — частично прозрачных) фотошаблонов. Предложенный метод проверки дифракционного измерителя малых длин позволяет исключить (или существенно уменьшить) систематическую погрешность исходных и эталонных установок. Устройство для измерений малых размеров с регулируемой щелью позволяет измерять размеры единичных элементов, значительно меньших длины волны источника света.

Кроме того, в СНИИМ был впервые создан и утвержден вторичный эталон единицы длины в диапазоне 0,001...0,200 мм ВЭТ-25-91 в составе:

- интерференционно-дифракционная установка ИДИ-200;
- специализированный фотометрический микроскоп СФМ;
- эталонные меры сравнения (штриха, периодическая и штриховая);
- вторичный эталон-компаратор для измерений штриховых периодических мер «Штрих-200».

В заключении следует отметить следующее. Специальные меры малых длин внедрены на ряде предприятий нашей страны, среди которых НПО «Союз», НПО «Восток», «Изомер», НИИМЭ, ФГУП «ПО «НПЗ», СТАНКИН, ИАиЭ СО РАН и др. Локальная поверочная схема, разработанная для СИ малых линейных размеров от 0,8 до 1000 мкм, частично использовалась при разработке государственной поверочной схемы [1]. Построение локальной поверочной схемы соответствует требованиям [4].

На все вышеописанные разработки выпущены методические указания по поверке. Меры периодическая и ширины применяются при калибровке сканирующих зондовых атомно-силовых измерительных микроскопов, просвечивающих электронных микроскопов.

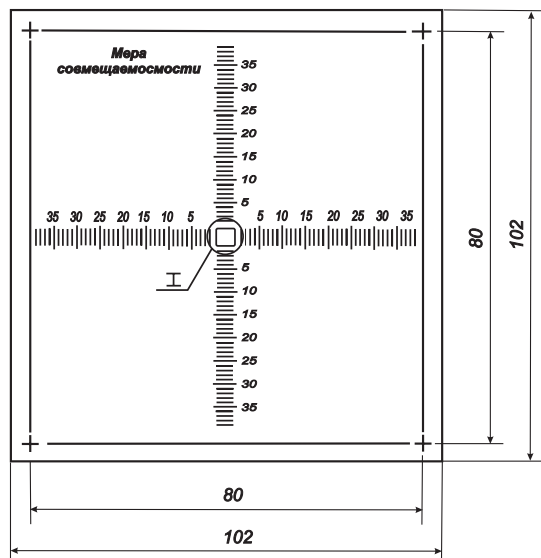
Высокие метрологические характеристики созданных в метрологических институтах Ростехрегулирования эталонных измерительных средств подтверждаются результатами международных сличений СИ в субмикронанометровом диапазоне. В настоящее время в ОАО НПП «Эталон» восстановлена технология изготовления эталонных мер малой длины, а также ведется модернизация эталонного комплекса для их аттестации при выпуске из производства.

1 МИ 2060-90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне $1 \times 10^{-6} \div 50$ м и длин волн в диапазоне 0,2 ÷ 50 мкм

2 МИ 2270-93 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений линейных размеров в диапазоне 0,1...10,0 мкм

3 ГОСРЕЕСТР СИ N 28962-05

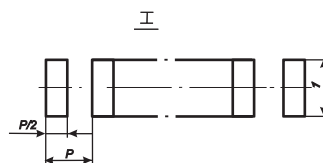
4 ГОСТ 8.061-80 ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение



**Мера периодическая и ширины:**

предназначены для поверки рабочих средств измерений: дифракционных измерителей, микроскопов, установок для контроля линейных размеров элементов фотомасок «МТФ», анализаторов микроизображений типа «Nikon-2A», установок для контроля элементов фотомасок «ЭМ-557» и телевизионных микроскопов типа «Latimet».

Мера периодическая с периодами 2...400 мкм выполняется в негативном и позитивном изображении.



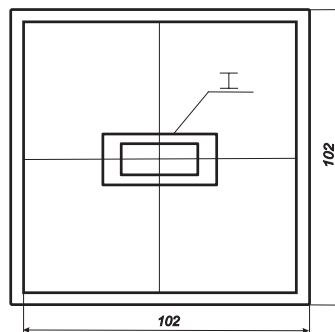
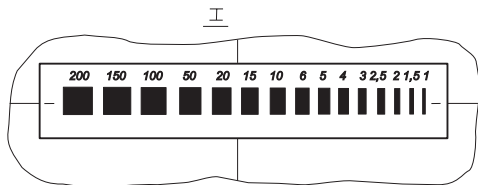
Погрешность измерения $\pm(0,05+0,1 \cdot L)$ мкм, где L-измеряемая величина в мм.

Элементы	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Полупериоды P/2 мкм	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	10	15	20	50	100	150	200

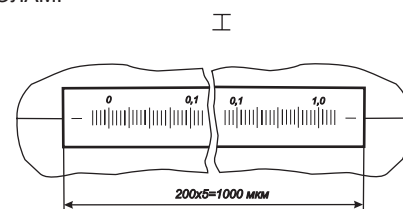
Мера ширины

Мера ширины выполняется в негативном и позитивном изображении. Погрешность измерения:

- в диапазоне от 1 до 20 мкм - $\pm 0,05$ мкм,
- в диапазоне свыше 20 мкм - $\pm 0,1$ мкм.

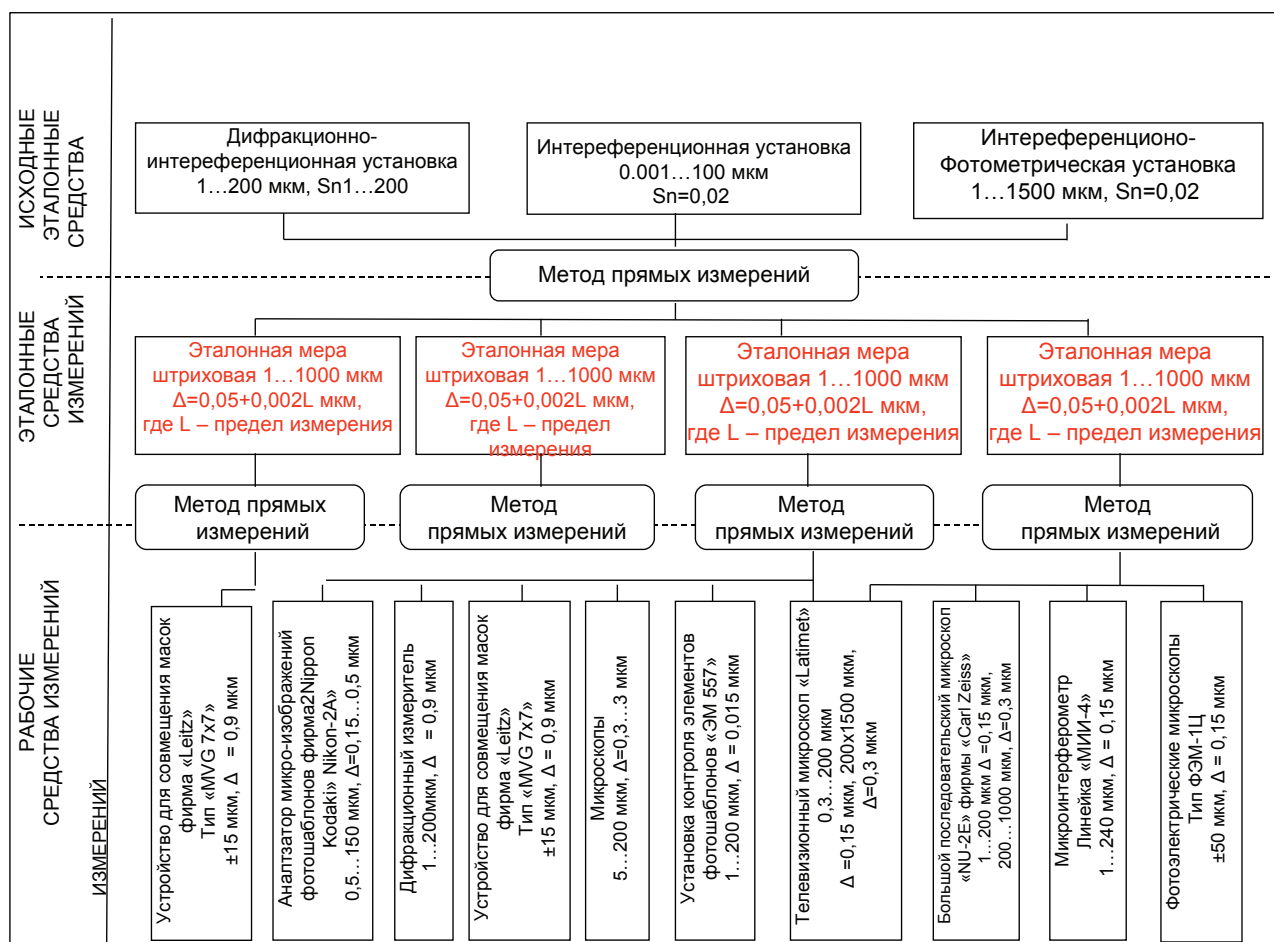
**Мера штриховая**

Мера штриховая предназначена для поверки рабочих средств измерений: измерительных микроскопов типа ИМЦ, ИМЦ-Л, проекторов измерительных типа ПИ, универсальных микроскопов типа УИМ, координатометров, фотометрических микроскопов ФЭМ, биологических микроскопов типа БИОЛАМ.



Мера штриховая выполняется в негативном и позитивном изображении. Погрешность измерения $\pm(0,05+0,002 \cdot L)$ мкм, где L-измеряемая величина в мм.

Локальная поверочная схема для средств измерений (СИ) линейных размеров в диапазоне 0,001...100 мм.





8. РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ЖИДКОСТНОГО ТЕРМОСТАТА ДЛЯ ПОВЕРКИ КОНТАКТНЫХ ТЕРМОМЕТРОВ

Основные достоинства жидкостных термостатов заключаются в высокой стабильности поддержания температуры и малых температурных градиентах. Эти преимущества обеспечиваются за счет наилучшей теплопередачи между термостатируемой средой (теплоносителем) и поверяемым термометром. Для работы в диапазоне температур от +40 до +200 °С широко применяются жидкостные термостаты как отечественного, так и зарубежного производства, но для поверки термометров сопротивления по ГОСТ 8.338-2002 и ГОСТ 8.461-82 необходимо обеспечение диапазона температур более +200 °С.

Основным препятствием для обеспечения этого температурного диапазона является зависимость физических свойств применяемой в термостате в качестве теплоносителя жидкости от температуры. Поэтому основной задачей при проектировании жидкостных термостатов является выбор и обоснование применяемой жидкости. В работе была поставлена задача обеспечения работы жидкостного термостата для поверки термометров сопротивления до +300 °С.

В настоящее время рабочий диапазон температур от +40 до +200 °С обеспечивается при помощи жидкости ПМС-100 с температурой вспышки 310 °С. При температурах от +200 до +300 °С в жидкости ПМС-100 происходит изменение химической структуры и начинается активное ее разложение. Очевидно, что основной задачей для обеспечения работы термостата до +300 °С является задача подбора теплоносителя работоспособного при температурах до +300 °С.

В последнее время на отечественном рынке появилось множество жидкостных термостатов зарубежного производства. Одним из них является термостат UB-40 J производства фирмы LAUDA (Германия), который работает на жидкости Ultra 300. Жидкость Ultra 300 производства этой же фирмы имеет рабочий диапазон температур от +80 до +300 °С, температуру вспышки выше +310 °С и во всем диапазоне рабочих температур остается в жидком состоянии.

В настоящее время на ОАО НПП «ЭТАЛОН» серийно выпускается термостат типа TP-1M. Для решения поставленной задачи нами проводились испытания масла цилиндрического марки МЦ-52 в термостате TP-1M-B, являющемся одной из модификаций термостата TP-1M. Масло МЦ-52 имеет рабочий диапазон температур от +80 до +300 °С, температуру вспышки не ниже 310 °С.

Основным недостатком масла МЦ-52 является его большая вязкость при температурах ниже +80 °С, что не позволяет осуществлять его перемешивание, поэтому при включении термостата происходит нагрев масла до температуры +145 °С без активации системы перемешивания. При достижении температуры масла +145 °С происходит запуск двигателя мешалки и начинается активное перемешивание масла МЦ-52 в рабочем объеме термостата. Таким образом, обеспечивается работоспособность мешалки и равномерное перемешивание теплоносителя в рабочем объеме термостата, но такой режим работы ограничивает диапазон рабочих температур термостата от +150 до +300 °С.

В ходе работы были выполнены измерения вертикального и горизонтального перепада температур, а также стабильности поддержания температуры в термостатах TP-1M-B и UB-40 J. При проведении измерений использовался эталонный термометр сопротивления 3-го разряда ЭТС-100 (далее – ЭТС-100) и вольтметр В7-54/3.

Термостат TP-1M-B имеет крышку с семью отверстиями. Одно отверстие располагается в центре рабочего пространства термостата, а остальные шесть отверстий располагаются равноудаленно вокруг центрального отверстия (см. рис.8.1). При работе термостата в эти отверстия помещаются термометры, а свободные отверстия закрываются пробками. Термостат UB-40 J имеет аналогичную конструкцию.

Измерения стабильности поддержания температуры выполнялись по следующей методике:

1. ЭТС-100 устанавливается в центральное отверстие крышки термостата на глубину 300±20 мм.
2. ЭТС-100 подключается к вольтметру В7-54/3 по четырехпроводной схеме.
3. Вольтметр подключается к последовательному порту ЭВМ при помощи интерфейсного кабеля.
4. Термостат выводится на требуемый температурный режим.
5. Измеряется сопротивление ЭТС-100 с помощью вольтметра В7-54/3 в четырехпроводном режиме.
6. Измеренное значение сопротивления ЭТС-100 передается на

ЭВМ, где пересчитывается в значение температуры по методике приведенной в документации на ЭТС-100. Полученное значение температуры записывается в базу данных на ЭВМ.

Измерения вертикального и горизонтального перепадов температуры выполнялись по следующей методике:

1. ЭТС-100 устанавливается в удаленное от центра отверстие крышки термостата на глубину 300±20 мм.
2. ЭТС-100 подключается к вольтметру В7-54/3 по четырехпроводной схеме.
3. Термостат выводится на требуемый температурный режим.
4. Измеряется сопротивление ЭТС-100 с помощью вольтметра В7-54/3 в четырехпроводном режиме, считывая показания с учетом четырех знаков после запятой.
5. Крышка термостата разворачивается вместе с установленным ЭТС-100 по часовой стрелке на 120° и повторяются операции пункта 4. Промежуток времени между измерениями д.б. 60±15 сек.
6. Крышка термостата поворачивается еще на 120° по часовой стрелке и повторяются операции пункта 4. Промежуток времени между измерениями должен быть 60±15 сек.
7. ЭТС-100 выдвигается из термостата на 100 мм, что соответствует глубине погружения 200 мм. Измеряется сопротивление ЭТС-100 через 60±15 сек. Повторяются операции пункта 5 и 6.
8. Рассчитываются значения температуры t_i , соответствующие каждому измеренному значению сопротивления ЭТС-100 по методике приведенной в документации на ЭТС-100.
9. Рассчитываются перепады температуры в горизонтальной плоскости на глубине 300 мм и 200 мм как максимальная разность между значениями температур t_i в различных положениях ЭТС-100 на глубине 300 мм и 200 мм соответственно.
10. Рассчитывается перепад температуры по вертикали как разность между последним измеренным значением температуры на глубине 300 мм и 1 измеренным значением температуры на глубине 200 мм.

На рисунках и в таблицах представлены результаты экспериментальных измерений, позволяющие оценить метрологические характеристики термостатов UB-40 J и TP-1M-B.

На рисунках 8.3 и 8.4 приведены экспериментальные графики стабильности поддержания температуры термостатом UB-40 J при температурных режимах +300 °С и +100 °С соответственно. Видно, что стабильность поддержания температуры термостатом UB-40 J при температурном режиме +300 °С составляет ±0,065 °С за 30 мин., а при температурном режиме +100 °С составляет ±0,012 °С за 30 мин.. В таблице 4 представлены данные по перепаду температуры в рабочем объеме термостата UB-40 J при температурном режиме +100 °С.

На рисунке 9.2 приведен экспериментальный график стабильности поддержания температуры термостатом TP-1M-B при температурном режиме +300 °С. Видно, что стабильность поддержания температуры термостатом TP-1M-B при температурном режиме +300 °С составляет ±0,01 °С за 30 мин.. В таблицах 8.1...8.3 представлены данные по перепадам температуры в рабочем объеме термостата TP-1M-B при температурных режимах +150 °С, +200 °С и +300 °С соответственно.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать выводы о том, что термостат TP-1M-B и термостат UB-40 J при работе на температурных режимах +300 °С и +100 °С удовлетворяют требованиям ГОСТ 8.338-2002 на поверку термометров.

Общим недостатком жидкостных термостатов при работе в диапазоне температур от +150 до +300 °С является испарение теплоносителя. Для защиты оператора и рабочего помещения от паров теплоносителя обычно применяется вытяжная вентиляция. Жидкостный термостат TP-1M-B, выпускаемый на ОАО НПП «Эталон», комплектуется вытяжной камерой и вытяжным зонтом.

Следует отметить, что стоимость термостата UB-40 J составляет 500 тысяч рублей. Стоимость термостата TP-1M-B составляет 86 тысяч рублей. В стоимость каждого термостата входит и стоимость соответствующего теплоносителя, а в стоимость термостата TP-1M-B также входит стоимость вытяжной камеры и вытяжного зонтика. Стоимость жидкости Ultra 300 составляет 6 тысяч рублей за 1 литр и для работы термостата UB-40 J на температурном режиме +300 °С требуется 32,5 литра жидкости, следовательно, одна заправка термостата обойдется в 195 тысяч рублей. Стоимость масла МЦ-52 составляет 55 рублей за 1 литр и для работы термостата TP-1M-B на температурном режиме +300 °С требуется 13 литров масла, следовательно, одна заправка термостата обойдется в 715 рублей.

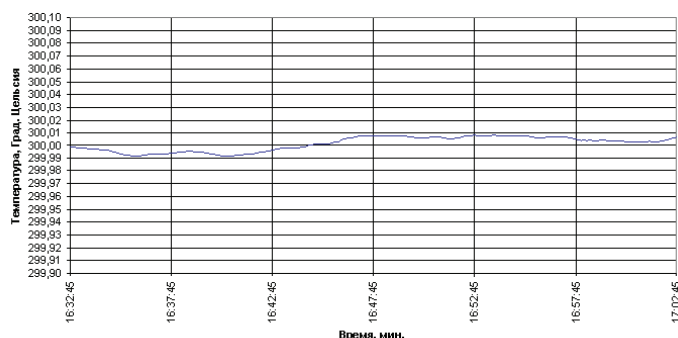


Рисунок 8.2 График стабильности поддержания температуры в термостате TP-1M-B при температурном режиме +300 °C.

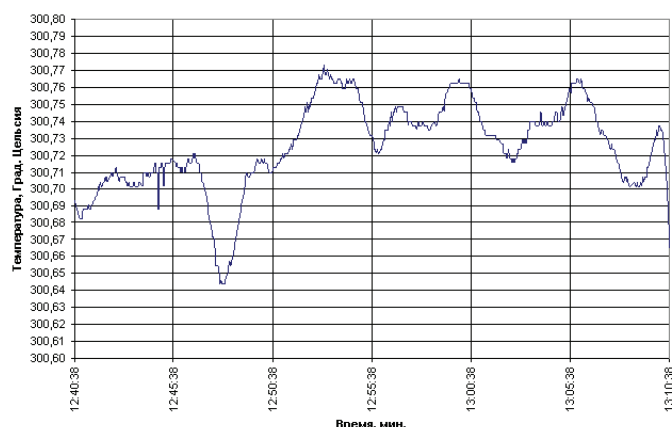


Рисунок 8.3 График стабильности поддержания температуры в термостате LAUDA UB-40 J при температурном режиме +300 °C.

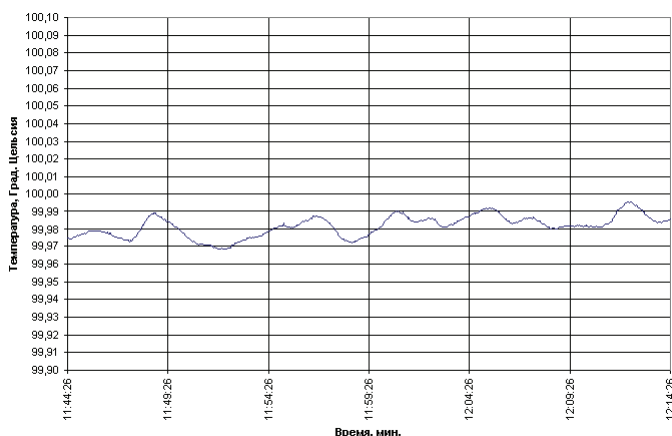


Рисунок 8.4. График стабильности поддержания температуры в термостате LAUDA UB-40 J при температурном режиме +100 °C

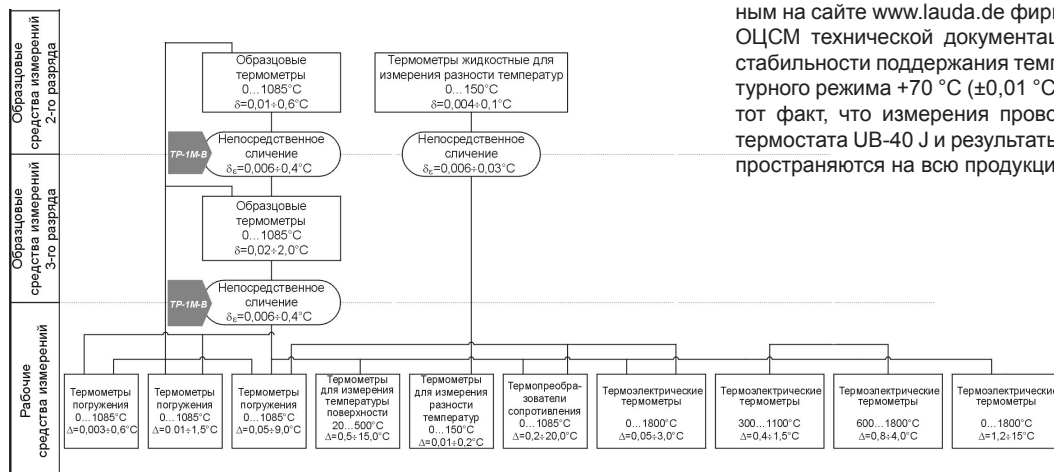


Рисунок 8.5. Положение, занимаемое термостатом TP-1M-B в Государственной поверочной схеме для средств измерения температуры

Перепады температуры в TP-1M-B

Таблица 8.1

Температурный режим 150 °C		
Глубина погружения, мм	Перепад по горизонтали, °C	Перепад по вертикали, °C
300	0,002	0,0241
200	0,0016	

Перепады температуры в TP-1M-B

Таблица 8.3

Температурный режим 300 °C		
Глубина погружения, мм	Перепад по горизонтали, °C	Перепад по вертикали, °C
300	0,008	0,0385
200	0,0193	

Перепады температуры в TP-1M-B

Таблица 8.2

Температурный режим 200 °C		
Глубина погружения, мм	Перепад по горизонтали, °C	Перепад по вертикали, °C
300	0,005	0,04
200	0	

Перепады температуры в LAUDA UB-40 J

Таблица 8.4

Температурный режим 100 °C		
Глубина погружения, мм	Перепад по горизонтали, °C	Перепад по вертикали, °C
300	0,012	0,017
200	0,008	

Термостат TP-1M-B соответствует поверочной схеме ГОСТ 8.558-93. На рисунке 5 приведен фрагмент Государственной поверочной схемы для средств измерения температуры (контактные термометры в диапазоне 0...2500 °C), на котором место, занимаемое термостатом TP-1M-B в поверочной схеме, выделено шрифтом на темном фоне. Термостат TP-1M-B может быть использован для поверки образцовых средств измерений 3-го разряда и для поверки некоторых типов рабочих средств измерений, что удовлетворяет большинство требований территориальных метрологических органов при поверке контактных термометров.

В настоящее время термостат TP-1M-B сертифицирован, сертификат № 14300, и внесен в Государственный реестр средств измерения температуры под № 24473-03.

Измерения в термостате UB-40 J проводились специалистами ОАО НПЦ "ЭТАЛОН" в Омском центре стандартизации и метрологии (далее ОЦСМ). Полученные экспериментально значения стабильности поддержания температуры при температурном режиме +300 °C в термостате UB-40 J ($\pm 0,065$ °C) не соответствуют значениям, указанным на сайте www.lauda.de фирмы LAUDA ($\pm 0,01$ °C). В имеющейся в ОЦСМ технической документации на термостат UB-40 J значения стабильности поддержания температуры указаны лишь для температурного режима +70 °C ($\pm 0,01$ °C). Необходимо обратить внимание на тот факт, что измерения проводились лишь на одном экземпляре термостата UB-40 J и результаты измерений никаким образом не распространяются на всю продукцию фирмы LAUDA.

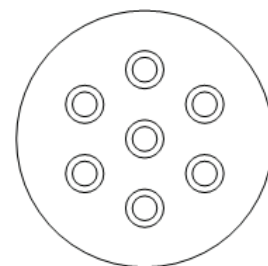


Рисунок 8.1. Крышка термостата TP-1M-B



9. СРЕДСТВА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ДИАПАЗОНЕ ОТ -190 ДО 1600°C

С начала 90-х гг. требуемая точность измерений температуры в различных отраслях промышленности и науки возросла примерно в 10 раз. Это было достигнуто как введением новой международной темп-ой шкалы МТШ-90, так и быстрым развитием приборостроения, в том числе электронного. Метрологические характеристики и номенклатура первичных преобразователей средств измерений температуры за этот период практически не изменились.

Таблица 9.1

Образцовое средство измерения	Диапазон измеряемых температур, °C	Разряд	Доверительная погрешность, °C	Примечание
Платиновый термометр сопротивления	0–660°C	1	0,002–0,01	Образцовые термометры сопротивления ПТС-10М, ПТС-25, ПТС-50, ЭТС-100, ПТСВ производятся в России, зарегистрированы в Гос. реестре средств измерений
		2	0,01–0,03	
		3	0,02–0,15	В России не производятся
Высокотемпературный платиновый термометр сопротивления	419–1085	1	0,05–0,07	Образцовый высокотемпературный термометр ВТС * производится в России, зарегистрирован в Гос. реестре средств измерений
		2	0,02–0,15	
Образцовый ртутно-стеклянный термометр	0–500	2	0,01–0,3	Термометры типов ТР и ТЛ серийно производятся в России, зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений
		3	0,02–0,9	
Образцовый платино-платинородиевый термоэлектрический термометр	300–1200	1	0,3–0,6	Образцовый платино-платинородиевый термоэлектрический термометр ППО производится в России, зарегистрирован в Гос. реестре средств измерений
		2	0,5–0,9	
		3	1,0–1,8	
Образцовый платинородиевый термоэлектрический термометр (ПР 30/6)	600–1800	1	0,3–0,5	Образцовый платинородиевый термоэлектрический термометр ПРО производится в России, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений
		2	0,5–4,0	
		3	1,0–10,0	
Образцовые цифровые термометры	0–660	3	0,05–0,5	В России не производятся

Таблица 9.3

Образцовое средство измерения	Диапазон измеряемых температур, °C	Разряд	Метод передачи размера единицы температуры	Метрологические характеристики термостатирующих устройств		
				Диапазон, °C	Нестабильность, °C	Градиент температурного поля, °C/м
Платиновый термометр сопротивления	0–660	1	Градуировка в реперных и постоянных точках температурной шкалы	-	0,1*	0,5*
		2				
		3				
Высокотемпературный платиновый термометр сопротивления	419–1085	1	Градуировка в реперных и постоянных точках температурной шкалы	-	0,5*	0,5*
		2				
Образцовый ртутно-стеклянный термометр	0–500	2	Непосредственное сличение с образцовым термометром в термостате	-30–500	1 деление шкалы за 2 мин.	0,01
		3		-30–500	1 деление шкалы за 2 мин.	
Образцовый платино-платинородиевый термоэлектрический термометр	300–1200	1	Градуировка в реперных и постоянных точках шкалы	-	-	-
		2	Непосредственное сличение с образцовым термометром в термостате	300–1200	Не более 1°C за время измерения	-
		3	Непосредственное сличение с образцовым термометром в термостате	300–1200	Не более 1°C за время измерения	-
Образцовый платинородиевый термоэлектрический термометр (ПР 30/6)	600–1800	1	Градуировка в реперных и постоянных точках шкалы	-	-	-
		2	Непосредственное сличение с образцовым термометром в термостате	600–1800	Не более 1°C за время измерения	-
		3	Непосредственное сличение с образцовым термометром в термостате	600–1800	Не более 1°C за время измерения	-
Образцовые цифровые термометры	0–1200	3	Непосредственное сличение с образцовым термометром в термостате	0–1200	-	-

Примечание. * – параметр указан для рабочего объема термостатирующего устройства, в котором находится ампула с веществом, используемым для реализации реперной или постоянной точки температурной шкалы.

Таблица 9.2

Перечень образцовых средств измерений

Вещество	Фазовый переход	Температура, °C	Воспроизводимость, °C
Эвтектика галлий-индий (Ga-In)	Плавление	15,646	0,002
Эвтектика галлий-олово (Ga-Sn)	Плавление	20,482	0,002
Эвтектика галлий-цинк (Ga-Zn)	Плавление	25,210	0,002
Дифенил	Тройная точка	26,871	0,002
Серцино-нитрил	Тройная точка	58,080	0,005
Натрий	Затвердевание	97,819	0,005
Бензойная кислота	Тройная точка	122,370	0,004
Висмут	Затвердевание	271,442	0,001
Кадмий	Затвердевание	321,108	0,0003
Свинец	Затвердевание	327,502	0,001
Сурьма	Затвердевание	630,755	0,003
Эвтектика медь-серебро (Cu-Ag)	Плавление	779,88	0,05
Медь	Затвердевание	1084,88	0,01
Палладий	Затвердевание	1555,3	0,2
Платина	Затвердевание	1768,7	0,4
Родий	Затвердевание	1963,0	5,0
Иридий	Затвердевание	2447,0	6,0
Молибден	Затвердевание	2624,0	5,0
Вольфрам	Затвердевание	3420,0	10,0
Эвтектика иридий-углерод (Ir-C)	Плавление	2564,0	40,0
Эвтектика рений-углерод (Re-C)	Плавление	2748,0	50,0

Качество средств метрологического обеспечения, используемым в метрологических институтах России и территориальных органах Ростехрегулирования (бывший Госстандарт), в связи с процессами глобализации метрологии должны соответствовать высшим требованиям современной метрологии и обладать такими эксплуатационными характеристиками, которые гарантируют признание полученных результатов национальными метрологическими учреждениями других стран.

В связи с распадом СССР Россия потеряла значительную часть своего приборного потенциала. Производство почти четверти первичных преобразователей, вторичных приборов и эталонов оказалось за пределами страны. Часть измерительных средств морально устарела, т.к. за предшествующее десятилетие требования к точности измерений в науке и промышленности резко возросли. Многие новые приборные разработки остались незавершенными. Управление даже высшими звеньями Государственной системы измерений потеряло свою эффективность.

Основным нормативным документом, определяющим систему обеспечения единства измерений температуры, является Государственная поверочная схема для средств измерений температуры (ГОСТ 8.558-93). В диапазоне температур выше 0°C передача размера единицы температуры от Гос. первичного эталона ГЭТ 34-92 регламентирована в части 2 ГОСТ 8.558-93 (для контактных средств измерений) и в части 3 ГОСТ 8.558-93.



В соответствии с Государственной поверочной схемой ГОСТ 8.558-93 часть 2 в качестве образцовых средств измерений могут быть использованы следующие средства измерений (табл. 9.1).

Поверочная схема в основном обеспечена необходимыми образцовыми средствами измерений, занесенными в Гос.реестр средств измерений и выпускаемыми серийно отечественной промышленностью.

Действующей поверочной схемой ГОСТ 8.558-93 для передачи размера единицы температуры предусмотрено использование образцовых мер температуры на уровне 1-го разряда образцовых средств измерений. Эти меры обозначены в поверочной схеме, как "аппаратура для воспроизведения реперных и постоянных точек температуры". Эта формулировка подразумевает применение на уровне образцовых средств 1-го разряда аппаратуры, используемую ранее на уровне первичного эталона для воспроизведения Международной температурной шкалы, и на уровне вторичных эталонов – для передачи ее с высокой точностью. Эта аппаратура включает в себя ампулы с чистыми металлами и прецизионные термостатирующие устройства, обеспечивающие расплавление металлов в ампулах, а также медленное и длительное их затвердевание. Температуры фазовых переходов (плавление, затвердевание), обладающие высокой воспроизводимостью, используются в качестве мер температуры. Перечень веществ, используемых для построения Международной температурной шкалы, и температуры их фазовых переходов изложены в нормативной документации, регламентирующей определение температурной шкалы и методику ее реализации. Номенклатура этих веществ достаточно ограничена (чистые неорганические и органические вещества, а также эвтектические сплавы, обладающие кристаллической структурой) однако идея построения температурной шкалы на основе температур фазовых переходов высокочистых веществ успешно используется для решения проблемы измерения температуры с высокой точностью.

Температуры фазовых переходов таких веществ, не входящие в перечень основных реперных точек температурной шкалы, получили название вторичных реперных точек температурной шкалы (табл. 9.2).

Высокая воспроизводимость температур фазовых переходов чистых веществ обеспечивает возможность их использования в качестве прецизионных мер температуры, что предусмотрено в поверочной схеме: на уровне вторичных эталонов и образцовых средств 1-го разряда. Однако отечественная промышленность только начала их производство, и они пока не зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений.

Важную роль в процессе передачи размера единицы температуры играют термостатирующие устройства, служащие для компарирования образцовых и поверяемых средств измерений. Метрологические характеристики термостатирующих устройств во многом определяют погрешности методов передачи, указанные в овалах поверочной схемы.

Основными метрологическими характеристиками термостатирующих устройств являются: диапазон воспроизводимых температур, нестабильность поддержания температуры в рабочем объеме, неоднородность температурного поля в рабочем объеме.

Требования к метрологическим характеристикам термостатирующих устройств различны для различных средств измерений. Как правило, эти требования формулируются в методиках поверки для конкретных типов средств измерений и приведены в таблице 9.3.

Необходимо отметить, что некоторые из использованных для обобщения нормативных документов морально устарели и не соответствуют существующей в настоящее время практике. В частности, во время создания нормативных документов на методы поверки ряда средств измерений отечественные

термостатирующие устройства не имели автоматических систем регулирования и поддержания темп-ры, обладающих удовлетворительными параметрами. Поэтому поверка термометров производилась в условиях медленного изменения темп-ры. В следствие этого в нормативных документах изложены требования не к стабильности поддержания, а к скорости изменения темп-ры.

Современные методики поверки средств измерений выдвигают требование длительного поддержания заданной темп-ры в рабочем объеме термостатирующего устройства, что обусловлено необходимостью одновременной поверки большого количества средств измерений. Для обоснованных требований к неравномерности температурного поля в рабочем объеме термостатирующего устройства и нестабильности поддержания тем-ры необходимо оценить вклад в суммарную погрешность поверки этими составляющими.

Градиент температурного поля и нестабильность поддержания температуры в рабочем объеме термостата являются основными составляющими суммарной погрешности метода передачи размера единицы температуры путем сравнения показаний поверяемого и образцового термометров.

К сожалению, в настоящее время отсутствуют нормативные документы, регламентирующие методику расчета погрешностей передачи размеров единиц физических величин, которые должны быть указаны в овалах поверочных схем. Поэтому эти погрешности могут быть указаны из общих соображений, таких, например, как минимальный вклад метода поверки в суммарную погрешность передачи размера единицы.

Для передачи размера единицы температуры методом сличения поверяемого и образцового термометров, используя междунар. рекомендации [4], определили наиболее приемлемые соотношения между погрешностью передачи размера единицы температуры и собственными погрешностями поверяемых термометров. Проведенные нами расчеты дали суммарную погрешность термостатов 0,0130 К.

Данный набор обеспечивает поверкой (калибровкой) следующие виды термометров:

- термометры стеклянные жидкостные;
- термометры цифровые (погружными и поверхностными датчиками);
- термометры сопротивления технические (платиновые, медные, никелевые, полупроводниковые, родий-железные и т.д.);
- термометры сопротивления платиновые повышенной плотности;
- термоэлектрические преобразователи эталонные 1, 2, 3-го разрядов;
- термоэлектрические преобразователи из благородных и не благородных термоэлектродов;
- термометры с унифицированным входным сигналом;
- термометры с частотными выходными сигналами;
- термометры dilatометрические со стрелочной шкалой и манометрической (жидкостные, газовые);
- термометры цифровые медицинские.

Указанный набор термостатов и печей – идеальный комплекс для контактной термометрической лаборатории. Выпускаемые термостаты, печи, по своим характеристикам не уступают зарубежным образцам и соответствуют поверочной схеме, и обеспечивает комплексное решение воспроизведения и передачу единицы темп-ры в соответствии с Гос.поверочной схемой для средств измерения темп-ры в диапазоне от -190 °С до +1600 °С ГОСТ 8.558-93.

Созданное эталонное и раб.буроводование обеспечивает метрологическую независимость страны при вступлении в ВТО, повышает обороноспособность страны, а также создает предпосылки для поставки ее на экспорт.

Разработан и выпускается набор термостатов (жидкостных и твердотельных), печей для использования в работе термометрической лаборатории в диапазоне температур -196–1600°С (табл.9.4). Кроме этого выпускаются установки для поверки датчиков температур, измерители и регуляторы темп-ры.

Таблица 9.3

Параметры / тип	КР-190	К-40	ТН-2М	ТН-3М	ТП-1М	ТР-1М	ТР-1М-500	ТППов-верх-ност-ный	ТС 250-2	ТС 600-2	МТП-2М L=500/1000мм	ВТП	Шаро-в а я печь	верти-каль-н а я -печь
Диапазон воспроизведе-ния температуры, °С	-190 ...-60	-40 ...+40	0	0	100	+40 ...300	+40 ...200	40+300	+50 ...250	+50 ...600	+300 ...1200	300 ...1600	+100 +1200	+600 +1200
Максимальная глубина погружения датчика, мм	200	300	400	490	300	300	500		120	180	250/ 500	300	250	550
Длина равномерного тем-пературного поля, мм		300	100	100	100	300	500	Ø70	60	80	50	50	80	300
Т е м п е р а т у р н ы й градиент, °С/см, не более		0,003	0,006	0,006	0,006	0,002	0,0035	0,1	0,1	0,2	0,8	0,8	0,2	
Нестабильность поддер- жания температуры, °С	±0,05 за 30мин.	±0,05 за 30мин.				±0,05 за 30мин.	±0,05 за 30мин.	±0,3	±0,05 за 30мин.	±0,05 за 30мин.	±0,1 за 1 мин.	±0,1 за 1 мин.	±0,1 за 1 м.	±0,1 за 5 мин.
Время выхода на режим, мин., не более	60	240	30	30	60	120	120	120	30	45	90	4ч.	120	120
Мощность потребляемая по сети -50Гц, 220В, в ре- жиме форсированного на- грева, Ква, не более		3,0			1,2	3,0	3,0	3	1,0	1,5	4,0/10,0	2,5	4	5
Количество поверяемых датчиков	1	6	10	10	10	6	6	до 3	3	3	5	5	8	
Масса теплоносителя, кг, не более	азот	то сол А 4 0 М, 15	тающий лед		водяной пар	П М С - 100, 13	П М С - 100, 20							ампула
Габаритные размеры, мм термостат		5 0 0 х 6 0 0 х 1200	250х370х 730	270х 265х 265	1050х Ø450	2 5 6 х 2 8 0 х 746	2 5 6 х 2 8 0 х 946		305х170 х300	155х195 х375	750х175 х400/1250 х175х400	700х300 х400	5 0 0 х500	600х600 х1200



10. РЕАЛИЗАЦИЯ РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК ТЕМПЕРАТУРНОЙ ШКАЛЫ В МАЛОГАБАРИТНЫХ АМПУЛАХ

На современном уровне развития промышленности температурные измерения составляют значительную часть (около 40 %) общего объема всех измерений. Вследствие этого в эксплуатации находится широкая номенклатура средств измерения температуры, которые требуют периодической поверки. В существующей поверочной схеме [1] для контактных термометров предусмотрен метод сличения с образцовыми средствами измерений температуры. Это обуславливает повсеместное распространение в метрологических службах образцовых платиновых преобразователей, таких как ПТС 10М (в основном 1-го и 2-го разрядов). Однако ПТС-10М неудобен тем, что для его использования необходим дорогостоящий прецизионный измеритель сопротивления. При этом корпусом указанного преобразователя служит специальная пробирка из кварцевого стекла, что требует особой осторожности при его эксплуатации и транспортировке. А так как поверку самого ПТС-10М можно осуществить лишь в немногочисленных метрологических центрах, то его, как правило, приходится транспортировать на большие расстояния. Таким образом, в настоящее время существует насущная необходимость в более защищенных эталонных средствах измерения температуры с погрешностью не более 0,01–0,03 °С в диапазоне температур 0–660 °С.

В качестве таких средств можно использовать основные носители значений температуры в действующей темп-ной шкале МТШ–90 [2], которыми являются точки фазового перехода первого рода высокочистых веществ (реперные точки). Они имеют прекрасную воспроизводимость и высокую точность. Однако большие размеры этих средств измерений и значительная стоимость ограничивают их широкое применение. Поэтому оптимальным выходом в данной ситуации является использование малогабаритных ампул для воспроизведения реперных точек.

На Омском опытном заводе «Эталон» были изготовлены две ампулы: с галлием (Ga) чистотой 99,9999% и с индием (In) чистотой 99,999% (рис. 10.1).

Ампулы имеют корпуса 1, 3 из фторопласта и дополнительно защищены алюминиевыми чехлами 2, 4, в которых сделаны проточки для уменьшения теплооттока. Ампула с галлием размещена в термостате с металлическим термостатирующим блоком (Омского завода «Эталон»), который в диапазоне 10...+100 °С имеет вертикальный перепад температур 0,1 °С в рабочей зоне 100 мм от дна термометрического канала и нестабильность $\pm 0,02$ °С. При реализации точки плавления температура термостата поддерживалась на 0,15 °С выше температуры плавления галлия. График изменения температуры во времени при плавлении галлия (плато плавления) приведен на рис. 10.2а. Измерения производили с помощью образцового термопреобразователя сопротивления ЭТС-100 и вольтметра В7-54/3. Предполагалось, что длительность плато плавления в малогабаритной ампуле должна быть в пределах четырех часов. Из рис. 10.2 следует более чем двукратное превышение этого времени.

Ампула с индием была размещена в термостате с металлическим термостатирующим блоком ТС 600-2 (Омского завода «Эталон»), который в диапазоне 50–600 °С имеет вертикальный градиент температур 0,1 °С/см в рабочей зоне 80 мм от дна термометрического канала и нестабильность $\pm 0,05$ °С. Для улучшения теплового контакта колодец ампулы заполнен маслом ПМС-100. Чтобы уменьшить время получения реперной точки и упростить работу, реализовывали точку плавления, при этом темп-ру термостата поддерживали на 0,3 °С выше температуры плавления индия. График плато плавления приведен на рис. 10.2б.

Температуры реперных точек Ga, In (СНИИМ), измеренных с помощью ЭТС-100 и установки на базе компаратора Р 3017, рассчитывали по формулам, рекомендованным в методике поверки термометров ЭТС-100. При расчете использовали сопротивление ЭТС-100 в тройной точке воды RTP и коэффициенты функции отклонения a , b , указанные в свидетельстве о поверке на ЭТС-100:

$$RTP = 100,05694 \text{ Ом}, \quad a = -0,001144541, \quad b = -0,0000998389$$

Расчет проводили следующим образом. Вычисляли относительное сопротивление в точках Ga, In

$$W_t = R_t/R_{tp} \quad (10.1)$$

Находили значение функции отклонения от стандартной функции по МТШ–90. Функция отклонения от МТШ–90 для диапазона 0–420 °С имеет вид:

$$\Delta W(t) = W(t) - W_{90}(t) \quad (10.2)$$

Значение стандартной функции $W_{90}(t)$ по МТШ–90 получали из формулы

$$\Delta W(t) = a(W(t)-1) + b(W(t)-1)^2 \quad (10.3)$$

Температуры t_{90} для точек Ga, In рассчитывали по обратной стандартной функции МТШ–90:

$$t_{90} = D_0 + \sum_{i=1}^9 D_i \left(\frac{W_{90}(t_{90}) - 2,64}{1,64} \right)^i, \quad (10.4)$$

Измерения производили также с помощью образцового термопреобразователя сопротивления ЭТС-100 и вольтметра В7-54/3.

Как видно из рис. 10.2, температура фазового перехода стабильна в пределах 0,005 °С в течение более 4 часов, что вполне достаточно для поверки или градуировки не менее 8 термометров. Другим достоинством малогабаритной реперной точки является быстрое достижение температуры фазового перехода.

На рис. 10.2, а, б можно заметить, что температуры фазовых переходов отличаются от значений по МТШ–90. Это связано с погрешностями применяемого оборудования: ЭТС-100 и В7-54/3. Для определения действительной температуры реализации фазового перехода в малогабаритных ампулах сравнивали температуры плавления индия и галлия в этих ампулах и температур реперных точек In и Ga, входящих в состав рабочего эталона ВЭТ 34-27–99 единицы температуры Сибирского НИИ метрологии (СНИИМ).

При сравнении использовали малогабаритные ампулы с In и Ga, которые размещали в термостатах ТС 600-2, КС 100-1, изготовленных на Омском заводе «Эталон»; реперные точки тройной точки воды (ТТВ), Ga и In, входящие в состав ВЭТ 34-27–99; ЭТС-100; установку для измерения сопротивления на базе компаратора Р3017.

Сравнение проводили дифференциальным методом с помощью термометра ЭТС 100, который последовательно помещали в ТТВ (СНИИМ) → ампулу In (з-д «Эталон») → ампулу In (СНИИМ) → ТТВ (СНИИМ) → ампулу Ga (СНИИМ) → ампулу Ga (з-д «Эталон») → (СНИИМ). Результаты измерений приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Ампула	Ризм, Ом	Рср, Ом
ТТВ (СНИИМ)	100,05815; 100,05845	100,0583
In (з-д «Эталон»)	161,0038; 161,0070; 161,00385	161,0049
In (СНИИМ)	161,00705; 161,00665 161,0067; 161,0064	161,0067
ТТВ (СНИИМ)	100,05845	100,05845
Ga(СНИИМ)	111,8665; 111,86655; 111,86665	111,86656
Ga (з-д «Эталон»)	111,86665; 111,8665; 111,8666	111,86658
ТТВ (СНИИМ)	100,05855; 100,0586; 100,0585	100,05855

Результаты расчета по (1) – (4) приведены в табл. 10.2.

Таблица 10.2

Реперная точка СНИИМ	W_t	$\Delta W(t)$	$W_{90}(t)$	t_{90}
Ga	1,118028994	-0,00013648	1,118165474	29,7714
In	1,60915075	-0,00073424	1,609884994	156,6204

В свидетельствах на реперные точки, входящих в состав эталона СНИИМ ВЭТ 34-27–99, указаны следующие температуры этих точек: 29,7646 °С для Ga и 156,5987 °С для In.

Таким образом, суммарную погрешность измерения температуры комплектом ЭТС 100 с компаратором Р 3017 можно вычислить как разность между температурами, полученными этим комплектом и указанными в свидетельстве (табл. 10.3).

Таблица 10.3

Реперная точка СНИИМ	Значение температуры по ЭТС-100, °С	Значение темп-ры в свидетельстве, °С	Погрешность измерения темп-ры, °С
Ga	29,7714	29,7646	0,0068
In	156,6204	156,5987	0,0217

Расчет температур плавления Ga, In в малогабаритных ампулах, измеренных с помощью того же оборудования, проводили аналогично предыдущему. Результаты расчета по формулам (1) – (4) приведены в табл. 10.4.

Таблица 10.4

Реперная точка з-д «Эталон»	W_t	$\Delta W(t)$	$W_{90}(t)$	t_{90}
Ga	1,118029194	-0,00013648	1,118165674	29,7714
In	1,60913276	-0,00073422	1,609866982	156,6157

С учетом рассчитанной ранее суммарной погрешности измерения температуры комплектом ЭТС-100 с компаратором Р 3017 можно вычислить действительную температуру плавления Ga, In в малогабаритных ампулах (табл. 10.5).



Таблица 10.5

Реперная точка з да "Эталон"	Температура плавления в ампуле, измеренная ЭТС, °C	Погрешность измерения температуры ЭТС-100, °C	Действительная температура плавления *, °C	Температура реперной точки по МТШ-90, °C	Отклонение температуры плавления в ампуле от температуры реперной точки по МТШ-90, °C
Ga	29,7714	0,0068	29,7646	29,7646	0,0000
In	156,6157	0,0217	156,5940	156,5985	-0,0045

* - с учетом погрешности измерения температуры с помощью ЭТС-100

Результаты этих измерений позволяют утверждать, что в малогабаритных ампулах температура реализации реперных точек отличается от температуры МТШ-90 не более чем на 0,005 °C. Кроме этого, можно сделать вывод, что для данного диапазона температур применение ЭТС-100 не вносит погрешности из-за малой глубины погружения (160 мм), поскольку температуры фазового перехода, измеренные ЭТС-100 в ампулах СНИИМ (глубина 200-250 мм) и малогабаритных ампулах (160 мм), совпадает с погрешностью менее 0,005 °C. Из этого следует, что в малогабаритных ампулах допустима градуировка или проверка термометров типа ЭТС-100, имеющих тонкостенную металлическую арматуру и диаметр не более 6 мм.

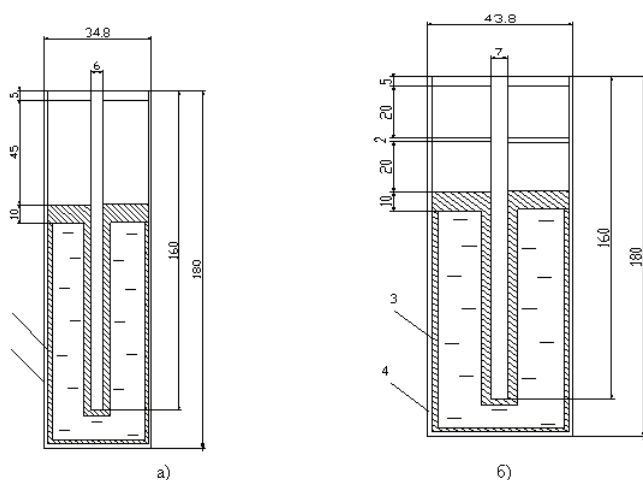


Рисунок 10.1. Эскизы ампул с галлием (а) и индием (б)

Таким образом, задав предел погрешности $\pm 0,01$ °C в малогабаритных ампулах для реализации реперных точек галлия и индия и нестабильность температуры фазового перехода $\pm 0,005$ °C в течении 4 часов, создали сравнительно недорогое образцовое средство измерения температуры. При этом можно ожидать приемлемых характеристик для малогабаритных ампул с оловом и цинком.

К сожалению, реперные точки не предусмотрены в существующей поверочной схеме [1] для ее звеньев ниже 1-го разряда, вероятно, из-за их высокой стоимости. Поэтому предлагаем добавить в поверочную схему ветвь для реперных точек, воспроизводимых в малогабаритных ампулах (рис. 10.3). Эта ветвь позволит градуировать и поверять прецизионные тех.термометры, напр., из состава теплосчетчиков, а также уйти от применения хрупких низкочувствительных образцовых термометров.

Для рассмотренного дифференциального метода допустимо применение термопреобразователей не только типа ЭТС-100 3-го разряда, но и платинового чувствительного элемента класса А. Главное, чтобы термометр сохранял стабильность показаний в течении всего периода измерений. Эти исследования будут продолжены для пополнения статистических данных.

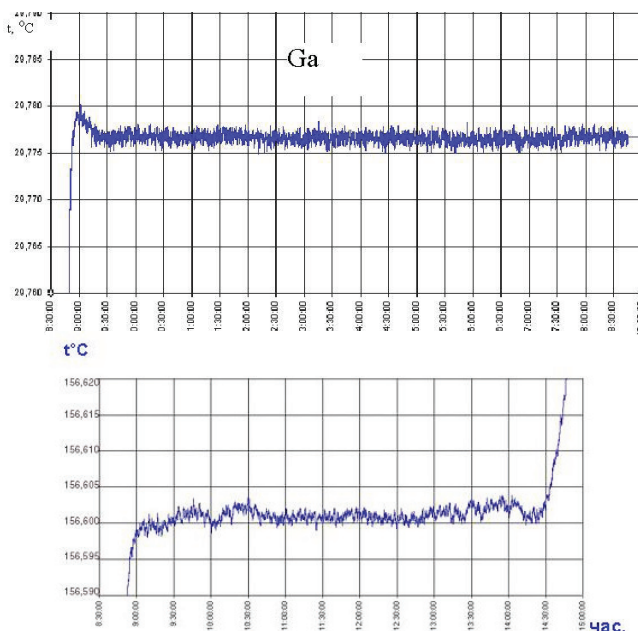


Рисунок 10.2. Плато плавления галлия (а) и индия (б) в малогабаритных ампулах

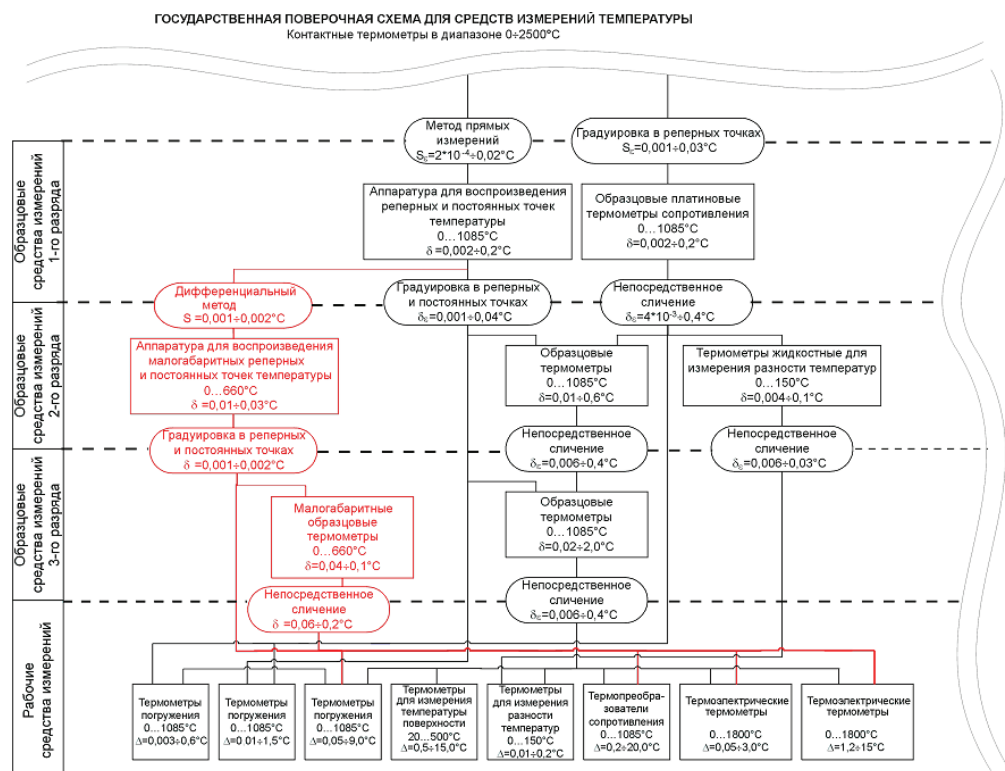


Рисунок 10.3. Ветвь поверочной схемы для реперных точек, воспроизводимых в малогабаритных ампулах



11. ПРОДУКЦИЯ ОМСКОГО ОАО НПП «ЭТАЛОН» ДЛЯ ЗАДАЧ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Согласно принятому Закону РФ «Об энергосбережении» (№ 28-ФЗ), вступившему в силу 03.04.1996г., начиная с 2000 года необходимо обеспечить обязательный приборный учёт всего объёма производимых и потребляемых энергоресурсов. Очевидно, что без приборов учёта тепловой энергии и теплоносителя потребитель не может производить расчёты с теплоснабжающими организациями за реально полученное тепло. Кроме того, без таких приборов невозможно управление энергосбережением, оценка эффективности мероприятий, направленных на энергосбережение.

В последние годы отечественные и зарубежные фирмы, промышленные предприятия разрабатывают и предлагают к применению различные приборы учёта тепловой энергии. В стране в настоящее время только теплосчетчиков выпускается более 100 видов. Омским НПП «Эталон» с 1991 года освоено серийное производство более 120 видов датчиков температуры и около 7000 их модификаций. Производство и эксплуатация средств теплотехнических измерений должно предусматривать наличие средств их метрологического обеспечения. В этой связи, кроме расширения номенклатуры средств контроля за тепловой энергией остро стоят задачи производства средств их проверки, гарантийного и сервисного обслуживания.

В настоящее время усилия коллектива НПП «Эталон» направлены на выпуск средств измерений и их метрологического обеспечения по следующим направлениям:

- контроль количества теплоты и теплоносителя (тепло и водосчетчики);
- измерение теплопроводности строительных и теплоизоляционных материалов (измерители теплопроводности);
- измерение поверхностной плотности теплового потока и его распределения на объектах (измерители теплового потока);
- измерение поверхностной температуры и ее распределение на объектах (тепловизоры и контактные средства измерений);
- определение коэффициента теплового излучения строительных, теплоизоляционных и отделочных материалов на остеклении.

Измерение расхода энергоносителей — задача сложная. Обусловлено это следующими основными факторами:

- многообразием энергоносителей (жидкости, газы, пар);
- тяжелыми условиями эксплуатации: измерение в широких пределах как параметров окружающей среды, так и самих энергоносителей;
- химическим составом энергоносителей;
- наличием помех: вибрация трубопроводов, пульсации давления энергоносителей, магнитные поля.

Универсальные теплосчетчики предназначены для измерения параметров теплоносителя (объемного расхода, температуры, давления) в трубопроводах систем электроснабжения (теплотребления), последующего вычисления тепловой энергии и массы теплоносителя, архивирования, хранения результатов в энергонезависимой памяти и передачи их для регистрации на внешние устройства вычислительной техники.

Основным элементом теплосчетчиков, определяющим его класс точности является комплект датчиков температуры КТСР, представляющий из себя два термопреобразователя сопротивления, подобранных в пару, практически не отличающиеся друг от друга по параметрам. С помощью КТСР измеряется разность температур в системах теплоснабжения (теплотребления). Омским заводом «Эталон» для теплосчетчиков выпускаются датчики типа КТСР-9514, в четырех конструктивных исполнениях и различных модификациях. Кроме того, завод поставяет КТСР по индивидуальным заявкам. Стоимость КТСР составляет 856 ...1555 руб.

В обл. теплофикации и строительном комплексе в настоящее время уделяется большое внимание созданию приборов для измерения теплопроводности изоляционных материалов и коэффициентов теплового излучения строительных и отделочных материалов. Для решения этих задач на заводе ведутся работы по созданию измерителя плотности теплового потока. Прибор состоит из портативного микропроцессорного измерителя, индуцирующего измеренные значения в единицах плотности теплового потока Вт/м² и датчика теплового потока (ДТП). Разработано 2 типа ДТП, отличающиеся по конструкции:

- гибкий датчик на резиновой основе;
- датчик в виде диска Ø28 мм и толщиной 4 мм.

Датчик на резиновой основе используется для исследования теплотрасс, датчик дисковый крепится на выдвижной штанге и с его помощью определяют места некачественной кладки стен, плохой заделки швов в панельных домах, плохой заделки оконных блоков и стекол. Измеритель плотности теплового потока является измерителем-регистратором с внутренней энергонезависимой памятью, позволяю-

щей автоматически переносить информацию из энергонезависимой памяти в ЭВМ.

Для измерения поверхностной температуры и ее распределения на объектах теплоснабжения заводом выпускаются измерители температуры ИТП (портативные), ИТПМ (портативные микропроцессорные), которые комплектуются поверхностными датчиками температуры. В качестве поверхностных средств измерения температуры завод выпускает следующую номенклатуру термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления:

- ТХА 9712, ТХК 9712 точечные, измеряющие температуру плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностей;
- ТХА 9713, ТХК 9713, ТХА 9908, ТХК 9908 для измерения температуры на цилиндрических поверхностях;
- ТХА 9909, ТХК 9909, ТХА 9911, ТХК 9911 сильфонные, измеряющие температуру на плоских поверхностях;
- ТХА 0001, ТХК 0001 для измерения температуры на плоских поверхностях;
- ТСП 9703, ТСМ 9703 плоские гибкие преобразователи сопротивления, измеряющие температуру на плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностях;
- ТСП 9715, для измерения температуры плоских поверхностей;
- ТСП 9803, для измерения температуры сушильных цилиндров бумажодельных машин (в частности, машин производства Швеции).

Все перечисленные изделия имеют средства периодической проверки, сертификаты соответствия Госстандарту России, заводские паспорта с отметкой Государственного поверителя и указанием межповерочного интервала.

Для задач теплового мониторинга совместно с Омским государственным техническим университетом на заводе подготовлена к серийному изготовлению система термографического контроля по инфракрасному излучению. Система прошла опытные испытания и эксплуатация на Омском нефтеперерабатывающем заводе и Топкинском цементном заводе. Система позволяет проводить тепловой мониторинг энергосилового оборудования, визуализировать на экране монитора места утечки тепла, исследовать тепловые процессы в ходе химических реакций по температуре стенки реактора.

В стадии разработки находится тепловизор для задач обследования холодильных камер и агрегатов с целью выявления дефектов теплоизоляции, что позволит существенно снизить энергопотребление этих объектов.

В настоящее время решается вопрос о натурном инструментальном обследовании различных объектов для энерготеплосбережения.

Такое обследование подразумевает определение:

- термического сопротивления ограждающих конструкций;
- параметров метеословий;
- параметров микроклимата;
- параметров отопительных систем;
- параметров вентиляционных систем и кондиционирования воздуха.

Чтобы провести такие обследования необходимо создать группу приборов, включающую в себя:

- компьютер;
- тепловизор с рабочей t от -50 до $+50$ °C (погрешность $\pm 0,1$ °C);
- пирометр с рабочей температурой от -50 до $+500$ °C, измеряющей температуру от -50 до $+200$ °C (погрешность $\pm 0,1$ °C);
- соединительные кабели;
- датчики регистрации, не менее 100 шт. при обследовании любого объекта, в том числе измерители:
- влажности;
- скорости воздуха от 0 до 10 м/сек. (погрешность $\pm 0,1$ м/сек.);
- подвижности воздуха 0 до 0,5 м/сек. (погрешность $\pm 0,01$ м/сек.)

Из вышеизложенного следует, что для проведения качественного натурного инструментального обследования требуются значительные материальные затраты на разработку, проведения испытаний и выпуск необходимой группы приборов.

Чтобы создать необходимую группу приборов требуется значительное время, в то время как аудит теплосистем необходим сейчас, чтобы исключить или хотя бы уменьшить тепловые потери в окружающую среду. В настоящее время Омским ОАО НПП «Эталон» выпускается прибор ИТПМ (измеритель температуры портативный микропроцессорный), который изготавливается как в обычном исполнении для эксплуатации при температурах от 0 до $+40$ °C так и в холодоустойчивом исполнении для работ при температурах от 30 до $+50$ °C. В комплекте с поверхностным датчиком температуры ИТПМ может

**Аудит теплосистемы ОАО НПП «Эталон»**

Место измерения		№ объекта	Дата	Время	Температура, °С
Теплоузел	Ввод (прямой)	2	04.02.02	13:16:28	78,1
	Обратка	3	04.02.02	13:17:10	45,3
Корпус 1	Ввод (прямой)	4	04.02.02	13:18:46	58,0
	Обратка	5	04.02.02	13:19:13	48,1
Корпус 2 (адм)	ввод (прямой)	6	04.02.02	13:22:31	59,3
	Обратка	7	04.02.02	13:23:22	46,2
П и р о - метристы	Т помещения	10	04.02.02	13:50:13	22,9
	батарея северная, ввод (прямой)	11	04.02.02	13:51:22	60,5
	батарея северная, обратка	12	04.02.02	13:52:11	60,5
	батарея северная, подоконник	13	04.02.02	13:53:01	12,1
	батарея южная, ввод (прямой)	14	04.02.02	13:54:03	61,3
	батарея южная, обратка	15	04.02.02	13:54:53	55,0
	батарея южная, подоконник	16	04.02.02	13:55:51	17,3
Корпус 1, 1 этаж (токари)	Т помещения	17	04.02.02	13:05:16	21,3
	батарея 1, ввод (прямой)	18	04.02.02	13:06:19	44,2
	батарея 1, обратка	19	04.02.02	13:08:52	43,9
	батарея 1, подоконник	20	04.02.02	13:09:36	16,1
	батарея 2, ввод (прямой)	21	04.02.02	13:10:45	45,5
	батарея 2, обратка	22	04.02.02	13:11:20	43,0
	батарея 2, подоконник	23	04.02.02	13:12:02	21,6

Место измерения		№ об.	Дата	Время	Температура, °С
Корпус 1, 3 этаж (слесари)	Т помещения	31	04.02.02	13:30:56	25,4
	батарея 1, обратка	32	04.02.02	13:31:47	40,6
	батарея 1, ввод (прямой)	33	04.02.02	13:32:42	41,4
	батарея 1, подоконник	34	04.02.02	13:33:26	21,4
	батарея 2, обратка	35	04.02.02	13:34:38	43,3
	батарея 2, ввод (прямой)	36	04.02.02	13:35:40	45,8
	батарея 2, подоконник	37	04.02.02	13:38:47	22,6
Корпус 1, 4 этаж	Т помещения	38	04.02.02	13:39:18	22,7
	батарея 1, обратка	39	04.02.02	13:40:30	33,4
	батарея 1, ввод (прямой)	40	04.02.02	13:41:07	35,8
	батарея 1, подоконник	41	04.02.02	13:42:18	19,6
	батарея 2, ввод (прямой)	42	04.02.02	13:43:55	47,5
	батарея 2, обратка	43	04.02.02	13:45:01	46,8
	батарея 2, подоконник	44	04.02.02	13:45:57	24,1
Корпус 2 (адм), 1 этаж	Т помещения	45	04.02.02	14:00:27	18,3
	батарея, ввод (прямой)	46	04.02.02	14:02:30	45,8
	батарея, обратка	47	04.02.02	14:03:22	35,1
	Подоконник	48	04.02.02	14:04:16	10,8
Корпус 2 (адм), 2 этаж	Т помещения	52	04.02.02	14:06:32	22,8
	батарея, ввод (прямой)	53	04.02.02	14:07:39	45,9
	батарея, обратка	54	04.02.02	14:08:24	39,3
	Подоконник	55	04.02.02	14:08:59	21,4
Корпус 2 (адм), 3 этаж	Т помещения	59	04.02.02	14:10:30	22,2
	батарея, ввод (прямой)	60	04.02.02	14:11:40	41,8
	батарея, обратка	61	04.02.02	14:12:22	42,5
	Подоконник	62	04.02.02	14:13:16	18,0

быть использован для обследования тепловых систем.

ИТПМ представляет собой измеритель температуры с внутренней энергонезависимой памятью, объем которой составляет 2800 записей для одноканальных и 1300 записей для двухканальных приборов. Запоминается не только значение измеренной температуры, но и текущее время с помощью внутренних электронных часов (год, месяц, день, час, минута, секунда) на момент производства измерений.

Вся записанная информация сохраняется в энергонезависимой памяти прибора при выключенном питании.

ИТПМ имеет интерфейсный разъем RS-232, через который осуществляется передача всей информации из энергонезависимой памяти прибора в ЭВМ, что позволяет распечатать результаты измерений на бумажном носителе, произвести анализ полученных результатов на ПЭВМ и наметить мероприятия по теплосбережению.

Таким образом, имея прибор ИТПМ с одним или несколькими поверхностными датчиками температуры Омского - о качестве заделки окон и утепления дверей в квартирах, подъездах, производственных помещениях предприятия «Эталон» можно провести обследование всей тепловой системы, начиная от ТЭЦ и кончая производ-

ственными помещениями предприятий или жилыми помещениями.

ИТПМ позволяет произвести измерения разности температур на ТЭЦ, на тепловых узлах, на вводах в промышленные предприятия, на трубопроводах отопительных систем промышленных предприятий и жилых зданий. По разности температур можно сделать заключение:

- о качестве утепления теплотрасс;
- об оптимальном выборе диаметров теплопроводов;
- о степени утепления трубопроводов в подвалах зданий и сооружений;

Стоимость прибора ИТПМ составляет 200 \$.

С помощью ИТПМ и датчика температуры ТХА 9713 проведено обследование состояния тепловой системы на Омском НПП «Эталон». Прибор позволил выявить недостатки в системе теплоснабжения и наметить мероприятия по теплосбережению.

Данные обследования теплосистемы Омского НПП «Эталон» прилагаются.



12. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ТЕРМОМЕТРОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ

ОАО НПП «Эталон» специализируется на разработке и изготовлении первичных средств измерения температуры, средств регулирования температуры, а также на разработке и изготовлении метрологического оборудования для их поверки.

К первичным средствам измерения температуры относятся датчики температуры, т.е. термопреобразователи сопротивления и преобразователи термоэлектрические, выпуск которых был освоен еще в 1977г. В это время завод, совместно с УНИИМ, разрабатывает и начинает серийный выпуск образцовых платиновых платиновых (ППО) (рис. 12.1), с диапазоном рабочих температур от 300 до 1200 °С и платиновых - платиновых (ПРО) с диапазоном рабочих температур от 900 до 1800 °С преобразователей термоэлектрических (термопар). Длина термопар (L) 1000 мм, 1250 мм и 1600 мм, длина погружения (l) – 290 мм. Выпуск этих типов продолжается и сейчас.

Для измерения более низких температур в диапазоне от -196 до +660 °С в настоящее время предприятие, совместно с ВНИИМ им.Д.И. Менделеева, выпускает образцовые платиновые термометры сопротивления 3-го разряда ЭТС-100 в металлическом корпусе.

К разработке и серийному выпуску технических средств измерения температуры предприятие приступило в начале 90-х годов (1991-92гг.). После распада СССР и получения Украиной независимости, в России не осталось предприятий, занимающихся разработкой и изготовлением технических средств измерения температуры, так как монополистом в этой области деятельности было НПО «Электротермометрия» г.Луцк. В короткие сроки на заводе была проведена разработка и технологическая подготовка для серийного изготовления ряда типов преобразователей термоэлектрических и термопреобразователей сопротивления, являющихся полным аналогом «Луцких» датчиков температуры:

ТПП 5 182 002	ТПП 0679-01
ТПП 5 182 003 и 004	ТПП 0679-01
ТПП 2 821 004	ТПП 0679
ТПП 2 821 005 и 006	ТПП 0679
ТСП (ТСМ) 9201	ТСП (ТСМ) 1088
ТСП (ТСМ) 9203	ТСП (ТСМ) 1288
ТХА (ТХК) 9310	ТХА (ТХК) 2388
ТХА (ТХК) 9312	ТХА (ТХК) 2088

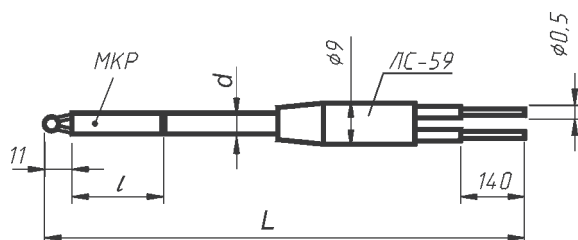


Рисунок 12.1. Преобразователь термоэлектрический образцовый платиновый-платиновый (ППО)

Специалистами предприятия разработан ряд датчиков, имеющих уникальную (эксклюзивную) конструкцию, например:

- преобразователи термоэлектрические хромель-алюмелевые типа ТХА 0011, представляющие собой погружные кабельные термопары с защитным чехлом из нитрида бора и предназначенные для контроля температуры расплавленных металлов Al, Cu, бронзы и т.п.;
- погружные датчики типа ТХА (ТХК) 9709ф с фторопластовым покрытием арматуры, переменными диаметрами (D и d) и длиной погружаемой части (l), предназначенные для контроля температуры химически агрессивных сред (рис. 12.3).

В настоящее время ведется разработка термопреобразователя сопротивления платинового для измерения температуры кислот, щелочей и других химически агрессивных сред с защитной арматурой из стекла. Разрабатываемые датчики обладают значительно меньшей инерционностью по сравнению с датчиками с фторопластовым покрытием арматуры.

Повышенные эксплуатационные требования предъявляются к термопреобразователям сопротивления, используемым при учете тепловой энергии. Нашим предприятием поставка подобных термопреобразователей производится в виде комплекта датчиков типа КТСР 9514 в котором значения сопротивления двух термопреобразователей, входящих в комплект, при 0°С (R₀), отличается между собой на величину не более 0,01%, а значения W₁₀₀ отличается на величину не более 0,0001. В настоящее время мы изготавливаем и

До 2000-го года была проведена разработка и освоен серийный выпуск 64-х аналогов, в том числе датчиков с унифицированным выходным сигналом, датчиков во взрывобезопасном исполнении с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» и др.

Однако, повторение номенклатуры НПО «Электротермометрия» имело смысл только на начальном этапе, когда требовалась замена средств контроля температуры на давно работающем оборудовании. Но с течением времени стало появляться новое оборудование, в том числе импортное, и возникла необходимость в разработке и изготовлении импортзамещающих средств измерения температуры. На предприятии принимается решение об изготовлении датчиков температуры по индивидуальным заказам, т.е. с определенными заказчиком параметрами, характеристиками и типоразмерами и в соответствии с требованиями существующей нормативно-технической документации.

В случаях неоднократного повторения заказа на тот или иной датчик, на него проводится разработка полного комплекта конструкторской документации и сертификация. Некоторые типы датчиков были разработаны в результате сотрудничества с другими предприятиями:

1. Совместно с АО «Уралэлектротяжмаш» (г. Екатеринбург) - ТСП (ТСП) 9501- плоский термопреобразователь сопротивления (рис. 12.2), предназначенный для измерения t обмоток электрических машин;
2. Совместно с АО «Элетросила» (г. Санкт-Петербург) – ТСП 9502- плоский термопреобразователь сопротивления, предназначенный для тех же целей;
3. Совместно с АО «Аксаарский газоперерабатывающий завод» (п.Аксаарский Астраханской обл.) – ТХА (ТХК) 9517-многозонные преобразователи термоэлектрические, предназначенные для контроля температуры в установках каталитического реформинга;
4. Совместно АО «Красноярский алюминиевый завод» - ТХА 9625-кабельные преобразователи термоэлектрические, предназначенные для текущего контроля температуры электролита в электролизерах совместно с измерителем температуры ИТП или ИТПМ.

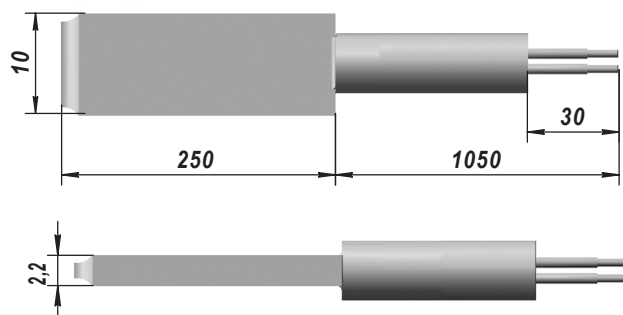


Рисунок 12.2. Термопреобразователь сопротивления ТСП 9501

поставляем комплекты КТСР соответствующие международным стандартам, с поверкой в трех точках.

С целью увеличения ресурса работы высокотемпературных платиновых термопреобразователей была предложена термопара типа ТПП 9717, конструкция которой состоит из термоэлектродов, изолированных друг от друга керамической соломкой и помещенных в защитную арматуру, состоящую из внутреннего (сапфирового) и наружного (керамического, КТВП) чехлов. Пространство между чехлами заполнено минеральной изоляцией (Al₂O₃). Использование данной конструкции позволило:

- увеличить ресурс термопары за счет снижения вероятности загрязнения термоэлектродов примесями, содержащимися в окр.среде, и созданного щадящего режима работы для керамической арматуры;
- сохранить инерционность, которая осталась равной инерционности термопар с одинарным чехлом.

Натурные испытания, проведенные в течение года на АО «Ижсталь» (г.Ижевск), подтвердили заявленные показатели надежности.

Среди термопреобразователей, выпускаемых нашим предприятием, хотелось бы обратить внимание на те, которые выполнены на основе кабеля с минеральной изоляцией в металлической оболочке (ТХА (ТХК) 9808, КТХАС (КТХКС), ТСП 9801 и др., всего 21 тип). Кабельные преобразователи термоэлектрические имеют ряд преимуществ по отношению к «проволочным»:



- более высокую термоэлектрическую стабильность и рабочий ресурс;
- возможность монтажа в труднодоступных местах (за счет относительно малого радиуса изгиба);
- малый показатель тепловой инерции;
- способность выдерживать большие рабочие давления;
- возможность изготовления на их основе термопреобразователей блочно-модульной конструкции.

Особого внимания заслуживают системы температурного наблюдения, разрабатываемые и выпускаемые нашим предприятием:

1. Система измерения температуры (СИТ), позволяющая производить измерение температуры в 384 точках с последующей передачей измеренных значений на ЭВМ по RS 485;
2. Система температурного мониторинга (СТМ), предназначенная для контроля температуры во взрывоопасных зонах в 32 точках, в том числе и на автозаправочных станциях, и последующей передачи этих значений на ЭВМ по RS 232. Вид взрывозащиты – искробезопасная цепь 1Exib11AT4.

В настоящее время на предприятии серийно выпускается более 150 типов датчиков температуры (92 типа преобразователей термоэлектрических и 61 термопреобразователей сопротивления) из них поверхностных – 18 типов, кабельных – 21 тип, остальные – проволочные.

Большинство поверхностных датчиков в комплекте с измерителем температуры портативным микропроцессорным используются для аудита тепловых систем. Для большего удобства предприятие предлагает измеритель температуры портативный ИТПМ (ИТП) с комплектом датчиков в чемодане.

ОАО НПП «Эталон» постоянно участвует в работе региональных и международных ярмарок, выставок, семинаров и конференций. Ряд изделий, выпускаемых предприятием, являются лауреатами в различных номинациях:

- эталонный преобразователь термоэлектрический ППО – лауреат конкурса «100 лучших товаров» 2000г.;
- автоматизированное рабочее место поверки термометров сопротивления АРМ ПТС, абсолютно черное тело АЧТ-45/100/1100 и портативный пирометр ПП-1 – награждены большой золотой медалью «Гарантия качества и безопасности»;
- преобразователь пирометрический СТ-1 – награжден бронзовой медалью на Всемирной выставке инноваций и изобретений в Брюсселе;

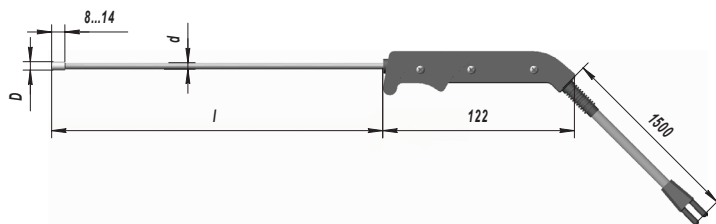


Рисунок 12.3. Преобразователь термоэлектрический ТХА 9709ф

селе;

- прецизионный милливольтметр В2-99 – признан дипломантом конкурса «Лучший отечественный измерительный прибор».

Предприятие постоянно повышает уровень качества разрабатываемых и изготавливаемых изделий. ОАО НПП «Эталон» имеет сертификат соответствия системы менеджмента качества; сертифицировано на право разработки и выпуска изделий для объектов атомной энергетики, для объектов РАО ЕЭС (сертификат ЗАО «Энсертико») и на право первичной поверки изделий при выпуске из производства.

ОАО НПП «Эталон» является постоянным членом температурной комиссии, поддерживает тесные связи с ведущими метрологическими институтами, центрами стандартизации и метрологии, НИИ различных отраслей и проектными организациями.

Наши изделия хорошо зарекомендовали себя в различных отраслях промышленности и народного хозяйства, а также на объектах Морского флота (имеется признание Регистра).

Все разработки, осуществляемые предприятием, проводятся за счет собственных средств. Конструкция датчиков индивидуальных исполнений согласовывается с заказчиком, а опытные образцы предоставляются потребителям для натурных испытаний бесплатно. Предприятие с благодарностью принимает замечания и предложения по совершенствованию конструкций изделий, по улучшению их потребительских свойств и качественных характеристик. Специалисты предприятия выезжают на объекты эксплуатации для изучения проблем измерения температуры и консультаций по температурным измерениям с привязкой к конкретному объекту.

Коллектив предприятия уверен в своих возможностях удовлетворять запросы потребителей в датчиках температуры и готов принять замечания и предложения, как по своим изделиям, так и по аналогичным изделиям других фирм, с целью повышения качества и потребительских свойств разрабатываемых и серийно выпускаемых средств измерений.



13. ЭКОНОМИКА И КОНТРОЛЬ

Неплотный или проржавевший контакт в рубильниках, разъединителях, переключателях, установленных в электроприборах или распределительных щитах, а также в выходных зажимах трансформаторов приводит к нагреву контактов с последующим искрением, образованием дуги и выгоранием контактов. 25% всех отказов и сбоев электрооборудования происходит из-за неплотных соединений или плохих контактов. Стоимость ремонта переключателей, разъединителей, рубильников составляет \$1000...10000, стоимость ремонта электрооборудования, пультов управления - \$10000...70000, замена на новые - \$80000...100000.

Из-за перегрузки, перекаса фаз в 3-х фазных трансформаторах, блокирование трубок охлаждения трансформаторов происходит перегрев проводов в обмотках трансформаторов с последующим замыканием обгоревших проводов в обмотках. Все это и плохой контакт в выходных зажимах трансформаторов приводит к выходу из строя трансформаторов. Перемотка трансформатора 5000кВА стоит \$40000...70000, замена - \$80000...150000.

В турбинах механического привода и малых турбинных генераторах, сушильных цилиндрах, электродвигателях, генераторах, вентиляторах, конвейерах, насосах, компрессорах, нагревателях воздуха главное внимание должно уделяться подшипникам. Некондиционные подшипники наносят повреждения механизму или обмотке.

Повреждение подшипника в турбинах механического привода и малых турбинных генераторах приводит к повреждению его осей и внутренних частей с возможным повреждением приводимых в действие объектов.

В сушильных цилиндрах повреждения подшипников приводит к повреждениям опорных роликов, выпадению цилиндров, что приводит к выходу из строя других цилиндров. Ремонт сушильных цилиндров обходится в \$10000...200000.

Вышедшие из строя щетки приводят к поломке токоснимаемых колец или коллекторов электродвигателей и генераторов, что ведет к повреждению их обмоток. Перемотка электродвигателя (5000л.с.) обходится в \$50000...100000, замена - \$100000...200000.

Утечки воздуха, неэффективность теплообменников, засорение трубок конденсатора или теплообменника в системах нагрева, вентиляции и кондиционирования воздуха приводит к напрасной трате энергии.

В доменных печах, обжиговых печах, водонагревателях из-за выхода из строя огнеупорного материала или теплоизоляции, образования накали в чугунных секциях, блокирования труб печей и котлов, образования гари в трубах приводит к бесполезной трате энергии, к образованию трещин в чугунных секциях печей и котлов. Замена секции обходится в \$1200...5000. Замена водонагревателя - \$8000...30000. В обжиговых печах из-за перегрева может произойти деформация оболочки, потеря подшипников, агрегатов или все вместе. Ремонт составит \$5000...100000, замена - \$1000000.

Потеря тепла из-за неверно установленной теплоизоляции, утечки воздуха, повреждения утеплителей окон в зданиях и сооружениях приводит к напрасной трате энергии, плохим жилищным условиям. Образование влаги в стенах может вызвать серьезные структурные проблемы, растрескивание и выпадение кирпичей, преждевременное старение анкера кирпичной кладки и возможное разрушение. Ремонт здания составляет от \$5000 до сотен тысяч.

Из приведенного выше материала следует, что при эксплуатации любого объекта можно получить экономию только при качественном контроле его эксплуатационных параметров. Омский завод "ЭТАЛОН" разрабатывает и выпускает датчики температуры (термопары и термопреобразователи сопротивления), преобразователи измерительные, измерители и регуляторы температуры, которые в совокупности позволяют отслеживать тепловое состояние объекта и заранее предупреждать оператора о каких либо отклонениях параметров объекта от нормы.

Для измерения температуры:

- подшипников служат термопары ТХК9611, ТХА9619, термопреобразователи сопротивления ТСП9204, ТСМ9204;
- обмоток электрических машин служат специальные термопреобразователи сопротивления ТСП9501, ТСМ9501, ТСП9502, которые устанавливаются в пазах статора или в обмотке ротора;
- корпусов, головок червячных прессов (переработки пластмасс и резиновых смесей) и твердых тел служат термопары ТХА9311, ТХК9311;
- головки прядильной и нагревательного утюга машины горячей вытяжки служат термопары ТХК9414;
- в камере резиносмесителя служат ТХК9421, ТХК9820;
- газовых потоков больших скоростей, а также в нейтрализаторах отработанных газов двигателей внутреннего сгорания и продуктов сго-

рания в автомобильных газотурбинных двигателях служат термопары ТХА9426 различного конструктивного исполнения;

- в реакторах варки массы для получения бутилового спирта и других объектах химического производства служат термопары ТХК9902;
- металла, рабочей зоны термопластавтоматов и на линиях производства химического волокна служат термопреобразователи сопротивления ТСП9422, ТСМ9422.

К настоящему времени заводом разработано и выпускается более 150 типов и 7000 модификаций датчиков температуры, в состав которых входят технические (рабочие):

- термопары платиновые - платиновые типа ТПП (0...+1300°C);
- термопары платиновые типа ТПР (+300...1600°C);
- термопары хромель-алюмелевые типа ТХА (-40...+1000°C);
- термопары хромель-копелевые типа ТХК (-40...+600°C);
- термопары железо-константановые типа ТЖК (0...+400°C);
- термопреобразователи (термометры) сопротивления платиновые типа ТСП (-200...+600°C);
- термопреобразователи (термометры) сопротивления медные типа ТСМ (-50...+180°C);
- термопары кабельные, многозонные, в различных типах корпусов и бескорпусные;
- термопары и термопреобразователи сопротивления поверхностные, взрывозащищенные.

Практически заводом разработаны и выпускаются датчики температуры для всех областей промышленности: металлургической, химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, пищевой, целлюлозно-бумажной и др. Большое применение датчики температуры находят в теплоэнергетике: в турбинах механического привода и малых турбинных генераторах, обжиговых печах, водонагревателях, печах с технологической обработкой нагревом и т. д.

Чувствительные элементы датчиков температуры формируют сигналы низкого уровня (десятки милливольт). Для того, чтобы исключить помехи от сильноточных цепей, сигнал от датчика подается в преобразователь измерительный (ПИ), который устанавливается ближе к датчику, чтобы дополнительно повысить точность измерения и уменьшить расход проводов компенсационных. Применение ПИ позволяет располагать источник питания и АЦП в пункте управления. Один провод соединяет ПИ с источником питания, а второй "возвращает" выходной токовый сигнал в пункт управления. Шунтирующий резистор, включенный в цепь токового сигнала преобразует его в сигнал напряжения постоянного тока, который подается на вход индикатора или регулирующего устройства.

Заводом разработан и выпускается ПИ9701 в обычном и взрывозащищенном исполнении. Отличительная особенность термопреобразователей ТСПУ, ТСМУ в том, что нормирующий усилитель находится в головке датчика. ТСПУ9313, ТСМУ9313 имеют обычное исполнение, ТСПУ9418, ТСМУ9418 - взрывозащищенное исполнение. Находится в разработке цифровой нормирующий преобразователь ПИ4-01, который конфигурируется при помощи компьютера или программатора по стандартному интерфейсу RS-232. Для питания ПИ заводом разработан и выпускается блок питания БПС-24...36М. Он имеет щитовое исполнение и включает в себя одно, два или четыре стабилизированных источника постоянного тока, позволяющего получать напряжение от 12 до 36В при токе нагрузки 30мА.

С увеличением номенклатуры датчиков температуры возникла необходимость, в некоторых случаях по просьбе заказчиков, в разработке вторичных приборов - измерителей температуры. В комплект измерителей входят как термопары так и термопреобразователи сопротивления в зависимости от измеряемой температуры. Измерители температуры ИТ-1 (одноканальный) и МИТ-12 (двенадцати-канальный) имеют щитовое исполнение, питаются от сети ~50Гц, 220В, поэтому используются в стационарном варианте. МИТ-12 позволяет измерять температурой высокой точностью, сохранять параметры настройки после выключения питания. Прибор имеет возможность обмена данными с ЭВМ по интерфейсу RS-232. В приборе есть две независимые "уставки", которые можно программировать на любые каналы или группу каналов.

ИТП и ИТПМ - портативные переносные приборы, питаются от гальванических элементов и индицируют значение темп-ры с помощью жидкокристаллических индикаторов. Измерители выполнены в металлическом корпусе с элементами пыле и влагозащиты и защищены от теплового излучения. Такое исполнение измерителей позволяет эксплуатировать их в полевых условиях и во вредных средах.

ИТПМ выполнен как универсальный измеритель в одно и двухканальном исполнении. Он позволяет работать с большим количеством объектов, производить измерение температуры и фиксировать



при записи во внутреннюю память как значения измеряемых температур, номеров объектов так и времени, когда производилось измерение, иначе говоря ИТПМ — это измеритель-регистратор. При работе с термометрами сопротивлений прибор с помощью кнопок может переключаться на один тип датчика из шести по каждому каналу. Все эти качества ИТПМ в полной мере используются на алюминиевых заводах, где на больших площадях размещается много электролизных ванн, в которых необходимо регулярно проводить измерение температуры. До разработки ИТПМ этот процесс осуществлялся следующим образом: оператор подходил к каждой электролизной ванне, погружал датчик, измерял температуру и записывал в журнал показание. После измерения температуры во всех ваннах оператор заносил показания из журнала в ЭВМ. Если, к примеру, в одном цехе 100 ванн, а цехов 20, то нетрудно представить насколько был труд оператора непроизводителен, особенно при переносе всех измерений в ЭВМ.

При наличии ИТПМ оператор только погружает датчик в каждую ванну, а ИТПМ с высокой точностью производит измерение температуры, запоминает температуру, номер ванны, и время, когда производилось измерение температуры и при выключенном питании по окончании замеров хранит все в памяти. Передача данных из ИТПМ в ЭВМ производится автоматически. Убьем внутренней энергонезависимой памяти составляет: 2800 результатов измерений для одно-канальных приборов, 1300 результатов измерений для двухканальных приборов.

Кроме этого есть возможность просмотра содержимого внутренней энергонезависимой памяти на индикаторе прибора и передачи измеренных значений в ЭВМ в реальном времени. Все модификации ИТПМ выполнены в обычном исполнении при температуре эксплуатации от 0 до +40°C и холодоустойчивом исполнении при температуре эксплуатации от -30 до +50°C. Шесть элементов АА обеспечивают непрерывную работу прибора ИТПМ в течение 300 часов. Приборы ИТП и ИТПМ можно заказать с комплектом датчиков в специальном чемодане.

Регуляторы температуры предназначены для управления электродотами, печами, термостатами, водонагревателями, масляными нагревателями и другими теплосистемами. В регуляторах температуры РТМ-1, РТМ-2 требуемая температура устанавливается по шкале лимба, в РТМ-3, РТМ-4К, ИТЩ, РТ2М, ИР, БУ-1М - с помощью кнопок и цифрового табло на лицевой панели приборов. Кроме того цифровое табло позволяет производить визуальный контроль за текущей температурой. Управляющий сигнал в регулятор поступает от датчика температуры. Регулятор температуры преобразовывает сигнал, управляя собственным реле и внешним исполнительным элементом: реле, оптотиристором и т. д. по определенному закону.

Самыми простыми и дешевыми регуляторами температуры является РТМ-1 и РТМ-2, приборы РТМ-3, ИТЩ, РТМ-4К, РТ2М, ИР - щитового исполнения. Блок управления БУ-1М представляет из себя микропроцессорный регулятор, разработанный для совместной работы с термостатами но он может поставляться и как самостоятельное изделие. Все регуляторы температуры и блок управления БУ-1М питаются от однофазной сети ~50Гц, 220В.

Микропроцессорные регуляторы РТ-2М, ИР и БУ-1М имеют внутреннюю энергонезависимую память, осуществляют по интерфейсу RS-232 связь с компьютером, имеют возможность распечатки показаний на принтере при помощи программного обеспечения ЭВМ. ИР и БУ-1М осуществляет регулирование температуры по ПИД-закону посредством коммутации нагрузки твердотельными реле. Коммутируемый ток не должен превышать 20А.

Бесконтактные измерители температуры.

Измерение температуры - это необходимая операция контроля различных технологических процессов. Контроль температуры труднодоступных, движущихся и вращающихся объектов, частей оборудования, находящихся под высоковольтным потенциалом требует бесконтактных измерений. Бесконтактный контроль обладает наибольшим быстродействием, что особенно актуально при необходимости оперативного контроля температуры при обследовании объектов теплоэнергетики. Измерения температуры бесконтактным способом не искажают температурного поля объекта контроля и позволяет при помощи пирометров измерять температуры от отрицательных значений до тысяч градусов Цельсия.

Сектором пирометрии завода «Эталон» разработаны пирометры с различными параметрами, стоимость которых ниже стоимости импортных и отечественных аналогов. Во всех приборах применена диафрагменная система фокусировки. Для обработки сигнала в пирометрах используются как микропроцессоры, так и аналоговые узлы вычислений и преобразований сигналов.

Портативный пирометр ПП-1 с цифровой индикацией предназначен для бесконтактного измерения температуры твердых тел, сыпучих веществ, газовых струй жидкостей и расплавов по их собственному инфракрасному излучению.

Измеряемая температура -20...+2000°C.

Показатель визирования 1:8 ... 1:15

Температура окружающей среды +5...+50°C.

Питается от элемента «Крона», ток потребления 10мА. Среднее время непрерывной работы от одного элемента 48-72 часа.

Преобразователь пирометрический СТ-1 предназначен для преобразования инфракрасного излучения твердых тел, сыпучих веществ, газовых струй, жидкостей и расплавов в электрический сигнал постоянного тока 0-5мА (4-20мА).

Измеряемая температура +150...2000°C

Показатель визирования 1:15 ... 1:40

Температура окружающей среды -30...+50°C

Питается преобразователь от источника 30±0,5В. Конструктивно преобразователь выполнен в виде трубы с расположенными в ней диафрагмой, модулятором, приемником излучения и печатными платами микропроцессорного узла линеаризации. Результаты измерений считываются вторичным прибором. Пирометры сертифицированы и внесены в госреестр.

Система тепловизионного контроля СТК-1

Система тепловизионного контроля предназначена для дистанционной визуализации тепловых полей в реальном времени, их регистрации и хранения в виде изображений. Система адаптирована для визуализации тепловых полей стенок корпуса вращающихся печей и обеспечивает получение, хранение и математическую обработку температурных профилей до четырех сечений и работу двух первичных приборов на один IBM - совместимый компьютер.

Технические характеристики:

- диапазон контролируемых температур, °C.....100 - 500
- сектор зоны сканирования.....100°
- приведенная погрешность, %.....3
- показатель визирования.....1 : 35
- диаметр пятна с расстояния 5 метров, мм.....150
- условия эксплуатации, °C.....-30 - +60



14. ДАТЧИКИ И ПРИБОРЫ ОМСКОГО ОАО НПП "ЭТАЛОН" ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

ОАО НПП "Эталон" (ФГУП Омский опытный завод "Эталон") выпускает широкую номенклатуру приборной продукции для теплоэнергетики.

Термоэлектрические преобразователи (термопары) и термометры сопротивления (термометры сопротивления) позволяют обеспечить контроль температуры всех типов установок тепловых электростанций и тепловых сетей.

Датчики температуры НПП "Эталон" являются полностью взаимозаменяемыми с выпускавшимися ранее Луцким НПО "Электро-термометрия" (Украина) датчиками по габаритам, присоединительным размерам и электрическим характеристикам, что позволяет использовать их не только при строительстве новых теплоэнергетических установок, но и для замены выработавших ресурс датчиков, для пополнения ремонтного комплекта. Датчики имеют стандартные характеристики, что позволяет производить их замену без подстройки вторичных измерительных приборов. В каталоге продукции завода приведена табл. соответствия изделий Омского и Луцкого заводов.

Кроме выпуска датчиков, представленных в каталоге продукции, завод "Эталон" по техническим требованиям заказчиков разрабатывает чертежи на новые датчики температуры, в том числе импорт - заменяющие, проводит согласование чертежей с заказчиком и изготавливает их. Для измерения температуры в котлоагрегатах широко используются термопары ТХА9419, ТХК 9419; в газотурбинных и паротурбинных установках термопары ТХА 9425; для измерения температуры пара и воды ТХА 9312, ТХК 9312, ТХА 9816 и термопары со сменными термоэлектрическими вставками ТХА 9503, ТХК 9503.

Термопреобразователи сопротивления ТСП 9201, ТСМ 9201 используются для измерения температуры пара и воды; ТСП 9204, ТСМ 9204 – для измерения температуры подшипников турбины; ТСП 9417, ТСМ 9417 – для измерения температуры воздуха в помещениях; ТСП9501, ТСМ 9501, ТСП 9502 – для измерения температуры обмоток электрических машин; ТСП 9721, ТСМ 9721 (со сменными термоэлектрическими вставками) – для измерения температуры движущихся жидких и газообразных сред.

Для обеспечения работы датчиков температуры в условиях высокого давления и скоростного напора воды и пара завод выпускает защитные гильзы различных типов.

Для учета потребляемой тепловой энергии, оценки теплоснабжения и экономии средств по оплате за отопление все более широкое применение находят приборы учета тепловой энергии – теплосчетчики.

Для работы в составе тепло счетчиков завод выпускает комплекты термопреобразователей КТСР 9514, КТСР 9514, состоящие из подобранных в пару для повышения точности датчиков для измерения разности температур на входе и выходе систем теплоснабжения. Выпускается также конструктивный вариант КТСР 9514 для импортных теплосчетчиков.

Актуальным является применение газового топлива в электро- и теплоэнергетике. Для работы во взрывоопасных помещениях выпускаются взрывозащищенные термопары ТХА9416, ТХК 9416, термопреобразователи сопротивления ТСП 9418, ТСМ 9418.

Для автоматизации газовых отопительных котлов типа АОГВ-11, АОГВ-29 при сжигании природного или сжиженного газа используются датчики ТХК 9821.

В современных компьютерных измерительных системах удобно использовать датчики температуры с встроенными нормирующими усилителями, обеспечивающими унифицированные выходные сигналы. К ним относятся датчики типа ТСПУ 9313, ТСМУ 9313 общепромышленного исполнения; ТСПУ 9418, ТСМУ 9418 – взрывозащищенного исполнения. Передача усиленного сигнала повышает помехозащищенность, а если это токовая петля – то передачу сигнала на большие расстояния без внесения погрешности.

Кроме датчиков со встроенным усилителем выпускаются вторичные измерительные преобразователи с унифицированным выходным сигналом ПИ 9701 общетехнического и взрывозащищенного исполнения. Они разработаны для использования с датчиками любых конструкций, имеющими стандартные электрические характеристики.

Для питания преобразователей с унифицированным выходным сигналом выпускаются стабилизированные блоки питания БПС-24М, БПС-30М, БПС-36М щитового исполнения.

ОАО НПП "Эталон" выпускает выполненные на современном техническом уровне процессорные регуляторы температуры, имеющие яркую светодиодную индикацию. Регуляторы имеют щитовое исполнение, предназначены для регулирования температуры в различных нагревательных устройствах, их применение способствует оптимизации процессов энергопотребления.

Для бесконтактного измерения температуры объектов вы-

пускаются портативные пирометры ПП-1 для диапазона 20...400°C и для диапазона -40...2000°C.

Для измерения угловой скорости вращающихся частей машин и механизмов, а также для передачи результатов измерений на компьютер служит цифровой тахометр ЦД9902.

Для преобразования сигналов от дифференциально-трансформаторных датчиков служит преобразователь "взаимная индуктивность-ток" ПВИУ-2, выдающий унифицированный сигнал 0...5 мА.

На заводе разработана серия многоканальных измерителей (до 96 каналов). Приборы имеют универсальное исполнение, позволяющее потребителям производить настройку каждого канала под конкретный тип подключаемого датчика (термопары, термометры сопротивления, преобразователи плотности теплового потока и др.), и производить измерения в единицах напряжения (мВ), температуры (°C) или плотности теплового потока (Вт/м²). Приборы имеют связь с ЭВМ, что позволяет сохранять результаты измерений и проводить их дальнейшую обработку. В частности прибор ИТ-96 в комплекте с термоэлектрическими преобразователями и преобразователями плотности теплового потока позволяет производить измерения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций по ГОСТ 26254-84.

Кроме технических средств измерения завод "Эталон" выпускает эталонные средства измерения и метрологическое оборудование для поверки, калибровки и градуировки. К эталонным средствам измерения относятся:

- термометры сопротивления ЭТС-100,
- платиновый термоэлектрический преобразователь ППО,
- платиновый термоэлектрический преобразователь ПРО.

К метрологическому оборудованию относятся:

- установка поверки и градуировки датчиков температуры УПСТ-2М,
- автоматизированное рабочее место поверки термопреобразователей сопротивления АРМ ПТС,
- термостаты нулевые ТН-1М, ТН-2М, ТН-3М,
- термостат паровой ТП-2,
- жидкостные регулируемые термостаты ТР-1М, ТР-1М-500,
- термостаты сухие регулируемые ТС250-2, ТС600-1,
- модели "абсолютно черных" тел для калибровки пирометров,
- прецизионный милливольтметр В2-99.

Подробные данные по выпускаемым средствам измерения и метрологическому оборудованию содержатся в ежегодно пополняемом каталоге продукции завода "Эталон".

На ОАО НПП "Эталон" хорошо отлаженный процесс разработки, изготовления и контроля на всех операциях позволяет обеспечить качество и надежность изделий. Система качества завода аттестована по международной системе качества ИСО9001-2000 и российской ГОСТ Р ИСО9001.



Рисунок 14.1. ПТП 03

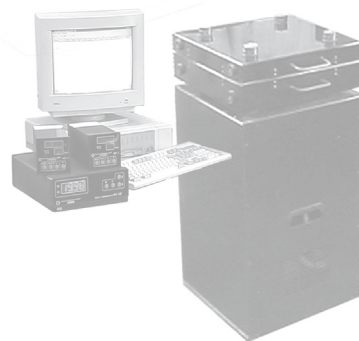


Рисунок 14.2. Установка
теплометрическая УТМ-1

Для определения эффективности энергопотребления объектов, участвующих в процессе производства, транспортирования, хранения и потребления тепловой энергии требуется измерение поверхностной температуры и ее распределение на объектах, а также измерение поверхностной плотности теплового потока и ее распределение на объектах. Измерение температуры поверхности удобно производить портативными измерителями температуры типа ИТП или ИТПМ в комплекте с соответствующими датчиками температуры поверхности. Специально для этих приборов разработаны датчики, снабженные ручками для экспресс-измерений.

15. РАБОТА ФГУП “ЭТАЛОН” В ОБЛАСТИ ТЕПЛОСБЕРЕЖЕНИЯ



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

В сфере теплосбережения наибольшее внимание должно уделяться измерениям следующих величин:

- количества теплоты и теплоносителя (тепло и водосчетчики);
- теплопроводности строительных и теплоизоляционных материалов (измерители теплопроводности);
- поверхностной плотности теплового потока и его распределения на объектах (измерители теплового потока);
- поверхностной температуры и ее распределения на объектах (тепловизоры и

- контактные средства измерений);
- коэффициента теплового излучения строительных, теплоизоляционных и отделочных материалов для остеклений;
- коэффициентов направленного пропускания и отражения инфракрасного излучения материалов для остеклений.

Измерение расхода энергоносителей - задача сложная. Обусловлено это следующими основными факторами:

- многообразием энергоносителей (жидкости, газы, пар);
- тяжелыми условиями эксплуатации: изменение в широких пределах как параметров окружающей среды, так и самих энергоносителей;
- химическим составом энергоносителей;
- наличием помех: вибрация трубопроводов, пульсации давления энергоносителей, электромагнитные поля.

Универсальные теплосчетчики предназначены для измерения параметров теплоносителя (объемного расхода, температуры, давления) в трубопроводах систем теплоснабжения (теплопотребления), последующего вычисления тепловой энергии и массы теплоносителя, архивирования, хранения результатов в энергонезависимой памяти и передачи их для регистрации на внешние устройства вычислительной техники. Установка и эксплуатация универсальных теплосчетчиков требует значительных материальных затрат как на его приобретение и на установку, так и на периодическую поверку во время эксплуатации. Для примера, цена теплосчетчика Саранского приборостроительного завода ТСЧ-ВТМ4-015-001 на 10.08.2001 года составляла 21700...40520 руб. Но несмотря на дороговизну все потребители тепловой энергии приобретают и устанавливают теплосчетчики т. к. согласно принятому Закону РФ “Об энергосбережении” (№28-ФЗ), начиная с 2000 года необходимо обеспечить обязательный приборный учет всего объема производимых и потребляемых энергоресурсов.

В настоящее время в стране выпускается более 100 видов теплосчетчиков. Главным элементом теплосчетчиков, определяющим его класс точности является комплект датчиков температуры КТСР, представляющий из себя два термопреобразователя сопротивления, подобранных в пару, практически не отличающиеся друг от друга по параметрам. С помощью КТСР измеряется разность температур в системах теплоснабжения (теплопотребления). ОАО НПП “ЭТАЛОН” длительное время выпускаются КТСР-9514, в четырех конструктивных исполнениях и множеством модификаций. Кроме того завод поставляет КТСР по индивидуальным заявкам. Стоимость КТСР составляет 856...1555 руб.

В области теплофикации и строительном комплексе в настоящее время уделяется большое внимание созданию приборов для измерения теплопроводности изоляционных материалов и коэффициентов теплового излучения строительных и отделочных материалов. Для этого на заводе проводятся работы по созданию измерителя плотности теплового потока. Прибор состоит из портативного микропроцессорного измерителя, индицирующего измеренные значения в единицах плотности теплового потока Вт/м² и датчика теплового потока (ДТП). Разработано два типа ДТП, отличающиеся по конструкции:

- гибкий датчик на резиновой основе;
- датчик в виде диска Ø28мм и толщиной 4мм.

Датчик на резиновой основе используется для исследования теплотрасс, датчик дисковый крепится на выдвигной штанге и с его помощью определяются места некачественной кладки стен, плохой заделки швов в панельных домах, плохой заделки оконных блоков или стекол.

Измеритель плотности теплового потока является измерителем-регистратором с внутренней энергонезависимой памятью, позволяющий автоматически переносить инф-цию из энергонезависимой памяти в ЭВМ.

Для измерения поверхностной температуры и ее распределения на объектах заводом выпускаются измерители температуры ИТП (портативные), ИТПМ (портативные микропроцессорные) и ИТ-1 щитовые, стационарные, которые комплектуются поверхностными датчиками темп-ры. В качестве поверхностных датчиков предприятие выпускает:

- ТХА9712, ТХК9712 точечные, измеряющие температуру плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностей;
- ТХА9713, ТХК9713, ТХА9908, ТХК9908 для измерения температуры на цилиндрических поверхностях;
- ТХА9909, ТХК9909, ТХА9911, ТХК9911 силовые, измеряющие температуру на плоских поверхностях;
- ТХА0001, ТХК0001 для измерения температуры на плоских поверхностях;
- ТСП9703, ТСП9703 плоские гибкие термопреобразователи сопротивления, измеряющие темп-ру на плоских, цилиндрических и криволинейных пов-ях;
- ТСП9715, для измерения температуры плоских поверхностей;
- ТСП9803, для измерения температуры сушильных цилиндров бумагоделательных машин (в частности, машин производства Швеции).

В стадии разработки находится тепловизор для задач обследования холодильных камер и агрегатов с целью выявления дефектов теплоизоляции, что позволит существенно снизить энергопотребление этих объектов.

В настоящее время ставится вопрос о натурном инструментальном обследовании для энерготеплосбережения. Из вышеизложенного следует, что для проведения качественного натурного инструментального обследования требуются значительные материальные затраты на разработку, проведения испытаний и выпуск необходимой группы приборов.

Таблица 15.1

Параметр	Значение
Диапазон измерения температуры, °С	-50...+1300 (ТХА); -50...+800 (ТХК) -100...+1000 (ТСР); -100...+200 (ТСМ)
Погрешность, %	0,1...0,2
Индикатор	ЖКИ, 4,5 разряда
Питание, ток потребления	Шесть элементов AA (А316), 9В, 8мА
Связь с компьютером	RS-232
Масса, кг	0,5
Габаритные размеры	205х90х40мм

Чтобы провести такие обследования необходимо создать группу приборов, включающую в себя:

- компьютер;
- тепловизор с рабочей температурой от -50 до +50°C, измеряющий температуру от -50 до +200°C (погрешность ±0,1°C);
- пирометр с рабочей температурой от -50 до +50°C, измеряющий температуру от 0 до +200°C (погрешность ±0,1°C);
- соединительные кабели;
- датчики регистрации, не менее 100шт. при обследовании любого объекта, в том числе измерители;
- влажности;
- скорости воздуха от 0 до 10м/сек. (погрешность ±0,1м/сек.);
- подвижности воздуха от 0 до 0,5м/сек. (погрешность ±0,01м/с.).



Рисунок 15.1. Внешний вид термопар ТХА9713 и ТХА9909.

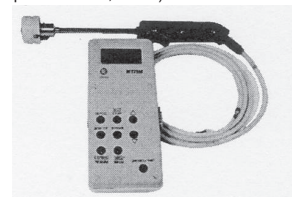


Рисунок 15.2. ИТПМ с датчиком ТХА9713

Такое обследование подразумевает определение:

- термического сопротивления ограждающих конструкций;
- параметров микроклимата;
- параметров отопительных систем;
- параметров метеосредств;
- параметров вентиляционных систем и кондиционирования воздуха.

Чтобы создать необходимую группу приборов требуется значительное время, в то время как аудит теплосистем необходим сейчас, чтобы исключить или хотя бы уменьшить теплопотери в окружающую среду. Клубы пара над теплотрассами и тепловыми узлами говорят о небрежном отношении работников теплоснабжения к Закону “Об энергосбережении”.

Омским НПП “ЭТАЛОН” разработан прибор ИТПМ (измеритель температуры портативный микропроцессорный), который выполняется как в обычном исполнении для эксплуатации при температуре от 0 до +40°C так и холодоустойчивым исполнением для эксплуатации при температуре от -30 до +50°C. В комплекте с поверхностным датчиком температуры ИТПМ используется для аудита тепловых систем.

ИТПМ представляет собой измеритель-регистратор, позволяющий работать с большим количеством объектов. Он имеет внутреннюю энергонезависимую память, объем которой 2800 записей для одноканальных и 1300 записей для двухканальных приборов. Каждая запись производится при нажатии кнопки. Запоминается не только значение измеренной температуры и номер объекта, где производилось измерение температуры, но и текущее время (год, месяц, день, час, минута, секунда) с помощью внутренних электронных часов.

Вся записанная информация сохраняется в энергонезависимой памяти прибора при выключенном питании.

ИТПМ имеет интерфейсный разъем RS-232, с помощью которого осуществляется передача всей информации из энергонезависимой памяти прибора в ЭВМ автоматически, что позволяет распечатать результаты аудита на принтере, произвести анализ полученных результатов и наметить мероприятия по теплосбережению.

Таким образом, имея прибор ИТПМ с поверхностным датчиком температуры можно провести аудит всей тепловой системы начиная от ТЭЦ и кончая производственными помещениями предприятий или жилыми помещениями.

ИТПМ позволяет произвести измерение разности температур на ТЭЦ, на тепловых узлах, на вводах в промышленные предприятия, на трубопроводах отопительных систем промышленных предприятий и жилых зданий. По разности температур можно сделать заключение:

- о качестве утепления теплотрасс;
- об оптимальном выборе диаметров теплопроводов;
- о степени утепления трубопроводов в подвалах зданий и сооружений;
- о качестве заделки окон и утепления дверей в квартирах, подъездах и производственных помещениях.

По функциональным возможностям ИТПМ не имеет отечественных и превосходит все известные нам зарубежные аналоги, при этом стоимость ИТПМ значительно ниже стоимости зарубежных приборов. Например, стоимость прибора Е-90232-00 фирмы “Cole-Parmer” (США), наиболее близкого по своим характеристикам и возможностям к ИТПМ, составляет 500\$ по каталогу этой фирмы за 1998г., в то время как стоимость прибора ИТПМ составляет 200\$.

С помощью ИТПМ и датчика температуры ТХА9713 проведен аудит состояния тепловой системы на предприятии. Он позволил выявить недостатки в системе теплопотребления и наметить мероприятия по теплосбережению. Данные аудита теплосистемы Омского НПП “ЭТАЛОН” прилагаются.

Омский завод “ЭТАЛОН” предлагает простой и не дорогой метод проведения аудита теплосистем. Тот кто не на словах, а на деле заинтересован в рациональном расходовании энергетических ресурсов и экономии средств может воспользоваться нашим предложением.

В.А.Никоненко, к.т.н., ген.директор, А.А.Васильев, ведущий инженер

(3812) 36-84-00, 36-79-18, 36-94-53, 32-80-51, факс (3812) 36-78-82



16. ВТОРИЧНЫЕ ПРИБОРЫ ОАО НПП «ЭТАЛОН»

Таблица 16.1.

Параметр	ИТПЦ	ИТ-2	ИТ-3
Количество измерительных каналов	1	16, 32, 48, 64, 80, 96	1
Тип датчика	ТХА, ТХК, ТСР, ТСМ	-	100П
Диапазон измеряемых напряжений, мВ	-	- 99,999... +99,999	-
Диапазон измеряемых температур	50...1200 °C (ТХА) 50...800 °C (ТХК) 50...600 °C (ТСР) 50...200 °C (ТСМ)	-	15...373 К
Погрешность измерения	± 2,0 °C (ТП) ± 0,5 °C (ТС)	± (5 + 1,5*10 ⁻⁴ *Уизм), мкВ	± 0,2 К (15...25 К) ± 1 К (> 25 К)
Разрешающая способность, °C	0,1	-	0,01 К (< 100 К) 0,1 К (> 100 К)
Время измерения, сек	1	-	-
Напряжение питания	9 В	220 В, 50 Гц	220 В, 50 Гц
Потребляемый ток, мА	2	50	23
Температура эксплуатации, °C	- 10 ... 40	20 ± 5	0 ... 40
Габаритные размеры, мм	125x75x30	250x110x335	48x96x95
Масса, кг	0,2	3,5	0,5

Разработкой измерителей и регуляторов температуры на нашем предприятии, тогда еще Омском опытным заводе «Эталон», начали заниматься в 1998 году. Первые приборы – аналоговый регулятор температуры с цифровой индикацией ИТЩ-1 и измеритель температуры ИТ-1 имели погрешность измерения и регулирования температуры 1,5%. У созданных позднее простейших аналогового регулятора РТМ-1 и измерителя с цифровой индикацией ИТП погрешность составляет около 2%, но они более удобны в работе.

В связи с ужесточением требований к надежности и точности приборов возникла необходимость их совершенствования. В 1999 году были разработаны двухканальный малогабаритный микропроцессорный измеритель температуры ИТПМ и микропроцессорный щитовой прецизионный регулятор температуры ИР. Прибор ИТПМ, созданный по заказу Красноярского алюминиевого завода для измерения температур в электролизных ваннах, может работать с термометром сопротивления или термопреобразователем (термопарой) практически любого типа. В первом случае погрешность измерения составляет 0,25%, во втором – не более 1% с учетом погрешности измерения температур «холодного» спая. Прибор имеет программно-аппаратную поддержку интерфейса RS232 и, соответственно, возможность передачи данных на персональный компьютер (ПК). В его последующих модификациях предусмотрена еще и функция регистратора. Следует отметить, что, несмотря на свою высокую цену, приборы ИТМП до сих пор пользуются спросом потребителей. Последний в ряду портативных измерителей температур, разработанных ОАО НПП «Эталон», – прибор ИТПЦ (рис. 16.1) с автономным питанием (батарея типа «Крона»). В зависимости от модификации он может работать с термометрами сопротивления или термопарами любой конструкции со стандартными ХСХ. Тех.данные прибора ИТПЦ приведены в табл. 16.1. Измеритель позволяет:

- вручную вводить в память измеренные значения с возможностью их последующего просмотра на жидкокристаллическом (ЖК) индикаторе;
- регистрировать измеренные значения с интервалами 2, 16, 64 с в энергонезависимой памяти.

Помимо этого он имеет порт RS232 для связи с компьютером. С прибором поставляется также специальное программное обеспечение.

Среди измерителей температуры, производимых на нашем предприятии, есть многоканальные: МИТ-12 и ИТ-2 (одна из недавних разработок). Прибор ИТ-2 (рис. 16.2) предназначен для измерения напряжения (мВ), плотности теплового потока (Вт/м²) или температуры (°C). Результаты выводятся на монитор ПК в виде таблицы. Кроме того, его можно использовать в качестве устройства автоматизированного сбора и обработки информации различных телеметрических систем, а также для измерения тепловых потоков в сложной калориметрической системе, для измерения теплопроводности и теплоемкости. Основные функции прибора:

- измерение напряжения, плотности теплового потока или температуры по 16, 32, 48, 64, 80 или 96 каналам (в зависимости от исполнения);
- измерение температуры «холодных» концов термопар;
- отображение результатов измерения на экране монитора ПК;
- считывание измеренных значений в реальном масштабе времени с возможностью последующей обработки.

Параметры многоканального измерителя ИТ-2 приведены в табл. 16.1, а весь ряд измерителей температуры производства ОАО НПП «Эталон» представлен на рис. 16.3.

	Портативные	Щитовые	Многоканальные
Микропроцессорные измерители температуры	ИТПЦ ИТПМ	ИТ-4 ИТ-3	ИТ-2 МИТ-12
Аналоговые измерители температуры	ИТП	ИТ-1	

Рисунок 16.3 Измеритель температуры производства ОАО НПП «Эталон»



Рисунок 16.1. ИТПЦ



Рисунок 16.2. Внешний вид измерителя температуры ИТ-2

Прибор ИР разрабатывался как прецизионный регулятор температуры с пропорционально-интегральным законом регулирования. Его погрешность измерения при использовании термометра сопротивления составляет 0,25%, при использовании термопары – не более 0,5% с учетом погрешности измерения температуры «холодного» спая. На основе именно этого прибора создавались регуляторы температуры для метрологического оборудования, производимого ОАО НПП «Эталон». Разработанный в 2000 г. щитовой двухпозиционный микропроцессорный регулятор температуры РТ2М предназначен для поддержания температуры в жарочных и копильных шкафах на предприятиях местной пищевой промышленности. Его погрешность измерения температуры – около 1%, однако он более прост в изготовлении и настройке и, что самое главное, гораздо удобнее в работе по сравнению с регулятором ИР.

Долгое время именно эти шесть приборов (ИТП, ИТПМ, ИТ-1, ИТЩ, ИР и РТ2М) составляли основной ряд измерителей и регуляторов температуры, выпускаемых ОАО НПП «Эталон». Поскольку главные усилия предприятия с 1998 по 2004 год были направлены на создание метрологического оборудования для поверки датчиков температуры, разработка новых общепромышленных приборов несколько затормозилась. В это время было начато производство регуляторов температуры, обеспечивающих управление работой термостатов и печей. Схемотехнические решения первого регулятора БУ-1М, предназначенного для управления исполнительным механизмом (нагревателем) по ПИД-закону, частично были заимствованы у регулятора ИР, но в его составе мощный полупроводниковый ключ (твердотельное реле). В дальнейшем появились приборы типов БУ-3К, БУ-3КИ, БУ-4 и БУ-5. Весь ряд регуляторов температуры производства ОАО



НПП «Эталон» представлен на рис. 16.4.

С 2004 г. предприятие вновь приступило к разработке общепромышленных регуляторов температуры. В результате появились такие щитовые приборы, как РТМ-3 (простой и дешевый микропроцессорный регулятор) и РТМ-4К (четырёхканальный регулятор). Последние разработки в области регуляторов температуры – приборы РТ-3 и РТ-4. Их технические данные приведены в таблице 16.2.

Таблица 16.2

Наименование параметра	РТ-3	РТ-4
Тип датчика	ТХА, ТХК, ТПП, ТПР, ТЖК, ТСМ, ТСП, унифицированный входной сигнал	ТХА, ТХК, ТСМ, ТСП, унифицированный входной сигнал
Погрешность измерения	0,1 % (ТС) 0,25 % (ТП)	2 °С (ТС) 5 °С (ТП)
Количество зон регулирования	до 4	-
Время выдержки по каждой зоне, сек	0...9999	-
Коммутируемая нагрузка	~ 242 В, 3А (2 реле) 12 В, 15 мА (транзисторный ключ)	~ 242 В, 3А
Питание	220 В, 50 Гц	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, Вт	10	3
Температура эксплуатации, °С	0...40	0...40
Габаритные размеры, мм	96x96x171	130x90x45
Масса, кг	1	0,25



Рисунок 16.5. Внешний вид регулятора температуры РТ-3



Рисунок 16.6. Внешний вид регулятора температуры РТ-4



Рисунок 16.7. Внешний вид измерителя температуры ИТ-3



Рисунок 16.8. Внешний вид спидометра ЦД-9904

Регулятор температуры РТ-3 (рис. 16.5) предназначен для измерения, индикации и регулирования с выдержкой в течение заданного интервала времени температуры или других физических величин в автоматическом или ручном режиме. Он может применяться при автоматизации многоступенчатых технологических процессов. Для связи с компьютером предусмотрен интерфейс RS232.

Кроме того, он может использоваться в качестве реле времени и имеет сторожевой таймер для защиты от зависания прибора, встроенный датчик для компенсации температуры «холодных» спаев термопар, универсальный вход для подключения 14 типов датчиков.

Прибор РТ-4 (рис. 16.6) служит для регулирования температуры различных объектов при минимальных затратах на управление, т.е. при достаточно точных и стабильных параметрах он имеет очень низкую стоимость, близкую к стоимости простейших механических регуляторов. Прибор удобен для применения в сравнительно простых нагревательных устройствах (сушильных шкафах, электрических отопительных котлах, саунах, простых камерах тепла, нагревателях жидкостей, термостатах), где не требуется часто изменять значения уставок. В комплект поставки прибора входит пульт ПУ – 1, с помощью которого, в случае необходимости, возможно изменение значений уставок. Использование пульта особенно удобно, если установлена группа регуляторов.

Среди щитовых измерителей температуры последние наши разработки – прибор ИТ-3 (рис. 16.7) и его общепромышленный аналог ИТ-4. Измеритель температуры ИТ-3 создан по заказу омского предприятия ООО НТК «Криогенная техника» для высокоточного измерения сверхнизкой температуры сжиженных газов в диапазоне от 15 К до 373 К. Он имеет интерфейс для связи с компьютером RS485, с помощью которого пользователь может объединить в сеть до 32 приборов. Дистанционно можно изменять СХС преобразования датчика, номер прибора в сети, а также осуществлять настройку измерителя. Встроенное реле сигнализации используется как аварийное (например, для включения защитных устройств). Прибор выполнен в металлическом корпусе настольного исполнения с защитой от вибраций. Его характеристики приведены в табл. 16.1.

Другие вторичные приборы, выпускаемые ОАО НПП «Эталон», – тахометр ЦД-9902, измеритель перемещения ЦД-9903 и новейшая разработка по заказу Ярославского шинного завода – спидометр ЦД-9904 (рис. 16.8). Он используется на обкаточном стенде, предназначенном для испытаний двух автомобильных шин. Спидометр измеряет и отображает линейную скорость обкаточного барабана, пройденный обкатываемыми шинами путь, время обкатки и передаёт полученные результаты на ПК. Прибор применяется в комплекте с электромагнитным датчиком типа ПД2546 или с другим, имеющим аналогичные параметры выходных сигналов. С помощью трёхкнопочной клавиатуры можно настраивать прибор на диаметр обкаточного барабана, задавать адрес для работы с интерфейсом RS485 и обнулять накопленные результаты измерений отдельно для каждой шины. При отключении напряжения питания настроенные параметры спидометра и накопленные значения измерений сохраняются в памяти микроконтроллера, также для каждой шины.

В настоящее время предприятие готовит к выпуску общепромышленный щитовой регулятор температуры с пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) законом регулирования, а также проводит исследования с целью разработки оптимального алгоритма для самонастраивающегося регулятора с ПИД-законом регулирования.



17. ПРИБОРЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Согласно принятому Закону РФ "Об энергосбережении" (№ 28-ФЗ), вступившему в силу 03.04.1996г., начиная с 2000 года необходимо обеспечить обязательный приборный учёт всего объёма производимых и потребляемых энергоресурсов. Очевидно, что без приборов учёта тепловой энергии и теплоносителя потребитель не может производить расчёты с теплоснабжающими организациями за реально полученное тепло. Кроме того, без таких приборов невозможно управление энергосбережением, оценка эффективности мероприятий, направленных на энергосбережение.

В последние годы отечественные и зарубежные фирмы, промышленные предприятия разрабатывают и предлагают к применению различные приборы учёта тепловой энергии. В стране в настоящее время только теплосчетчиков выпускается более 100 видов. Омским заводом «Эталон» с 1991 года освоено серийное производство более 50 видов датчиков температуры и около 7000 их модификаций. Производство и эксплуатация средств теплотехнических измерений должны предусматривать наличие средств их метрологического обеспечения. В этой связи, кроме расширения номенклатуры средств контроля за тепловой энергией, остро стоят задачи производства средств их поверки, гарантийного и сервисного обслуживания.

В настоящее время усилия коллектива предприятия «Эталон» направлены на выпуск средств измерений и их метрологического обеспечения по следующим направлениям:

- контроль количества теплоты и теплоносителя (тепло и водосчетчики);
- измерение теплопроводности строительных и теплоизоляционных материалов (измерители теплопроводности);
- измерение поверхностной плотности теплового потока и его распределения на объектах (измерители теплового потока);
- измерение поверхностной температуры и ее распределение на объектах (тепловизоры и контактные средства измерений).

Предприятием освоен выпуск комплекта датчиков температуры типа КТСР для теплосчетчиков.

Комплект представляет из себя два термопреобразователя сопротивления, подобранные в пару по параметрам практически не отличающимся друг от друга. С помощью КТСР измеряется разность температур в системах теплоснабжения. Омским НПП «Эталон» для теплосчетчиков выпускаются датчики типа КТСР-9514, в четырех конструктивных исполнениях и различных модификациях. Кроме того, завод поставляет КТСР по индивидуальным заявкам. Стоимость КТСР составляет 856 ... 1555 руб.

В настоящее время уделяется большое внимание созданию приборов для измерения теплопроводности изоляционных материалов. Для решения этой задачи на заводе ведутся работы по созданию измерителя плотности теплового потока. Прибор состоит из портативного микропроцессорного измерителя, индуцирующего измеренные значения в единицах плотности теплового потока Вт/м² и датчика теплового потока (ДТП). Разработано два типа ДТП, отличающиеся по конструкции:

- гибкий датчик на резиновой основе;
- датчик в виде диска Ø28 мм и толщиной 4 мм.

Датчик на резиновой основе используется для исследования теплотрасс, датчик дисковый крепится на подвижной штанге и с его помощью определяются места некачественной кладки стен, плохой заделки швов и панельных домах, плохой заделки оконных блоков и стекол. Измеритель плотности теплового потока является измерителем-регистратором с внутренней энергонезависимой памятью, позволяющей автоматически переносить информацию из энергонезависимой памяти в ЭВМ.

Для измерения поверхностной температуры и ее распределения на объектах теплоснабжения заводом выпускаются измерители температуры ИТП (портативные), ИТПМ (портативные микропроцессорные), которые комплектуются поверхностными датчиками температуры. В качестве поверхностных средств измерения температуры завод выпускает следующую номенклатуру термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления:

- ТХА 9712, ТХК 9712 точечные, измеряющие температуру плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностей;
- ТХА 9713, ТХК 9713, ТХА 9908, ТХК 9908 для измерения температуры на цилиндрических поверхностях;
- ТХА 9909, ТХК 9909, ТХА 9911, ТХК 9911 сильфонные, измеряющие температуру на плоских поверхностях;
- ТХА 0001, ТХК 0001 для измерения температуры на плоских поверхностях;
- ТСП 9703, ТСМ 9703 плоские гибкие преобразователи сопротивления,

измеряющие температуру на плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностях;

- ТСП 9715, для измерения температуры плоских поверхностей;
- ТСП 9803, для измерения температуры сушильных цилиндров бумагоделательных машин (в частности, машин производства Швеции).

Все перечисленные средства имеют средства периодической поверки, сертификаты соответствия Госстандарту России, заводские паспорта с отметкой Государственного поверителя и указанием межповерительного интервала.

Для задач теплового мониторинга совместно с Омским государственным техническим университетом на предприятии подготовлена к серийному выпуску система термографического контроля по инфракрасному излучению. Система прошла успешные опытные испытания и эксплуатацию на Омском нефтеперерабатывающем заводе и Топкинском цементном заводе. Система позволяет проводить тепловой мониторинг энергосилового оборудования, визуализировать на экране монитора места утечки тепла, исследовать тепловые процессы в ходе химических реакций по температуре стенки реактора.

В стадии разработки находится тепловизор для задач обследования холодильных камер и агрегатов с целью выявления дефектов теплоизоляции, что позволит существенно снизить энергопотребление этих объектов.

Налажен выпуск сертифицированного портативного пирометра типа ПП-1. Пирометр разработан на основе пирозлектрического приемника излучения и его модификации ПП-1-01 позволяет вести бесконтактный контроль температуры в диапазоне от минус 20 до 400 °С. Прибор снабжен лазерным целеуказателем и имеет четырехразрядную цифровую индикацию. Питание от батареи типа «Крона».

Заводом освоен выпуск прибора ИТПМ (измеритель температуры портативный микропроцессорный), который изготавливается как в обычном исполнении для эксплуатации при температурах 0 до + 40° С так и в холодоустойчивом исполнении для работ при температурах от - 30 до + 50°С и в комплекте с поверхностным датчиком температуры может быть использован для обследования тепловых систем. ИТПМ представляет собой измеритель температуры с внутренней энергонезависимой памятью, объем которой составляет до 2800 записей. Запоминается не только значение измеренной температуры, но и текущее время (год, месяц, день, час, минута, секунда) на момент производства измерений. Вся записанная информация сохраняется в энергонезависимой памяти прибора при выключенном питании. Прибор имеет интерфейсный разъем RS-232, через который может осуществлять передачу информации из энергонезависимой памяти прибора в ПЭВМ, что позволяет распечатать результаты измерений на бумажном носителе, произвести анализ полученных результатов и наметить мероприятия по теплосбережению.

Прибор ИТПМ с одним или несколькими поверхностными датчиками температуры на его входе позволяет провести обследование тепловой системы, начиная от ТЭЦ и кончая производственными помещениями предприятий или жилыми помещениями.

ИТПМ позволяет произвести измерения разности температур на парапроводах ТЭЦ, на тепловых узлах, на вводах в промышленные предприятия, на трубопроводах отопительных систем промышленных предприятий и жилых зданий. По разности температур можно сделать заключение:

- о качестве утепления теплотрасс;
- об оптимальном выборе диаметров теплопроводов;
- о степени утепления трубопроводов в подвалах зданий и сооружений;
- о качестве заделки окон и утепления дверей в квартирах, подъездах, производственных помещениях.

С помощью ИТПМ и датчика температуры ТХА 9713 проведено обследование состояния тепловой системы на Омском НПП «Эталон». Обследование позволило выявить недостатки в системе теплотребления и наметить мероприятия по теплосбережению.

18. ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ НУЖД ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

По состоянию на 2008 год ОАО НПП «ЭТАЛОН» выпускает широкую номенклатуру конструкций первичных преобразователей температуры двух видов для промышленности: термометры сопротивления (ТС) и термоэлектрические преобразователи (термопары). Так же предприятие выпускает вторичное оборудование, предназначенное для работы с первичными преобразователями температуры.

Медные и платиновые ТС предназначены для измерений температуры в различных областях машиностроения: медные для диапазона от -50 до +180°C, платиновые – для диапазона от -200 до +600°C.

Для платиновых ТС стандартизованы два типа характеристик $\alpha=0.00391$ и $\alpha_1=0.00385$, где α – температурный коэффициент термометра сопротивления.

ОАО НПП «ЭТАЛОН» выпускает платиновые ТС с R0 100П, что соответствует $\alpha=0.00391$, и R0 Pt100 что соответствует $\alpha=0.00385$, тем самым обеспечивая замену импортных ТС. Медные ТС выпускаются с HСХ $\alpha=0.00428$, однако их отклонение от HСХ $\alpha=0.00426$ невелико и замена не вызывает сложности, например, при 180°C погрешность составляет 0,7°C.

Так же ОАО НПП «ЭТАЛОН» выпускает ТС с сопротивлением R0 10, 50, 100, 500, 1000 Ом и нестандартных сопротивлений по индивидуальным заказам потребителей.

Наиболее важное условие правильного измерения температуры с помощью ТС – обеспечение электрической изоляции, как самого измерительного резистора, так и соединительных проводов. Сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм, иначе шунтирование приведет к значительной погрешности. С этой целью выводы ТС заливают на выходе из защитной гильзы эпоксидным компаундом.

Провода, соединяющие ТС с вторичным прибором, нельзя прокладывать вместе с сетевыми проводами, чтобы избежать наводок, искажающих результаты измерения.

Поскольку сама конструкция ТС влияет на теплопередачу от среды к измерительному резистору, для снижения погрешности измерений необходимо учитывать это при выборе способа монтажа на объекте. Если монтаж производится на трубопроводе, то необходимо теплоизолировать трубопровод вокруг места врезки. Прежде всего, это необходимо, когда измеряемой средой является воздух или газ с небольшим давлением (одна или несколько атмосфер).

Погрешность измерения будет тем меньше, чем больше отношение длины погружения к диаметру ТС. ТС должен устанавливаться в точке с наибольшей скоростью течения измеряемой среды.

Необходимая длина погружения в значительной мере зависит от интенсивности теплообмена, зависящей, в свою очередь, от характеристик измеряемой среды. В жидкостях и паре высокого давления с очень хорошей теплоотдачей глубина погружения должна примерно в 1,5 раза превышать активную длину датчика температуры, в газах нормального давления – в два раза, т.е. составляет минимум 6...8 диаметров защитного чехла.

Если же измерения производятся не в трубопроводе, а в спокойной воздушной или газовой среде, то желательно погружение датчика на глубину около 30d, где d – диаметр ТС, а в спокойной жидкости – около 10d.

Чтобы ТС можно было устанавливать и снимать с трубопровода, не сбрасывая давление в магистраль, используют защитные гильзы, которые защищают ТС от высокого давления и скоростного напора в магистрали.

Поскольку температурный диапазон промышленных ТС: -200...+600°C, их защитная арматура, как правило, выполняется из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

При температуре до +200°C для защиты ТС от агрессивной среды (щелочной или кислотной) используется покрытие полимерными материалами, инертными к измеряемой среде.

При измерениях на объектах или в средах с быстроменяющейся температурой существенное значение приобретает время термической реакции ТС. Время термической реакции – это время, необходимое для того, чтобы при внесении в среду с постоянной температурой разность температур, среды и любой точки внесенного в нее ТС стала равной 0,37 того значения, которое будет в момент наступления регулярного теплового режима.

К особенностям измерений с помощью ТС следует отнести необходимость учета сопротивления внутренних проводников, соединяющих чувствительные элементы (ЧЭ) с выводами ТС, и сопротивление линии, соединяющей ТС с измерительным прибором.

Сопротивление соединительных проводов исключается из измерительной схемы только при использовании 4-х проводной схемы соединения, когда измерительный ток подается по одним проводам, а падение напряжения на ЧЭ измеряется прибором с высоким входным сопротивлением, соединенным с помощью двух других проводов, подключенных непосредственно к выводам ЧЭ. Для эталонных ТС и рабочих ТС класса А, АА используется только 4-х проводная схема соединения. Помимо обеспечения наибольшей точности при этом упрощается процедура измерения, так как не требуется учет поправки на сопротивление соединительных проводов. Особенно существенным это становится при большой длине соединительных линий. Преимущество 4-х проводной схемы состоит так же в том, что в рабочей зоне (в зоне погружения ТС в среду, где измеряется температура), во-первых, распределение температуры, как правило, не известно, а, во-вторых, оно чаще всего изменяется во времени, что не позволяет произвести точный расчет поправки для устранения влияния сопротивления соединительных проводов и его изменения в процессе измерений.

При обычных измерениях температуры в промышленности, как правило, используются ТС класса В, внутренние проводники которых могут быть выведены на клеммы Тс по 2-х, 3-х или 4-х проводной схеме.

Стандарты на ТС устанавливают, что для 2-х проводной схемы соединений внутренних проводников ТС с ЧЭ их сопротивление не должно превы-

шать 0,1% номинальных значений сопротивлений при 0°C, эти значения вносятся в паспорт на ТС. С учетом расстояния между ТС и вторичным прибором выбирается тип соединительной линии между ТС и вторичным прибором (2-х, 3-х или 4-х проводную) и, зная сопротивление внутренних проводников ТС и сопротивление соединительной линии, можно рассчитать поправку.

Проверка (калибровка) ТС может быть проведена на любом поверочном оборудовании, имеющем соответствующую документацию и класс.

Современные термопары имеют температурные диапазоны:

- хромель-копелевые – от -40 до +600°C;
- хромель-алюмелевые – от -40 до +1050°C;
- платинородий-платиновые – от 0 до +1300°C;
- платинородиевые – от +300 до +1600°C.

НСХ этих термопар стандартизованы, причем, российские стандарты соответствуют международным.

Стандартизованы также пределы допускаемых отклонений термо-ЭДС от НСХ. Например, для хромель-алюмелевых термопар ХА(К) класса допуска 2 он составляет $\pm 2,5^\circ\text{C}$ в диапазоне измерений от -40 до +333°C и $\pm 0,0075t$ в диапазоне от 333 до 1300°C.

Это обеспечивает взаимозаменяемость термопар, в том числе и импортных.

Термоэлектрические преобразователи (термопары) имеют следующие основные особенности:

1 Они являются генераторами термо-ЭДС, причем величина этой ЭДС зависит от разности температур между рабочим («горячим») спаем и свободными («холодными») концами.

Стандарт на термопары нормирует их номинальные статические характеристики (НСХ), пределы допускаемого отклонения от НСХ при температуре свободных концов 0°C.

2 При измерениях приходится учитывать температуру свободных концов термопары, применять их термостатирование или использовать устройства компенсации температуры свободных концов термопар, или измерять температуру свободных концов и вводить соответствующую поправку.

3 Цепи, соединяющие термопару с вторичным прибором, должны быть выполнены компенсационными проводами, иначе возникает погрешность, величина которой зависит от температуры в точке контакта термопары с инородными проводниками.

Для термопар из благородных металлов используются компенсационные провода из тех же сплавов (ХА, ХК и т.д.). Для термопар из благородных металлов разработаны и выпускаются компенсационные провода из сравнительно дешевых специальных сплавов, дающих такую же термо ЭДС, как и термопара соответствующего типа. Это делается для платинородий-платиновых термопар типа ТПП «S».

Для платинородиевых термопар типа ТПР («В») компенсационные провода не требуются, если свободные концы термопары выведены в зону, где допускается температура от 0 до 100°C, так как до этой температуры термопара ТПР имеет низкую термо ЭДС. Поэтому соединение с вторичным прибором можно выполнять медными проводами, погрешность от этого не превысит 3°C.

Что касается монтажа на объекте, то для термопар необходимо соблюдать те же требования, что и для ТС, для обеспечения хорошей теплопередачи от измеряемой среды к рабочему спая и снижения теплопередачи вдоль защитной арматуры термопары.

При температурах до 800°C защитная арматура термопар выполняется из стали 12Х18Н10Т, при температурах до 1050°C – из стали 15Х25Т, сплава ХН78Т, при температурах до 1200...1300°C – из сплава ХН45Ю. При более высоких температурах а также для защиты от агрессивной среды используются керамические защитные чехлы: из корунда, карбида кремния и даже искусственного сапфира.

ЧЭ термопар изготавливаются из термоэлектродной проволоки, поставляемой согласованными в пару бухтами или катушками.

Существенные преимущества дает использование кабельных термопар, так как они допускают изгиб при монтаже на объекте. Кроме того, они могут быть изготовлены с внешним диаметром 1 мм, что позволяет использовать их в труднодоступных местах или на малых объектах.

Для использования во взрывоопасных зонах предприятие «Эталон» выпускает термометры сопротивления ТСП 9418, ТСИ 9418 и термоэлектрические преобразователи ТХА 9416, ТХК 9416 с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка». Кроме того, выпускаются термометры сопротивления с встроенным в головку нормирующим усилителем типа ТСПУ 9312, ТСМУ 9313 с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА или 0...5 мА общетехнического исполнения.

Для использования во взрывоопасных зонах выпускаются ТСПУ 9418, ТСМУ 9418 с видом защиты «взрывонепроницаемая оболочка».

Кроме выпуска изделий представленных в каталоге, наше предприятие ведет широкую работу по индивидуальным заказам потребителей. В ряде случаев, такие разработки приводят к появлению новых серийных типов изделий, что позволяет нам постоянно расширять номенклатуру выпускаемых изделий.

**Инженер ОАО НПП «Эталон»
Максим Александрович Полянский**



19. ИННОВАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА КОНТАКТНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ ПРОИЗВОД- СТВА ОАО НПП «ЭТАЛОН»

ОАО НПП «Эталон» выпускает широкую номенклатуру конструкций первичных преобразователей температуры двух видов для промышленности: термопреобразователи сопротивления (ТС) и термоэлектрические преобразователи (термопары).

ТС

ТС выпускаемые нашим предприятием делятся на медную и платиновую группы: медные ТС предназначены для измерений температуры от -50 до +180 °С, платиновые – для диапазона от -200 до +600 °С.

Для платиновых ТС стандартизованы два типа характеристик $W_{100} = 1,3910$ и $W_{100} = 1,3850$ (где W_{100} – отношение сопротивления ТС при 100 °С к сопротивлению ТС при 0 °С). Для медных ТС стандартизованы также два типа ХСХ с $W_{100} = 1,4260$ и $W_{100} = 1,4280$. НПП «Эталон» выпускает платиновые ТС с $W_{100} = 1,3910$ и $W_{100} = 1,3850$, что обеспечивает замену импортных ТС. Медные ТС выпускаются с $W_{100} = 1,4280$, однако их отклонение от $W_{100} = 1,4260$ невелико и замена не вызывает сложности, например, при 180 °С отклонение составляет 0,7 °С.

При обычных измерениях темп-ры в промышленности, как правило, используются ТС класса В, внутренние проводники которых могут быть выведены на клеммы ТС по 2-х, 3-х или 4-х проводной схеме.

Поскольку темп-рный диапазон промышленных ТС: -200...+600 °С, их защитная арматура, как правило, выполняется из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. При температуре до +200 °С для защиты ТС от агрессивной среды (щелочной или кислотной) используется фторопластовая термоусаживающаяся трубка.

В настоящее время ведется разработка термопреобразователя сопротивления платинового для измерения температуры кислот, щелочей и других химически агрессивных сред с защитной арматурой из стекла. Разрабатываемые датчики обладают значительно меньшей инерционностью по сравнению с датчиками с фторопластовым покрытием арматуры.

Для использования во взрывоопасных зонах предприятия «Эталон» выпускает термопреобразователи сопротивления ТСП 9418, ТСМ 9418 с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка». Кроме того, выпускаются термопреобразователи сопротивления с встроенным в головку нормирующим усилителем типа ТСПУ 9312, ТСМУ 9313 с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА или 0...5 мА общетехнического исполнения.

Повышенные требования предъявляются к ТС, используемым при учете тепловой энергии. Поставка производится в виде комплекта КТСР 9514, в котором значения сопротивлений двух ТС, входящих в комплект, при 0 °С (R_0), отличается между собой на величину не более 0,01%, а значения W_{100} отличается на величину не более 0,0001. В настоящее время мы поставляем комплекты КТСР соответствующие международным стандартам, с поверкой в трех точках.

Поскольку термометры сопротивления имеют стандартизованные пределы допускаемого отклонения сопротивления от ХСХ, в случае необходимости замены датчиков не требуется подстройка или введение поправок во вторичном измерительном или регулирующем приборе.

Поверка (калибровка) ТС может быть проведена на 2-х типах поверочного оборудования, выпускаемого предприятием «Эталон» - на установке УПСТ-2М или на автоматизированной установке АРМ ПТС.

Термопары

Термопары, выпускаемые ОАО НПП «Эталон», имеют температурные диапазоны в соответствии с типом термопары:

- хромель-копелевые – от -40 до +600 °С;
- хромель-алюмелевые – от -40 до +1050 °С;
- платинородий-платиновые – от 0 до +1300 °С;
- платинородиевые – от +300 до +1600 °С.

ХСХ этих термопар стандартизованы, причем, российские стандарты соответствуют международным (кроме хромель-копелевых термопар, у которых имеется большое отличие от зарубежных по ХСХ).

Стандартизованы также пределы допускаемых отклонений термо-ЭДС от ХСХ. Например, для хромель-алюмелевых термопар ХА(К) класса допуска 2 он составляет $\pm 2,5$ °С в диапазоне измерений от -40 до +333 °С и $\pm 0,0075t$ в диапазоне от 333 до 1300 °С. Это обеспечивает взаимозаменяемость термопар, в том числе и импортных.

При обычных измерениях температуры в промышленности,

как правило, используются ТС класса 2 выполненные с одним или двумя чувствительными элементами.

При температурах до 800 °С защитная арматура термопар выполняется из стали 12Х18Н10Т, при температурах до 1050 °С – из стали 15Х25Т, сплава ХН78Т, при температурах до 1200...1300 °С – из сплава ХН45Ю. При более высоких температурах а также для защиты от агрессивной среды используются керамические защитные чехлы: из корунда, карбида кремния и даже искусственного сапфира.

Для использования во взрывоопасных зонах предприятия «Эталон» выпускает термоэлектрические преобразователи ТХА 9416, ТХК 9416 с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка».

Среди термопреобразователей, выпускаемых нашим предприятием, хотелось бы обратить внимание на те, которые выполнены на основе кабеля с минеральной изоляцией в металлической оболочке (ТХА (ТХК) 9808, КТХАС (КТХКС), ТСП 9801 и др., всего 21 тип). Кабельные преобразователи термоэлектрические имеют ряд преимуществ по отношению к «проволочным»:

- более высокую термоэлектрическую стабильность и рабочий ресурс;
- возможность монтажа в труднодоступных местах (за счет относительно малого радиуса изгиба);
- малый показатель тепловой инерции;
- способность выдерживать большие рабочие давления;
- возможность изготовления на их основе термопреобразователей блочно-модульной конструкции.

Из термопарного кабеля изготавливаются термопары ТХА (ТХК) 9608, ТХА (ТХК) 0006, ТХА (ТХК) 0007.

С целью увеличения ресурса работы высокотемпературных платиновых термопреобразователей была предложена термопара типа ТПП 9717, конструкция которой позволила - увеличить ресурс термопары, сохранить инерционность.

Натурные испытания, проведенные в течение года на АО «Ижсталь» (г. Ижевск), подтвердили заявленные показатели надежности.

Специалистами предприятия разработан ряд датчиков, имеющих уникальную (эксклюзивную) конструкцию, например:

- преобразователи термоэлектрические хромель-алюмелевые типа ТХА 0011, представляющие собой погружные кабельные термопары с защитным чехлом из нитрида бора и предназначенные для контроля температуры расплавленных металлов Al, Cu, бронзы и т.п.;
- погружные датчики типа ТХА (ТХК) 9709ф с фторопластовым покрытием арматуры, переменными диаметрами (D и d) и длинной погружаемой части (l), предназначенные для контроля температуры химически агрессивных сред.

Особого внимания заслуживают системы температурного наблюдения, разрабатываемые и выпускаемые нашим предприятием:

1. Система измерения температуры (СИТ), позволяющая производить измерение температуры в 384 точках с последующей передачей измеренных значений на ЭВМ по RS 485;
2. Система температурного мониторинга (СТМ), предназначенная для контроля температуры во взрывоопасных зонах в 32 точках, в том числе и на автозаправочных станциях, и последующей передачи этих значений на ЭВМ по RS 232. Вид взрывозащиты – искробезопасная цепь (1Exib11AT4).

В настоящее время на предприятии серийно выпускается более 150 типов датчиков температуры (92 типа преобразователей термоэлектрических и 61 термопреобразователей сопротивления) из них поверхностных – 18 типов, кабельных – 21 тип, остальные – проволочные.

Большинство поверхностных датчиков в комплекте с измерителем температуры портативным микропроцессорным используются для аудита тепловых систем. Для большего удобства предприятие предлагает измеритель температуры портативный ИТПМ (ИТП) с комплектом датчиков в чемодане.

ОАО НПП «Эталон» постоянно участвует в работе региональных и международных ярмарок, выставок, семинаров и конференций. Ряд изделий, выпускаемых предприятием, являются лауреатами в различных номинациях.

Наши изделия хорошо зарекомендовали себя в различных отраслях промышленности и народного хозяйства, а также на объектах Морского флота (имеется признание Регистра).

Все разработки, осуществляемые предприятием, проводятся за счет собственных средств. Конструкция датчиков индивидуаль-



ных исполнений согласовывается с заказчиком, а опытные образцы предоставляются потребителям для натурных испытаний бесплатно. Предприятие с благодарностью принимает замечания и предложения по совершенствованию конструкций изделий, по улучшению их потребительских свойств и качественных характеристик. Специалисты предприятия выезжают на объекты эксплуатации для изучения проблем измерения температуры и консультаций по температурным измерениям с привязкой к конкретному объекту.

Кроме выпуска изделий представленных в каталоге, наше предприятие ведет широкую работу по индивидуальным заказам потребителей. В ряде случаев, такие разработки приводят к появлению новых серийных типов изделий, что позволяет нам постоянно расширять номенклатуру выпускаемых изделий.

В случаях неоднократного повторения заказа на тот или иной датчик, на него проводится разработка полного комплекта конструкторской документации и сертификация.

Приборы и оборудование производства ОАО "НПП Эталон" для теплофизических измерений

Рассматриваются задачи нового направления – теплотрии, связанного с разработкой теплотрического оборудования для измерения теплопроводности строительных материалов, теплового сопротивления элементов конструкций зданий, определения сопротивления тепло-передачи зданий и сооружений освоением и выпуском преобразователей плотности теплового потока.

На данный момент задачи нашего предприятия в разработке теплотрического оборудования условно можно разделить на следующие направления.

1. Измерение теплопроводности строительных материалов на стадии их разработки и производства. Для этой цели разрабатывается установка УТП-1, основанная на методе определения теплопроводности и термического сопротивления строительных материалов при стационарном тепловом режиме согласно ГОСТ 7076-99. Установка реализована по симметричной схеме с определением плотности теплового потока, проходящего через испытываемый образец и образцовую меру теплопроводности, путем измерения электрической мощности, подаваемой на нагреватель. Установка разрабатывается под руководством ВНИИМ (г. Санкт-Петербург).

В соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений теплопроводности твердых тел (приложение 1) установка может быть использована в качестве рабочего средства измерения.

Основные технические характеристики установки.

Диапазон измерения теплопроводности, Вт/(мК)	от 0,03 до 1,4
Погрешность измерения, %	3
Температурный интервал измерений теплопроводности, °С	от 10 до 90
Габаритные размеры образца, мм	250×250×10-50

В комплект установки входит набор мер теплопроводности, содержащий меры:

- из органического стекла по ГОСТ 17622-72;
- из оптического стекла марок ТФ1 и ЛК5 по ГОСТ 13659-78;
- из оптического кварцевого стекла марки КВ по ГОСТ 15130-86;
- из сплава ВТ6 по ГОСТ 19807-91;
- из нержавеющей стали 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632-72.

2. Измерение теплового сопротивления элементов конструкций зданий (например, стеклопакетов) на стадиях разработки и изготовления. Для этого используется измерительный комплекс, включающий измеритель многоканальный ИТ-2-96, преобразователи плотности теплового по-

тока и термоэлектрические преобразователи. Количество каналов – от 16 до 96, кратное 16. Измеритель ИТ-2-96 (рис. 19.1) позволяет автоматически получать данные измерения от датчиков плотности теплового потока и температуры (термопар) по 16, 32, 48, 64, 80, 96 каналам в зависимости от исполнения прибора с последующей передачей данных на ЭВМ. Система применяется в испытательных лабораториях г. Омска и других городов России.

3. Определение сопротивления теплопередачи зданий и сооружений.

Определение сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций позволяет количественно оценить теплотехнические качества ограждающих конструкций зданий и сооружений и их соответствие нормативным требованиям, установить реальные потери тепла через наружные ограждающие конструкции, проверить расчетные и конструктивные решения.

При проведении измерений используются стационарный измеритель ИТ-2-96 (в комплекте с преобразователями термоэлектрическими и преобразователями плотности теплового потока) и переносной прибор МВПМ (рис. 19.2) в комплекте с преобразователем плотности теплового потока.

Преобразователи плотности теплового потока ПТП-03 (рис. 19.3), входящие в комплект данных приборов, – это термоэлектрические, гальванические преобразователи, работающие по принципу "вспомогательной стенки". Габаритные размеры преобразователей 100×30×3 мм. Диапазон измерений 0-2000 Вт/м². Коэффициент чувствительности около 80 Вт/м²В.

4. Освоение и выпуск преобразователей плотности теплового потока потребовал появления установки УТМ-1 (рис. 19.4). Установка разрабатывалась под руководством СНИИМ (г. Новосибирск).

Установка обеспечивает поверку (калибровку) средств измерений теплового потока с градиентными преобразователями, работающими на принципе дополнительной стенки и имеющими разную конструкцию (термоэлектрические, гальванические, полупроводниковые и т.д.), разную геометрическую форму (круглые, прямоугольные, квадратные и т.д.) и разные размеры, в том числе с преобразователями, отличающимися по конструкции, форме и размерам от преобразователей эталонных средств измерений, с которыми проводится сличение.

В соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений поверхностной плотности теплового потока МИ1855 (приложение 2) установка УТМ-1 может выполнять роль кондуктивного компаратора для передачи размера единицы поверхностной плотности теплового потока (Вт/м²) от эталонных ПТП 1-го разряда к эталонным ПТП 2-го разряда и рабочим средствам измерений.

Установка обеспечивает следующие тех.характеристики:

- диапазон плотности теплового потока, создаваемого в теплотрической камере, от 10 до 2000 Вт/м²;
- нестабильность поддержания заданной плотности теплового потока в установившемся режиме не более 0,25 % в мин;
- неравномерность плотности теплового потока по объему теплотрической камеры в установившемся тепловом режиме не более 2,5 %.

Установка представляет собой блочно-модульный метрологический комплекс, состоящий из отдельных изделий: блока теплотрического, блока охлаждения, блока управления, многоканального измерителя МИТ-12ТС и многоканального измерителя ИТ-2-16.



Рисунок 19.1. Внешний вид измерителя температуры ИТ-2

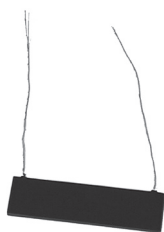


Рисунок 19.3. ПТП 03



Рисунок 19.2. МВПМ

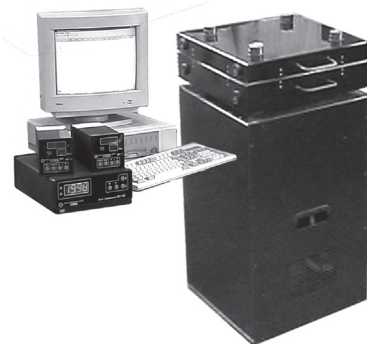


Рисунок 19.4. Установка теплотрическая УТМ-1



20. МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕКОНТАКТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

С принятием международной температурной шкалы МТШ-90 система передачи единицы температуры в радиационной термометрии стала обеспечиваться в соответствии с ГОСТ 8.558-93 части три «Радиационные термометры».

Особенностью метрологического обеспечения радиационной термометрии в МТШ-90 стало значительное изменение рабочих средств измерения. Доля визуальных термометров на которые была рассчитана старая поверочная схема ГОСТ 8.080-80, сократилась по данным ВНИИМ с 70 % до 25...30 %. В связи с изменением номенклатуры пирометров, реализация передачи единицы температуры от образцового средства измерения к рабочим, с использованием температурных ламп, стала практически невозможной, да и температурные лампы перестали выпускаться. Поверочная схема ГОСТ 8.558-93 часть 3 стала базироваться на применение эталонных излучателей черного тела и прецизионных пирометров с погрешностью не более 0,2%.

В развитии ГОСТ 8.558-93 часть 3 в 1996 году были разработаны ГОСТ 8.566-96 «Измерители эталонные (образцовые) в виде модели абсолютно черного тела для диапазона температур от -50...+2500 °С. Методика аттестации и поверки» и ГОСТ 2843-96 «Пирометры. Общие технические требования».

Исходя из вышеизложенного, калибровка и поверка пирометров должна осуществляться с использованием эталонных излучателей. Применение эталонных излучателей позволяет построить всю шкалу и охватить практически всю номенклатуру пирометров. Соответственно возникает задача по разработке и организации выпуска абсолютно черных тел диапазона температур -50...2500 °С. При этом следует отметить, что излучатели в виде модели АЧТ являются эталонными мерами температуры переменного значения. О ситуации в стране сложившейся в процессе разработки, выпуска и оснащения метрологических лабораторий при внедрении МТШ-90 изложено в статье [1] зам директором ВНИИМ Походун А.И.

Исходя из тех. характеристик пирометров и проведенных расчетов были, приняты следующие требования к излучателям:

- для поверки пирометров в диапазоне температур -40...100°C – апертура полости (диаметр) 100...170 мм;
- для поверки пирометров в диапазоне температур 100...1200°C – апертура полости (диаметр) 50...70 мм;
- для поверки пирометров в диапазоне температур 900...3000°C – апертура полости (диаметр) 10...30 мм;

Придерживаясь этих требований диапазон температур – апертура полости на ОАО НПП «Эталон» разработан ряд излучателей типа абсолютно черного тела для интервалов температур -40...40°C (НЧТ-100/-40/40); 40...95°C (АЧТ-165/40/100), (ПЧТ-540/40/100); 100...1100°C (АЧТ-45/100/1100) и 900...2800°C (ВЧТ-30/900/2500), (МЧТ-2/900/2800), которые могут являться исходными средствами градуировки и поверки всех пирометров эксплуатируемых на сегодняшний день в России.

НЧТ-100/-40/40 – разрабатываемая на сегодняшний день модель низкотемпературного абсолютно черного тела предназначена для поверки и калибровки пирометров в диапазоне температур от -40°C до 40°C, выполнена в металлическом корпусе в виде резервуара, где реализована идея жидкостного термостата. Внутри резервуара расположена полость выполненная в виде цилиндра с гофрированным дном, размер полости глубина – 200 мм, диаметр – 130 мм. Диаметр излучателя - 100 мм. Коэффициент излучения полости, равный 0,996, является расчетным и обеспечивается конструкцией и покрытием полости. Обеспечение необходимой температуры теплоносителя в резервуаре достигается нагревателями и спиралью теплообменника с холодильным агрегатом. Для достижения однородности температуры дна и стенок излучателя, осуществляется принудительное перемешивание теплоносителя с помощью мешалки. Поддержание температуры осуществляется автоматически при помощи датчика, расположенного в резервуаре, и регулятора нагрева модуля управления. Разрабатываемая модель может иметь два варианта конструкции, первый – как самостоятельное изделие и второе – как блок излучателя, подключаемый к криостату КР-40-2 (выпускаемый на ОАО НПП «Эталон»).

АЧТ-165/40/100 – Излучатель в виде модели абсолютно черного тела второго разряда предназначен для настройки и градуировки средств бесконтактного измерения температуры (пирометров полного и частичного излучения, сканирующих пирометров и тепловизионных систем, телескопов и других средств) в диапазоне температур от 40°C до 95°C в лабораторных и цеховых условиях. Конструкция и принцип работы аналогичный НЧТ 100/-40/40. Излучатель может использоваться как для диапазона температур

40...95°C (с теплоносителем – дистиллированная вода), так и для диапазона температур – минус 30...10°C (с теплоносителем – спирт и с размещением самого излучателя в камере холода), а при использовании полиметалл-силиконовой жидкости ПМС-100 ГОСТ 13032-77 и до 200°C.

АЧТ-165/40/100 зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 23396-02. Технические характеристики подтверждены в ходе Государственных испытаний (Сертификат об утверждении типа средств измерений RU.E.32.010.A № 12886).

Для нагрева полости используются электронагревательные элементы, расположенные внутри резервуара, и теплоноситель (дистиллированная вода), для заправки которого на верхней панели корпуса имеется заливная горловина. Для достижения однородной температуры дна и стенок полости осуществляется принудительное перемешивание теплоносителя с помощью специального насоса. Создаваемый насосом поток теплоносителя передает температуру от нагревателей дну и стенкам полости. Поддержание температуры излучающей полости осуществляется автоматически при помощи датчика, расположенного в резервуаре, и блока управления БУ-1М. На рис.20.1 показан внешний вид излучателя.

ПЧТ-540/40/100 – излучатель в виде модели протяженного черного тела предназначен для проверки диапазона и определения погрешности тепловизионных приборов (тепловизионных и термографических систем, сканирующих пирометров и других средств бесконтактного контроля температуры) в диапазоне температур от 40°C до 95°C, а также определения угла поля зрения и геометрических параметров разрешения по горизонтали и вертикали. Основной частью модели ПЧТ является излучатель протяженный тепловой. Излучатель протяженный тепловой выполнен в металлическом корпусе, с лицевой стороны которого расположена излучающая поверхность, встроенная в жидкостный термостат, которая имеет специальное покрытие, обеспечивающее заданный коэффициент черноты. На корпусе ПЧТ предусмотрены места крепления для поверки тепловизионных приборов.

На сегодняшний день ПЧТ-540/40/100 является единственным в России средством поверки, калибровки и градуировки тепловизоров и сканирующих пирометров на соответствие «Р50.2.012-2001 ГСИ Приборы тепловизионные. Методика поверки». На рис.20.2 приведена модель ПЧТ с мирой с переменной щелью.

ПЧТ-540/40/100 зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 26476-04. Технические характеристики подтверждены в ходе Государственных испытаний (Сертификат об утверждении типа средств измерений RU.E.32.001.A № 17005.)

Разработанный излучатель по своим характеристикам не уступает зарубежным аналогам, что отображено в табл.20.1.

Сравнительные технические характеристики излучателя ПЧТ-540/40/100 и М315х4 фирмы Микрон (США)

Технические характеристики	ПЧТ-540/40/100	М315х4
Диапазон воспроизводимых температур, °C	40-95	5-200
Коэфф-нт черноты поверхности	0,96±0,005	0,97±0,01
Нестабильность поддержания температуры не более, °C/мин	±0,02	±0,1
Неравномерность температурного поля по рабочей области излучателя не более, °C	±0,1	±0,3 при 100°C
Рабочая область излучателя, мм	110х110 при 95°C	101х101

Метрологические характеристики разработанного протяженного излучателя определяли во ВНИИМ г. Санкт-Петербург на соответствие с ГОСТ 8.566-96 [2]. Излучательную способность его рабочей поверхности оценивали путем сличения ПЧТ-540/40/100 с вторичным эталоном энергетической яркости температуры по инфракрасному излучению.

Распределение температуры по поверхности излучателя оценивали двумя методами:

- контактным – с исполнением поверхностного датчика на базе термистора, разработанного во ВНИИМ с погрешностью измерения ±0,03 °C;
- неконтактным – при помощи образцового пирометра 1 разряда.

В ходе исследований получены следующие результаты:

- максимальное отклонение показаний термометра от центральной точки по рабочей области не превышает 0,07°C в диапазоне темпера-



Рис.20.1 АЧТ-165/40/100



Рис.20.2 ПЧТ 540/40/100

тур 40...60 °С и 0,09 °С в диапазоне 60...95°С ;

- максимальное отклонение показаний образцового пирометра от центральной точки по рабочей области в диапазоне температур 40...95°С не более 0,1 °С в области 110х110 мм.

Кроме того, проведены тепловизионные исследования данного излучателя. Исследования показали:

- при температуре 40 °С – неравномерность температурного поля по рабочей поверхности 500х500мм не превышает 0,1°С;

- при температуре 95 °С – неравномерность температурного поля 0,1°С сохраняется в пределах зоны 110х110 мм.

С помощью системы ПЧТ+мира определяют порог температурной чувствительности, неравномерность чувствительности тепловизора по полю, а также сходимость показаний тепловизора. С помощью мира с переменной щелью (рис.20.3 А) определяется пространственное (угловое) разрешениеверяемого тепловизора, а мира с крестовыми метками (рис.20.3 Б) – угол поля зрения.

АЧТ-45/100/1100 – излучатель в виде модели абсолютно черного тела второго разряда предназначен для настройки и градуировки средств бесконтактного измерения температуры (пирометров и пирометрических преобразователей полного и частичного излучения, сканирующих пирометров и тепловизионных систем) в диапазоне температур от 100°С до 1100°С в лабораторных и цеховых условиях. Основной частью излучателя является трубчатая печь, в рабочем пространстве которой установлена вставка из никеля с конической излучающей полостью (рис.20.4).

АЧТ разработано на базе выпускаемой на предприятии печи МТП-2МР, укомплектовано эталонной термопарой ППО 1 разряда, термостатом холодных концов, блоком управления БУ-1М со встроенным регулятором температуры.

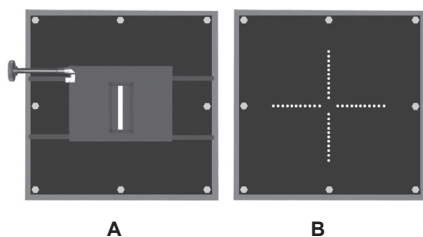


Рис.20.3 Мира

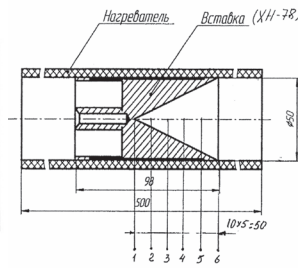


Рис.20.4 излучатель

Рис.20.6
АЧТ-30/900/2500

Сечение	1	2	3	4	5	6
Темпа °С	894,2	892,5	892,5	893,3	894,7	895,6

Таблица 20.2

Излучатель	Показания ПД4-06, °С
Температурной лампой СИ 10-300	1201
МЧТ-2/900/2800	1199



Рисунок 20.5 АЧТ-45/100/1100



Рисунок 20.6.1 МЧТ-2/900/2800

АЧТ-45/100/10 зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 23395-02. Технические характеристики подтверждены в ходе Государственных испытаний (Сертификат об утверждении типа средств измерений RU.E.32.010.A № 12885).

Угол конической полости и положение вставки относительно торцов печи рассчитаны таким образом, чтобы обеспечить необходимую излучательную способность и минимальный градиент температуры по поверхности конуса. Эффективная излучательная способность и геометрия излучателя были рассчитаны во ВНИИОФИ методом математического моделирования на основе метода Монте-Карло по программе STEEP3.

Черные тела, работающие при температурах выше 600°С, могут иметь значительно меньшие выходные отверстия, так как пирометры, работающие при таких температурах, имеют показатель визирования не менее 1/40 (обычно 1/50), а при температурах выше 900°С и того меньше 1/100. Поэтому для интервала температур выше 900°С получили распространение трубчатые графитовые излучатели, нагреваемые проходящим током, типа ВЧТ-30/900/2500 для интервала 900-2500°С и МЧТ-2/900/2800 (малая модель) – для интервала 900-2800°С.

Оба излучателя имеют аналогичные принципы работы и отличаются главным образом размерами, в том числе размерами выходного отверстия полости.

ВЧТ-30/900/2500 – предназначен: для градуировки, калибровки и поверки рабочих средств измерения температуры (пирометров и пирометрических преобразователей полного излучения, частичного излучения и спектрального отношения) в диапазоне температур от 900 до 2500°С в лабораторных условиях; для калибровки и поверки эталонных пирометров с применением точек затвердевания чистых металлов (реперных точек). При разработке конструкции АЧТ использовали опыт разработчиков ВНИИМ, ИВТАН и ВНИОФИ. Итоговая конструкция АЧТ представляет собой заключенную в водоохлаждаемый корпус и окруженную теплоизолирующим слоем излучающую полость, сформированную внутренними стенками полого цилиндрического излучателя, выполненного из графита нагреваемого пропусканием электрического тока, проходящим непосредственно по стенкам излучателя. ВЧТ (Рис.23.6) выполнено в виде моноблока и состоит из излучателя, шкафа управления, пирометра обратной связи ПСД-1 и эталонного пирометра ПД4-06. Эффективный коэффициент излучения полости не менее 0,99 гарантируется её конфигурацией и конструкцией печи. В сравнении с метрологическим оборудованием, которое предлагают дилеры от иностранного производителя, модель АЧТ-30/900/2500 не хуже аналогов данного типа.

Излучателя АЧТ-30/900/2500, разработанный по техническому заданию Всероссийского научно-исследовательского института им. Д.И. Менделеева (ВНИИМа). Используется для реализации точек фазового перехода (плавления - затвердевания) чистых металлов в обеспечении единства измерений в соответствии с международной температурной шкалой МТШ-90.

Для передачи единицы температуры разработан и сертифицирован эталонный пирометр ПД4-06, диапазона температур 800...2500°С с погрешностью 0,2%.

МЧТ-2/900/2800 – излучатель в виде малого черного тела, особенность модели малые габариты и малое энергопотребление. МЧТ предназначен для калибровки пирометров излучения и других оптических спектральных приборов в области температуры 900...2800°С. Излучатель выполнен в виде замкнутой цилиндрической полости (трубки) из графита марки МПГ-6, в центре которой с одной стороны прорезана вертикальная щель. Корпус, в котором установлен излучатель, образуют герметичную модель, заполненную аргоном, что обеспечивает достаточный ресурс работы графитового излучателя. Модель МЧТ состоит из корпуса с излучателем, пирометра обратной связи, который является регулятором температуры и источника питания. Данная модель была разработана совместно с д.т.н. Костановским А.В.[3], Институт высоких температур Российской академии наук. На предприятии были проведены сличения эталонного пирометра ПД4-06 с температурной лампой СИ 10-300 и МЧТ-2/900/2800, результаты сличения представлены в табл. 20.2

По результатам сличения можно сделать вывод, что МЧТ-2/900/2800 возможно использовать взамен темп-ных ламп.

На основе теоретических и экспериментальных исследований разработано и организовано производство эталонного оборудования, обеспечивающего воспроизведение единицы температуры на основе МТШ-90, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерения температуры ГОСТ 8.558-93 часть3. Радиационные термометры в диапазоне температур от минус 40°С до 2500°С.



21. НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ ОАО НПП "ЭТАЛОН" В ОБЛАСТИ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

В связи с постоянным требованием повышения качества и ассортимента выпускаемых товаров, отечественному производителю необходимо постоянно наращивать и модернизировать производство. Это косвенным образом можно оценить по росту продаваемых приборов предприятия "Эталон". По данным отдела маркетинга в 2002г. продано 1479 шт., а в 2004г. уже 3005 шт прибора для измерения и регулирования температуры. Потребителями нашей продукции являются такие предприятия как: "Завод гражданской авиации" г.Омск; "Омская энергогенерирующая компания" г.Омск; ОАО "ОНТК" г.Омск; "Тюменский завод Электрон" г.Тюмень; ЗАО "Промышленная группа "Метран"; ОАО "Торгово-промышленный центр" СибВГПнефтегаз; ООО НТК "Криогенная техника" г.Омск; ОАО "Красноярская генерация" г. Красноярск; ООО "Новолипецкий металлургический комбинат" и многие другие.

Наиболее перспективным на сегодняшний день, по мнению производителей приборов для измерения и регулирования температур является сочетание в одном приборе функции нескольких приборов. То есть приборы с блоком питания, таймером времени, измерителем влажности и т.д. Это позволяет потребителю не только экономить деньги на покупке приборов, но и облегчить их эксплуатацию, ремонт, пуско-наладку. Также дополнительным удобством современных приборов является расчет дополнительных величин, таких как средних значений, разности, скорости изменения и т.д.

Одним из важных преимуществ современных приборов является большое разнообразие выходных узлов, что позволяет, без каких либо дополнительных устройств управлять различным типом исполнительных устройств.

В силу большой области применения приборов рынок диктует постоянное уменьшение габаритов, цены, а также большой набор корпусов одного типа прибора. Так есть щитовые, настенные, настольные и т.д. корпуса.

Все большее и большее распространение получают приборы, где предусмотрена связь с персональным компьютером. Это позволяет объединять приборы в единую сеть предприятия, сохранять протоколы для контроля качества выпускаемой продукции в электронном виде. Это позволяет заменять устаревшие графические самописцы.

Измеритель температуры ИТ – 2

Предназначен для измерения напряжения (мВ), плотности теплового потока (Вт/м²) или температуры (°C) по 16,32,48,64,80,96 каналам в зависимости от исполнения прибора при помощи подключаемых к прибору датчиков. Результаты измерения в мВ, Вт/м² или °C выводятся на монитор ПК в виде таблицы. Прибор позволяет автоматически проводить измерения с датчиков плотности теплового потока и температуры (термопары) по 16,32,48,64,80,96 каналам в зависимости от исполнения прибора с последующей передачей данных на ЭВМ.

ИТ-2 (рис.21.1) может использоваться в качестве устройства автоматизированного сбора и обработки информации различных телеметрических систем.

Прибор ИТ-2 в комплекте с преобразователями плотности теплового потока и термоэлектрическими преобразователями может использоваться в составе системы измерения термического сопротивления ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Кроме того, ИТ-2 можно использовать для измерения тепловых потоков в сложной калориметрической системе, для измерения теплопроводности, теплоемкости и т.п.

Основные функции, выполняемые измерителем:

- измерение напряжения, плотности теплового потока или температуры по 16,32,48,64,80,96 каналам в зависимости от исполнения прибора;
- измерение температуры холодных концов термопар;
- отображение результатов измерения на экране монитора персонального компьютера;
- считывание измеренных значений в реальном масштабе времени с возможностью последующей обработки;
- выбор режима измерений: непрерывное измерение или заданное количество циклов измерений (от 1 до 1000);
- выбор интервала времени между циклами измерений (0..60 мин);
- выбор опрашиваемых каналов (от 1 до 16, от 1 до 32, от 1 до 48, от 1 до 64, от 1 до 80, от 1 до 96);
- вывод в таблицу температуры холодных концов термопар;
- возможность вывода в таблицу времени либо номера текущего измерения;
- возможность вывода измеренных значений в таблицу в виде:
 1. Уизм, [мВ];

2. A0 + A1 Уизм + A2 (Уизм)² + A3 (Уизм)³ + A4 (Уизм)⁴, [Вт/м²];
3. A + A1 U + A2 U² + A3 U³ + A4 U⁴, U = Уизм + B0 + B1 T_x + B2 (T_x)² + B3 (T_x)³ + B4 (T_x)⁴,

где A0...A4 и B0...B4 - коэффициенты полинома (задаются потребителем), Уизм - измеренное напряжение, T_x - температура холодных спаев термопар. Вывод в таблицу измеренных значений производится с разрешением 0,001 мВ, 0,01 Вт/м², 0,01 °C соответственно. Способ вывода в таблицу определяется индивидуально для каждого канала.

- сохранение данных в файле, который может быть обработан как посредством программы обслуживания, так и любыми стандартными средствами, позволяющими работать с текстовыми файлами. Также предусмотрена обработка средствами Microsoft Excel;
- печать данных;
- проведение подстройки прибора.

Основные технические характеристики ИТ-2	
Количество измерительных каналов (в зависимости от исполнения прибора)	16, 32, 48, 64, 80, 96
Диапазон измерения напряжения с выходов датчиков, мВ	-99,999...+99,999
Вид индикации	на экране компьютера
Разрешающая способность индикации:	
- напряжения U, мВ	0,001
- плотности теплового потока q, Вт/м ²	0,01
- температуры t, °C	0,01
Основная абсолютная погрешность, мкВ, не более, где Уизм - значение модуля измеренного напряжения, мкВ	±(5 + 1,5 · 10 ⁻⁴ · изм)
Погрешность измерения температуры холодных концов термопар, °C	±0,5
Связь с ЭВМ	RS-232
Степень защиты от проникновения твердых предметов и воды по ГОСТ 14254-96	IP20
Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69	УХЛ4.1
Температура окружающего воздуха, °C	20±5
Питание	~ 220 В; 50 Гц
Ток потребления, не более, мА, не более	50
Габаритные размеры прибора, мм, не более:	250x110x355
- блоки ИТ-2	250x110x355
- устройство комплектации УК-4	190x40x80
Масса, кг, не более:	3,5
- блока ИТ-2	3,5
- всего комплекта	8

Схема подключения прибора ИТ-2

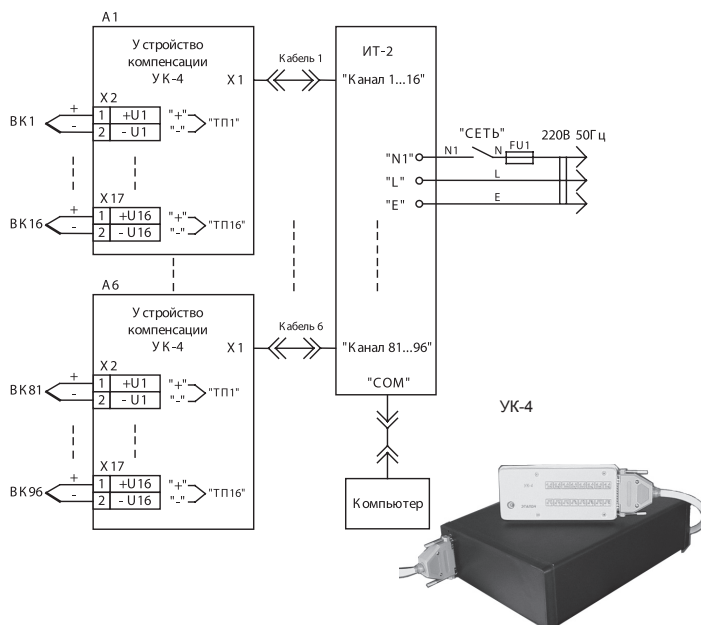


Рисунок 21.1 Измеритель температуры ИТ-2

**Микропроцессорный модульный регулятор темп-ры РТ – 4.**

Предназначен для регулирования температуры различных объектов и тепловых процессов при минимальных затратах на управление температурой. Т.е. при достаточно точных и стабильных параметрах, характерных для электронных приборов, регулятор имеет очень низкую стоимость, близкую к стоимости простейших механических регуляторов (биметаллических, dilatометрических и т.п.) и вместе с тем работает в широком диапазоне температур, недостижимом для механических регуляторов, в котором работают стандартные датчики температуры типа термосопротивлений и термопар.

Регулятор удобен для применения в сравнительно простых нагревательных устройствах: сушильных шкафах, электрических отопительных котлах, саунах, простых камерах тепла, нагревателях жидкостей (воды), термостатах. Там, где не требуется часто изменять значения уставок. Значения уставок можно изменять при помощи прилагаемого пульта (ПУ – 1), применение которого особенно удобно для группы регуляторов.

Основные функции и особенности регулятора:

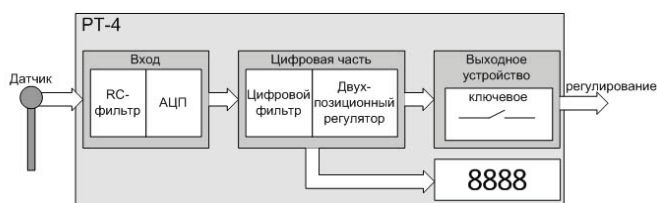
- малая погрешность при измерении и регулировании;
- сигнализация состояния выходного реле;
- наличие внутренней энергонезависимой памяти, позволяющей сохранять данные регулирования после выключения прибора;
- линеаризация сигналов от термопар в соответствии с НСХ преобразования;
- компенсация температуры холодных концов термопар;
- сторожевой таймер;
- малая стоимость.

**РТ-4****Применяемые датчики**

тип	диапазон температур, °C
ТХА(L)	-80...+1300
ТХК(K)	-80...+800
ТСМ	-80...+200
ТСП	-80...+850

Основные технические характеристики регулятора РТ-4

Тип датчика, в зависимости от исполнения	ТХА(K), ТХК(L), ТЖК(J), ТСМ(50M, 100M; W100=1,4280), ТСП(50П, 100П; W100=1,3850, W100=1,3910)
Разрешающая способность индикации на пульт ПУ-1, °C	0,1
Основная абсолютная погрешность, °C, не более:	
- для ТХА(K), ТХК(L), ТЖК(J)	5
- для ТСП, ТСМ	2
Число каналов измерения	1
Число каналов регулирования	1
Погрешность срабатывания выходных устройств, °C, не более	0,1
Индикация замыкания контактов выходных устройств	1 красный светодиод
Степень защиты от проникновения твердых предметов и воды по ГОСТ 14254-96	IP54
Температура окружающего воздуха, °C	0...40
Питание	~ 220 В; 50 Гц
Потребляемая мощность, Вт, не более	3

Функциональная схема регулятора**Микропроцессорный регулятор температуры РТ – 5.**

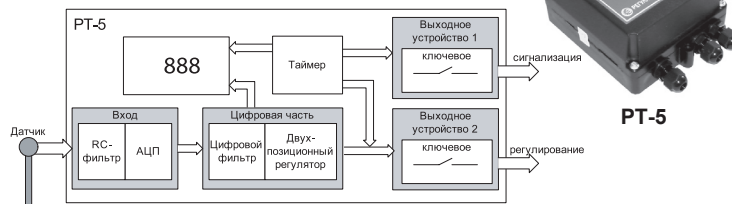
РТ – 5 щитового или настенного исполнения предназначен для измерения и регулирования температуры с функцией таймера, а также физических величин, первичные преобразователи которых имеют унифицированный выходной сигнал.

Применение: Наиболее целесообразным является применение регулятора РТ-5 для управления температурой технологического процесса где возникает необходимость выдержки во времени как в ручном так и автоматическом режиме. Возможность использования при производстве мясных и колбасных изделий, в хлебопекарной промышленности, в инкубаторах, термокамерах, варочных и сушильных шкафах, при сушке древесины, изготовлении железобетонных конструкций и пр.

Условный № и код датчика	Тип датчика	Диапазон работы датчика, °C	Разрешающая способность, °C
1 (E_H)	ТХА(K)	-50...999	1
2 (E_L)	ТХК(L)	-50...750	1
5 (r8)	ТСМ 50M W100 =1,428	-50...200	1
6 (r_8)	ТСМ 100M W100 =1,428	-50...200	1
7 (r1)	ТСП 50П W100 =1,391	-99...650	1
8 (r5)	ТСП 50П W100 =1,385	-99...650	1
9 (r_1)	ТСП 100П W100 =1,391	-99...650	1
10 (r_5)	ТСП100П W100=1,385(Pt 100)	-99...650	1
11 (E_J)	ТЖК(J)	-50...900	1
12 (i05)	Ток 0...5 мА	0...100%	0,1%
13 (i42)	Ток 4...20 мА	0...100%	0,1%
16 (U01)	Напряжение 0...100 мВ	0...100%	0,1%
18 (U05)	Напряжение 0...50 мВ	0...100%	0,1%
19 (r23)	ТСМ гр.23 (R=530м, W100 =1,426)	-99...200	1
20 (r_6)	ТСМ 100M W100 =1,426	-50...200	1
21 (r6)	ТСМ 50M W100 =1,426	-50...200	1
22 (i20)	Ток 0...20 мА	0...100%	0,1%
23 (E_n)	ТНН(N)	-50...999	1

Основные функции и особенности регулятора:

- позиционное регулирование от электромагнитного реле с индикацией;
- компенсация температуры холодных концов ТП;
- автоматический или ручной отсчет времени регулирования;
- отображение результата измерения температуры или времени на трехразрядном знаковом индикаторе;
- установка параметров с контролем по знаковому индикатору;
- сохранение параметров регулятора в энергонезависимой памяти при отключении питания.

Функциональная схема регулятора**РТ-5****Основные технические характеристики регулятора РТ-5**

Диапазон измеряемых температур	по типу датчика
Вид индикации	цифровая светодиодная, 3 разряда
Предел допускаемой основной приведенной погрешности от диапазона измерения, %, не более:	0,5
Число каналов измерения	1
Дискретность задания уставок и погрешность срабатывания выходных устройств, °C, не более	0,1
Степень защиты от проникновения твердых предметов и воды по ГОСТ 14254-96	IP54, IP20
Температура окружающего воздуха, °C	1...50
Питание	~ 220 В; 50 Гц



Измеритель температуры портативный цифровой ИТПЦ

Предназначены для измерения температуры с возможностью сохранения измеренных значений во внутренней энергонезависимой памяти и передачи их в ЭВМ. Приборы, в зависимости от варианта исполнения, работают с термопреобразователями сопротивления по ГОСТ 6651-94 или преобразователями термоэлектрическими (термопарами) по ГОСТ Р 8.585-2001 любой конструкции.

Особенности:

- наличие внутренней энергонезависимой памяти, позволяющей хранить данные после выключения питания приборов;
- приборы позволяют производить запись в энергонезависимую память одиночных измеренных значений температуры и хранение их с возможностью последующего просмотра этих данных на индикаторе. Количество сохраняемых значений - до 10;
- приборы позволяют вести автоматическую непрерывную регистрацию в энергонезависимую память измеренных значений температуры с интервалами 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 15, 30, 60 секунды с возможностью последующей передачи этих данных на ЭВМ. Количество сохраняемых значений.
- 4000 или 12000, в зависимости от варианта исполнения приборов;
- приборы, в зависимости от исполнения, позволяют работать с шестью различными типами термопреобразователей сопротивления или с двумя типами термопарных датчиков, переключение типа датчика осуществляется с клавиатуры приборов.

Программное обеспечение:

Приборы имеют порт RS-232 для связи с компьютером. С приборами поставляется специальное сервисное программное обеспечение, выполняющее следующие функции:

- считывание данных из памяти приборов;
- обработка полученных данных: представление их в табличном и графическом видах;
- сохранение полученных данных в виде файла на ЭВМ с возможностью последующей загрузки этого файла в оболочку сервисного программного обеспечения.

Тип датчика	Диапазон измеряемых температур, °C
ТХА(К)	-50...+1300
ТХК(Л)	-50...+800
ТСМ	-100...+200
ТСП($W_{100}=1,3850$)	-100...+850
ТСП($W_{100}=1,3910$)	-100...+1000



ИТПЦ

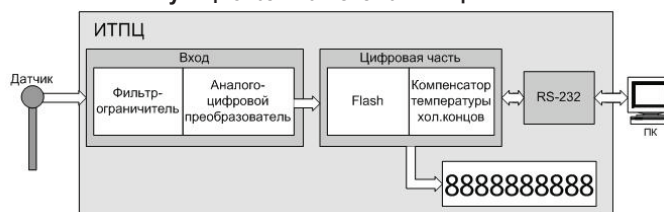
Спидометр ЦД9904.

Цифровой спидометр ЦД9904 предназначен для использования на обкаточном стенде для двух автомобильных шин. Обкаточный стенд состоит из свободно вращающихся валов, на который устанавливаются две шины, и обкаточного барабана известного диаметра. Шины прижимаются к поверхности обкаточного барабана и вращаются с барабаном, при этом пройденный шинами путь равен пути, пройденному барабаном. Наличие шин на стенде контролируется двумя датчиками каретки типа «сухой контакт», подключенными к прибору. ЦД9904 работает в комплекте с электромагнитным датчиком типа ПД2546-1 или с другим датчиком с аналогичными параметрами выходного сигнала, с которыми может работать прибор.

Прибор измеряет и отображает линейную скорость обкаточного барабана, пройденный обкатываемыми шинами путь и время обкатки, а также передает информацию о результатах измерений по интерфейсу RS485 на расстояние до 1250 метров.

Подключение ЦД9904 к ЭВМ производится при помощи преобразователя интерфейса RS-232/RS-485. Преобразователь интерфейса устанавливается недалеко от компьютера и подключается к нему по интерфейсу RS-232. ЦД9904 подключается к преобразователю интерфейса по линии связи длиной до 1250 м. К одному преобразователю интерфейса могут подключаться до 32-х ЦД9904, при этом каждому ЦД9904 в линии RS-485 присваивается свой номер от 1 до 32. Преобразователь интерфейса преобразует сигналы интерфейса RS-485 в сигналы интерфейса RS-232.

Функциональная схема ИТПЦ



Характеристики	ИТПЦ-ТП	ИТПЦ-ТС
Тип датчика (переключаются оператором)	ТХА(К), ТХК(Л)	ТСМ (50М, 100М; W ₁₀₀ =1,4280), ТСП (50П, 100П; W ₁₀₀ =1,3850, W ₁₀₀ =1,3910)
Подключение датчика:	розетка, совместимая со стандартным соединителем фирмы "Omega" (США)	соединитель Р Г 1 Н - 1 - 1 (4-проводное включение)
Вид индикации	ЖКИ, 10 символов	
Разрешающая способность индикации, °С	0,1	
Основная погрешность, °С, не более	±2,0*	±0,5
Интервал автоматической регистрации, сек	0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 15; 30; 60	
Связь с ЭВМ	RS-232	
Среда функционирования программного обеспечения	Windows'95, 98, 2000, XP	
Степень защиты от проникновения твердых предметов и воды по ГОСТ 14254-96	IP20	
Температура окружающего воздуха, °С	0...50	
Питание	+9В, элемент питания типа "Крона"	
Ток потребления, мА, не более	3 (10***)	
*- погрешность нормируется с учетом погрешности внутреннего компенсатора температуры холодных концов термопар; ** - в зависимости от исполнения; *** - при включенной подсветке		

Для управления работой прибора используется трёхкнопочная клавиатура, с помощью которой можно задавать диаметр обкаточного барабана, адрес каждого прибора для обмена по интерфейсу RS-485 и производить обнуление накопленных результатов измерений отдельно для каждой из двух шин. Прибор начинает производить измерения для каждой из двух шин при поступлении сигнала от соответствующего датчика каретки, расположенного на испытательном стенде.

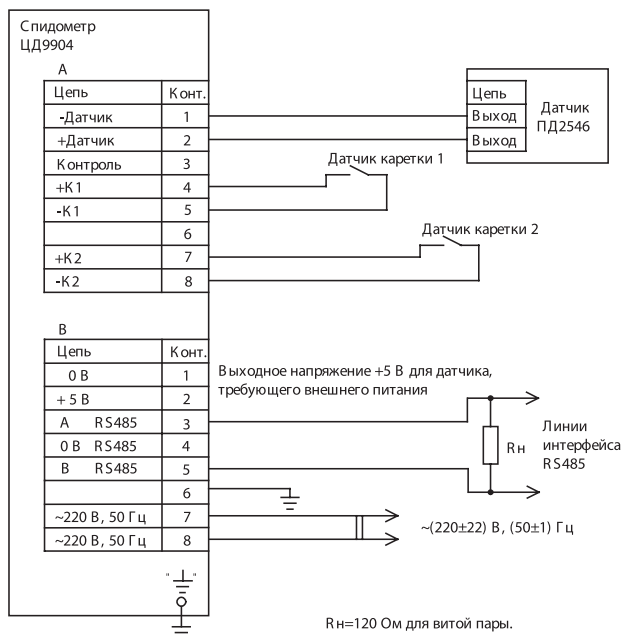
При отключении напряжения питания настроенные параметры прибора, включая номер для интерфейса RS-485 и накопленные значения измерений пути и времени сохраняются во внутренней памяти микроконтроллера отдельно для каждой из двух шин.



ЦД 9904



Схема подключения прибора

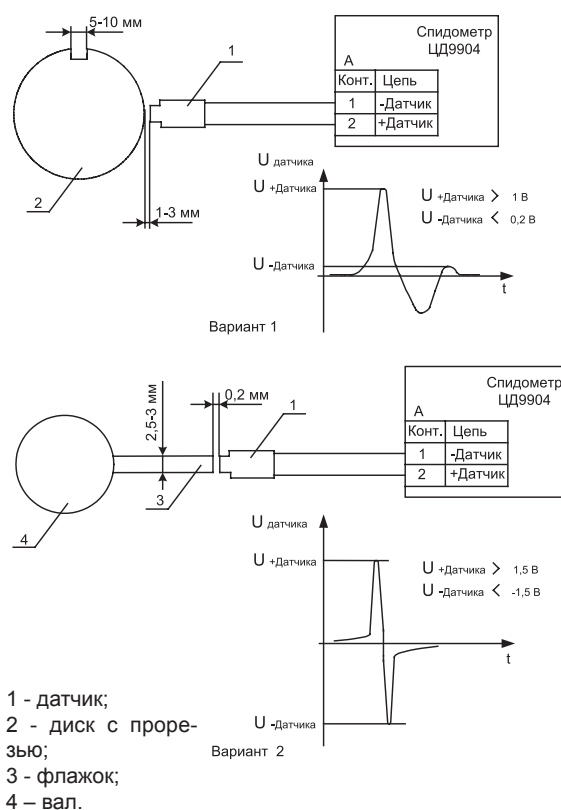


Основные технические характеристики спидометра ЦД 9904

Диапазон измеряемых величин:	
- скорость обкаточного барабана, км/ч	10...350
- пройденного пути, км	0...100000
- времени испытаний, ч	0...1000
Вид индикации	цифровая светодиодная, 6 разрядов
Разрешающая способность индикации:	
- скорости обкаточного барабана, км/ч	0,1
- пройденного пути, км	
- для значений пути 0...999,999 км	0,001
- для значений пути 1000...100000 км	1
- времени испытаний, мин	1
Основная приведенная погрешность измерения, %, не более:	
- скорости обкаточного барабана	0,1
- пройденного пути	0,1
- времени испытаний	0,05
Связь с ЭВМ*	RS-485
Сохранение в энергонезависимой памяти	текущие настройки, № прибора в интерфейсе RS-485
Степень защиты от проникновения твердых предметов и воды по ГОСТ14254-96	IP20 (IP54 для передней панели)
Группа по климатическим воздействиям по ГОСТ 12997-84	В3
Температура окружающего воздуха, °С	0...40
Питание	~ 220 В; 50 Гц
Потребляемая мощность, Вт, не более	10
Габаритные размеры, мм, не более	96x96x171
Масса, кг, не более	1,1

* - между преобразователем интерфейса RS232/RS485 и ЭВМ.

Рекомендуемая схема установки датчика ПД2546.1 на объекте



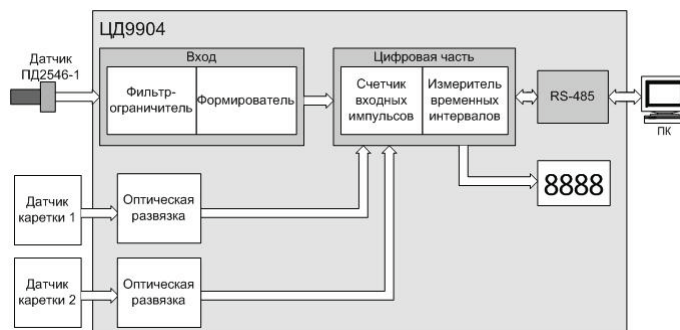
КОМПЛЕКТНОСТЬ:

- спидометр ЦД 9904;
- программное обеспечение;
- комплект монтажных частей;
- формуляр;
- руководство по эксплуатации;
- методика поверки (1 экз. на партию).

По отдельной заявке:

- датчик ПД2546-1
- преобразователь интерфейса RS-232/RS-485 ДДШ 2.206.006 с паспортом.

Функциональная схема спидометра





22. КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАСПЛАВА ХЛОРИДА БАРИЯ В СОЛЯНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧАХ

В настоящее время для измерения температуры расплава соли в печах используют в основном термоэлектрические датчики температуры, помещенные в керамический чехол из оксида алюминия и защищенные арматурой из высокохромистой стали.

Специалистами предприятия ОАО НПП «Эталон» была опробована пирометрическая система измерения температуры на Омском предприятии ОАО «Омскгидропривод».

Основным достоинством данной системы является использование в качестве измерительного датчика так называемой «ИК-термопары». ИК-термопара представляет собой трубу, заглушенную с одной стороны доньшком в виде конуса, с другой стороны установлен приемник ИК-излучения от пирометра ПД-7, сфокусированный на конус доньшка (Рисунок 22.1). Сам же приемник ИК-излучения соединен с пирометром высокотемпературным армированным оптоволоконным кабелем, позволяющим устанавливать электронную часть прибора на безопасном расстоянии от объекта контроля. Таким образом исключается перегрев и выход из строя чувствительного элемента и электроники.

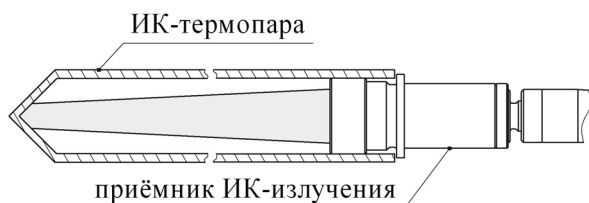


Рисунок 22.1 – ИК термопара

Для проведения сличения параллельно штатной термопаре, осуществляющей измерение температуры и передачу измерительного сигнала на регулятор, в расплав соли была помещена ИК-термопара (Рис. 22.2).



Рисунок 22.2 – Измерение температуры хлорида бария ИК-термопарой в солевой печи.

Результаты проведенных измерений были получены во время плановой заделки стальных деталей и приведены на рис. 22.3.

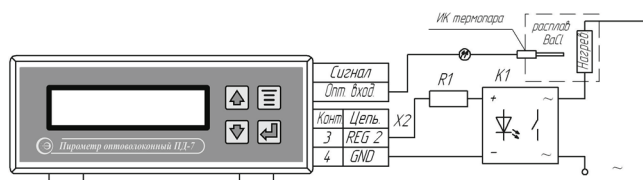


Рисунок 22.4 - Вариант возможной реализации релейного регулирования температуры на пирометре ПД-7

Из графика измерений видно, что в момент максимального нагрева печи температура, измеренная ИК-термопарой, составила 1233°С, в то время как показания штатной термопары в данный момент времени составили 1211°С. В момент остывания ИК-термопара показала 1177°С, а штатная термопара 1209°С. Т.е. в верхнем значении температуры ИК-термопара завышала на 22°С относительно штатной, а в нижнем занижала на 32°С, в то время как на регуляторе была установлена верхняя уставка регулирования 1211°С, а нижняя 1209°С.

По мнению специалистов ОАО НПП «Эталон», такое расхождение результатов измерений связано с разной инерционностью датчиков, осуществляющих измерение температуры, а также не пропорционально подобранной мощностью, вкачиваемой в солевой расплав. Средняя инерционность термопар в защитной арматуре, разрабатываемых на предприятиях для температур свыше 1000°С, составляет от 20 до 40 секунд, в данной печи за это время разница действительной и измеренной температуры составляет от 20 до 30°С. Так как регулирование температуры расплава соли на большинстве предприятий в основном релейное (включено/выключено) и скорость нагрева/остывания высокая, то это приводит к забросам температуры, и соответственно, ухудшению качества заделки стальных деталей. Благодаря конструктивному исполнению ИК-термопары и высокому быстродействию пирометра существенно снижается инерционность измерений по отношению к термоэлектрическим датчикам защищенным керамическим чехлом и арматурой из жаростойкой стали.

Данная конструкция также позволяет значительно уменьшить финансовые затраты, связанные с износом датчика, так как при выходе из строя замене подлежит лишь ИК-термопара, стоимость которой существенно ниже стоимости термоэлектрических датчиков как ХА типа, так и платиновой группы.

К другим достоинствам пирометрической системы можно отнести и то, что пирометр сам может регулировать температуру с помощью встроенных в прибор ключей регулирования (5в, 20мА), таким образом потребность в отдельном регуляторе температуры отпадает. На Рисунок 22.4 - Вариант возможной реализации релейного регулирования температуры на пирометре ПД-7 приведена схема возможной реализации релейного регулирования температуры хлорида бария в солевой печи.

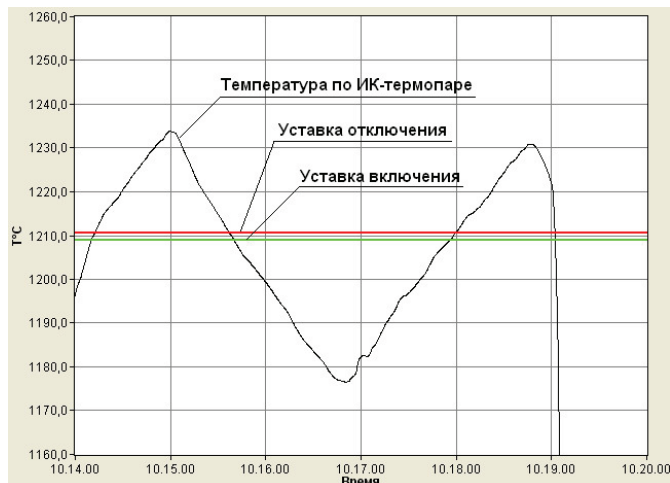


Рисунок 22.3 – Забросы температуры солевой печи, связанные с инерционностью штатной термопары.

23. КАЛИБРАТОРЫ СЕРИИ КС ПЕРЕНОСНАЯ ПОВЕРОЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ, УДОВЛЕТ- ВОРЯЮЩАЯ ТРЕБОВАНИЯМ

ГОСТ Р 8.624-2006

Микропроцессорные калибраторы температуры уже давно получили широкое применение за рубежом. По информации сотрудников ФГУП «ВНИИМС» г.Москва [2] в Европе до 80% всех калибровок промышленных термометров выполняется с помощью калибраторов температуры. В настоящее время в России многие поверочные, калибровочные и измерительные лаборатории оснащены калибраторами температуры отечественного и зарубежного производства.

Рассмотрим этот класс поверочного оборудования с точки зрения практического применения. Для оценки эффективности применения калибраторов температуры при поверке термометров сформулируем основные требования к ним:

1. Калибратор температуры в первую очередь должен соответствовать требованиям действующих отечественных стандартов. В ГОСТ Р 8.624-2006 [1] содержатся четкие и обоснованные требования к калибраторам температуры.

2. Калибратор должен обеспечивать по возможности большую точность поверочных работ и реализовывать большой диапазон температур для расширения номенклатуры поверяемых в нем термометров.

3. Калибратор должен иметь малое время выхода на температурный режим и возможность одновременной поверки нескольких термометров для обеспечения высокой производительности поверки.

4. Калибратор должен иметь малые габаритные размеры и вес для экономии рабочего пространства в поверочной лаборатории и для обеспечения удобства его транспортировки к месту эксплуатации поверяемых термометров при проведении поверки за пределами поверочной лаборатории.

5. Калибратор должен обладать удобными органами управления, легко читаемым экраном и обеспечивать связь с компьютером для частичной автоматизации поверочных работ.

6. Желательно, чтобы калибратор обладал набором дополнительных возможностей, которые расширят область его применения и сделают калибратор более привлекательным и удобным для применения при поверке, диагностике и контроле термометров.

Рассмотрим калибраторы КС 100-1 и КС 600-1 производства ОАО НПП "Эталон" с точки зрения вышеизложенных требований.



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

ГОСТ Р 8.624-2006 [1] предъявляет к калибраторам температуры следующие требования:

- каналы в выравнивающем блоке должны иметь изотермическую зону длиной не менее длины чувствительного элемента поверяемого термометра, в любом случае не менее 40 мм;

- нестабильность поддержания температуры в канале блока за время не менее 30 минут после установления стационарного режима калибратора должна быть не более 1/5 допуска поверяемых ТС;

- расхождение значений температуры между каналами блока (горизонтальный перепад температуры) должно быть не более 1/5 допуска поверяемых ТС;

- вертикальный перепад температуры в изотермической зоне блока не должен превышать 1/3 допуска поверяемых ТС, неравномерность температуры на длине ЧЭ - не более 1/5 допуска поверяемых ТС.

Параметры калибраторов КС 100-1 и КС 600-1 в сравнении с требованиями ГОСТ Р 8.624-2006 [1] приведены в таблице 1 и табл. 2.

Как видно из таблиц, калибраторы КС 100-1 и КС 600-1 удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 8.624-2006 [1] и пригодны для поверки термометров сопротивления класса А, В или С при использовании внешнего термометра с индивидуальной градуировкой (далее ТСИ) во всем диапазоне воспроизводимых температур, без его использования калибраторы пригодны для поверки датчиков класса В и С.

На рисунке 1 показаны расположение и диаметры колодцев для установки термометров в калибраторах КС 100-1 и КС 600-1.

В калибраторе КС 100-1 или КС 600-1 с применением ТСИ, который рекомендуется устанавливать в центральный колодец, допускается одновременно поверять до четырех средств измерения температуры, диаметр каждого из которых не должен превышать 6 мм. При этом диаметры колодцев калибраторов позволяют выполнять требование ГОСТ Р 8.624-2006 [1], которое нормирует зазор между поверяемым термометром и колодцем калибратора. По ГОСТ Р 8.624-2006 [1] в диапазоне температур от минус 80 °С до плюс 660 °С внутренний диаметр канала должен отличаться от внешнего диаметра поверяемого термометра не более чем на 0,5 мм. Так же стоит отметить, что ТСИ имеет изогнутую конструкцию корпуса (стержня), что позволяет выполнять поверку термо-

Таблица 23.1

Технические характеристики	Требуемые по ГОСТ Р 8.624 характеристики, не более	КС 100-1 ОАО НПП "Эталон" Омск
Диапазон температур (при окр. 20 °С), °С	-	-10 +100
Абс. погрешность воспроизведения, °С: - с использованием внешнего	1/3 допуска t=0 °С, А: ±0,05 °С	±(0,05+0,0006*t) ±0,05 (А,В,С)
ТСИ (термометр с индивидуальной градуировкой подключается к кал-ру) - без использования внешнего ТСИ	t=100 °С, А: ±0,117 °С t=0 °С, В: ±0,1 °С t=100 °С, В: ±0,267 °С	±0,11 (А,В,С) ±(0,1+0,001*t) ±0,1 (В,С) ±0,2 (В,С)
Нестабильность поддержания темп-ры, °С	1/5 допуска t=0 °С, АА: ±0,02 °С t=100 °С, АА: ±0,054 °С	±(0,02+0,0001*t) ±0,02 (АА,А,В,С) ±0,03 (АА,А,В,С)
Горизонтальный перепад, °С	1/5 допуска t=0 °С, А: ±0,03 °С t=100 °С, А: ±0,07 °С	±(0,03+0,0004*t) ±0,03 (А,В,С) ±0,07 (А,В,С)
Вертикальный перепад в рабочей зоне, °С	1/5 допуска t=0 °С, А: ±0,03 °С t=100 °С, А: ±0,07 °С	±(0,03+0,0004*t) ±0,03 (А,В,С) ±0,07 (А,В,С)
Измерение (преобразование) сигналов ТС, ТП, U, R	-	есть
Длина рабочей зоны, мм	не менее 40	40
Глубина / диаметр колодца, мм/мм	-	180 / 35
Время выхода на режим стабилизации, мин	-	45
Потребляемая мощность, Вт	-	200
Температура окружающего воздуха, °С	-	15 - 25
Габариты (ДхШхВ), мм	-	450x250x450
Масса, кг	-	20
Комплект поставки	-	калибратор, метал. вставки - 3шт, ТСИ, СПО, документация

Таблица 23.2

Технические характеристики	Требуемые по ГОСТ Р 8.624 характеристики, не более	КС 600-1 ОАО НПП "Эталон" Омск
Диапазон температур (при окр. 20 °С), °С	-	+50 +600
Абс. погрешность воспроизведения, °С: - с использованием внешнего ТСИ (термометр с индивидуальной градуировкой подключается к кал-ру) - без использования внешнего ТСИ	1/3 допуска t=50 °С, А: ±0,083 °С t=600 °С, А: ±0,45 °С t=50 °С, В: ±0,183 °С t=600 °С, В: ±1,1 °С	±(0,05+0,0006*t) ±0,08 (А,В,С) ±0,41 (А,В,С) ±(0,1+0,001*t) ±0,15 (В,С) ±0,7 (В,С)
Нестабильность поддержания темп-ры, °С	1/5 допуска t=50 °С, АА: ±0,037 °С t=600 °С, АА: ±0,224 °С	±(0,02+0,0001*t) ± 0 , 0 2 5 (АА,А,В,С) ±0,08 (АА,А,В,С)
Горизонтальный перепад, °С	1/5 допуска t=50 °С, А: ±0,05 °С t=600 °С, А: ±0,27 °С	±(0,03+0,0004*t) ±0,05 (А,В,С) ±0,27 (А,В,С)
Вертикальный перепад в рабочей зоне, °С	1/5 допуска t=50 °С, А: ±0,05 °С t=600 °С, А: ±0,27 °С	±(0,03+0,0004*t) ±0,05 (А,В,С) ±0,27 (А,В,С)
Измерение (преобразование) сигналов ТС, ТП, U, R	-	есть
Длина рабочей зоны, мм	не менее 40	40
Глубина / диаметр колодца, мм/мм	-	160 / 44
Время выхода на режим стабилизации, мин	-	45
Потребляемая мощность, Вт	-	3000
Температура окружающего воздуха, °С	-	15 - 25
Габариты (ДхШхВ), мм	-	450x250x450
Масса, кг	-	25
Комплект поставки	-	калибратор, метал. вставки - 3шт, ТСИ, СПО, документация



метров с большой монтажной головкой.

Из таблиц 23.1 и 23.2 видно, что калибраторы КС 100-1 и КС 600-1 имеют время выхода на режим стабилизации температуры 45 минут. Это небольшое время позволяет повысить скорость перехода с одной температурной точки на другую, а значит и производительность поверки при необходимости работы в нескольких температурных точках в течение одного рабочего дня.

Калибраторы КС 100-1 и КС 600-1 имеют настольную конструкцию корпуса. Их габаритные размеры 450х250х450 позволяют на обычном письменном столе одновременно размещать до четырех калибраторов и таким образом эффективно использовать рабочее пространство в поверочной лаборатории. Так же благодаря небольшим габаритным размерам и приемлемой для транспортировки массы 20 кг калибраторы серии КС вполне можно использовать для поверки непосредственно на месте эксплуатации и монтажа поверяемых термометров. Кроме этого калибраторы серии КС имеют встроенный измеритель, отображающий показания ТСИ и поверяемого термометров непосредственно в градусах Цельсия, то есть с пересчетом в температуру. Наличие встроенного измерителя в калибраторе избавляет поверителя от необходимости использования внешнего регистрирующего прибора, оснащенного своими присоединительными кабелями, а функция автоматического пересчета измеренных значений сигналов поверяемых термометров в температуру упрощает, а значит и ускоряет процесс поверки. Кроме этого во встроенном измерителе калибраторов реализована функция автоматического расчета разницы между температурами, измеренными ТСИ и поверяемым термометром, что обеспечивает дополнительное удобство при поверке.

Калибраторы серии КС имеют хорошо читаемый, монохромный ЖК-дисплей. На рисунке 23.2 показаны выводимые на дисплей калибраторов символы и значения.

Все режимы работы и установки калибраторов задаются при помощи 4-х кнопок, расположенных на их лицевой панели.

Для удобства работы калибраторы серии КС имеют возможность подключения к персональному компьютеру посредством последовательного интерфейса RS-232. Сервисное программное обеспечение выполняет две основные задачи:

- обработка результатов измерений.
- обслуживание самого калибратора.

Программное обеспечение позволяет в графическом и табличном виде фиксировать показания ТСИ, поверяемого термометра и регулятора температуры с течением времени. Типичный график работы калибратора приведен на рисунке 23.3.

В процессе эксплуатации калибраторов КС 100-1 и КС 600-1 периодически необходимо выполнять калибровку встроенного измерителя и корректировать параметры ТСИ по результатам очередной поверки этого термометра либо при полной его замене. Эти работы легко выполняются при помощи сервисного программного обеспечения калибраторов.

В последнее время область применения эталонных 3-го разряда платиновых термометров сопротивления с металлической оболочкой значительно расширилась. Эксплуатация этих термометров требует соблюдения дополнительных правил их применения и метрологического обслуживания. Одним из таких правил является проведение периодического контроля за изменением сопротивления термометра при какой-либо постоянной температуре, т.е. в одной из реперных точек температурной шкалы. Известно, что для контроля стабильности эталонных 1-го и 2-го разряда платиновых термометров сопротивления в период эксплуатации предусмотрено измерение их сопротивления в тройной точке воды (+0,01°C). Однако этот метод по причине его трудоемкости не может быть рекомендован для контроля стабильности эталонных 3-го разряда платиновых термометров сопротивления. В связи с этим для контроля стабильности эталонных 3-го разряда и прецизионных термометров сопротивления в условиях поверочных, калибровочных и измерительных лабораторий специалисты ФГУП «ВНИИМС» г.Москва предлагают более простой метод, заключающийся в периодическом контроле стабильности данных термометров в точке плавления галлия [2]. Достоинствами этой реперной температурной точки является простота подготовки ампулы галлия к работе, возможность ее воспроизведения в жидкостных и твердотельных термостатах и калибраторах температуры, а также возможность минимизации размеров ампулы, т.к температура плавления галлия (29,7646 °C) близка к температуре окружающего воздуха, в связи с чем не требуется обеспечивать большую глубину погружения термометра сопротивления стержневого типа.

Решение этой задачи возможно при помощи калибратора КС 100-1, в котором обеспечена возможность реализации реперной точки плавления галлия. На рисунке 4 приведена типичная кривая плавления галлия полученная при реализации ее в калибраторе КС 100-1.

Для реализации точки плавления галлия применяется ампула производства ОАО НПП "Эталон" диаметром $\varnothing 35$ мм длиной 180 мм, колодец для установки термометра $\varnothing 6$ мм длиной 160 мм, 100 мм колодца погружено в расплавленный металл.

Как видно на рисунке 23.4, продолжительность "площадки" плавления составляет более 9 часов. Кривая плавления галлия находится

в интервале $\pm 1,5$ мК, что достаточно для контроля сопротивления нескольких эталонных термометров за один рабочий день.

Таким образом, из всего вышесказанного следует, что калибраторы серии КС производства ОАО НПП "Эталон" являются современным метрологическим оборудованием, способным решать основные и второстепенные задачи как в поверочной лаборатории, так и за ее пределами на достаточно высоком уровне точности и в соответствии с требованиями действующих отечественных стандартов.

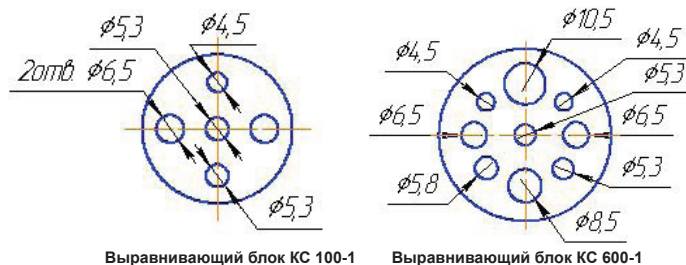


Рисунок 23.1 – Выравнивающие блоки с колодцами, применяемые в калибраторах КС 100-1 и КС 600-1.

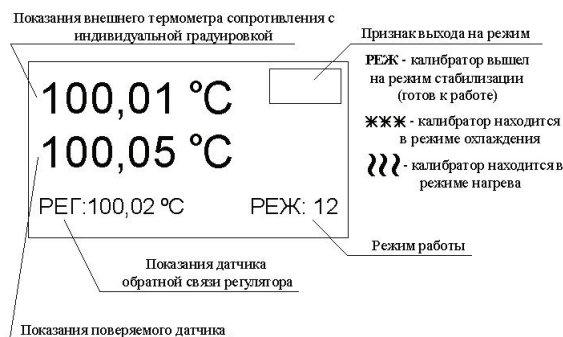


Рисунок 23.2 – вид индикатора калибраторов серии КС.



Рисунок 23.3- график работы калибратора

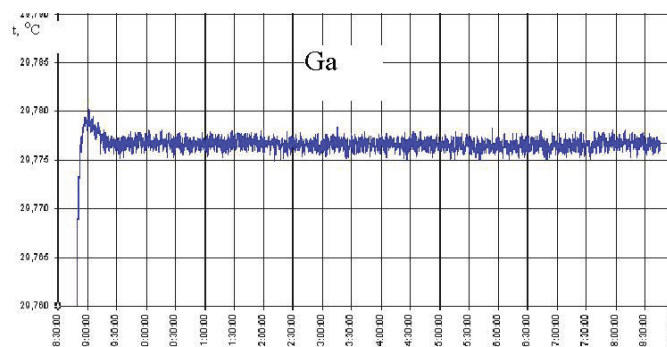


Рисунок 23.4- кривая плавления галлия полученная при реализации ее в калибраторе КС 100-1.

24. КРИОСТАТ КР -80: ВЫСОКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПОВЕРКИ В ДИАПАЗОНЕ ОТ -80 ДО +40 °С.



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

Вопрос наличия на рынке и стоимости оборудования для поверки средств измерения температуры является одним из самых актуальных в практической метрологии. В настоящее время предлагается множество метрологического оборудования от российских и зарубежных производителей, причем технические параметры приборов значительно отличаются друг от друга. Какими же критериями должен руководствоваться поверитель при выборе средств поверки.

Рассмотрим этот вопрос на примере жидкостного криостата с возможностью реализации отрицательного диапазона температур, а конкретно криостата регулируемого КР -80 производства ОАО НПП "Эталон", г.Омск, с диапазоном воспроизводимых температур от -80 до +40 °С. В этом диапазоне температур поверяются в основном термометры сопротивления и стеклянные жидкостные термометры, следовательно нужно руководствоваться требованиями ГОСТ Р 8.624-2006 [1], ГОСТ 8.279-78 [2] или ГОСТ 8.317-78 [3].

ГОСТ Р 8.624-2006 [1] требует, чтобы неравномерность температуры в рабочем объеме термостата не превышала 1/5 от допуска поверяемых ТС. Для самого точного класса АА минимальным значением будет $\pm 0,02$ °С – 1/5 от допуска при температуре 0 °С. Согласно экспериментальным данным неравномерность температуры в рабочем объеме криостата КР-80 не превышает $\pm 0,02$ °С во всем диапазоне температур.

Также ГОСТ Р 8.624-2006 [1] требует, чтобы нестабильность поддержания температуры в криостате за 30 минут не превышала 1/5 от допуска поверяемых ТС. Значения нестабильности в КР -80 в различных температурных точках приведены в таблице 24.1.

Как видно из таблицы, КР-80 пригоден для поверки термометров сопротивления класса АА и соответственно всех других классов во всем диапазоне температур. Типичная картина изменения температуры во времени в режиме стабилизации приведена на рис.24..

Таблица 24.1 – Значения перепада в рабочей зоне и нестабильности в КР -80

Температура, °С	1/5 допуска при заданной температуре по ГОСТ Р 8.625, °С				Перепад в рабочей зоне по ТУ, °С	Нестабильность за 30 минут по ТУ, °С
	АА	А	В	С		
+40	$\pm 0,034$	$\pm 0,046$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,02$ во всем диапазоне	$\pm 0,03$
0	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	$\pm 0,06$	$\pm 0,12$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$
-40	$\pm 0,034$	$\pm 0,046$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$
-80	$\pm 0,047$	$\pm 0,062$	$\pm 0,14$	$\pm 0,28$	$\pm 0,02$	$\pm 0,04$

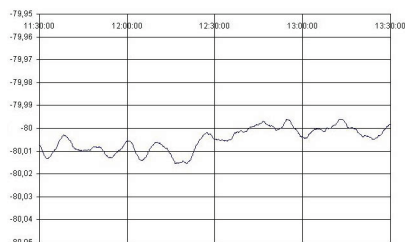


Рис.24.1 График стабильности при -80 °С

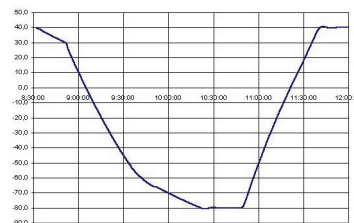


Рис.24.2 График охлаждения и нагрева криостата КР -80

Не следует забывать о такой характеристике криостата, как производительность, о которой не упоминает ГОСТ [1], но которая важна каждому поверителю. Ведь если криостат обладает временем выхода на температуру -80 °С порядка 6 часов, то времени на собственно поверку почти не остается. КР -80 выходит на температурный режим -80 °С, т.е. когда можно производить поверку, за 2,5 часа, что оставляет полезного времени для поверки около 5,5 часов при 8-ми часовом рабочем дне. Типичный пример охлаждения и нагрева КР -80 приведен на рис.24.2.

Как видно из рис.24.2, 2,5 часа – это максимальное время достижения стабилизированного режима в КР -80. Если необходимо перейти на температурный режим, значение температуры которого не находится на краю диапазона воспроизводимых температур, то время значительно сокращается. Эта характеристика КР -80 дает нам уникальную производительность поверки, учитывая, что в криостат можно одновременно загружать до 6 датчиков диаметром менее 15 мм.

Использование специальной кассеты позволяет применять криостат для поверки ртутных и спиртовых термометров полного погружения. С помощью насадки уровень теплоносителя поднимается выше верхнего торца криостата и термометр может быть погружен до уровня отсчитываемой отметки шкалы согласно требованиям ГОСТ 8.317-78 [3]. Для точного определения температуры, измеряемой стеклянным термометром, криостат снабжен видеоискателем с 6-кратным увеличением.

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать вывод о том, что криостат КР -80 производства ОАО НПП "Эталон", г.Омск позволяет с высокой производительностью проводить поверку термометров сопротивления по ГОСТ Р 8.624 [1] и стеклянных термометров по ГОСТ 8.279-78 [2] либо ГОСТ 8.317-78 [3].

Шевелев Ю.В.,
начальник производства



25. ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭТАЛОННЫХ МЕР СВЧ В ОАО НПП «ЭТАЛОН»

Не секрет, что с течением времени средства измерений, в том числе работающие в диапазоне СВЧ, становятся сложнее: увеличиваются их функциональные возможности, расширяются рабочие диапазоны частот, улучшаются метрологические характеристики. То, что раньше было доступно на уровне эталонов, теперь реализуется в серийных приборах. Такое положение дел привлекает внимание к менее важным ранее СВЧ устройствам: эталонным нагрузкам и аттенуаторам, отрезкам линий передачи, т.е. к тем, что мы называем мерами СВЧ.

К основным измерениям в трактах передачи высокочастотных сигналов относятся измерения мощности и коэффициентов отражения и передачи. При этом метрологическому обеспечению измерения коэффициента отражения, как наиболее универсального параметра, придается важное значение. Система метрологического обеспечения измерения коэф-та отражения основана на измерении линейных геометрических размеров прецизионных отрезков линий передачи, хотя нижестоящие средства измерений являются более сложными тех. устройствами.

Для развития СВЧ электроники необходимо, чтобы возможности СВЧ измерительной техники, снижение погрешности приборов развивались опережающими темпами. В первую очередь для этого требуются некоторые начальные затраты. При отставании от передовых стран в технических средствах метрологии, особенно по таким параметрам, как сервисные функции, широкополосность, быстрдействие, универсальность, сохраняются предпосылки для существенного улучшения метрологического обеспечения систем вооружения в данной области измерений [1].

Передача размера единицы ВС от государственного первичного эталона рабочим эталонам и далее рабочим средствам измерений регламентируется государственной поверочной схемой для средств измерений полного сопротивления в коаксиальных волноводах поперечных сечений 16/6,95; 16/4,58; 7/3,04 и 3,5/1,52 в диапазоне частот 1...18 ГГц МИ 1700-87.

Таблица 25.1. Выпускающиеся ОАО НПП «Эталон» наборы мер СВЧ разработки СНИИМ.

№ п/п	Наименование изделия	Назначение	Тех. условия
1	Набор образцовых мер СВЧ и полного сопротивления 1 разряда ЭК9-140	Для проверки анализаторов цепей в диапазоне частот 0...4 ГГц. В наборе 8 нагрузок и 4 фазосдвигающих отрезка с соединителями типа III ГОСТ 13317-89	ТУ 50 - 344-82
2	Набор образцовых мер полного и волнового сопротивления 1 разряда ЭК9-145	Для проверки анализаторов цепей в диапазоне частот 0...18 ГГц. В наборе 1 согласованная эталонная нагрузка и 9 рассогласованных нагрузок с переменной фазой отражения с соединителями типа III ГОСТ 13317-89	ТУ 50 - 391-83
3	Набор мер комплексного коэффициента передачи ДК2-70	Для проверки анализаторов цепей по ослаблению и фазе коэффициента передачи. В наборе 5 эталонных аттенуаторов и 5 фазосдвигающих отрезков с соединителями типа III ГОСТ 13317-89	ТУ 50 - 564-86
4	Набор образцовых мер КСВН и полного сопротивления 2 разряда ЭК9-180	Для проверки анализаторов цепей в диапазонах частот 0...3 ГГц (75 Ом) и 0...4 ГГц (50 Ом). Набор состоит из 16 нагрузок и 5 фазосдвигающих отрезков с соединителями типа II и VIII ГОСТ 13317-89	ТУ 50 - 390-83

Поверочная схема функционирует с использованием, в том числе в СНИИМ, рабочих эталонов (установок и мер) и нормативно-тех. документации, регламентирующей порядок разработки, проверки и эксплуатации эталонов и рабочих средств измерений.

Восстановлено производство многих рабочих эталонов. Некоторые изделия перечислены в таблице 25.1 [2].

Внешний вид наборов мер, изготавливаемых в настоящее время ОАО НПП «Эталон» приведен на рис. 25.1.

Параметры нагрузок и аттенуаторов из этих наборов приведены в табл. 25.2, 25.3.

Основная сложность изготовления подобных изделий – высокая точность выполнения деталей (по 2, 3 классу точности) с последующим нанесением слоя золота определенной толщины и электропроводности. В этом процессе надо выделить в особенности операции глубокого сверления отверстий, обеспечивающие гарантированную точность размеров и требуемую шероховатость поверхности [2].

Ряд изделий предприятия включен в «Перечень электрорадиоизделий,

разрешенных для применения при разработке и модернизации военной аппаратуры, приборов и другой военной техники» и использовался при разработке и изготовлении эталонных комплексов [2]. Эти работы стали основой создания Государственного специального эталона единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах поперечного сечения 16/6,95; 16/4,58; 7/3,04; 3,5/1,52 мм в диапазоне частот 1...18 ГГц – ГЭТ 75-87, хранящегося в СНИИМе (г.Новосибирск), а также установки высшей точности для средств измерений угла сдвига фаз в коаксиальных трактах в диапазоне частот 0,001...17,4 ГГц – УВТ 65-А-90.

В настоящее время изготавливаются нагрузки с соединителями типа IX в диапазоне частот до 18 ГГц по заказу ОАО «Омский завод «Автоматика», проводятся работы по нагрузкам этого же типа для ФГУП «Ростовский завод «Прибор». В 90-е годы были изготовлены отдельные образцы подобных мер по теме «Ротонда», имеется документация. Был изготовлен макет набора мер ДК2-70 с расширением диапазона до 18 ГГц, но после известных событий за 15 лет ни одного образца не было сделано. Завод изменил специализацию, занялся температурными измерениями. На данный момент разработано более 150 типов датчиков температуры, более двух десятков вторичных приборов, страна обеспечена рабочими и эталонными средствами измерений в диапазоне температур от -190 до 2500 °С.

Итак, в Омском ОАО НПП «Эталон» восстановлено производство ряда мер СВЧ, которые изготавливаются и поставляются по отдельным заявкам пока в ограниченных количествах, что крайне невыгодно и слабо окупает затраты, потребовавшиеся на восстановление производства. Поэтому стоит вопрос: когда будут востребованы производимые меры СВЧ метрологическими частями. Поскольку диапазон рабочих частот объективно широк, хотелось бы думать, что в перспективе возникнет существенная потребность метрологических подразделений в мерах СВЧ.

Таблица 25.2. КСВН нагрузок из набора мер ЭК9-140

Тип нагрузки	КСВН	Погрешность измерения	
		по КСВН, %	по фазе, град
Э9-140	1,2 ± 0,05	± 1,0	± 2,0
Э9-141	1,4 ± 0,05	± 1,0	± 1,5
Э9-142	1,4 ± 0,05	± 1,0	± 1,5
Э9-143	2,0 ± 0,05	± 1,5	± 1,0
Э9-144	2,0 ± 0,05	± 1,5	± 1,0
Э9-159	1,0 ± 0,025	± 1,0	не нормируется
Э9-160	3,0 ± 0,1	± 2,0	± 1,0
Э9-161	3,0 ± 0,1	± 2,0	± 1,0

Таблица 25.3. Ослабление аттенуаторов из набора мер ДК2-70

Тип аттенуатора	Ослабление, дБ	Погрешность измерения	
		по ослаблению, дБ	по фазе, град
Д2-65	3 ± 0,3	± 0,05	± 1,0
Д2-66	6 ± 0,3	± 0,05	± 1,0
Д2-67	10 ± 0,5	± 0,05	± 1,0
Д2-68	20 ± 0,5	± 0,10	± 1,5
Д2-69	30 ± 1,0	± 0,15	± 2,0



Набор ДК2-70



Набор ЭК9-181



Набор ЭК9-140



Набор ЭК9-145



Набор ЭК9-180

Рисунок 25.1 Наборы мер для измерения параметров коаксиальных трактов СВЧ диапазона.

26. ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦСМ (ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ) МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ В РАМКАХ ПРИМЕНЕНИЯ "РУКОВОДСТВА ПО ВЫРАЖЕНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ"



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

Как известно, в 1993 году под эгидой Международного комитета мер и весов (МКМВ) и других международных метрологических организаций было разработано «Руководство по выражению неопределенности измерений», которое было переведено и опубликовано во «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» в 1999 году. В 2001 году Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации были выпущены рекомендации по применению данного «Руководства по выражению неопределенности измерений» РМГ 43-2001. Из этого следует, что нужно готовиться к выражению метрологических характеристик поверочных лабораторий и отдельного оборудования не в виде погрешности, а в виде неопределенности измерений.

Приведем определения этих понятий, взятые из Международного словаря основных и общих терминов в метрологии:

- «погрешность измерения (error of a measurement)» - отклонение результата измерения от истинного значения изм-ой величины;
- «неопределенность измерения (uncertainty of a measurement)» - параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые достаточно обоснованно могли бы быть приписаны измеряемой величине.

Из этих определений следует, что, например, возможен случай, когда результат измерения имеет пренебрежимо малую погрешность при большой неопределенности.

На основе рекомендаций РМГ 43-2001 мы предлагаем следующий алгоритм расчета неопределенности поверки термопреобразователя сопротивления (далее - ТС) в термостате или калибраторе.

Примечание: При разработке данного алгоритма использовались материалы из проекта новой редакции ГОСТ Р 8.461.

1 Суммарная стандартная и расширенная неопределенность поверки ТС должна рассчитываться для каждой температуры поверки. При расчете суммарной неопределенности поверки учитывается неопределенность измерений температуры эталонным (образцовым) термометром, и неопределенность измеренного значения сопротивления градуируемого термометра. Для расчета используются:

- данные, полученные при проведении измерений;
- данные, полученные при предварительной экспериментальной оценке неопределенности, связанной со случайными эффектами при измерении в конкретной поверочной лаборатории;
- данные, приведенные в свидетельствах о поверке средств измерений: термостата или калибратора, эталонного термометра и измерительной установки.

2 В случае использования сухоблочных калибраторов необходимо учитывать неопределенность, вызванную теплоотводом по armатуре ТС. В данном примере это составляющая опущена.

3 Значение температуры, определенное по показаниям эталонного термометра сопротивления, рассчитывается по формуле

$$t_x = t_s(R_s), \quad (26.1)$$

где: $t_s(R_s)$ - среднее арифметическое из результатов измерения температуры, определяемое по формуле

$$t_s(R_s) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t(R_{si}), \quad \text{где} \quad (26.2)$$

N – количество измерений сопротивления эталонного термометра, выполненных при поверке,

R_{si} – значение сопротивления эталонного термометра сопротивления при i -ом измерении,

$t(R_{si})$ – значение температуры, соответствующее i -му измерению, рассчитанное по интерполяционной зависимости сопротивление-температура, приведенной в свидетельстве о поверке эталонного термометра.

4 Бюджет неопределенности для температуры, измеренной эталонным термометром, включает следующие составляющие:

4.1 Стандартная неопределенность, обусловленная случайными эффектами при измерениях, выполненных в одном измерительном цикле эталонным термометром, рассчитывается по формуле

$$u(r_{lab1-j}) = \frac{u(r_{lab1})}{\sqrt{N_j}}, \quad \text{где} \quad (26.3)$$

$u(r_{lab1})$ – СКО единичного измерения сопротивления эталонного термометра,

N_j – количество измерений в одном измерительном цикле.

4.2 Стандартная неопределенность, обусловленная нестабильностью температуры в термостате за время всех циклов измерений, рассчитывается по типу В по формуле

$$u(t_s) = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2\sqrt{3}} \quad (26.4)$$

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

4.3 Стандартная неопределенность поверки эталонного термометра $u(t_s)$, рассчитывается по формуле

$$u(\delta t_s) = U_s/2, \quad (26.5)$$

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

4.4 Стандартная неопределенность, обусловленная неточностью электроизмерительной установки, $u(\delta r_s)$, рассчитывается следующим образом

$$u(\delta r_s) = U_s / 2, \quad (26.6)$$

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

Примечание: Если в свидетельстве о поверке установки указан предел допускаемой погрешности $\pm \Delta p$, то стандартная неопределенность рассчитывается по типу В (нормальное распределение) по формуле $u(\delta r_s) = \Delta p / \sqrt{3}$.

4.5 Стандартная неопределенность, вызванная ограниченной разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки δr_s , оценивается по типу В по формуле

$$u(\delta r_{rs}) = \frac{a_{rs}}{\sqrt{3}}, \quad (26.7)$$

где $\pm a_{rs}$, – разрешающая способность установки для измерения сопротивления эталонного термометра.

4.6 Стандартная неопределенность из-за нестабильности эталонного термометра за межповерочный интервал оценивается по типу В по формуле

$$u(\delta t_T) = \frac{a_T}{\sqrt{3}}, \quad (26.8)$$

где $\pm a_T$ – интервал возможного изменения сопротивления эталонного термометра в тройной точке воды в температурном эквиваленте, определенный экспериментально при периодической поверке эталонного термометра и приведенный в свидетельстве о его поверке.

5 Составляется бюджет неопределенности измерения температуры в термостате эталонным термометром (см. таблицу 26.1).

Таблица 26.1 - Бюджет неопределенности измерения температуры в термостате эталонным термометром

Источник неопределенности	оценка стандартной неопределенности, тип, распределение, метод расчета	Коэффициент влияния	вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении	Тип А, нормальное распределение $u(\delta r_{lab1-j})$ 4.1	$\frac{1}{C_1}$	$u(\delta r_{lab1-j})/C_1$
Нестабильность температуры в термостате	Тип В, равномерное распределение $u(t_s)$ 4.2	1	$u(t_s)$
Поверка эталонного термометра	Тип В, нормальное распределение $u(\delta t_s)$ 4.3	1	$u(\delta t_s)$
Неточность измерительной установки	Тип В, нормальное распределение $u(\delta r_s)$, 4.4	$\frac{1}{C_1}$	$u(\delta r_s)$
Разрешающая способность измерительной установки	Тип В, равномерное распределение $u(\delta r_{rs})$, 4.5	$\frac{1}{C_1}$	$u(\delta r_{rs})$
Нестабильность эталонного термометра за межповерочный интервал	Тип В, равномерное распределение $u(\delta t_T)$, 4.6	1	$u(\delta t_T)$

где C_1 – коэффициент чувствительности эталонного термометра dR/dt , Ом/°С, определяемый при температуре t_S по уравнению, приведенному в свидетельстве о поверке термометра.

6 Суммарная стандартная неопределенность результата измерения температуры эталонным термометром рассчитывается по формуле



$$u_x(t_x) = \sqrt{\frac{1}{C_1^2} u^2(d_{lab1-j}) + u^2(t_s) + u^2(d_{t_x}) + \frac{1}{C_1^2} u^2(d_{t_x}) + \frac{1}{C_1^2} u^2(d_{t_x}) + u^2(d_{t_x})} \quad (26.9)$$

7 Значение сопротивления градуируемого ТС при температуре t_x рассчитывается по формуле

$$R_k(t_x) = R_{ks}(t_x) + C_2 \delta t F_1 + C_2 \delta t F_2 \quad (26.10)$$

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

$\delta t F_1$ – поправка, равная изменению температуры по вертикальной оси рабочего объема термостата или калибратора между средней точкой ЧЭ поверяемого ТС и эталонного термометра;

$\delta t F_2$ – поправка, равная изменению температуры по горизонтальной оси между ЧЭ поверяемого ТС и эталонного термометра (или между каналами блока сухоблочного калибратора);

$R_{ks}(t_x)$ рассчитывается как среднее арифметическое значение результатов измерения сопротивления ТС при поверке по формуле

$$R_{ks}(t_x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_{ki} \quad (26.11)$$

где: N – количество измерений сопротивления ТС,

R_{ki} – результат i -ого измерения сопротивления ТС.

Примечание: Поправки на вертикальный и горизонтальный градиент температуры вводятся по результатам исследований термостата в поверочной лаборатории. Если при поверке термостата или калибратора градиент температуры определялся только в виде пределов отклонения температуры от среднего значения $\pm aF_1$, $\pm aF_2$, либо если не известна длина ЧЭ поверяемых термометров, то поправки принимаются равными нулю. Градиент учитывается только введением неопределенности по п. 8.4.

8 Бюджет неопределенности измерений сопротивления ТС включает следующие составляющие:

8.1 Стандартная неопределенность, обусловленная случайными эффектами при измерениях, выполненных в одном измерительном цикле поверяемым ТС, оценивается по формуле

$$u(r_{lab2-j}) = \frac{u(r_{lab2})}{\sqrt{N_j}} \quad (26.12)$$

где

$u(r_{lab2})$ – СКО единичного измерения сопротивления ТС;

N_j – количество измерений сопротивления ТС в каждом цикле.

8.2 Стандартная неопределенность, обусловленная неточностью электроизмерительной установки, δr_k , рассчитывается следующим образом

$$u(\delta r_k) = U_k / 2, \quad (26.13)$$

где U_k – расширенная неопределенность измерения при $k = 2$, введенная в свидетельство о поверке установок для измерения сопротивления ТС.

Примечание – Если в свидетельстве о поверке установки указан предел допускаемой погрешности $\pm \Delta p$, то стандартная неопределенность рассчитывается по типу В по формуле $u(\delta r_k) = \Delta p / \sqrt{3}$

8.3 Стандартная неопределенность, обусловленная разрешающей способностью отсчетных устройств электроизмерительной установки δr_k , рассчитывается по формуле

$$u(\delta r_k) = \frac{a_{rk}}{\sqrt{3}}, \quad (26.14)$$

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

8.4 Стандартные неопределенности, обусловленные вертикальным и горизонтальным градиентами температур в термостате или калибраторе $\delta t F_1$, $\delta t F_2$, рассчитываются по формулам:

$$u(\delta t F_1) = \frac{a_{F1}}{\sqrt{3}}, \quad u(\delta t F_2) = \frac{a_{F2}}{\sqrt{3}} \quad (26.15)$$

где

δa_{F1} , δa_{F2} – диапазон изменения поправок к температуре, оцениваемый экспериментально при поверке термостата или калибратора.

9 Бюджет неопределенности измерения сопротивления ТС представлен в таблице 27.2.

10 Суммарная стандартная неопределенность измерения сопротивления ТС оценивается по формуле

$$u_c(R_k) = \sqrt{u^2(r_{lab2-j}) + u^2(\delta r_k) + u^2(\delta t F_1) + C_2^2 u^2(\delta t F_1) + C_2^2 u^2(\delta t F_2)} \quad (26.16)$$

11 Суммарная стандартная неопределенность $u_c(R)$ и расширенная неопределенность U поверки термометра в каждой температурной точке рассчитываются по формулам:

$$u_c(R) = \sqrt{C_2^2 u_c^2(t_x) + u_c^2(R_k)} \quad (26.17)$$

$$U = k \cdot u_c(R), \quad (26.18)$$

где k – коэффициент охвата.

12 Таким образом получаем оценку неопределенности поверки ТС на

Таблица 26.2 - Бюджет неопределенности измерения сопротивления поверяемого термометра

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности, тип, распределение, методика расчета	Коэффициент влияния	Вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении	Тип А, Нормальное распределение $u(r_{lab2-j})$ п.8.1	1	$u(r_{lab2-j})$
Неточность измерительной установки	Тип В, Нормальное распределение $u(\delta r_k)$, п.8.2	1	$u(\delta r_k)$
Разрешающая способность измерительной установки	Тип В, равномерное распределение $u(\delta r_k)$, п.8.3	1	$u(\delta r_k)$
Перепад температур по вертикальной оси рабочего объема	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta t F_1)$, п.8.4	C_2	$C_2^* u(\delta t F_1)$
Перепад температур по горизонтальной оси рабочего объема (либо между каналами в блоке)	Тип В, равномерное распределение, $u(\delta t F_2)$, п.8.4	C_2	$C_2^* u(\delta t F_2)$

данном оборудовании:

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

13 Заключение о годности ТС должно выдаваться при условии выполнения соотношения:

$$(R_k(t_x) - R_{НСХ}(t_x) \pm U) / \frac{\partial R}{\partial t} \leq \Delta t_x \quad (26.19)$$

где:

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

t_x – средняя темп-ра, измеренная эталонным термометром, °С;

$R_{НСХ}(t_x)$ – значение сопротивления ТС по НСХ при темп-ре t_x , Ом;

U – расширенная неопределенность результата измерения сопротивления ТС;

Δt_x – допуск ТС по ГОСТ Р 6651 при температуре t_x , °С.

По сложившейся практике, перед использованием средств поверки ТС необходимо провести расчет предполагаемой расширенной неопределенности поверки ТС с помощью используемой аппаратуры с целью определения степени пригодности данной аппаратуры для поверки конкретного типа ТС.

Критерием пригодности используемой аппаратуры для поверки данного ТС будет служить, например, рассчитанная расширенная неопределенность поверки ТС, которая должна быть в два раза меньше требуемого допуска ТС по ГОСТ 6651-94.

Рассмотрим предлагаемый алгоритм расчета неопределенности поверки на примере оценки неопределенности поверки ТСП класса А при температуре 100 °С с применением жидкостного термостата TP-1М-300.

Информация о поверяемом термометре: термометр сопротивления типа ТСП. Класс А по ГОСТ Р 6651. Допуск при 100 °С $\pm 0,35$ °С.

Средства измерений, используемые при поверке:

- термостат регулируемый TP-1М-300
- нестабильность температуры $\Delta t_{ст} = \pm 0,05$ °С;
- неравномерность темп-ры в рабочем объеме $a_F = \pm 0,02$ °С;
- эталонный термометр
- расширенная неопределенность (или доверительная погрешность при доверительной вероятности 95%) при 100 °С $U_{\Sigma} = \pm 0,03$ °С;
- нестабильность за межповерочный интервал $a_{\Sigma} = \pm 0,01$ °С.
- АРМ ПТС
- предел погрешности $U_s = \pm 0,014$ Ом.
- СКО результата измерения сопротивления 100-омного ТС в поверочной лаборатории при 95 °С $u(r_{lab}) = 0,005$ Ом. (значение получено заранее экспериментальным методом)

Бюджет неопределенности измерения температуры в термостате эталонным термометром представлен в таблице 26.3. Бюджет

**Таблица 26.3 - Бюджет неопределенности измерения температуры в термостате эталонным термометром**

Источник неопределенности и метод расчета	оценка стандартной неопределенности	Коэффициент влияния	вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении (по пяти измерениям) $u(\delta t_{lab-5}) = u(\delta t_{lab})/\sqrt{5}$	0,0022	1/0,385	0,0058
Нестабильность температуры в термостате $u(t_S) = (t_{max} - t_{min})/2\sqrt{3}$	0,0289	1	0,0289
Градуировка эталонного термометра $u(\delta t_c) = U_3/2$	0,0150	1	0,0150
Электроизмерительная установка $u(\delta r_s) = U_s/\sqrt{3}$	0,0081	1/0,385	0,0210
Разрешающая способность электроизмерительной установки $u(\delta r_k) = a r_k/\sqrt{3}$	0	1/0,385	0
Нестабильность эталонного термометра за межповерочный интервал $u(\delta t) = a_3/\sqrt{3}$	0,0058	1	0,0058
Суммарная стандартная неопределенность температуры $u_c(t_x)$, °C			0,0396

Таблица 26.4 - Бюджет неопределенности измерения сопротивления поверяемого термометра

Источник неопределенности	Оценка стандартной неопределенности	Коэффициент влияния	вклад в суммарную стандартную неопределенность
Случайные эффекты при измерении $u(r_{lab-5}) = u(\delta r_{lab})/\sqrt{5}$	0,0022	1	0,0022
Электроизмерительная установка $u(\delta r_k) = U_s/3$	0,0081	1	0,0081
Разрешающая способность электроизмерительной установки $u(\delta r_k) = a r_k/\delta_3$	0	1	0
Перепад температур по вертикальной оси рабочего объема $u(\delta t F_1) = a F_1/\sqrt{3}$	0 (пренебрегли, т.к. эталонный и поверяемый датчики погрузили на 1 глубину)	0,385	0
Перепад температур по горизонтальной оси рабочего объема $u(\delta t F_2) = a F_2/\sqrt{3}$	0,0115	0,385	0,0045
Суммарная стандартная неопределенность сопротивления $u_c(R_k)$, Ом			0,0095

неопределенности измерения сопротивления поверяемого ТС представлен в таблице 26.4.

Суммарная стандартная неопределенность поверки рассчитывается по формуле (17) при $C_2 = 0,385 \text{ Ом/}^\circ\text{C}$:

$$u_c(R) = 0,0182 \text{ Ом}$$

При $k = 2$ расширенная неопределенность поверки по формуле (18) равна $U = 0,0363 \text{ Ом}$. В температурном эквиваленте $U_t = 0,093 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$0,093 \text{ }^\circ\text{C} < \pm 0,35 \text{ }^\circ\text{C/2}$$

Вывод:

Комплекс средств поверки пригоден для поверки ТС класса А при температуре $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Подобным образом были рассчитаны неопределенности поверки ТС при разных температурах с применением метрологического оборудования ОАО НПП «Эталон». Результаты приведены в таблице 26.5.

Как видно из таблицы 26.5, несмотря на новый метод расчета требований к метрологическому оборудованию путем расчета расширенной неопределенности поверки ТС, все термостаты, выпускаемые ОАО НПП «Эталон», пригодны для поверки ТС всех классов допуска, включая самый точный – класс А.

Конечно, в настоящее время при поверке датчиков температуры метрологи нашей страны руководствуются ГОСТ 8.461-82 и ГОСТ 8.338-2002, в которых указаны требования к погрешностям средств измерения, применяемых при поверке. Однако надо быть готовыми к тому, что в новых редакциях этих ГОСТов будут указаны требования к неопределенности поверки.

Таблица 26.5 – Обзор значений расширенной неопределенности поверки ТСП с помощью различных термостатов производства ОАО НПП «Эталон»

Температура, °C	Допуск ТСП при этой темп-ре по ГОСТ 6651, °C			Расширенная неопределенность поверки с помощью данного термостата, оC (пригодность для поверки ТСП класса, указывается самый точный класс)								
	A	B	C	ТН-2М	ТП-2	КР-40-2	КР-190	ТР-1М-300	ТР-1М-В	ТР-1М-У1	ТС-250-2	ТС 600-2
-190	0,53	1,25	2,12	-	-	-	0,140(A)	-	-	-	-	-
-60	0,27	0,6	1,08	-	-	-	0,135(A)	-	-	-	-	-
-40	0,23	0,5	0,92	-	-	0,065(A)	-	-	-	-	-	-
0	0,15	0,3	0,6	0,066(A)	-	0,066(A)	-	-	-	-	-	-
40	0,23	0,5	0,92	-	-	0,074(A)	-	0,087(A)	-	0,087(A)	0,109(A)	0,143(B)
100	0,35	0,8	1,4	-	0,104(A)	-	-	0,093(A)	0,093(A)	0,093(A)	0,114(A)	0,146(A)
200	0,55	1,3	2,2	-	-	-	-	0,104(A)	0,104(A)	0,104(A)	0,126(A)	0,156(A)
300	0,75	1,8	3	-	-	-	-	-	0,122(A)	0,122(A)	-	0,167(A)
600	1,35	3,3	5,4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,240(A)



Потребность в точных измерениях температуры существует практически во всех современных отраслях техники и технологий. Измерения температуры являются одним из наиболее востребованных в науке и промышленности видом измерений.

Следует отметить, что в течение двух последних десятилетий наблюдается интенсивное развитие термометрии и ее метрологического обеспечения.

Два основных фактора определяют необходимость совершенствования средств передачи.

1 - Развитие электроники послужило основой существенного прогресса в области радиационной термометрии измерительного тепловидения. Современные пирометры намного превосходят по своим метрологическим и эксплуатационным характеристикам радиационные термометры начала 90-х годов.

2 - Соглашение о взаимном признании национальных эталонов, сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами. Это Соглашение было подписано в октябре 1999г. 38 национальными метрологическими институтами.

Основными целями Соглашения были:

-установление степени эквивалентности национальных эталонов согласуются друг с другом;

-взаимное признание сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых НМИ;

Прослеживаемость передачи размера единицы от эталона к рабочему средству измерений в нашей стране решается поверочной схемой для средств измерений, которая регламентирует порядок передачи единицы, методы и средства передачи, а также их погрешности.

Поверочная схема, как и предшествующая, возглавляемая двумя государственными первичными эталонами, охватывает весь диапазон Международной температурной шкалы МТШ-90 и регламентирует передачу размера единицы температуры для всех существующих и перспективных средств измерений этой физической величины и обеспечивает точность передачи размера единицы, необходимую в настоящее время, а также точность, прогнозируемую на ближайшие 10-15 лет.

В феврале 2008 года на заседании Коллегии утвержден Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3000°C. Утверждался не только первичный эталон, по сути дела была обновлена вся схема передачи размера единицы, т.е. были разработаны все необходимые рабочие эталоны поверочной схемы, в отдельных случаях даже разрабатывались специальные раб.средства.

Важной особенностью вновь утвержденного эталона - его комплексность. Одновременно с первичными эталонами были разработаны вторичные государственные эталоны для передачи размера единицы и целый ряд рабочих средств измерений. Весь этот комплекс: и рабочие эталоны и, особенно, рабочие СИ, и РСИ — новые, они абсолютно конкурентноспособны с зарубежными эталонами, а некоторые из них даже превосходят зарубежные по своим характеристикам.

Внедрение нового эталона обеспечивает интеграцию экономики России в мировую экономику, а также решает одну из проблем вступления России во Всемирную торговую организацию в части метрологии. Достоверная измерительная информация о температуре необходима в любых разработках, осуществляемых на приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники.

Основу этого комплекса составляют: излучатель «черное тело», предназначенный для воспроизведения температур затвердевания серебра, золота и меди, группа из трех температурных ламп, фотоэлектрический компаратор яркостей тепловых излучателей и высокотемпературный излучатель «черное тело», используемый для передачи размера единицы температуры.

Кроме того, омским ОАО НПП «Эталон» при участии сотрудников ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» разработана и серийно выпускается практически вся номенклатура средств передачи размера ед.тем-ры, предусмотренных новой поверочной схемой. Серийный выпуск средств передачи размера единицы температуры отечественными предприятиями полностью решает проблему метрологического обеспечения температурных измерений в нашей стране.

В 90-е годы в стране практически отсутствовали технические средства для метрологического обеспечения одного из видов температурных измерений [1]. Предстояло оперативно разработать набор эталонных мер (излучателей абсолютно чёрного тела), обеспечить их тиражирование, а также провести разработку и начать серийный выпуск эталонных и рабочих пирометров. При этом поставлена конечная цель — обеспечить схему передачи единицы температуры (рис. 27.1.)

Выбор диапазонов температур излучателей обусловлен с одной стороны возможностью технической реализации, с сохранением качества характеристик, с другой стороны — максимально возможным перекрытием температурных диапазонов.

При проектировании моделей АЧТ характер решений зависел от уровня температуры, выбора геометрии полости, используемых материала, способа термостатирования.

В принципе внутренняя конфигурация полости может быть сферической, конической, цилиндрической, цилиндрикоконической, пирами-

Таблица 27.1 Основные требования к излучателям АЧТ

Диапазон темп-тур	Характеристики	Значение
1	2	3
От -50 до 200 °С	Апертура полости D, не менее, мм Нестабильность поддержания температуры излучателя на заданном стационарном режиме, °С/мин Доверительная погрешность с доверительной вероятностью 0,95 не более, °С	50 ±0,1 0,5
От 100 до 1200 °С	Апертура полости D, не менее, мм Нестабильность поддержания температуры излучателя на заданном стационарном режиме, °С/мин Доверительная погрешность с доверительной вероятностью 0,95 не более, %	50 ±0,2 0,3
От 800 до 3000 °С	Апертура полости D, не менее, мм Нестабильность поддержания температуры излучателя на заданном стационарном режиме, °С/мин Доверительная погрешность с доверительной вероятностью 0,95 не более, %	35 ±0,3 0,28

дальной с минимальным соотношением апертуры полости (D) и глубины (L); $L/D = 7/1$.

Для того, чтобы не вносить неучитываемых искажений в результаты поверки и калибровки пирометров частичного излучения из-за селективности излучения по спектру, эффективный коэффициент излучения полости должен быть не менее $0,99 \pm 0,005$, а материал полости излучателя не должен иметь провалов спектральной характеристики в заданном спектральном интервале.

В качестве нагревателей возможно использовать печи сопротивления, тепловые трубы, термостаты, устройства на основе эффекта Пельтье.

Эталонные и образцовые средства радиационной термометрии в диапазоне температур – 20...200°C.

На основании анализа характеристик существующих низкотемпературных пирометров и серийно выпускаемых излучателей зарубежных фирм для диапазона температур -20...50°C, таких как «Mikron» (США), «Hart Scientific» (США), «Isotech» (Великобритания), во ВНИИМ им.Д.И.Менделеева были сформулированы требования к метрологическим характеристикам и проведены исследования, в результате чего был разработан образцовый низкотемпературный излучатель АЧТ ТТ 60/-20/50, в котором реализован термостат на основе тепловой трубы с системой автоматического управления [4].

Нагрев, полости излучателя происходит в результате пропуска через нагреватель электрического тока. Для снижения неравномерности температурного поля в полости АЧТ, в конструкции излучателей АЧТ ТТ 60/-20/50 применена тепловая труба. Задание и регулирование температуры полости ПИД-регулятором, в качестве датчика применен полупроводниковый термометр сопротивления.

Исследования и госиспытания излучателя были проведены в соответствии с требованиями ГОСТов [3] и [5] на Государственном эталоне единиц энергетической яркости и температуры для инфракрасного излучения [6].

Образцовые средства радиационной термометрии в диапазоне температур 100...1100 °С

Эталонную установку абсолютно черного тела для поверки пирометров создали на базе, выпускаемой для поверочных работ печи МТП-2МР, функционирующей в температурном диапазоне 50...1200 °С. Проведя небольшую модернизацию печи, укомплектовав ее эталонной термопарой типа ППО 1 разряда, термостатом для холодных концов, прецизионным милливольтметром В2-99, блоком управления БУ- со встроенным в него регулятором температуры. Все комплектующие разработаны и выпускаются ОАО НПП «Эталон» (см.рис.27.8.)

Эталонные средства радиационной термометрии в диапазоне температур 900...2500 °С

Известно [84], что для диапазона температур выше 1500К круг пригодных для создания АЧТ материалов резко сужен. Практически он ограничен графитом, тугоплавкими металлами и соединениями карбидного типа.

При разработке конструкции АЧТ 35/900/2500 использовали опыт разработчиков ВНИОФИ, ИВТАН и ВНИИМ. Итоговая конструкция АЧТ представляет собой заключенную в водоохлаждаемый корпус и окруженную теплоизолирующим слоем излучающую полость, сформированную внутренними стенками полого цилиндрического излучателя, выполненного из нагреваемого непосредственным пропусканием электрического тока, проходящим непосредственно по стенкам излучателя. Напряжение питания к фланцам излучателя подводится через шины питания с вторичной низковольтной обмотки силового трансформатора ТС. Первичной обмоткой трансформатора управляет БУ-1М с фазоимпульсным регулированием, обеспечивающий пульсацию тем-ры излучающей полости не более 0,01...0,02 °С.

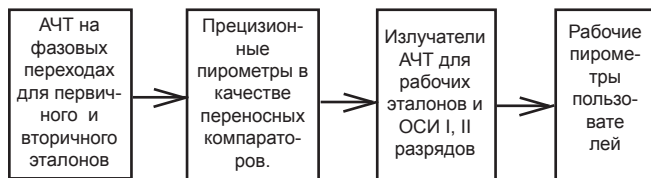


Рис. 27.1 Схема передачи единицы температуры

На рис.27.6 представлена схема излучателя, в которой реализована модель черного тела с переменной температурой в виде цилиндрической полости с гофрированным дном и апертурной диафрагмой. Температура в этой полости поддерживается автоматически, с помощью пирометра обратной связи, визирующего дно полости с внешней стороны.

Совместно с ВНИИМом им.Менделеева разработаны рекомендации по конструкции пипул реперных точек для высокотемпературной прецизионной радиационной термометрии (рис. 27.5).

Экспериментально подтверждено, что созданный комплекс удовлетворяет требованиям к средствам для воспроизведения и передачи размера единицы температуры.

- обеспечена минимальная разность температур между тиглем и печью: за счет использования ФИМ нестабильность температуры в полости составляет 0,01...0,02 °C;

- дискретность регулирования составляет 0,1 °C;

- изменение температуры в печи не нарушает однородности в процессе фазового перехода, показано на графике рис. 27.4а;

- время перехода из 1 фазового состояния значительно меньше времени стабильного сравнения или затвердевания (график рис. 27.4б).

Исследования излучателя, проведенные во ВНИИМ им.Менделеева, позволили включить его в состав Государственного первичного эталона единицы температуры для воспроизведения температуры в диапазоне 961,78...3000 °C.

Образцовые пирометры:

Также в соответствии с поверочной схемой ГОСТ 8.558-93 не-

Сечение	Температура °C
1	894,2
2	892,5
3	892,5
4	893,3
5	894,7
6	895,6

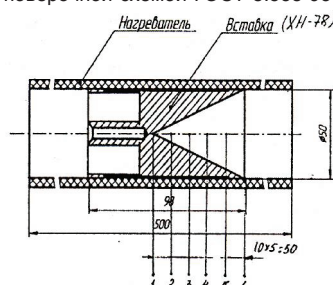
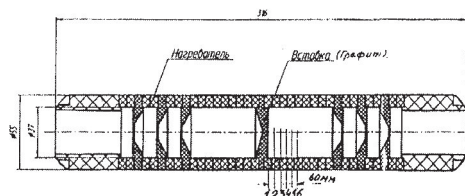


Рис. 27.2 Излучатель АЧТ 35/900/2500



№ сечения	1	2	3	4	5	6
Температура, °C	1002,1	1001,4	996,3	983,8	965,4	934,1
	1510,8	1510,0	1503,7	1490,0	1469,5	-

Рис. 27.3. Излучатель АЧТ 35/900/2500

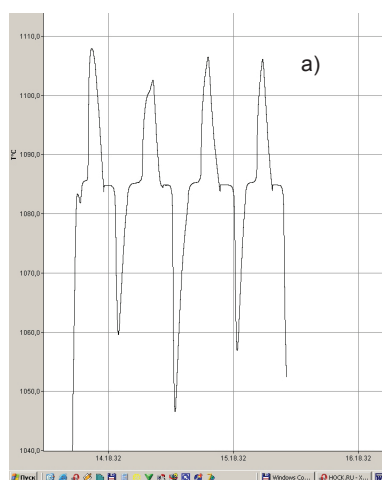
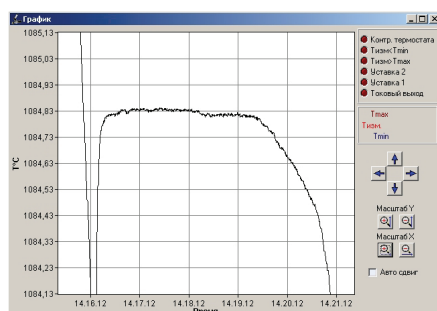


Рис. 27.4. Графики воспроизведения реперной точки меди



обходимо было разработать и эталонные пирометры:

- полного и частичного излучения для диапазона минус 20...+2500 °C с погрешностью измерений 0,5...7,5 °C;

- монохроматические пирометры для диапазона минус 20...+2500 °C с погрешностью 2...6,5 °C.

Эталонный пирометр ПД-4 предназначен для высокоточного измерения, контроля и регулирования температуры объектов по их собственному излучению в различных отраслях промышленности, а также при проведении научных исследований. Прибор выпускается в конструктивных исполнениях: ПД-4-01, ПД-4-02, ПД-4-03, ПД-4-04, ПД-4-05 и ПД-4-06, в зависимости от диапазона измеряемых температур, показателя визирования и эффективной длины волны показаны в табл.27.2

При разработке такого пирометра базировался на анализе наиболее удачных отечественных и зарубежных решений, среди которых наиболее перспективными оказались макеты, созданные в ВНИИОФИ и ИВТАН. Эти решения показаны на рис.27.6

Объектив пирометра - линзовый, с трансфокаторкоротком. Оптическая система собирает поток излучения и с минимальными потерями, передает его на приемник. Система линз трансфокатора, а служит для получения изображения объекта в плоскости зеркальной диафрагмы b, которая, в свою очередь, определяет показатель визирования, необходимый уровень 12 силка излучения, и передает изображение объекта в визирное устройство. Интерференционный фильтр с установлен для задания рабочего спектрального диапазона. Объектив d и окуляр e в совокупности представляют собой визирное устройство, позволяющее произвести точную наводку на объект измерения. При этом в роли прицельной точки выступает калиброванное отверстие зеркальной диафрагмы b.

Фотоприёмное устройство содержит приёмник излучения, термостат, снабженный датчиком температуры и нагревательным элементом, а также схему усиления сигнала приёмника.

Микропроцессорный блок цифровой обработки предназначен для преобразования и обработки электрического сигнала фотоприёмника. Микропроцессорная электроника в сочетании с развитым программным обеспечением обеспечивают необходимый набор алгоритмов обработки информации и сервисных средств.

Сигнал приёмника излучения после усиления поступает на АЦП.

Таблица 27.2

Метрологические характеристики пирометра ПД 4

Конструктивное исполнение	Диапазон измеряемых температур, °C	Эффективная длина волны, нм	Показатель визирования при номинальном рабочем расстоянии	Предельная погрешность, ±%, не более	Диапазон температур окружающей среды, °C
ПД-4-01	1000...2500	650 ± 200	1 : 100	0,5	0...40
ПД-4-02	800...2300	950 ± 200	1 : 100	0,5	0...40
ПД-4-03	1200...2500	656,3 ± 10*	1 : 300	0,25	20 ± 5
ПД-4-04	1000...2300	950 ± 10*	1 : 300	0,25	20 ± 5
ПД-4-05	800...2500	1550 ± 200	1 : 100	0,5	0...40
ПД-4-06	1200...2500	656,3 ± 10*	1 : 500	0,2	20 ± 5

* Обеспечивается интерференционным фильтром

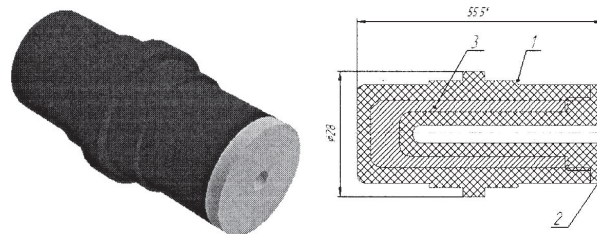


Рис. 27.5 Ампула для АЧТ 35/900/2500

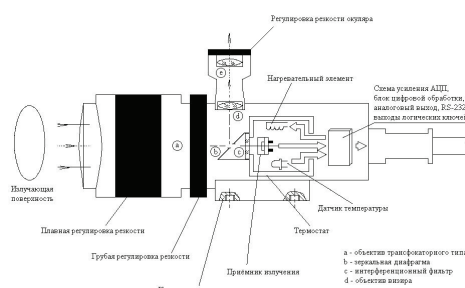


Рис. 27.6. Структурная схема пирометра



Система стабилизации температуры термостата предназначена для стабилизации температуры приёмника излучения и АЦП. Для контроля температуры термостата сигнал датчика температуры периодически передается на АЦП.

Цифровую обработку сигналов с АЦП выполняет микропроцессорный блок, функциями которого являются:

- преобразование сигнала с АЦП в температуру с учетом излучательной способности;
- сглаживание измеряемого значения температуры;
- выборка максимального и минимального значения температуры;
- контроль температуры термостата;
- организация связи с компьютером по последовательному каналу RS-232 с оптико-электронной развязкой на входе компьютера;
- выдачу сигналов управления на выходные логические ключи пирометра.

Схема аналогового выхода формирует линейный выходной токовый сигнал. Стабилизация характеристик прибора осуществляется путем термостатирования узлов датчика, устройства усиления и АЦП при помощи расположенных в термостате термометра сопротивления и двух нагревателей, расположенных симметрично в термостате. Нагрев и вывод термостата на соответствующий режим работы осуществляется по ПИД-закону и контролируется в режиме реального времени, вывод информации о термостате на дисплей компьютера в числовом или графическом виде по желанию пользователя. Точность поддержания температуры термостата не хуже 0.01 °С. Причем по желанию пользователя или в зависимости от условий эксплуатации термостат можно как отключить, так и установить на температуру от 30 до 65 °С. Благодаря такому решению были сведены практически к 0 температурные дрейфы всех элементов усиления и преобразования сигнала в цифровой вид.

Блок цифровой обработки позволяет формировать на выходе все стандартные токовые выходы 0...5 мА, 4...20 мА, 0...20 мА и одновременно менять диапазон температур необходимых для измерения.

Применение элементной базы передовых зарубежных фирм-производителей, таких как Atmel, Analog Devices, Hamamatsu позволило получить прибор с требуемыми техническими характеристиками.

Наличие в приборе интерфейсного порта RS 232 и разработанного программного обеспечения PiroVisual совместимое с Windows 95/98XP, позволяет:

- идентифицировать пирометр;
- отображать текущее, минимальное и максимальное значение температуры;
- задавать коэффициент коррекции излучательной способности;
- сигнализировать о неисправности прибора или выходе параметров за допустимые значения;
- производить визуализацию измерений в файл на жестком диске;
- выводить графики или их фрагменты на принтер;
- настраивать цифровой фильтр и быстродействие;
- настраивать токовый выход;
- проводить калибровку пирометра, то есть осуществлять контроль, настройку и управление работы пирометра с помощью ЭВМ.

Метрологическое обеспечение и настройка данного прибора осуществляется на разработанных и успешно выпускаемых заводом моделях АЧТ. Проведенные в августе 2004 года испытания показали возможности его калибровки и с помощью темп-ой лампы СИ-10-300.

Пирометр модификации ПД-4-06 сертифицирован, как эталонный и может заменять ЭОП-93, выпускаемый на Украине.

Образцовые пирометры серии ПД-9 предназначены для бесконтактного измерения температуры в диапазоне 400÷1400 °С и основной погрешности 0,2% нагретых тел по их тепловому излучению. Пирометры этой серии оснащены шеститочечным круговым лазерным целеуказателем, который значительно упрощает процесс наведения и фокусировки на объекте измерений, подсвечивая контур пятна визирования прибора. Показатель визирования пирометра не менее 1:100, что соответствует пятну визирования 10 мм при расстоянии до контролируемой поверхности 1000 мм. Кожух пирометра выполнен из нержавеющей стали, позволяющей предохранить прибор от коррозии.

Измеренное значение температуры отображается на десятиразрядном ЖК-дисплее со светодиодной подсветкой. При помощи кнопок управления на панели пирометра возможно изменять настройки прибора и проводить коррекцию на излучательную способность объекта контроля.

Микропроцессорная система блока обработки сигнала позволяет:

- индифицировать значение измеряемой температуры на ЖК-дисплее с разрешением 0.01 °С
- корректировать коэффициент излучательной способности с дискретностью 0.001
- контролировать и выводить на экран монитора персонального компьютера в графическом виде значение температуры в реальном времени, а также сохранять полученные результаты для последующей обработки
- осуществлять подсветку лазерным целеуказателем, показывая действительное пятно контроля на объекте
- производить калибровку нуля
- настраивать цифровой фильтр и быстродействие
- производить выбор режима работы токового выхода (0-5, 0-20, 4-20 мА) и задавать динамический диапазон температуры (например 0-5 мА и диапазон 500-700 °С)

- регулировать температуру двумя логическими ключами
- осуществлять блокировку кнопок управления от несанкционированного доступа к настройкам прибора при помощи пароля
- обновлять микропрограмму прибора

Входящее в комплект поставки программное обеспечение PiroVisual, совместимое с Windows 98/XP и выполняет аналогичные функции, как пирометр ПД4-06

В соответствии с рекомендациями Supplementary for the Its-90 глава 6.2.2. использование радиационных термометров типа ПД-4-06 и ПД-9-02 допускается для передачи шкалы в качестве интерполяционного прибора параллельно температурным лампам, что обеспечивает взаимный контроль и повышает достоверность сохраняемой шкалы.

Разработка и организация серийного производства эталонных излучателей для метрологического обеспечения тепловизионных приборов (ТПВ)

При проектировании АЧТ следовало учитывать и специфику метрологического обеспечения измерительных тепловизоров и линейно-сканирующих пирометров. Дело в том, что традиционные излучатели позволяют контролировать только часть их параметров – диапазоны измеряемых температур и пределы допускаемых погрешностей. Остальные важные характеристики приборов, пространственные и временные, должны определяться протяженными излучателями с комплектами тепловых мир, рис.28.7.

Тепловые миры изготовлены из материала высокой теплопроводностью, на внешнюю сторону миры нанесено специальное покрытие с коэффициентом излучения 0,96; вторая сторона, обращенная к излучателю полированная. Миры крепятся на расстоянии 1-1,5 см от излучающей поверхности протяженного излучателя.

Требуемые технические характеристики протяженного излучателя приведены в табл.28.3

С помощью системы ПЧТ+мира определяют порог температурной чувствительности, неравномерность чувствительности тепловизора по полю, а также сходимость показаний тепловизора. С помощью миры А определяется пространственное (угловое) разрешение поверяемого тепловизора, а миры Б – угол поля зрения.

Особенности разрабатываемого эталонного оборудования определялись также с учетом характеристик импортных и отечественных тепловизоров.

Учитывая многообразие типов и модификаций, вновь создаваемых и находящихся в эксплуатации тепловизоров, большее количество которых поступает из-за рубежа, необходимо было классифицировать метрологические параметры и характеристики, подлежащие обязательному контролю на стадии испытаний и при проверке. Существующие нормативно-технические документы не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к современным тепловизионным приборам.

Основные технические требования к метрологическому оборудованию для тепловизионной техники перечислены в табл. 28.3 При разработке протяженного излучателя, рис. 22.2 также реализована идея жидкостного термостата.

Излучатель предназначен для градуировки и поверки тепловизоров и пирометров в диапазоне температур 30...95 °С. Конструктивно он состоит из излучателя и блока управления.

Излучатель представляет собой металлический резервуар, передняя сторона которого – дюралевая пластина 0,54х0,54 м, на лицевую поверхность которой нанесено покрытие с коэффициентом излучения не менее 0,96. В резервуар через верхний патрубок заливается теплоноситель (около 24 л) дистиллированная вода или силиконовое масло. Теплоноситель нагревается расположенными в резервуаре нагревательными элементами. Для достижения однородной температуры излучающей плоскости теплоноситель принудительно перемешивается крыльчаткой, которая установлена внутри резервуара. В поток теплоносителя помещен датчик (термометр сопротивления), подсоединенный к блоку автоматического регулирования температуры БУ-1, с помощью которого осуществляются установка и поддержание температуры теплоносителя, отображают на светодиодном дисплее. На внутренней поверхности пластины зачеканивались восемь ХА термопар для контроля однородности температуры. Экспериментально было доказано, что её поддержание находится в пределах ±0,02 К.

Контрольные испытания выполнены во ВНИИМ г.Санкт-Петербург и их результаты сравниваются с зарубежными аналогами в табл. 28.4.

Метрологические характеристики разработанного протяженного излучателя определяли в соответствии с [3]. Излучательную способность его рабочей поверхности оценивали путем сличения ПЧТ-540/40/100 с вторичным эталоном энергетической яркости и температуры по инфракрасному излучению.

Исследование распределения температуры по поверхности излучателя показали:

- максимальное отклонение показаний термометра от центральной точки по рабочей области не превышает 0,07 °С в диапазоне температур 30...60 °С и 0,09 °С в диапазоне 60...95 °С;



Таблица 27.3

Технические характеристики протяженного излучателя

Технические характеристики	
Диапазон воспроизводимых температур, °C	30...95 °C
Коэффициент излучательной способности	0,9±0,005
Нестабильность поддержания температуры не более °C/мин	±0,05
Неравномерность температурного поля по рабочей области излучателя, °C	±0,1
Рабочая область излучателя мм	100 x 100 при 95 °C

- максимальное отклонение показаний образцового пирометра от центральной точки по рабочей области в диапазоне температур 30...95 °C не более 0,1 °C в области 110x110 мм.

- при температуре 30 °C – неравномерность температурного поля по рабочей поверхности 500x500мм не превышает 0,1 °C;

- при температуре 95 °C – неравномерность температурного поля 0,1 °C сохраняется в пределах зоны 110x110 мм.

Излучатель комплектуется набором тепловых мир, которые состоят из крестовой миры, позволяющей определять угол поля зрения тепловизионных приборов, и щелевой миры, служащей для определения пространственного разрешения тепловизора (см.рис.20.3)

При их применении выявилась неоднородность распределения температуры по поверхности, вызванная возникновением интенсивного конвективного теплообмена в системе протяженный излучатель – тепловая мира. Для устранения вертикального градиента по поверхности крестовой миры разработана система термостатирования, что позволило значительно уменьшить темп-ный градиент.

Описанная система термостатирования также позволила снизить градиент температур по щелевой миры до 0,03°C/см.

Разработанный излучатель и набор мир внедрены для поверки тепловизоров.

По результатам использования рекомендации Р 50.2.012-2001 и созданных средств метрологического обеспечения, был разработан государственный стандарт ГОСТ Р 8.619-2006 «Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки», утвержденный приказом Ростехрегулирования от 24 июля 2006 г. № 142-ст. Этот стандарт введен в действие с 01.01.2007.

Кроме этого, вследствие отсутствия аналогичных нормативных документов в международной метрологии, по инициативе ВНИИМ, решением 37-го заседания международного комитета законодательной метрологии ВНИИМ была поручена разработка международного стандарта OIML Recommendation «Procedure for control of the main characteristics of thermographic instruments» в рамках Международной Организации Законодательной Метрологии. Проведение данной работы параллельно с разработкой ГОСТ Р 8.619-2006 позволило использовать лучшие достижения зарубежных специалистов при разработке российского стандарта и гармонизировать его с международным нормативным документом. На данный момент проект международной рекомендации находится на стадии финального голосования, введение документа в силу предполагается в конце 2007 года.

Разработанные проекты заполняют нормативный вакуум, возникший в метрологическом обеспечении измерительных тепловизоров. Проекты обеспечивают единство терминов и понятий в международной метрологии, они вводят ряд параметров и характеристик, контроль которых позволит обеспечить единство измерений температурных полей данными приборами.

В рамках двустороннего сотрудничества с РТВ (Германия) в 2006 г. начаты совместные работы в области метрологического обеспечения измерительных тепловизионных приборов. По результатам первого этапа работ, можно отметить, что в международной метрологии в области измерительного тепловидения: нет единства в терминологии, отсутствует разделение на классы измерительных и обнаружительных тепловизионных приборов, нет четко сформулированного перечня метрологических харак-

теристик подлежащих поверке. Вследствие этого у тепловизионных измерительных приборов проводится проверка характеристик, которые не являются метрологическими, являются характеристиками обнаружительных тепловизоров.

Таким образом, на данный момент ВНИИМ им. Д.И. Менделеева создал совместно с ОАО НП «Эталон» совершенствует уникальную в мировом масштабе систему метрологического обеспечения измерительных тепловизионных приборов, которая привязана к государственным первичным эталонам единиц температуры, включающая в себя нормативную документацию на методы поверки и комплекс метрологического оборудования, для контроля и оценки и характеристик тепловизионных измерительных приборов [7]. Рабочие средства измерений радиационной температуры - пирометры

В настоящее время, благодаря использованию принципиально новой элементной базы, на российском рынке появилось большое количество новых типов средств измерения температуры неконтактным методом – пирометров, как отечественного, так и иностранного производства.

В соответствии с ГОСТ 28243-96 «Пирометры. Общие технические требования», а также нормативной документации по поверки данных рабочих средств измерений (РСИ) основными параметрами, подлежащими контролю и надзору являются:

1. Диапазон температур, °C
2. Предел допускаемой основной погрешности, °C
3. Показатель визирования, °C
4. Время установления показаний (выходных сигналов)

В настоящее время идет процесс согласования проекта стандарта МЭК-IEC62942-1TSEd1. Приборы для контроля промышленных процессов — радиационные термометры.

Из-за того, что данный момент выпуском пирометров занимается большое количество компаний, фирм, привести полный обзор модельного ряда не представляется возможным, поэтому ограничимся обобщенными данными технических характеристик, выполненные в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

Диапазон температур (от -42 до 3000 °C), основная погрешность приборов составляет 0,3%...5% от измеряемой величины или верхнего диапазона измерений. Пирометры позволяют измерять быстропротекающие процессы, в широком интервале окружающих температур, применение в конструкции различных фильтров, в том числе и узкополосных, позволило применять данные средства для дистанционного измерения температуры широкого класса материалов.

Предел допускаемой погрешности для современных пирометров (порядка 70% парка) в большинстве своем составляет от 0,75 до 1,0%. Поэтому для обеспечения соотношения доверительных погрешностей ОСИ и предела допускаемой погрешности РСИ соответствующего не более 1:2, требуется, чтобы доверительная погрешность разрабатываемых излучателей АЧТ должна быть не более 0,4%.

Низкотемпературные пирометры имеют показатели визирования в основном от 1:15 до 1:60, что обусловлено низким уровнем энергии и малой чувствительностью приемников излучения, поэтому диаметр выходной апертуры полости излучателя должен быть как минимум в 1,3-1,5 раза больше поля зрения поверяемого или калибруемого пирометра. Для средние и высокотемпературных пирометров данная характеристика варьируется, в среднем, от 1:40 до 1:200, поэтому диаметр выходной апертуры может быть значительно меньше, но удовлетворять условию $D/S \geq 1,2$.

Выпускаемые отечественными и зарубежными производителями пирометры строятся на одинаковой схеме-линзовая либо зеркальная система фокусировки, пироэлектрический, фотодиодный либо термоэлектрический приемник ИК излучения, схема усиления и узел микропроцессорной обработки. Линзовые и зеркальные системы фокусировки требуют специальных материалов, прозрачных в ИК области спектра, тщательной юстировки, бережного обращения в эксплуатации. В качестве приемника используется кремневый фотодиод для $\lambda=900\text{nm}$ или фотоумножитель для $\lambda=660\text{nm}$.

Использование современной элементной базы существенно расширило возможности этих приборов и позволило наделять их новыми свойствами - помимо измерения они могут теперь проводить обработку полученной информации и осуществлять сложные действия по управлению течением технологических процессов. Снизился их вес, уменьшились габариты, приборы стали проще и удобнее в эксплуатации.

Все это оказалось возможным благодаря применению в приборах новой элементной базы, включающей микропроцессоры. Использование электроники нового поколения позволило также снизить процент отказов приборов как за счет уменьшения количества используемых элементов, так и за счет высокой надежности каждого из них. Кроме того, более корректно учитывается влияние излучательной способности измеряемого объекта и температуры окружающей среды, что позволило повысить точность измерений в цеховых условиях. Высокая стабильность источников опорного напряжения и цифровое преобразование сигнала приемника излучения в температуру создали предпосылки для увеличения межповторного интервала пирометров.

Примером пирометра, обладающего указанными достоинствами, являются

Таблица 27.4

Сравнительные технические характеристики излучателя

ПЧТ-540/40/100 и М315х4 фирмы Микрон (США)

Технические характеристики излучателя	ПЧТ-540/40/100	М315х4
Диапазон воспроизводимых темп-р, °C	30-95	5-200
Коэффициент черноты поверхности	0,96±0,005	0,97±0,01
Нестабильность поддержания темп-ры не более, °C/мин	±0,02	±0,1
Неравномерность температурного поля по рабочей области излучателя не более, °C	±0,1	±0,3 при 100°C
Рабочая область излучателя, мм	110x110 при 95°C	101x101



ся разработанный ОАО НПП «Эталон» оптоволоконный пирометр-регулятор ПД-10. Имеющийся в схеме пирометра регулятор обеспечивает возможность построения системы регулирования температуры по ПИД-закону.

Пирометры серии ПД-10 разработаны для массового применения в металлургии, машиностроении, химической промышленности. Высокая степень защиты от электромагнитных помех позволяет использовать данный прибор для измерения температуры в индукционных печах.

Настройка параметров регулятора производится с ПЭВМ либо при помощи кнопок на лицевой панели прибора. Микропроцессорная система блока обработки сигнала позволяет:

- индигировать значение измеряемой температуры на ЖК-дисплее с разрешением 0.01°C
- корректировать коэфф-т излучательной способности с дискретностью 0.001
- контролировать и выводить на экран монитора персонального компьютера в графическом виде значение температуры в реальном времени, а также сохранять полученные результаты для последующей обработки
- осуществлять подсветку лазерным целеуказателем, показывая действительное пятно контроля на объекте
- производить автоматическую калибровку нуля
- настраивать цифровой фильтр и быстродействие
- производить выбор режима работы токового выхода (0-5, 0-20, 4-20 мА) и задавать динамический диапазон темп-ры (напр. 0-5 мА и диапазон 500-700 °C)
- регулировать температуру в комплексе с блоком гальванической развязки и твердотельным реле (в комплект поставки не входит)
- осуществлять блокировку кнопок управления от несанкционированного доступа к настройкам прибора при помощи пароля
- обновлять микропрограмму прибора

Входящее в комплект поставки программное обеспечение PiroVisual, совместимое с Windows 98/XP, позволяет:

- идентифицировать пирометр
- отображать текущее, минимальное и максимальное значение температуры
- производить визуализацию измерений в виде графика в режиме реального времени
- задавать коэффициент коррекции излучательной способности
- производить выбор режима работы токового выхода
- производить автоматическую калибровку нуля
- настраивать цифровой фильтр и быстродействие
- проводить калибровку пирометра
- настраивать режимы ПИД-регулятора
- сигнализировать о неисправности прибора или выходе параметров за допустимые значения
- вести непрерывную запись измерений в файл на жестком диске
- выводить графики или их фрагменты на принтер

Аналоги пирометра с встроенным ПИД-регулятором и фазовым упр-ем не найдены. Стабильность поддержания темп-ры показана на рис.27. 9.

Уникальность концепции прибора в том, что она позволяет отказать от отдельного регулятора и линии связи между измерителем и регулятором, что позволяет увеличить быстродействие и уменьшить по-

грешность регулирования.

Имеется перестраиваемый стандартный токовый выход 0-5, 4-20, 0-20 мА и стандартный интерфейс RS-232 для связи с ПК.

Стоимость пирометра-регулятора незначительно больше стоимости простого пирометра. Настройка параметров регулирования и собственно пирометра как измерителя может проводиться одновременно, как с помощью панели управления, так и с помощью универсального программного обеспечения.

Заключение

Подводя итоги, можно привести выдержку из «Меморандума» 3-ей Всероссийской конференции по проблемам термометрии, в которой отражено состояние метрологического обеспечения радиационной термометрии и, в частности, результаты проведенной работы, описанной в данной статье.

В России создан и внедрен комплекс современных эталонов и рабочих средств измерений температуры интегрированного в Международную систему единства измерений.

Описанные в статье излучатели и пирометры соответствуют современным требованиям Государственной поверочной схемы и позволяют полностью осуществлять метрологическое обеспечение радиационной термометрии во всем требуемом диапазоне температур. В качестве примера в табл.28.6 приведены характеристики пирометров, выпускаемых в настоящее время предприятием ОАО НПП «Эталон», г.Омск. Серийно выпускаемые отечественными производителями пирометры обеспечены средствами поверки и калибровки и удовлетворяют по своим характеристикам современным промышленным требованиям.

Дальнейшее совершенствование метрологического обеспечения промышленности включает в себя много задач:

- повышение точности измерения, передачи и поддержания температуры в технологических процессах, в ряде случаев до 0,01°C.
- сокращение затрат времени на проведение поверки и калибровки, совершенствование методик поверки, возможное увеличение межповерочных интервалов;
- переход на цифровой интерфейс систем управления, возможность создания простых в обслуживании систем регулирования и сигнализации;
- разработка методической и технической документации, обеспечивающей оптимальное применение средств и методов измерения температуры радиационными термометрами, расчеты точностных характеристик результатов измерений и контроля технологических процессов.

Таблица 27.6

Основные технические характеристики пирометров

Технические характеристики	ПП-1	ПТ-1	ПД-9	СТ-2	ПД-4	ПД-6	ПД-7	ПД-10	ПС-1
Диапазон измерения температуры, °С	-40...+2000	-40...1100	400...1400	300...2000	800...2500	300...1000	300...2500	300...2500	800...2000
Показатель визирования	1:40	1:30	1:100	1:50	1:500	1:100	1:150	1:150	1:50
Рабочая температура, °С	до 50	до 50	до 50	до 50	до 50	до 50	Кабель до 150		-40...+50
Время отклика, с	1.0	0,5	1.0, 0.2, 0.1		1.0, 0.2, 0.1, 0.05				1.0, 0.2, 0.1
Выходной сигнал, мА (токовый выход)	Термопарный вход	0 - 20, 4 - 20, 0 - 5 гибко перепрограммируемые пределы токового выхода							
Тип интерфейса	RS232								
Микропроцессорная обработка сигнала	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уставка параметров предупреждения	-	две гибко перепрограммируемые уставки						Пид регулятор	гибко перепрограммируемая уставка
Встроенный ЖКИ дисп-лей, панель управления	+	+	+	Светодиодный	+	+	+	+	-
Тип питания	9В	24В	24В	24В	24В	24В	24В	24В	24В
Спектральный диапазон, мкм	8...14	8...14	0,9...1,7	0,9...1,7	0.656...0.950	0,9...1,7	0,9...1,7	0,9...1,7	0,32...1,1
Коэффициент излучения (коррекция)	0.1...1.5 с шагом 0.1					0.1...1.5 с шагом 0.001			0.1...1.5 с шагом 0.1
Предел допускаемой основной погрешности, %	± 1 %	± 1 %	± 0.5 %,	± 1 %	± 0.5 %, ± 0.2 %	± 0.5 %	± 0.5 %	± 1 %	± 1 %

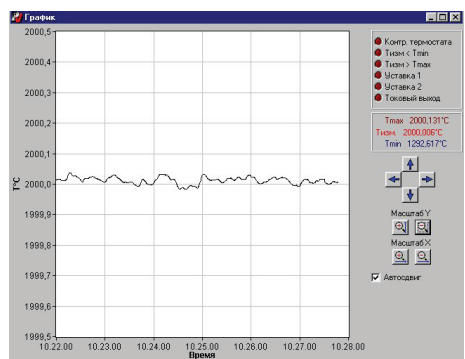
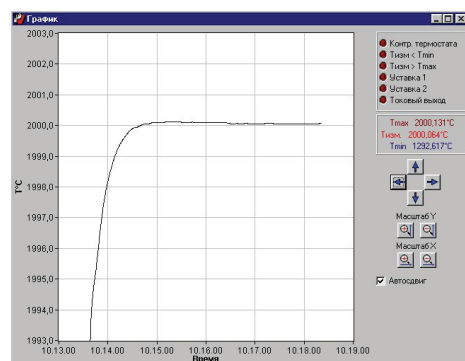


Рис. 27.9. Стабильность поддержания температуры излучателя с пирометром ПД-9

28. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ОАО НПП "ЭТАЛОН" ДЛЯ НУЖД ЭНЕРГОАУДИТА



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

«ОАО НПП «Эталон» — ведущее государственное (100% акций) приборостроительное предприятие страны. Оно было организовано решением Омского облисполкома еще в 1957 г. как Завод по ремонту мер и измерительных приборов.

Основную часть выпускаемой продукции 86% составляли эталонные средства измерения СВЧ-диапазона и эталонные меры микронного диапазона для электронной и оптической промышленности.

В результате распада СССР в 1992 г. резко упал объем, сократилась номенклатура продукции. Перед предприятием стояла проблема конверсии и диверсификации производства. В эти годы страна полностью потеряла предприятия, выпускающие средства измерения температуры, находящиеся на Украине, а также производство метрологического оборудования.

Завод приступил к разработке и выпуску рабочих средств измерения температуры. Данная проблема в основном была решена к 2000 г. Параллельно с разработкой и выпуском рабочих СИ шла подготовка к производству метрологического оборудования для диапазона температур — 200...+3000 °С.

Коллективом завода за эти годы был создан инновационный комплекс средств воспроизведения единицы температуры, её передачи, измерения, преобразования и регулирования.

В настоящее время продукция завода востребована по пяти видам измерения (температура, теплопроводность, тепловые потоки, радиоизмерения СВЧ-диапазона и меры микронного диапазона). Кроме рабочих средств измерения выпускаются 23 государственных вторичных эталона. В 2008 г. Коллегией Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии утверждены три государственных первичных эталона (температура, теплопроводность, тепловые потоки) для которых половина всех узлов и деталей изготавливались на нашем предприятии.

Модернизацию эталонов вели с учетом новейших идей в области совершенствования методов и средств воспроизведения единицы, предложенных в рабочих Консультативных комитетах МОЗМ. При этом были обновлены все схемы передачи размера единиц, т.е. разработаны необходимые рабочие эталоны поверочной схемы, в отдельных случаях — даже специальные рабочие средства [1].

Следует обратить внимание на еще одну особенность эталонов - это их комплексность. Весь этот комплекс: и рабочие эталоны и, особенно, рабочие СИ — новые, они абсолютно конкурентоспособны с зарубежными эталонами, а некоторые из них даже превосходят зарубежные по своим характеристикам [2].

Внедрение новых эталонов обеспечивает интеграцию экономики России в мировую экономику, решая проблему вступления России во Всемирную торговую организацию в части метрологии. Термометрия и энергоаудит.

Следует отметить, что в 1992 году в результате распада СССР Россия потеряла все производство рабочих средств измерения температуры (в СССР это была специализация за Львовским регионом Украины), ее метрологическое обеспечение (Украина и Казахстан).

Как известно измерения температуры являются одним из

наиболее востребованных в науке и промышленности видов измерений. Причем возрастает не только количество и номенклатура используемых средств измерений температуры, но и неуклонно увеличивается требования к точности измерений.

Значительный прогресс в развитии средств измерений температуры в последние два десятилетия достигнут преимущественно за счет развития электроники.

Прослеживаемость передачи размера единицы от эталона к рабочему средству измерений в нашей стране решается поверочной схемой для средств измерений, которая регламентирует порядок передачи единицы, методы и средства передачи (приложение 28.1), а также их погрешности.

В приложении 381 представлена «Поверочная схема» для контактной термометрии, на которой схематично показано оборудование которое разрабатывается нами и выпускается для обеспечения единства измерений в этом диапазоне, на рис.28.1, 28.2, 28.3 изображено само оборудование.

В области энергосбережения и разработана концепция развития МО по следующим видам энергии и энергоносителей:

- тепловая энергия:
 - учет тепловой энергии в системах водяного теплоснабжения, - потери тепла на теплотрассах,
 - энергоаудит зданий жилого и производственного назначения, сертификация элементов строительных конструкций по тепловым характеристикам, — теплопроводность строительных и теплоизоляционных материалов;
- природный газ нефть и нефтепродукты
 - определение теплоты сгорания природного газа и других топлив, - определение компонентного состава природного газа и его теплоты сгорания расчетным методом, обеспечение эффективности топливосжигающих установок,
 - измерения параметров, определяющих качество нефти и нефтепродуктов,
 - учет объема и массы газа, нефти и нефтепродуктов, проходящих по трубопроводам;
- электроэнергия:
 - учет электроэнергии и измерения параметров, определяющих ее качество.

Развитие электроники послужило основой существенного прогресса в области радиационной термометрии, измерительного тепловидения. Современные пирометры намного превосходят по своим метрологическим и эксплуатационным характеристикам радиационные термометры начала 90-х годов [3].

Прослеживаемость передачи размера единицы в этом диапазоне представленном на приложении 28.2, а метрологическое оборудование используемое для этих целей (рис.28.4)

В качестве рабочих средств измерения используется для энергоаудита оборудование представленное на рисунке 28.5.

Следует отметить, что жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является крупнейшим потребителем топливно-энергетических ресурсов. Системы водяного теплоснабжения составляют основу ЖКХ (свыше 30% выработки тепловой энергии в России). Ежегодная потребность в расходах на ЖКХ колеблется от 35 % до 50 % муниципальных бюджетов.

Особенностями водяных систем теплоснабжения в России являются:

1. Централизованность отопления, приводящая к большой протяженности теплотрасс.
 2. Отсутствие систем автоматизированного поддержания температуры в отапливаемых помещениях.
 3. Подавляющее использование открытых систем водяного теплоснабжения.
 4. Недостаточно полный охват систем водяного теплоснабжения средствами измерения и учета тепловой энергии.
- Учет тепловой энергии в системах водяного теплоснабжения осуществляется с помощью теплосчетчиков.

Для измерений тепловых потерь применяют контактные и дистанционные СИ. Контактные СИ отличаются более высокой точностью измерений, но позволяют проводить измерения в некоторых конкретных точках теплотрассы, дистанционные СИ (тепловизоры) имеют существенно более низкую точность измерений, но они дают возможность получения измерительной информации со всех участков теплотрассы.

Наибольший эффект дает совместное применение контактных и дистанционных СИ, что будет подробно изложено ниже.

Система тепловизионного контроля СТК-1 (рис. 28.6) используется для дистанционной визуализации тепловых полей, их регистрации и хранения в виде изображений.

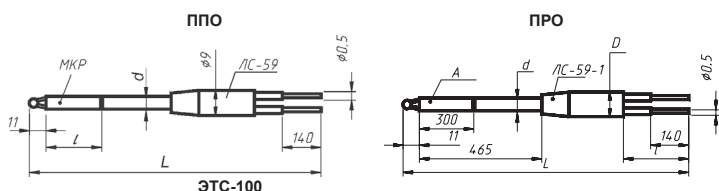


Рис.28.1. Эталонные датчики температуры



Рис. 28.2 Средства передачи, измерения и воспроизведения температуры для контактной термометрии.



РАБОЧИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ



для ЭНЕРГОАУДИТА



Рис.28.3 Рабочие средства измерения



Рисунок 28.4. Излучатели «черное тело»

Теплопроводность и энергоаудит

ОАО НПП «Эталон» совместно с ВНИИМ им. Д.И. Менделеева ведет работы по разработке и выпуску рабочих средств измерения и метрологического оборудования для измерения и передачи единицы теплопроводности.

Потребность в измерении теплопроводности существует практически в любых областях науки и промышленности. Точные измерения теплопроводности особенно необходимы в строительстве и энергетике, металлургии и материаловедении, авиации и космонавтике, электронике и машиностроении.

После распада СССР основные производители рабочих средств измерения РСИ теплопроводности оказались за границей и прекратили свое существование.

В настоящее время увеличивается число потребителей, которым необходимы рабочие средства измерений, по точностным характеристикам замыкающиеся непосредственно на государственный первичный эталон (ГПЭ) единицы теплопроводности. Это относится в основном к рабочим средствам измерений, обеспечивающим выполнение значительно повысившихся в последние годы требований по энергосбережению и теплотехнике в высокотехнологичных отраслях промышленности. Прежде всего в строительстве и энергетике [4].

Введение большого числа новых энергосберегающих стандартов в строительстве обусловило появление определенных проблем в работе сертификационных и испытательных центров. Необходимость технологического контроля и сертификации материалов по теплопроводности возникает при производстве и эксплуатации новых материалов различного назначения, а также при испытаниях на соответствие требованиям нормативных документов наиболее ответственных элементов сложных инженерных объектов, например, ограждающих конструкций зданий и сооружений [5]. Это особенно важно для материалов, теплопроводность которых является сертифицируемым параметром.

Размер единицы от первичного эталона передают рабочим эталонам методом прямых измерений или сличением с помощью компаратора, а также прецизионным РСИ методом прямых измерений (рис.28.7). Доверительные границы относительных погрешностей рабо-



Пирометры оптоволоконные серии Д-7 (300 до +2500°С)



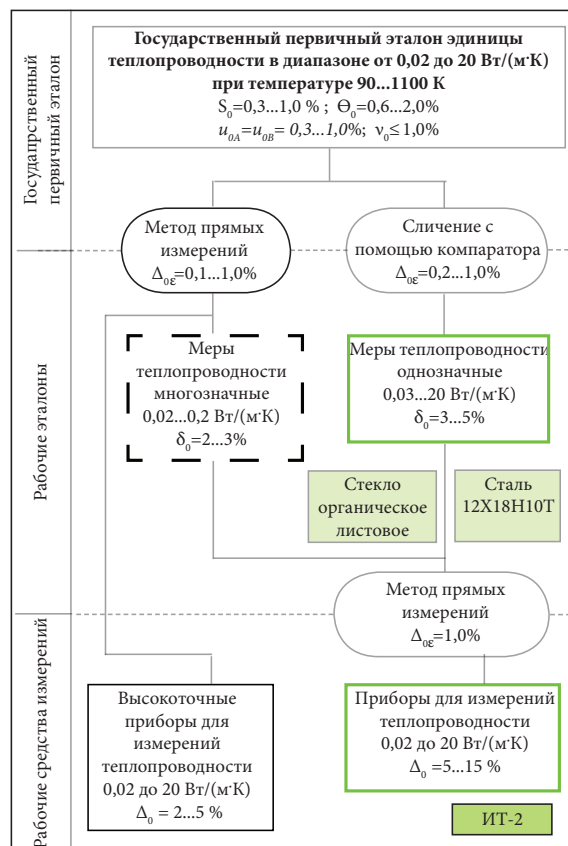
Пирометры портативные П-1 (-20 до +2000°С)

Рис.28.5. Рабочие средства измерения



Рис.28.6 Система тепловизионного контроля

СТК обеспечивает получение, хранение и математическую обработку температурных профилей 4-х сечений и работу 2-х приборов на 1 компьютер. Связь первичных приборов с компьютером по 2-х проводной токовой петле с опто-электронной развязкой на входе компьютера.



$\Delta_{\text{с}}$ - относительная погрешность передачи размера единицы величины

Выпускает ОАО НПП "ЭТАЛОН"

Рис.28.7 Государственная поверочная схема теплопроводности

чих эталонов при доверительной вероятности 0,95 составляют от 2 до 5%. Рабочие эталоны применяют для поверки РСИ методом прямых измерений.

В качестве РСИ применяют приборы для измерений теплопроводности твёрдых тел в диапазоне от 0,02 до 20 Вт/(м·К) при температуре от 90 до 1100 К.

Новые РСИ разработанный совместно с ВНИИМ первый в стране многоканальный измеритель теплопроводности ИТ-2 (рис.31.5).

Измерение тепловых потоков в энергоаудите.

Задачи энергосбережения стали общемировой проблемой, а принятие в России закона «Об энергосбережении» привело к более широкому распространению и применению СИ теплового потока. Россия потребляет на нужды отопления в 3-4 раза больше невозполнимых природных ресурсов, чем зарубежные страны с похожими климатическими условиями. Плохая теплозащита становится причиной потери трети потребления тепловой энергии.

Тепловой поток - один из основных параметров всех протекающих тепловых процессов и явлений.

Поэтому контроль и измерение этих потоков представляет интерес для очень многих отраслей науки, техники и промышленности, но прежде всего, для решения вопросов рационального использования энергетических ресурсов.

Повышение точности измерений плотности тепловых потоков позволяет эффективно экономить тепловую энергию за счет получения достоверных данных об источниках тепловых потерь и их количественных значений.

Широкий выпуск преобразователей теплового потока требует создания современных средств их метрологического обеспечения, а также разработки полного набора нормативных документов, обеспечивающих их эксплуатацию и метрологическое обслуживание.

Новый эталон создан в ФГУП «СНИИМ» г. Новосибирск на базе существующей УВТ (рис.28.9) с использованием наиболее апробированных технических решений (средства воспроизведения, хранения и передачи размера единицы).

В качестве рабочих средств измерений поверочная схема предусматривает использование датчиков теплового потока и приборов - измерителей теплового потока (комплекты, содержащие датчики и вторичные измерительные приборы).

В настоящее время ОАО НПП «Эталон» (г.Омск) изготовлен образец установки УТМ — 1 (рис.31.1), разработанной совместно с ФГУП «СНИИМ» и проведены сертификационные испытания.

Она предназначена для поверки датчиков теплового потока различных форм и размеров. Установка предназначена для поверки датчиков теплового потока в диапазоне значений 50...2000Вт/м² с относительной погрешностью передачи размера единицы (1,5...2,5)% при температуре от 20 до 150°С и соответствует государственному рабочему эталону. Установка находится сейчас в СНИИМ на испытаниях для целей утверждения типа. Кроме этого ОАО НПП «Эталон» (г.Омск) изготавливает рабочие средства измерений теплового потока - датчики и измерители теплового потока (рис.28.10), которые планируется внести в Госреестр СИ.

Важным этапом работ, необходимым для широкого внедрения в измерительную практику контактных датчиков теплового потока, является разработка методик выполнения измерений этой физической величины на различных объектах измерения.

Заключение

Подводя итоги, можно сказать, РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ СВОДЯТСЯ К ТРЕМ ПОЛОЖЕНИЯМ [6]:

- основным препятствием на пути инноваций практически во всех сферах, в том числе и в энергоаудита, по-прежнему остается недостаточная точность различных методов и средств измерения;
- практически во всех новых технологиях сдерживающим фактором служит отсутствие точных и достаточно чувствительных датчиков измерения различных величин, необходимых для реализации мониторинга процессов в реальном масштабе времени и создания систем управления новыми технологическими процессами,
- отсутствие стандартов, новых эталонов, подходящих систем единиц, недостаточность совместимости и взаимодействия программного и аппаратного обеспечения устройств управления разрабатываемых технических средств.

Из этих результатов следует, что отставание в различных видах измерений сдерживают во многих секторах экономику.

производит ОАО НПП «Эталон» (Омск).

Специально под эту аппаратуру организовано более десяти новых центров испытаний ограждающих конструкций зданий и сооружений в Москве, С-Петербурге, Краснодаре, Нальчике с возможностью передавать размер единицы прецизионным РСИ непосредственно от первичного эталона.

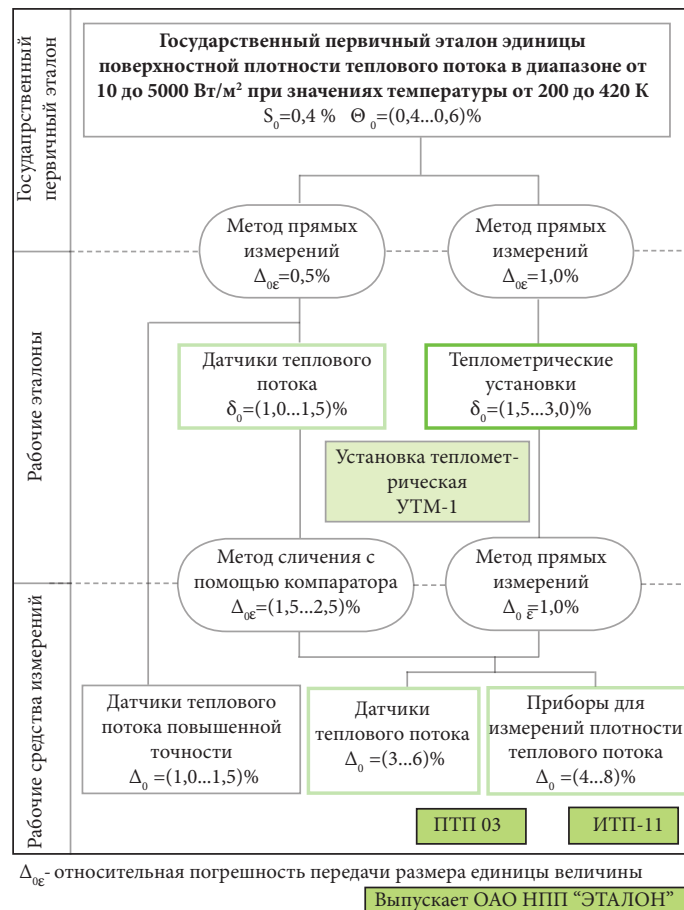


Рис.28.9 Государственная поверочная схема плотности теплового потока



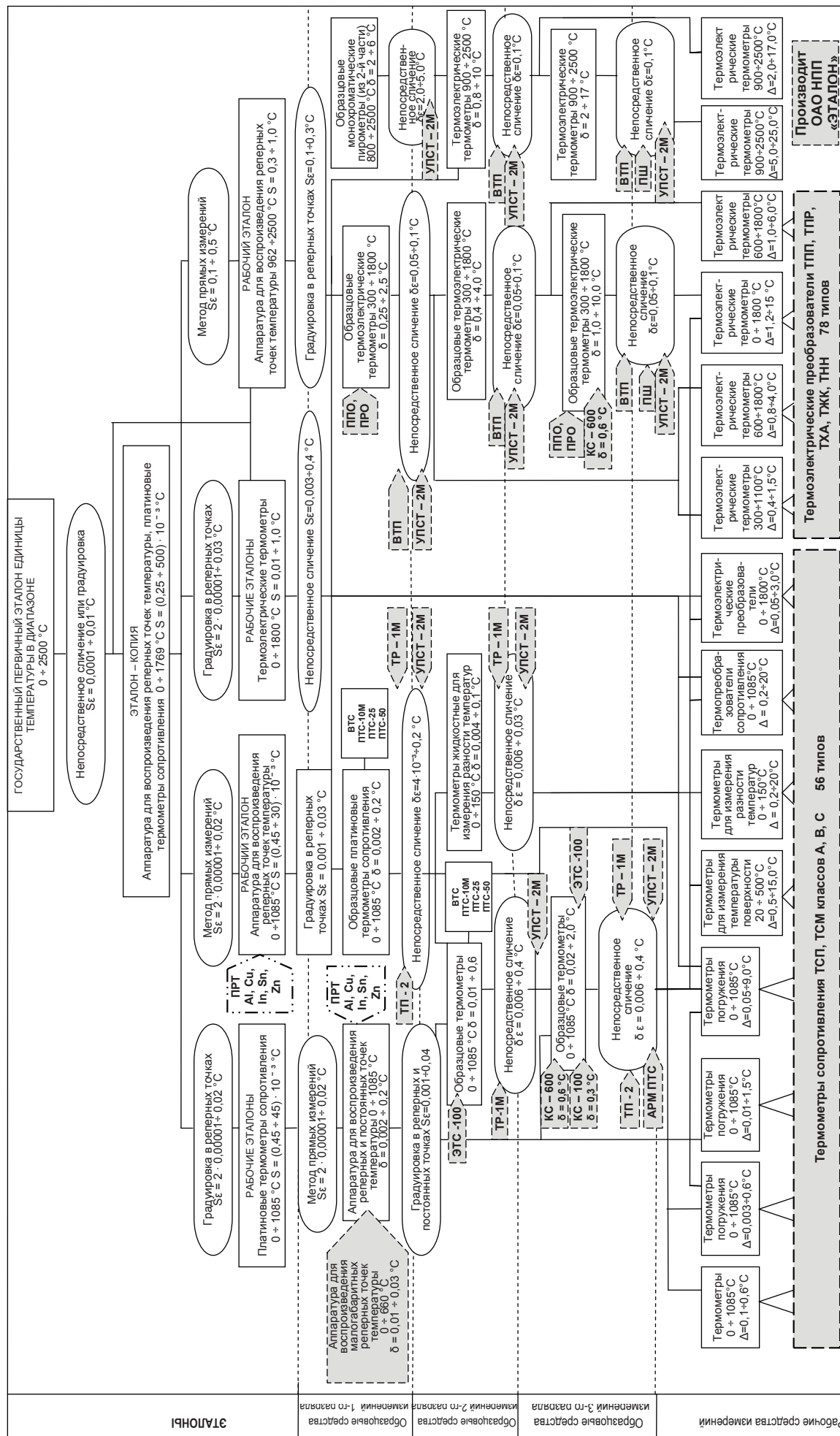
Рис.28.10. Рабочие средства измерения тепловых потоков.

Список используемой литературы:

- 1.В.М. Лахов. Новые эталоны Российской Федерации. Интервью журналу Контрольно-измерительные приборы и системы. 2009. №6
- 2.А.И.Походун, Т.А.Компан, Н.А.Соколов, С.Ф.Герасимов, М.С.Матвеев, В.А.Никоненко, А.С.Коренев, Н.В. Чурилин. Модернизированные государственные первичные эталоны единиц теплофизических величин. Измерительная техника, №8, 2009г.
- 3.В.А. Никоненко, А.И. Походун, М.С. Матвеев, Ю.А. Сильд. Метрологическое обеспечение в радиационной термометрии: проблемы и их решения. Приборы. 2008. № 10
- 4.Н.А. Соколов. Метрологическое обеспечение измерений теплопроводности, теплоизоляции материалов. СтройПрофиль. 2008. №3
- 5.Н.А. Соколов. Проблемы энергосбережения в зданиях и сооружениях. Свето-прозрачные конструкции. СтройПрофиль. 2008. №2
- 6.С.Ю. Золотаревский. Опыт NIST по изучению измерительных потребностей современных инновационных технологий. Законодательная и прикладная метрология. 2007. № 6

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Часть 2. Контактные термометры в диапазоне 0 ÷ 2500 °C





29. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРИБОРЫ В ЭНЕРГОАУДИТЕ

Предлагается в качестве основного приборного обеспечения энергоаудита применение отечественных приборов.

В соответствии с Федеральным Законом № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» энергоаудит или энергетическое обследование предприятий и организаций предполагает оценку всех аспектов деятельности предприятия, которые связаны с затратами на топливо, энергию различных видов и некоторые ресурсы, например, воду.

В отчете ВНИИМ им. Д.И. Менделеева по теме «Разработка концепции развития системы метрологического обеспечения в области энергосбережения» выполнен анализ состояния системы метрологического обеспечения (МО) в области энергосбережения и разработана концепция развития МО по следующим видам энергии и энергоносителей:

по тепловой энергии:

- учет тепловой энергии в системах водяного теплоснабжения,
- потери тепла на теплотрассах,
- энергоаудит зданий жилого и производственного назначения, сертификация элементов

- строительных конструкций по тепловым характеристикам,
- теплопроводность строительных и теплоизоляционных материалов;

по природному газу, нефти и нефтепродуктам:

- определение теплоты сгорания природного газа и других топлив,
- определение компонентного состава природного газа и его теплоты сгорания расчетным методом, обеспечение эффективности топливосжигающих установок,

- измерения параметров, определяющих качество нефти и нефтепродуктов,

- учет объема и массы газа, нефти и нефтепродуктов, проходящих по трубопроводам;

по электроэнергии:

- учет электроэнергии и измерения параметров, определяющих ее качество.

Выполненный анализ показал, что в рассмотренных видах измерений метрологическое обеспечение в России находится на уровне развитых зарубежных стран.

При проведении энергоаудита, помимо прочих необходимых условий, необходимо иметь методику измерений и набор необходимых средств измерений (СИ) определенной точности, поскольку малые приближения в течение большого времени могут привести к значительным потерям.

Надо помнить, что применяемые методики измерения, а соответственно и СИ не должны нарушать установившееся течение процесса, параметры которого измеряются.

Часто возникают вопросы, какие физические величины при проведении энергоаудита нужно измерить и как измерить, какие при этом допустимы погрешности и какие СИ для выполнения требуемых измерений лучше подходят.

В настоящее время нет недостатка в предложениях приборов отечественных и особенно импортных. Исходя из этого многообразия, желательно сформировать некий оптимальный перечень отечественных СИ, наиболее подходящих для целей энергоаудита, с тем чтобы процесс измерения был более унифицированным. При необходимости проведения некоторых измерений возможно применение дополнительных приборов, не включенных в перечень. Тем более, что четкое представление о порядке проведения, необходимости выполнения тех или иных работ при энергоаудите часто знают только специалисты и возникающая при этом в силу разных причин недоверчивость результатов только запутывает существо вопроса и понимание того, что и как нужно сделать, чтобы получить достоверные данные.

Закон «Об энергосбережении...» принят взамен аналогичного закона от 1996 г., поэтому логично предположить изменение показателей энергетической эффективности зданий и сооружений. Однако, в частности, нормативы ГОСТ Р 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения», ГОСТ Р 51541-99 «Энергетическая эффективность. Состав показателей» и т.д. пока не претерпели изменений.

Региональные и муниципальные программы в области энергосбережения в большинстве регионов не разработаны и, насколько известно, ни одна саморегулируемая организация не зарегистрирована. Это значит, что внедрение закона «Об энергосбережении...» будет сдерживаться.

Иногда по ряду причин выполняются работы, не имеющие к

энергоаудиту непосредственного отношения, например связанные с защитой окружающей среды (экологической безопасностью) или с определением вредности протекающих процессов, а из этого вытекает применение приборов, слабо связанных с энергоаудитом, хотя в других случаях эти работы могут быть необходимы.

В статье Бабича В.И. и Игнатюка Н.Н. «Приборное и методическое обеспечение энергоаудита». Журнал «Экологические системы», № 5, 2002 г., и в некоторых других источниках, приводится описание и перечень необходимых приборов для энергоаудита.

Эти приборы перечислены в табл. 29.1

Таблица 29.1

№	Наименование прибора, тип	Изготовитель
1	Газоанализаторы продуктов сгорания KM-9006 (Quintox), KM-900	Kane International (Великобритания)
2	Ультразвуковые накладные расходомеры Portaflow-300, 204, 208	Micronics (Великобритания)
3	Анализаторы количества и качества электроэнергии AR4, AR.5	Circutor (Испания)
4	Инфракрасные термометры KM 801/1000/2000, KM 826	Comark (Великобритания)
5	Термометры с набором датчиков C9008	Comark (Великобритания)
6	Индикатор влажности и температуры KM 8004	Comark (Великобритания)
7	Термоанемометр KM4007	Comark (Великобритания)
8	Люксметр RS	RS (Тайвань)
9	Детектор газовых примесей HXG-1	Kane International (Великобритания)
10	Тахометр цифровой KM 6003	Comark (Великобритания)
11	Ультразвуковой толщиномер Sonagage	Sonatest (Великобритания)
12	Прибор сбора данных Squirrel 10	

Поскольку все перечисленные приборы зарубежные, возникает вопрос: «А что с отечественными приборами?»

В табл. 29.2 приведены приборы отечественного производства, подходящие для применения в энергоаудите и в частности приборы разработки и производства ОАО «НПП «Эталон».

В последнее время интенсивно ведутся работы по совершенствованию метрологического обеспечения измерений плотности теплового потока и теплопроводности, а также средств измерений. Эти работы напрямую связаны с энергоаудитом и было бы естественным включить в предлагаемый перечень приборы для измерений тепловых потоков и теплопроводности.

Таблица 29.2

№	Наименование прибора, тип	Изготовитель
1	Измеритель температуры портативный ИТПМ с комплектом датчиков в чемодане	ОАО «НПП «Эталон», г. Омск
2	Пирометры портативные ПП-1	
3	Тахометр ЦД 9905	
4	Измеритель плотности теплового потока и температуры ИТП-11	
5	Датчик теплового потока ДТП 0924	
6	Измеритель влажности и температуры ИПСП-2	
7	Ультразвуковой расходомер «Акрон-01»,	Московская обл.
8	Анализаторы количества и качества электроэнергии «Энергомонитор» 3.3Т1	г. Санкт-Петербург
9	Газоанализатор «Элан»	Московская обл.
10	Люксметр «Аргус-12»	Московская обл.
11	Термоанемометр ТКА-ПКМ	г. Санкт-Петербург
12	Ультразвуковой толщиномер УТ-93П	НПФ «АВЭК», г. Екатеринбург
13	Измеритель температуры и теплопроводности ИТ-2	ОАО «НПП «Эталон», г. Омск
14	Система тепловизионного контроля СТК-1	



Ниже приводятся краткие описания и основные технические характеристики приборов из табл. 29.2.

Измеритель температуры портативный ИТПМ

Измеритель температуры портативный ИТПМ с комплектом датчиков в чемодане.

Краткое описание датчиков:

ТХА, ТХК 9712 - для измерения температуры поверхности твердых тел в труднодоступных местах;
ТХА, ТХК 9713 (ленточный) - для измерения температуры плоских и выпуклых поверхностей, в том числе неметаллических;
ТХА, ТХК 9709 (стержень с ручкой) погружной - для измерения температуры жидких, газообразных и сыпучих веществ;
ТХА, ТХК 9908 (ленточный-лучковый) - для измерения температуры цилиндрических поверхностей (труб);
ТХА, ТХК 9909 (сильфон 14,5 мм) - для измерения температуры плоских металлических поверхностей;
диапазон измеряемых температур определяется подключаемым датчиком (максимальный -100...1300 °С);

основная погрешность..... ± 1 °С;
количество каналов измерения..... 2;
индикация..... ЖКИ; 4,5 разряда;
цифровой интерфейс..... RS232;
температура окружающей среды..... -30...50 °С;
питание от источника постоянного напряжения..... 9 В;
габаритные размеры..... 205x90x40 мм;
масса..... 0,5 кг.

Пирометр портативный ПП-1

Пирометр портативный ПП-1 предназначен для бесконтактного измерения температуры поверхности объектов по их собственному тепловому излучению.

Технические характеристики:

диапазон температур..... -20...1200 °С;
основная погрешность..... ± 1 %;
индикация..... ЖКИ, 10 разр.;
цифровой интерфейс..... RS232;
возможность работы с контактным датчиком (термопарой);
температура окружающей среды..... 5...50 °С;
питание от источника постоянного напряжения..... 9 В;
габаритные размеры..... 60x100x140 мм;
масса..... 0,5 кг.

Тахометр ЦД 9905

Цифровой тахометр с возможностью измерения угловой, линейной скорости и лазерным указателем.

Технические характеристики:

диапазон измерения в режиме:
угловой скорости..... 5...19999 об/мин;
линейной скорости..... 0,05...1999,9 м/мин;
в режиме фототахометра..... 5...99999 об/мин;
основная погрешность..... $\pm 0,05$ %;
индикация..... ЖКИ, 5 цифр;
питание от источника постоянного напряжения..... 6...9 В;
габаритные размеры..... 208x72x37 мм;
масса..... 0,35 кг.

Измеритель плотности теплового потока и температуры ИТП-11

ИТП-11 предназначен для измерения плотности теплового потока и температуры с помощью внешних подключаемых преобразователей.

Технические характеристики:

диапазон измерения плотности теплового потока..... 0...9999 Вт/м²;
диапазон измерения температуры..... -50...1300 °С;
основная погрешность (в зависимости от коэффициента преобразования)..... 0,4...4 Вт/м²;
индикация..... ЖКИ, 10 знаков;
цифровой интерфейс..... RS232;
питание от источника постоянного напряжения..... 9...12 В;

температура окружающей среды..... 0...50 °С;
габаритные размеры..... 130x80x30 мм;
масса..... 0,5 кг.

Датчик теплового потока ДТП 0924

Технические характеристики:

диапазон измерения поверхностной плотности теплового потока..... 10...2000 Вт/м²;
основная погрешность..... ± 5 %;
теплопроводность..... 0,5 Вт/м·К;
коэффициент преобразования, в пределах..... 20...25 Вт/м²·мВ;
инерционность, не более..... 40 с;
диапазон рабочих температур..... -50...240 °С;
габаритные размеры, не более:

диаметр..... 30 мм;
толщина..... 3 мм;
масса, не более..... 20 г.

Измеритель влажности и температуры ИПСП-2

Технические характеристики:

диапазон измерения температуры..... -30...50 °С;
основная погрешность при измерении температуры:
в диапазоне 0...30 °С..... $\pm 0,5$ °С;
в диапазонах -30...0 и 30...50 °С..... $\pm 1,0$ °С;
разрешающая способность при измерении температуры..... 0,1 °С;
диапазон измерения влажности..... 5...95 %;
основная погрешность при измерении влажности:
в диапазоне 20...80 %..... ± 3 %;
в диапазонах 5...20 и 80...95 %..... 5 %;
разрешающая способность при измерении влажности..... 0,1 %;
питание от источника постоянного напряжения..... 9 В;
температура окружающей среды..... -30...50 °С;
габаритные размеры..... 30x80x30 мм;
масса..... 0,5 кг.

Ультразвуковой расходомер АКРОН-01

Ультразвуковой расходомер АКРОН-01 с накладными излучателями предназначен для измерения расхода и количества звукопроводящих жидкостей с низким содержанием газообразных включений в напорных трубопроводах систем водоснабжения и канализации.

Состав расходомера:

Расходомер АКРОН-01 включает в себя первичный преобразователь ПП-1 и электронный блок БЭ-1, соединенные радиочастотным кабелем. ПП-1 состоит из двух ультразвуковых излучателей и устройства для их крепления на трубе. ПП-1 устанавливается на прямолинейном участке трубопровода на наружной поверхности, очищенной от грязи, краски и ржавчины.

Технические характеристики:

аналоговый интерфейс..... 0-5; 0-20; 4-20 мА;
цифровой интерфейс..... RS232 или RS485;
диаметр условного прохода трубопровода..... 40...2000 мм;
верхние пределы диапазонов измеряемого расхода..... 8...40000 м³/ч;
основная погрешность:
-при измерении объемного расхода..... $\pm 1,5$ %;
-при измерении количества..... ± 2 %;
индикация..... ЖКИ;
температура контролируемой среды..... 10...150 °С;
температура окружающей среды БЭ..... 10...50 °С;
питание от сети переменного напряжения..... 220 В, 50 Гц.

Прибор для измерения электроэнергетических величин «Энергомонитор-3.3Т1»

Приборы для измерения электроэнергетических величин и показателей качества электрической энергии «Энергомонитор-3.3Т1» № по Госреестру: 39952-08

Приборы предназначены для:

измерения и регистрации основных показателей качества электроэнергии (ПКЭ), установ-ленных ГОСТ 13109-97 и EN 50160;
измерения и регистрации основных параметров электрической энергии в однофазных и трехфазных электрических сетях: действующих



значений напряжений и токов при синусоидальной и искаженной формах кривых; активной, реактивной и полной электрической мощности; проверки однофазных и трехфазных счетчиков активной и реактивной электрической энергии на месте эксплуатации, а также для контроля метрологических характеристик счетчиков и правильности их подключения без разрыва токовых цепей; проверки измерительных трансформаторов напряжения и тока на местах их эксплуатации; измерения параметров вторичных цепей (мощности нагрузки) в системах учета электрической энергии; проверки электроизмерительных приборов, энергетических измерительных преобразователей напряжения, тока, активной и реактивной мощности на месте их эксплуатации; измерения амплитудных и пиковых значений переменного напряжения частотой до 500 Гц по одному/трем каналам и по разностному каналу, для проверки и калибровки амплитудных и пиковых вольтметров.

Технические характеристики:

диапазон измерения фазного напряжения..... 0,6...360 В;
номинальный ток0,1...3000 А;
температура окружающей среды.....-20...50 °С;
масса прибора.....2 кг;
ПКЭ по ГОСТ 13109.

Газоанализатор ЭЛАН

Газоанализатор ЭЛАН предназначен для измерения массовой концентрации одного из компонентов - CO, NO, NO₂, SO₂, H₂S, Cl₂, NH₃ или объемной доли O₂ (от исполнения) в воздухе. Принцип действия прибора — электрохимический. Знакосинтезирующий индикатор, звуковая сигнализация с возможностью изменения уровня по концентрации.

Технические характеристики:

основная погрешность (от исполнения).....± (1...3) мг/м³;
рабочая температура.....5...45 °С;
габаритные размеры.....150х70х180 мм;
масса.....1,0 кг;
питание от источника постоянного напряжения.....9...12 В.

Люксметр Аргус-12

Прибор предназначен для измерения освещенности, создаваемой естественным и искусственным светом и яркости самосветящихся объектов.

Показания индицируются в единицах люкс или килोलюкс (1000 люкс) в режиме люксметра и в единицах Кд/м² или кКд/м² в режиме яркомера.

Технические характеристики:

Диапазон измерения освещенности.....10 – 200000 Лк.
Диапазон измерения яркости.....1 – 200000 Кд/м².
Погрешность измерения.....8 %.
Спектральный диапазон.....0,38 - 0,8 мкм.
Габаритные размеры
-индикаторного блока.....125х68х26 мм;
-датчика.....Ø 65мм х 25 мм.
масса.....0,43 кг.

Толщиномер УТ-93П

Технические характеристики:

диапазон измеряемых толщин по стали или по алюминию.....0,6 ... 1000 мм;
основная погрешность при толщине:
- от 0,6 до 30 мм и от 20 до 30 мм.....0,1 + 0,001X
(X - измеряемая величина);
- от 100 до 1000 мм.....0,1 мм;
дискретность измерения.....0,1 мм;
питание от источника постоянного напряжения.....9 В;
температура внешней среды.....- 10...50 °С;
габаритные размеры.....83х140х36 мм.

Термоанемометр ТКА-ПКМ

Цифровой переносной термоанемометр ТКА-ПКМ предназначен для измерения скорости воздушного потока внутри жилых и производственных помещений, а также в системах вентиляции и кондиционирования воздуха.

Технические характеристики:

диапазон измерений 0,1 ... 20 м/с;
основная абсолютная погрешность:
в диапазоне скоростей 0,1 ... 1 м/с, не более.....± (0,045 + 0,05·V) м/с;
в диапазоне скоростей 1 ... 20 м/с, не более.....± (0,1 + 0,05·V) м/с;
где V – измеренная скорость воздушного потока.
цифровой интерфейс.....RS232;
питание от источника постоянного напряжения8...9 В;
температура окружающей среды.....0...50 °С;
габаритные размеры:
-измерительный блок.....250 × 90 × 40 мм;
-зонд.....450 × 50 × 50 мм;

Измеритель температуры и теплопроводности ИТ-2

Измеритель температуры и теплопроводности измеряет сигналы (электрическое напряжение) датчиков температуры и/или плотности теплового потока, передает данные измерений компьютеру для записи и определения значения температуры, плотности теплового потока или теплопроводности образца.

Технические характеристики:

диапазон измерения напряжения.....-99,999...99,999 мВ;
основная погрешность.....± 0,02 %;
число каналов.....от 16 до 96;
цифровой интерфейс.....RS232;
питание от источника переменного напряжения.....220В, 50Гц.

Система тепловизионного контроля СТК-1

Система тепловизионного контроля предназначена для дистанционной визуализации тепловых полей вращающихся объектов в реальном времени, их регистрации и хранения.

Технические характеристики:

диапазон температур.....100...500 °С;
основная погрешность.....± 3 %;
тип датчика.....ФР-611;
частота сканирования.....4 Гц;
цифровой интерфейс.....RS232;
питание от источника переменного напряжения.....36 В, 50 Гц;
длина соединительной линии, не более.....2 км;
температура окружающей среды.....-30...60 °С;
габаритные размеры.....220х275х95 мм;
масса.....5 кг.

Потребность в измерении теплопроводности различных материалов существует практически в любых областях науки и промышленности. Прежде всего, к ним относятся строительство и энергетика. Необходимость технологического контроля и сертификации по теплопроводности возникает при производстве и эксплуатации новых материалов различного назначения, а так-же при испытаниях на соответствие требованиям нормативных документов наиболее важных элементов сложных инженерных объектов, например, ограждающих конструкций отапливаемых зданий и сооружений. Таким образом, в современном технологическом обществе, характеризующимся все возрастающим уровнем энергопотребления на фоне постоянного увеличения стоимости и ограниченности запасов энергоносителей, измерения теплопроводности наиболее востребованы среди других видов измерений теплофизических свойств материалов.

Датчик теплового потока предназначен для измерения поверхностной плотности теплового потока различными методами.

Наиболее оптимальным для расчета и технологического изготовления оказался метод «вспомогательной стенки». Суть метода заключается в том, что на пути измеряемого потока располагается стенка с известной теплопроводностью. Остается определить перепад температуры и вычислить поток. Как обычно, эффект присутствия измерительного органа желательно свести к минимуму, поэтому вспомогательная стенка, по возможности, не должна быть дополнительной, как ее иногда называют. В тех-же случаях, когда дополнительное сопротивление неизбежно, необходимо знать не только абсолютную величину, но и ее долю в суммарном тепловом сопротивлении цепи, проводящей измерительный ток.

Существуют несколько путей реализации метода «вспомогательной стенки», рассмотрим наиболее реализуемые методы на практике при изготовлении образцов датчиков. Первый рассматриваемый метод основан на использовании дифференциальных термодатчиков, спаянных или сваренных в термобатареи, использующие различное количество спаев, посредством которых генерируется ТЭДС при проходящем тепловом потоке через датчик.

ОАО НПП "ЭТАЛОН" на основе этого метода был разработаны гибкие датчики различных типоразмеров, предназначенный для измерения тепловых потоков на цилиндрических поверхностях в различных областях промышленности.

Следующий метод основан на использовании гальванических термоэлементов, полученные путем гальванического осаждения одного металла на другой. В результате из полученных термоэлементов изготавливаются датчики теплового потока, также различных габаритов и для различных областей применения в промышленности и народном хозяйстве. Нами были разработаны датчики теплового потока основанные на использовании данного метода.

Преобразователи плотности теплового потока ПТП-03, ДТП 0924 входящие в комплект данных приборов, — это термоэлектрические, гальванические преобразователи, работающие по принципу «вспомогательной стенки». ДТП выполнены в виде вспомогательной стенки, состоящей из батареи идентичных гальванических термоэлементов, включенных параллельно по измеряемому тепловому потоку и последовательно по генерируемому электрическому сигналу. Монолитность преобразователя в жестком или гибком исполнении обеспечена заливочным электроизоляционным компаундом. При эксплуатации ДТП, установленного на поверхности исследуемого объекта, в стационарном режиме теплообмена на противоположных плоских поверхностях ДТП возникает пропорциональный измеряемой плотности проходящего теплового потока температурный перепад, благодаря которому в батарее термоэлементов генерируется ТЭДС.

Габаритные размеры преобразователей в круглом исполнении D до 300мм, прямоугольные от 10х10 до 230х230мм, диапазон измерений 0-2000 Вт/м², коэффициент чувствительности около 80 Вт/м²мВ (рис.30.1).

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон измерения поверхностной плотности теплового потока, Вт/м ²	10÷ 5000
Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %	± 1,5 до 5
Диапазон рабочих температур, °С	-40 ÷ 200
Диапазон значений электрического сопротивления, Ом	5 0 ÷ 5*10 ³
Теплопроводность, Вт/(м*К)	0,1 ÷ 1,0
Инерционность, с	3 ÷ 120
Габаритные размеры, мм:	
диаметр (или эффективный поперечный размер)	10 ÷ 300
.....толщина	0,5 ÷ 10

Датчики теплового потока строительные ДТП 0924_{стр} предназначены для использования в качестве рабочего средства измерения поверхностной плотности теплового потока при испытании различных строительных изделий как в лабораторных с применением климатической камеры, так и в натурных условиях.

Разработано несколько модификаций ДТП_{стр}, учитывающих особенности объектов обследования, а именно, для установки на следующих типах строительных ограждающих конструкций:

- 1 – на фрагменте кирпичной кладки и др. стен;
- 2 – на стекле оконных блоков;
- 3 – на обвязке оконных блоков (рамы);
- 4 – на коробке оконных блоков.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Диапазон измерения плотности теплового потока, Вт/м².....10÷1000

Диапазон значений генерируемых сигналов, мВ.....0,5 ÷ 500

Пределы основной допускаемой относительной погрешности..... ±5%

Габаритные размеры ПТП_{стр} – согласно модификации (см. рис.30.2)

ДТП_{стр} применяются в комплекте со

- стандартным измерителем напряжения постоянного тока класса точности не более 0.1 и разрешением не хуже 10 мкВ;

- в составе цифрового измерителя теплового потока типа ИТП-11.

ПОТРЕБИТЕЛИ: предприятия строительной отрасли, испытательные лаборатории, сертификационные центры.

На основе этого же метода на ОАО НПП «Эталон» был разработан свой подход в реализации при производстве датчиков. Суть его заключается в том, что для различных сред использования датчика теплового потока берется одинаковый чувствительный элемент, однако же вспомогательная стенка подбирается материалом, близким по свойствам к среде использования датчика с известным тепловым сопротивлением и теплопроводностью. На основе данного способа можно изготовить датчик, на который окружающая среда не будет оказывать никакого влияния, а значит и не будет вносить соответствующую погрешность в показания датчика. Также остается возможность изготовления различных типоразмеров и габаритов датчика и улучшение технических характеристик по сравнению с датчиками, изготовленными по классическому методу описанным выше. Данный метод позволяет изготавливать практически любые датчики теплового потока для различных задач заказчиков

Все разработки, осуществляемые предприятием, проводятся за счет собственных средств. Конструкция датчиков индивидуальных исполнений согласовывается с заказчиком, а опытные образцы предоставляются потребителям для натурных испытаний бесплатно. Специалисты выезжают на объекты эксплуатации для изучения проблем измерения температуры и консультаций по температурным измерениям с привязкой к конкретному объекту.

Коллектив предприятия уверен в своих возможностях удовлетворять запросы потребителей в датчиках температуры и готов принять замечания и предложения, как по своим изделиям, так и по аналогичным изделиям других фирм, с целью повышения качества и потребительских свойств разрабатываемых и серийно выпускаемых средств измерений.

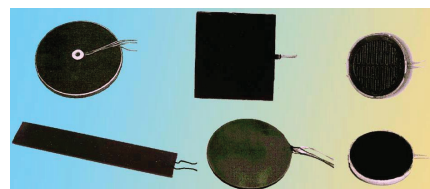


Рисунок 30.1 Датчики теплового потока ДТП 0924.

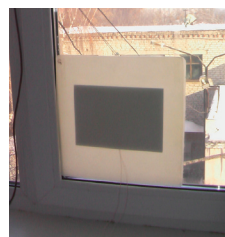


Рисунок 30.2 Датчики теплового потока ДТП 0924_{стр}.

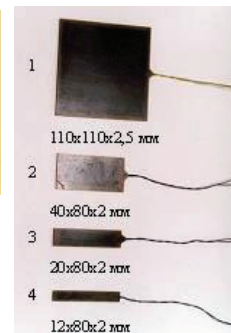


Рисунок 30.3 Габаритные размеры ПТП_{стр}

Инженер ОАО НПП «Эталон»

Максим Александрович Полянский

(3812) 36-84-00, 36-79-18, 36-94-53, 32-80-51, факс (3812) 36-78-82



Установка теплотметрическая УТМ – 1 (рис.31.1) предназначена для поверки (калибровки) средств измерений поверхностной плотности теплового потока методом непосредственного сличения с эталонами (образцовыми средствами) этой физической величины в условиях стационарного температурного режима.

Установка обеспечивает поверку (калибровку) средств измерений теплового потока с градиентными датчиками, работающими по принципу дополнительной (вспомогательной) стенки и имеющими разную конструкцию (термоэлектрические гальванические, полупроводниковые и т.д.), различные формы и размеры (в пределах диаметра рабочей зоны 300 мм), в том числе с датчиками, отличающимися по конструкции и форме от эталонных датчиков, с которыми осуществляется сличение.

В соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений поверхностной плотности теплового потока МИ-1855 установка УТМ-1 выполняет роль кондуктивного компаратора для передачи единицы поверхностной плотности теплового потока (Вт/м²) от эталонов рабочим средствам измерения.

Установка представляет собой комплекс, состоящий из блока теплотметрического, блока охлаждения, блока управления БУ-8, и измерителя теплопроводности многоканального ИТ-2-16.

Теплотметрический блок состоит из теплотметрической ячейки, расположенной между нагревателем и холодильником, образуя совместно рабочий объем теплотметрической камеры. В холодильнике размещены каналы для протекания охлаждающей жидкости, в нагревателе – нагревательный элемент. Холодильник теплотметрического блока соединяется с блоком охлаждения посредством гибких шлангов обеспечивающих прохождение охлаждающей жидкости. Термометр сопротивления размещенный в блоке охлаждения, посредством гибкого кабеля соединен с блоком управления, на дисплее которого индицируется значение температуры воды. Также в блоке охлаждения размещен “холодный” спай термопары, а ее “горячий” спай помещен в нагревателе. Блок управления измеряет разность температур холодильника и нагревателя, а также поддерживает эту разность ΔT в заданных пределах, управляя подводимой к нагревателю мощностью.

Верхняя часть теплотметрического блока (холодильник) соединена с нижней частью (нагревателем) шарнирным соединением. Тепловоспринимающая поверхность холодильника, теплопередающая поверхность нагревателя и опорное кольцо, образуют рабочий объем теплотметрической камеры. В рабочем объеме размещаются эталонный и поверяемые датчики плотности теплового потока и засыпаются песком.

В объеме песка устанавливается требуемая плотность теплового потока, пропорциональная определенному перепаду температуры между нагревателем и холодильником.



Рисунок 31.1 Установка теплотметрическая УТМ-1

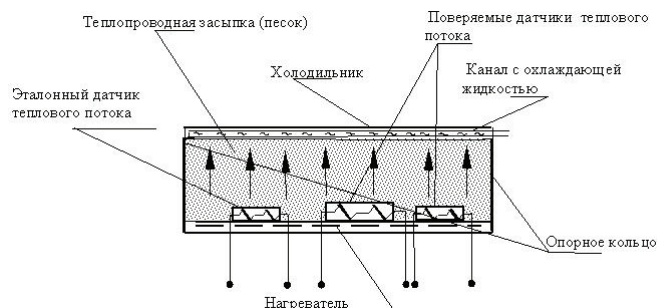


Рисунок 31.2 Теплотметрическая камера

Характеристики	УТМ-1
Диапазон поверхностной плотности теплового потока, создаваемого в теплотметрической камере, Вт/м ² , в пределах	от 10 до 2000
Доверительные границы относительной погрешности установки при доверительной вероятности 0,95, %, не более	4
Диаметр рабочей зоны, мм, не менее	300
Нестабильность поддержания заданной плотности теплового потока в установившемся температурном режиме, % в минуту	не более 0,25
Неравномерность плотности теплового потока в рабочей зоне теплотметрической камеры в установившемся температурном режиме, % не более	2,5
Диапазон температур в рабочем объеме камеры, °С, не менее	от 25 до 200
Напряжение электропитания, В, не более	от 198 до 242 В
Частота электропитания, Гц, не более	от 49 до 51
Потребляемая мощность установки, В·А, не более	1000
Размеры теплотметрической камеры, мм, не менее:	
- диаметр	300
- высота	30
Габаритные размеры, мм, не более:	
- БУ-8	270 x 110 x 360
- блока теплотметрического БТ	500 x 400 x 132
- блока охлаждения БО	402 x 402 x 375
Масса, кг, не более:	
- БУ-8	3,2
- блока теплотметрического БТ	10
- блока охлаждения БО	25
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	2000

Холодильник и нагреватель представляют собой плоские диски. В холодильнике размещены каналы для протекания охлаждающей жидкости, в нагревателе – нагревательный элемент (рисунок 31.2).

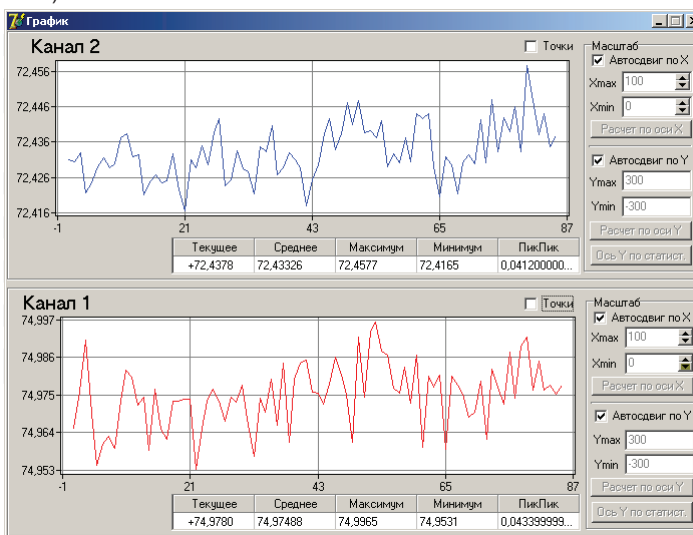


Рисунок 31.3 График поддержания теплового потока в рабочей камере.

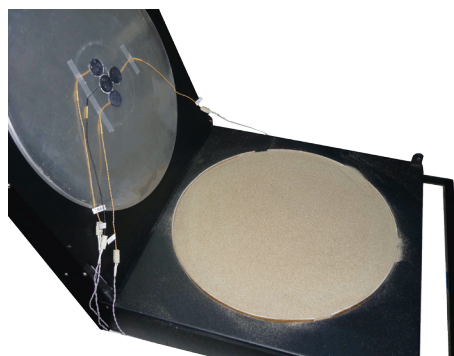


Рисунок 31.4 Возможное расположение датчиков при проведении поверки (калибровки)



Измерители температуры и теплопроводности многоканальные ИТ-2 (рис.31.5) предназначены для измерения напряжения (мВ), а также плотности теплового потока (Вт/м²) или температуры (°C) по 16, 32, 48, 64, 80, 96 каналам (в зависимости от исполнения прибора) при помощи подключаемых к прибору датчиков плотности теплового потока и температуры (термопар) с последующей передачей данных на ЭВМ. Результаты измерения в мВ, Вт/м² или °C выводятся на экран компьютера в виде таблицы. Измерители температуры и теплопроводности многоканальные ИТ-2 могут использоваться в качестве устройства автоматизированного сбора и обработки информации различных телеметрических систем. Измерители температуры и теплопроводности многоканальные ИТ-2 в комплекте с преобразователями плотности теплового потока и преобразователями термоэлектрическими может использоваться в составе системы измерения термического сопротивления ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Кроме того, измерители температуры и теплопроводности многоканальные ИТ-2 можно использовать для измерения тепловых потоков в сложной калориметрической системе, для измерения теплопроводности, теплоемкости и т.п.

Измерители температуры и теплопроводности многоканальные ИТ-2 состоят из непосредственно блока ИТ-2 и набора клеммных коробок (устройств компенсации) УК-4 (по 1 шт. на каждые 16 каналов). ИТ-2 соединяются с компьютером по интерфейсу RS-232.

Каждая УК-4 содержит интегральный датчик температуры холодных концов термопары, что позволяет подключать к ней термопарные датчики.

Непосредственно измерители температуры многоканальные ИТ-2 измеряет значение напряжения по каждому из каналов, снимает показания датчиков температуры холодных концов термопары и передает все эти значения на компьютер. Компьютер, при необходимости, на основе полученных данных определяет значения плотности теплового потока или температуры. Результаты измерения выводятся на экран компьютера в виде значений напряжения, плотности теплового потока или температуры.

Измерение производится циклами. В ходе одного цикла измерений блок ИТ-2 производит измерение по всем каналам и передает данные на компьютер. Приборы могут работать в режиме непрерывного измерения, когда после очередного цикла измерения следует следующий цикл, или производить заданное количество циклов измерения.

Также у приборов имеется возможность производить измерения с программируемой задержкой между циклами измерений от 1 с до 60 мин.

Характеристики	ИТ-2
Количество измерительных каналов (в зависимости от исполнения прибора)	16, 32, 48, 64, 80, 96
Диапазон измерения напряжения с выходов датчиков, мВ	-99,999...+99,999
Вид индикации	на экране компьютера
Разрешающая способность индикации:	
- напряжения U, мВ	0,001
- плотности теплового потока q, Вт/м ²	0,01
- температуры t, °C	0,01
Основная абсолютная погрешность, мкВ, где U _{изм} – значение модуля измеренного напряжения, мкВ	не более $\pm (5 + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U_{изм})$
Погрешность измерения температуры холодных концов термопар, °C	$\pm 0,5$
Связь с ЭВМ	RS-232
Степень защиты от проникновения твердых предметов и воды по ГОСТ 14254-96	IP20
Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69	УХЛ4.1
Температура окружающего воздуха, °C	20 $\pm$ 5
Питание	~ 220 В; 50 Гц
Ток потребления, не более, мА, не более	50
Габаритные размеры прибора, мм, не более:	
- блоки ИТ-2	250x110x355
- устройство комплектации УК-4	190x40x80
Масса, кг, не более:	3,5
- блока ИТ-2	3,5
- всего комплекта	8



Рисунок 31.5 Измерители температуры и теплопроводности многоканальные ИТ-2

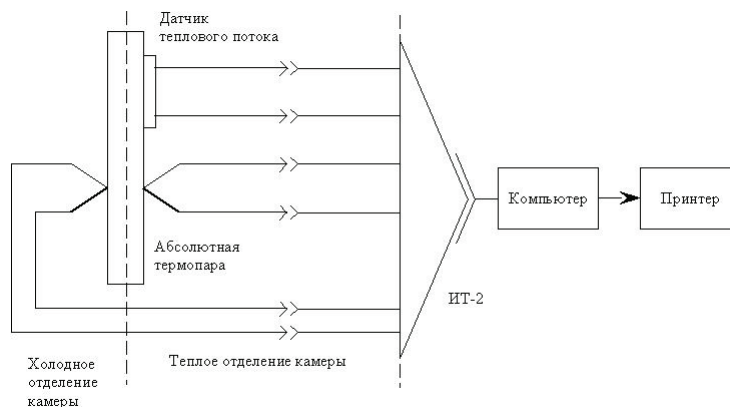


Рисунок 31.6 Схема применения ИТ-2 в качестве измерителя теплопроводности.



32. КОНТРОЛЛЕРЫ ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

Для измерения физических величин существует множество способов и методов. Одни получили широкое распространение, другие применяются только в научных лабораториях. На производстве новые методы и средства измерений зачастую внедряются медленно и с недоверием, т.к. требуют замены существующего оборудования, переобучения персонала и т.п. Мы, как разработчики измерительного оборудования, заинтересованы в продвижении новых, более надежных и простых в эксплуатации приборов, которые могут применяться не только в лабораториях, но и в условиях промышленного производства.

Длительное время нашим предприятием выпускаются разнообразные аналоговые измерительные преобразователи температуры и измерительные приборы, осуществляющие преобразование аналоговых сигналов в температуру. Новым направлением стало освоение цифровых измерительных преобразователей, преобразующих измеряемую величину в цифровой код, который по линии связи может передаваться к считывающему прибору.

Разработанный нами портативный контроллер цифровых датчиков ПКЦД-1/16 (рис. 32.1) способен считывать и сохранять результаты измерений с цифровых датчиков температуры, которые, в свою очередь, могут быть объединены в сеть посредством трехпроводного кабеля. Прибор может работать с сетями длиной до 25 метров, объединяющих до 16 датчиков. В результате применения сетевых технологий не нужно протягивать соединительные провода к каждому датчику, как в случае аналоговыми измерительными преобразователями. Прибор может идентифицировать каждый цифровой датчик, расстояние до него, а также дает возможность осуществлять калибровку цифровых датчиков на стандартном оборудовании, применяющемся для аналоговых измерительных преобразователей.

Технические характеристики	ПКЦД-1/16	ПКЦД-1/100
Габаритные размеры, мм, не более	131,5 x 73 x 27	131,5 x 73 x 27
Масса контроллера, кг, не более	0,2	
Напряжение питания постоянного тока, В	9	9 (5)
Ток потребления при выключенной подсветке дисплея, мА, не более	10	
Время считывания результатов измерений, с, не более:		
- первого	3	5
- последующих (настраивается)	от 3 до 60	от 3 до 600
Кол-во одновременно подключаемых датчиков	от 1 до 16	от 1 до 100
Длина линии связи, м, не более	25	100
Электрическая емкость линии связи, пФ, не более	5000	15000
Тип выхода:	жидкокристаллический индикатор с подсветкой, десять разрядов, разрешение 0,06°С;	
	- связь с компьютером через последовательный порт RS-232	- связь с компьютером через интерфейс USB



Рисунок 32.1. Портативные контроллеры цифровых датчиков ПКЦД-1/100 и ПКЦД-1/16

Для проведения измерений ПКЦД-1/16 подключается к трехпроводной линии связи, подает питание на датчики, сканирует сеть и определяет ее конфигурацию. Затем переходит в режим считывания показаний датчиков. Если линия связи повреждена и считать показания датчиков невозможно, выводит диагностическое сообщение о наиболее вероятной причине сбоя. Далее контроллер опрашивает датчики с интервалом от 3 до 60 секунд и выводит результаты измерения на дисплей. Вмешательства пользователя при этом не требуется. Пользователь при необходимости также может сохранить результаты во внутренней энергонезависимой памяти контроллера для последующей обработки. При подключении к ПК строятся температурные графики в режиме реального времени (рис. 32.2), выводятся ранее сохраненные результаты в виде таблиц. Для оформления отчетов возможен экспорт данных в Excel (рис. 32.3).

Дальнейшим развитием систем контроля сетей цифровых датчиков стал портативный контроллер цифровых датчиков ПКЦД-1/100 (рис. 31.1). По функциям, назначению и области применения прибор аналогичен ПКЦД-1/16, но имеет ряд преимуществ и усовершенствований. Встроенные алгоритмы компенсации емкости линии связи позволяют устойчиво считывать измерения с датчиков на расстоянии 100 и более метров, при емкости линии до 15000 пФ. Контроллер поддерживает от 1 до 100 датчиков в сети, с интервалом опроса от 3 секунд до 10 минут. Связь с ПК возможно осуществлять как через COM-порт, так и посредством USB, при подключении к USB

контроллер может работать без элемента питания. Часы реального времени и расширенный объем энергонезависимой памяти позволяют формировать более полные протоколы измерений.

Разрабатывается компактный измеритель параметров окружающей среды, который с помощью цифровых датчиков измеряет температуру воздуха, относительную влажность, точку росы и атмосферное давление. Датчики по запросу микроконтроллера выдают числовое значение измеряемого параметра и отключаются до следующего опроса. В приборе также имеются часы реального времени. На базе этого прибора возможно создание информационных табло, регистраторов для отслеживания условий хранения на складах, систем кондиционирования и вентиляции воздуха. Применение цифровых датчиков позволяет уменьшить число электронных компонентов на печатной плате, повысить помехозащищенность и снизить энергопотребление, и, в конечном итоге, удешевить разработку и эксплуатацию приборов.

В заключение отметим, что методы, рассмотренные выше, известны и уже достаточно широко применяются на практике. В цифровом виде можно получать информацию от датчиков влажности, давления, силы, температуры, и многих других физических величин. Своей задачей мы считаем внедрение этих методов в разрабатываемое нами измерительное оборудование. Надеемся, что заслужим положительное мнение специалистов о наших приборах, как о простых в эксплуатации, точных и надежных.

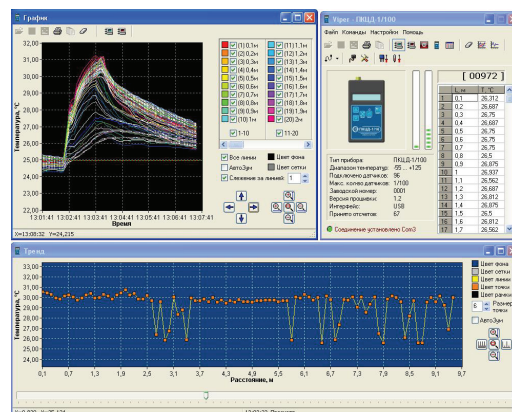


Рисунок 32.2. Сервисное программное обеспечение Viper

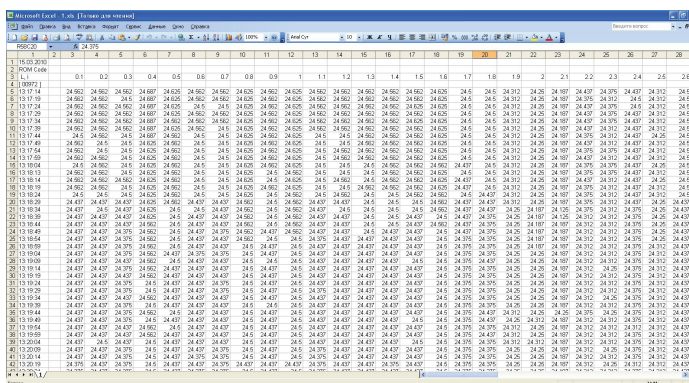


Рисунок 32.3. Экспорт данных в формат Excel

33. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПОВЕРКИ КОНТАКТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ -190 ДО 1600 °C

Условное разделение метрологического оборудования.

Термометрия, как известно, является одним из старейших видов измерений и отличается как диапазоном значений измеряемых величин, так и высокой разрешающей способностью и разнообразием средств и методов измерений. При этом неотъемлемой частью процесса эксплуатации контактных термометров является необходимость их периодической поверки. ОАО НПП "Эталон" выпускает широкий ряд метрологического оборудования, позволяющего проводить поверку и калибровку контактных термометров в диапазоне от -190 °C до 1600 °C в лабораторных и промышленных условиях. Для удобства рассмотрения можно условно разделить существующее метрологическое оборудование на семейства по основным признакам:

1. По неопределенности воспроизведения температуры следует различать термостаты и калибраторы. Термостат – это устройство, в котором в рабочем объеме реализуется стабильное во времени изотермическое поле. Поэтому для термостатов нормируются только такие характеристики как неравномерность температурного поля в рабочем объеме (градиент температуры) и стабильность поддержания температуры за некоторый промежуток времени. При поверке контактных СИ необходимо помещать в рабочий объем термостата как поверяемые СИ, так и эталонный термометр. С помощью термостатов реализуется метод непосредственного сличения, указанный в государственной поверочной схеме для средств измерения температуры.

Калибратор же является «носителем температуры» (слово «калибратор» произошло от слова «калибр», т.е. мера). Поэтому для калибраторов, помимо всех характеристик, присущих термостатам, нормируется такая характеристика, как неопределенность воспроизведения температуры. Поэтому при использовании калибратора применение эталонного термометра не обязательно.

По способу получения изотермического поля в рабочем объеме термостаты подразделяются на сухоблочные и жидкостные.

2. Сухоблочные термостаты и калибраторы – их еще называют суховоздушными или металлоблочными. Как следует из названия, в этих термостатах и калибраторах изотермическое поле в рабочем объеме обеспечивается за счет выравнивания температуры в металлическом блоке с каналами, диаметры которых соответствуют диаметрам поверяемых термометров. К достоинствам сухоблочных термостатов и калибраторов следует отнести высокую скорость нагрева или охлаждения и, как следствие, быстрое достижение требуемой температуры, а также широкий диапазон реализуемых температур. Сухоблочные термостаты, как правило, делают компактными и поэтому еще одним их достоинством является малый вес и возможность переноса одним человеком. Недостатками сухоблочных термостатов и калибраторов являются сравнительно большая неравномерность температуры вдоль термометрического канала и между каналами, малая глубина погружения поверяемых термометров, малое количество одновременно поверяемых термометров. Другим значительным недостатком сухоблочного термостата или калибратора является необходимость иметь несколько выравнивающих блоков с каналами требуемого диаметра. Исходя из этого, основным назначением сухоблочных термостатов и калибраторов является калибровка промышленных термометров непосредственно на рабочем месте.

3. В жидкостных термостатах высокая изотермичность достигается за счет активного перемешивания теплоносителя в рабочем объеме. Теплоносителем, как правило, является жидкость, имеющая низкий коэффициент вязкости во всем диапазоне рабочих температур термостата. К достоинствам жидкостных термостатов следует отнести значительно меньшую неравномерность температуры в рабочем объеме по сравнению с сухоблочными, большой размер рабочего объема с гарантируемым изотермическим полем, большее количество одновременно поверяемых термометров, прекрасный контакт поверяемого термометра с термостатизированной средой. Недостатками жидкостных термостатов являются малый диапазон воспроизведения температур (максимум до 300 °C), долгое время нагрева или остывания до требуемой температуры и большие габариты и вес. Потому жидкостные термостаты используются преимущественно как лабораторное оборудование.

4. Для воспроизведения температур свыше 600 °C, обычно используют печи. На текущий момент наиболее распространены горизонтальные трубчатые печи, в которых изотермическая зона реализуется в центре трубы.

Теперь подробнее рассмотрим каждый вид перечисленного метрологического оборудования.

Паровой и нулевой термостаты

Согласно ГОСТ 8.624-08 для поверки термометров сопротивления, ГОСТ 8.317-78 и ГОСТ 8.279-78 для поверки стеклянных термометров необходимы термостаты, обеспечивающие 0 °C и 100 °C. Для этих целей



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

предприятие серийно выпускает нулевые термостаты ТН-1М, ТН-2М, отличающиеся размерами и паровой термостат ТП-2. ТН-1М и ТН-2М – это термостаты, которые имеют напольное исполнение, при этом ТН-1М обладает большей рабочей камерой и требует больше льда, но он и более производительный. Кроме ТН-1 и ТН-2 выпускается малогабаритный термостат ТН-3М, который легко помещается на рабочем столе и служит для термостатирования холодных сплавов термопар.

Высокую точность и малую неравномерность температуры в ТП-2 обеспечивает насыщенный водяной пар, а в ТН-1М, ТН-2М и ТН-3М – дробленый лед. Удобными и привлекательными в использовании эти термостаты делают то, что и лед, и пар легко получаются из воды. Для удобства использования нулевых термостатов наше предприятие выпускает установку дробления льда УДЛ-2.

Жидкостные термостаты

Семейство жидкостных термостатов, позволяющих проводить поверку и градуировку термопар, термометров сопротивления и ртутных термометров согласно действующим стандартам (ГОСТ 8.338-2002; ГОСТ 8.624-08; ГОСТ 8.317-78, ГОСТ 8.279-78) представлено на предприятии следующими изделиями:

- термостат регулируемый ТР-1М, имеющий пять исполнений ТР-1М-300, ТР-1М-500, ТР-1М-В, ТР-1М-У1 и ТР-1М-У2;
- криостат регулируемый КР -40-2;
- криостат регулируемый КР -80.

Высокая стабильность поддержания температуры во всех этих термостатах и криостатах обеспечивается за счет использования высокоточного микропроцессорного регулятора температуры. Наличие интерфейсного разъема RS-232 позволяет обеспечивать связь термостатов и криостатов с персональным компьютером, отображать на компьютере график изменения температуры термостата или криостата в реальное время, а также управлять уставками термостатов или криостатов с помощью компьютера.

Термостат регулируемый ТР-1М предназначен для поверки и исследования средств измерения температуры в лабораторных условиях. Исполнения ТР-1М-300, ТР-1М-500 воспроизводят температуру в диапазоне от 40 до 200 °C, при этом в качестве теплоносителя используется жидкость ПМС-100. При работе в диапазоне от 40 до 95 °C в качестве теплоносителя может использоваться обыкновенная вода. Исполнение ТР-1М-В воспроизводит температуру в диапазоне от 150 до 300 °C, при этом в качестве теплоносителя используется масло цилиндрическое МЦ-52. Поскольку при нагреве любой теплоноситель расширяется, термостаты оборудованы переливными трубками, предотвращающими перелив теплоносителя через крышку термостата. По желанию покупателя термостат может быть укомплектован вытяжной камерой.

Для обеспечения универсальности термостата ТР-1М были разработаны кассета для поверки стеклянных термометров и термостат поверхностный ТПВ-2М. Кассета позволяет работать с ртутными и спиртовыми термометрами полного погружения с диаметрами от 6,5 до 18,5 мм. Для дополнительного удобства работы в комплекте с кассетой поставляется визуальное устройство шестикратного увеличения. Термостат поверхностный ТПВ-2М устанавливается вместо крышки ТР-1М и позволяет поверять поверхностные датчики. Высокая изотермичность по поверхности достигается за счет омывания нижней части ТПВ-2 теплоносителем постоянной температуры.

С целью реализации диапазона температур от +40 до +300 °C выпускаются два исполнения термостата ТР-1М это - ТР-1М-У1 и ТР-1М-У2. В качестве теплоносителя в этих термостатах используется масло ULTRA-300, которое имеет малый коэффициент вязкости во всем диапазоне температур от +40 до +300 °C. ULTRA-300 остается прозрачным и меньше испаряется при 300 °C. ТР-1М-У1 имеет глубину погружения термометров 300 мм, а ТР-1М-У2 500 мм. ТР-1М-У1 и У2, могут комплектоваться кассетой для поверки стеклянных термометров и термостатом поверхностным ТПВ-2М.

Криостат регулируемый КР -40-2 предназначен для поверки и исследования средств измерения температуры в диапазоне от минус 40 до +40 °C в лабораторных условиях. В криостате в качестве теплоносителя используется автомобильный тосол А40-М. Хорошая гидравлическая схема перемешивания теплоносителя позволила реализовать в этом криостате высокую стабильность поддержания температуры и малую неравномерность температуры в рабочем объеме. Так же, как и ТР-1М, криостат КР -40-2 может комплектоваться кассетой для поверки стеклянных термометров и термостатом поверхностным ТПВ-3.

Криостат регулируемый КР -80 предназначен для нагрева и охлаждения средств измерения температуры в лабораторных условиях. В диапазоне температур от минус -80 до до +40 °C. В этом криостате в качестве теплоносителя используется этиловый спирт. Система двухконтурного охлаждения КР -80 позволяет обеспечить время выхода на температурный режим 2,5 часа у большинства аналогичных криостатов производства других фирм время выхода на режим составляет около 4 часов. При этом КР -80 имеет высокую стабильность поддержания температуры и малую



неравномерность температуры в рабочем объеме. Криостат КР -80 может работать с кассетой для ртутных термометров в диапазоне температур от -40 до +40 °С.

Термостаты сухоблочные

Семейство сухоблочных термостатов и криостатов представлено следующими изделиями:

- термостат сухоблочный ТС 600-2;
- калибратор сухоблочный КС 100-1;
- калибратор сухоблочный КС 600-1;
- криостат регулируемый КР -190.

Как уже говорилось выше, неотъемлемыми условиями достоверности измерений в сухоблочных термостатах является обеспечение хорошего теплового контакта термометра с рабочей камерой термостата и необходимой глубины погружения термометров. Согласно ГОСТ 8.624-2008 диаметр канала для установки поверяемого термометра должен отличаться от внешнего диаметра самого термометра не более чем на 0,5 мм, а глубина погружения термометра в канал выравнивающего блока термостата или калибратора должна быть в 15 раз больше, чем диаметр термометра плюс длина чувствительного элемента термометра.

Таким образом, при стандартной длине чувствительного элемента 40 мм и диаметре термометра 6 мм для работы необходима глубина погружения:

$$L = 6 \cdot 15 + 40 = 130 \text{ мм} \quad (33.1)$$

Серийно выпускаемый термостат и ТС 600-2 имеет глубину погружения 160 мм и в стандартной комплектации обеспечивает работу с термометрами диаметром от 4 до 10 мм.

Для обеспечения нужд потребителей наше предприятие поставляет в комплекте с сухоблочным термостатом ТС 600-2 два выравнивающих блока-заготовки, в которых потребитель может просверлить колодцы под необходимые им диаметры.

Термостат сухой ТС 600-2 предназначен для нагрева средств измерения температуры в диапазоне от 50 до 600 °С в лабораторных и цеховых условиях.

Кроме термостата ТС 600-2 наше предприятие освоило серийный выпуск двух моделей сухоблочных калибраторов КС 600-1 и КС 100-1.

Калибратор КС 600-1 предназначен для поверки и калибровки различных средств измерения температуры в лабораторных и промышленных условиях. Этот калибратор сконструирован на базе термостата ТС 600-2, обеспечивает работу в диапазоне температур от +50 до +600 °С. Основным достоинством КС 600-1 является наличие встроенного измерителя, который обеспечивает измерение выходных сигналов поверяемых термометров в значениях температуры или натуральных величинах, кроме измерения сигналов термометров измеритель может использоваться как вольтметр или омметр независимо от башни тепла калибратора.

Калибратор КС 100-1 как и КС 600-1 предназначен для поверки и калибровки средств измерения температуры в лабораторных и промышленных условиях и обеспечивает работу в диапазоне температур от -10 до +100 °С. КС 100-1 разработан для реализации двух очень востребованных температур 0 и +100 °С и для создания удобной, компактной и современной альтернативы нулевым и паровым термостатам. КС 100-1 как и КС 600-1 оснащен встроенным измерителем.

Калибраторы КС 600-1 и КС 100-1 реализуют метод сличения поверяемого датчика температуры с индивидуально градуируемым платиновым термометром сопротивления, что значительно уменьшает погрешность калибровки. Такой термометр, изогнутый под углом 120°, устанавливается рядом с поверяемым датчиком и подключается к специальному разъему калибратора.

Криостат регулируемый КР -190 предназначен для охлаждения термометров при их поверке и исследовании в диапазоне температур от -190 до -60 °С в лабораторных условиях. Криостат имеет два исполнения КР -190-1 и КР -190-2, отличающиеся количеством и диаметрами колодцев для установки исследуемых термометров. Для работы криостата необходимо помещать его термостабилизирующий блок в криогенный сосуд марки СК-25, заполненный жидким азотом.

Печи

Семейство печей, позволяющих проводить поверку и градуировку термопар согласно ГОСТ 8.338-2002, представлено следующими изделиями:

- малоинерционная трубчатая печь МТП-2МР, имеющая исполнения МТП-2МР-50-500 и МТП-2МР-70-1000;
- печь шаровая ПШ 1200;
- печь высокотемпературная ВТП 1600-1;
- малоинерционная трубчатая печь МТП 1200-4 с пониженным напряжением питания.

Все печи, кроме ВТП 1600-1, имеют диапазон воспроизводимых температур от 100 °С до 1200 °С. Базисная конструкция печи представляет собой горизонтальную трубчатую печь с гарантируемым температурным градиентом в центральной части.

Исполнения МТП-2МР отличаются друг от друга габаритами нагреваемой зоны: МТП-2МР-50-500 имеет нагреваемую зону длиной 500 мм и диаметром 50 мм, а МТП-2МР-70-1000 – длиной 1000 мм и диаметром 70 мм. При этом у МТП-2МР-50-500 внутри трубы с нагревателем вставлена выравнивающая труба, которая увеличивает защиту от электрического пробоя и позволяет использовать никелевый выравнивающий блок для расширения зоны равномерного нагрева.

Недавно завершена разработка и осваивается серийное производство низковольтной печи МТП 1200-4. Эта печь обеспечивает диапазон рабочих температур от 100 до 1200 °С и при этом имеет напряжение питания 36 В, что гарантирует электробезопасность при эксплуатации печи. Так же стоит отметить, что МТП 1200-4 благодаря наличию трех нагревателей в своей конструкции имеет неравномерность температуры вдоль оси печи 0,1 °С/см во всем диапазоне рабочих температур, то есть практически как у сухоблочных калибраторов и термостатов.

Для поверки и калибровки термопар типа ТПР(В) предприятие выпускает высокотемпературную печь ВТП 1600-1 с диапазоном рабочих температур от 300 до 1600 °С.

Отдельной позицией в ряду печей стоит шаровая печь ПШ 1200, которая имеет сферический нагреватель и вследствие этого значительно меньшую неравномерность температуры в центральной части по сравнению с печью МТП-2МР. В ГОСТ 8.338-2002 указано, что печь должна обладать градиентом 0,8 °С/см на длине 50 мм – этим требованиям удовлетворяет печь МТП-2МР. Шаровая же печь на длине 80 мм, т.е. в 1,5 раза большей, имеет градиент 0,2 °С/см, т.е. в четыре раза меньший. Другим достоинством шаровой печи является возможность установки поверяемых термопар достаточно крупных габаритов таким образом, чтобы спаи физически находились рядом друг с другом. При этом загрузка печи значительно больше из-за наличия восьми каналов.

Печи реперных точек

В существующей поверочной схеме в качестве государственно-го эталона единицы температуры и образцового средства 1-го разряда используется аппаратура для воспроизведения реперных точек температуры. Эта аппаратура представляет собой ампулы, заполненные высокочистым металлом и печи для нагрева этих ампул. Реперной точкой называется температура фазового перехода первого рода (плавления или остывания) металла в ампуле при нормальном атмосферном давлении. Именно в реперных точках производится градуировка образцовых средств измерения 1-го разряда.

В настоящее время на предприятии разрабатываются следующие печи реперных точек: ПРТ 50-500, в которой можно реализовывать реперные точки индия, олова и цинка, и ПРТ 1100-2, в которой можно реализовывать реперные точки алюминия, серебра, золота и меди. Также совместно с ВНИИМ им. Менделеева ведется изготовление ампул с этими металлами.

Термостаты специального назначения

ОАО НПП «Эталон» охотно разрабатывает и изготавливает изделия по индивидуальному заказу, даже не связанные с основным профилем работы предприятия. Например, по техническому заданию «Ростест-Москва» был изготовлен термостат ТР 20.

Термостат регулируемый ТР 20 предназначен для термостатирования комплекта эталонных катушек электрического сопротивления типа Р310, Р321, Р331 и нормальных элементов типа Х482 в диапазоне температур от 15 до 30 °С в лабораторных условиях. Использование термостата позволяет не проводить коррекцию вследствие отклонения окружающей температуры от значения 20 °С, что упрощает и ускоряет поверку эталонных катушек электрического сопротивления и нормальных элементов. Достоинством термостата является возможность с помощью переключателя из всех подключенных выбрать требуемую катушку электрического сопротивления или нормальный элемент.

Область и объемы применения

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать вывод, что с помощью продукции нашего предприятия можно полностью укомплектовать высококачественную лабораторию для поверки промышленных средств измерения температуры во всем диапазоне контактной термометрии. Результаты продаж подтверждают этот вывод: основными нашими покупателями являются региональные метрологические центры, такие как «Ростест-Москва», «Оренбургский ЦСМ», «Челябинский ЦСМ», и метрологические лаборатории крупнейших предприятий, таких как ОАО «Ямбурггаздобыча» г. Н.Уренгой, ФГУП «Салют» г. Москва.

34. ФИЛЬТРЫ НА ПАВ, ДАТЧИКИ НА ИХ ОСНОВЕ, А ТАКЖЕ О МЕРАХ МИКРОННОГО ДИАПАЗОНА.



ОАО НПФ «Эталон» совместно с ОННПОм занимается разработкой и изготовлением фильтров на поверхностно-акустических волнах (ПАВ) с малыми потерями. В настоящее время техника ПАВ одна из самых инновационных технологий в мире, а устройства на ПАВ являются ключевыми элементами современных средств телекоммуникаций. Наше предприятие обладает большим опытом и знаниями в производстве фильтров на ПАВ с малыми потерями 1-5 дБ, а также линий задержки на ПАВ и датчиков температуры и давления на их основе.

В настоящее время основными тенденциями развития фильтров на ПАВ является повышение избирательности и точности воспроизведения электрических параметров, расширение частотного диапазона, уменьшение вносимых потерь. На нашем предприятии использован подход к созданию фильтров на ПАВ, обеспечивающий малые вносимые потери и высокую избирательность без использования согласующих цепей. Этот подход, получивший название «самосогласованность», основан на компенсации статической емкости входных встречно-штыревых преобразователей реактивной проводимостью излучения в заданной полосе пропускания на выбранном срезе пьезоэлектрика.

Широкий спектр исследований, охватывающий изучение различных срезов ниобата лития: YX/128, YX/64, YX/41, YX/36; танталата лития компьютерное моделирование структур ПАВ-фильтров; отработку технологических режимов получения низкоомных пленок алюминия и высокой воспроизводимости технологии; использование современных корпусов для поверхностного монтажа с минимальными паразитными связями, позволил создать более 180 типов ПАВ-фильтров с полосами пропускания от 1 до 12%, избирательностью 30-70 дБ в диапазоне частот от 100 до 500 МГц.

Малые потери, высокая избирательность и присущая устройствам на ПАВ высокочастотность позволяют широко использовать их во входных каскадах мобильных и носимых УКВ радиостанций, в высококачественных преселекторах и каскадах ПЧ современных УКВ радиоприемных устройств. Наши фильтры на ПАВ не требуют согласования и настройки, совместимы с технологией поверхностного монтажа, на высоких частотах имеют очень малые габариты. Сейчас размеры корпусов с загерметизированными ПАВ-фильтрами в диапазоне 250-500 МГц составляют всего лишь 5x5 мм.

Технологическая база завода «Эталон» на основе участка микроэлектроники с современной гермозоной имеет всю необходимую инфраструктуру (воздух 6-ти степеней очистки, приточная вентиляция, проточная деионизированная вода, стабилизированные параметры напряжения и т.п.) содержит участок фотошаблонов с генератором изображений ЭМ 5009A2 (минимальный размер элемента топологии промежуточного фотошаблона 4 мкм) и фотоповторителем AER (минимальный размер элемента топологии рабочего фотошаблона 1 мкм). Специальная программа на базе AutoCAD формирует топологии металлизированных фотошаблонов ПАВ-фильтров на уровне операций со структурными элементами ПАВ и выдает управляющие файлы для генератора изображений ЭМ 5009A2.

Также гермозона содержит участок отмытки подложек и фотолитографии, вакуумный участок с установкой напыления Alcatel, участок для разварки модулей ПАВ в корпуса, измерительный участок для функционального контроля неразрезанных ПАВ-фильтров на дисках ниобата лития и танталата лития диаметром до 100 мм, участок резки подложек на модули и участок герметизации SMD корпусов. 100% функциональная проверка неразрезанных ПАВ-фильтров проходит на установке зондового контроля с помощью ВЧ пробников KARL SUSS и анализатора цепей AGILENT 8714 ES.

Все это позволяет вести ПАВ разработки на уровне лучших мировых образцов на любые частоты и полосы пропускания по спецификации заказчика в диапазоне частот 100-500 МГц и ширины полос пропускания 1-12%.

Получен патент на изобретение №2362980 «Устройство для измерения температуры» совместно с ФГУП «Омский научно-исследовательский институт приборостроения» зарегистрирован 27 июля 2009г.

Изготавливаемые нами фильтры на ПАВ предоставляют уникальную возможность разрабатывать и изготавливать датчики физических величин. Материал звукопроводов фильтров обладает высокой температурной тензочувствительностью от 45*10⁻⁶ 1/С ° до 75*10⁻⁶ 1/С ° в зависимости от среза материала звукопровода. Типовой датчик на ПАВ представляет собой линию задержки, состоящую из входного и выходного встречно-штыревых преобразователей, расположенных на полированной стороне подложки звукопровода. Время задержки зависит от расстояния между входным и выходным ВШП и линейно изменяется пропорционально изменению температуры окружающей среды.

В отличие от общеизвестных датчиков температуры нами на основе кольцевых фильтров на ПАВ разработаны датчики температуры с малыми вносимыми потерями (3,5-4 дБ, в отличие от 10-15 дБ традиционных датчиков). Фиксированное время задержки датчика при температуре 20 С° составляет 1мкс. Этот датчик может использоваться как для прямых измерений времени задержки в зависимости от изменения температуры,

так и как элемент обратной связи ПАВ генератора. При этом частота этого генератора будет изменяться прямо пропорционально изменению температуры.

Преимуществами этого датчика является малая масса, высокая чувствительность (до 0,001 С°) и малые вносимые потери, за счет которых обеспечиваются столь высокие характеристики. Диапазон измерения от абсолютного нуля до точки Кюри (где исчезает пьезоэффект). Как норма – это порядка 500-600 С°.

Вторым направлением работы лаборатории микроэлектроники — это выпуск эталонных мер микронного диапазона. Обеспечение единства линейных измерений в субмикро-нанометровом диапазоне базируется на комплексном подходе, включающем создание и внедрение нового поколения эталонов единицы длины, а также способов и средств передачи размера данной единицы высокоточным рабочим средствам измерений, соответствующим современным требованиям измерительной техники, наукоемких технологий и международной метрологической практики.

Существующая система метрологического обеспечения в области измерений длины (МИ 2060-90) в последнее время уже не обеспечивала воспроизведение, хранение и передачу размера единицы длины менее 1 мкм с необходимой для нужд промышленности точностью.

В России работы по метрологическому обеспечению в области малых длин проводятся в метрологических институтах Ростехрегулирования — ФГУП «ВНИИМ», г. Санкт-Петербург; ОАО «НИЦПВ», г. Москва и ФГУП «СНИИМ», г. Новосибирск.

В 90-е годы XX века в СНИИМ были сформулированы три актуальные проблемы повышения точности метрологического обеспечения измерений малых длин:

- создание специальных мер малых длин, как эталонных, так и рабочих, особенно в диапазоне менее 100 мкм;
- создание эталонных СИ и вторичных эталонов для аттестации специальных мер малых длин;
- разработка поверочной схемы (или дополнения к государственной поверочной схеме СИ длины) и методики передачи значений единицы
- длины эталонным и рабочим СИ.

Решение этих проблем было достигнуто:

- анализом методов и СИ, используемых для высокоточных измерений малых размеров в диапазоне 0,8...200 мкм и состояния их метрологического обеспечения;
- разработкой математической модели высокоточной когерентно-оптической измерительной системы дифракционного типа;
- оценкой пределов измерений и разрешающей способности дифракционных измерителей малых длин;
- анализом погрешностей измерений в дифракционных измерительных системах;
- разработкой методов измерений диаметров микропроводов, стеклянных и синтетических волокон, ширины штрихов;
- разработкой метода одновременного измерения ширины щели и периода штрихов дифракционным и интерференционным методом;
- разработкой высокоточных измерительных установок и комплекта мер для поверки СИ малых длин;
- создания локальной поверочной схемы для СИ малых длин.

В СНИИМ была создана эталонная установка на основе фотоэлектрического микроскопа с лазерным интерферометром и лазерный дифрактометр, предназначенные для аттестации периода и ширины штрихов мер малой длины на фотошаблонах в диапазоне 0,8...200 мкм с неопределенностью 5 и 20 нм соответственно. Аналогичное оборудование было изготовлено и имеется в ОАО НПФ «Эталон», г.Омск.

В последние годы были разработаны и внедрены в метрологическую практику высокоточные исходные эталоны для СИ малых длин, предназначенные для аттестации эталонных мер малых длин, используемых для аттестации как эталонных, так и рабочих СИ. Также были созданы высокопроизводительные устройства для измерений диаметров движущихся волокон. И, наконец, был разработан, изготовлен и внедрен в метрологическую практику ряд специальных мер малых длин.

С помощью эталонных мер малой длины представлялась возможность определять линейные размеры структур, предназначенные для метрологического обеспечения в широкой области применения. Изготовление мер производится по специально разработанной для этой цели технологии, обеспечивающей высокое оптическое качество элементов структуры на прецизионных фоторезистивных хромированных пластинах. Исходя из требований, предъявляемых к изготовлению фотошаблонов в полупроводниковой и электронной промышленности, структура эталонных мер была выбрана таким образом, что с помощью мер проверяются все средства измерений, используемые в технологических процессах микроэлектроники, оптики и электронной оптики.

В структуре эталонной меры наряду со штрихами номинальных размеров в пределах от 1 до 200 мкм реализована штриховая мера с шагом 5 мкм в диапазоне до 1 мм и дискретностью 0,1 мм в диапазоне до 80 мм, а также периодическая мера с периодами от 2 до 400 мкм. Поверка эталонных мер проводится дифракционным и фотометрическими методами на эталонных средствах измерений, разработанных в СНИИМе.

35. ПРЕЦИЗИОННЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ РАЗРАБОТКИ ОАО НПП "ЭТАЛОН"



ОАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЭТАЛОН

Сертификат ИСО 9001:2008
ГОСТ Р 9001-2008

Прецизионный милливольтметр В2-99 предназначен для измерения постоянного напряжения в диапазоне от - 300 мВ до 300 мВ и статистической обработки результатов измерений.

Милливольтметр может использоваться в лабораториях государственных метрологических служб и метрологических служб юридических лиц для проведения точных измерений напряжения. Метрологические характеристики милливольтметра обеспечивают возможность проведения поверки и градуировки образцовых термоэлектрических преобразователей 2-го и 3-го разрядов, всех типов рабочих термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления в составе поверочных установок (например в установке УПСТ-2М).

Краткое описание работы:

В основной строке дисплея прецизионного милливольтметра индицируется текущее измеренное значение напряжения или математическое ожидание измеряемого напряжения, выбор режима индикации осуществляется клавишей "Инд".

Измеренное значение напряжения и математическое ожидание измеряемого напряжения также индицируются в строках "Текущее" и "МО", соответственно. В строке "СКО" индицируется значение среднего квадратического отклонения измеряемой величины по группе измерений. Объем группы индицируется в строке "N" и устанавливается клавишей "N" группы "Статистика". При нажатии клавиши "Esc" группы "Статистика" все накопленные статистические данные обновляются и их отсчет начинается заново.

Основные технические характеристики прибора.

Диапазон измерения, мВ	- 300 ... + 300
Предел допускаемой абсолютной погрешности: - для времени измерения 1,0...2,5 с - для времени измерения 3,0...8,5 с	- для времени измерения 3,0...8,5 с
- для времени измерения 1,0...2,5 с - для времени измерения 3,0...8,5 с	(1,5*10 ⁻³ +4,5*10 ⁻⁵ *U) мВ (6*10 ⁻⁴ +4,5*10 ⁻⁵ *U) мВ
Разрешающая способность индикации: - измерительного значения - математического ожидания - среднеквадратического отклонения	100 нВ 10 нВ 1 нВ
Время измерения, с	1,0 - 8,5 (с дискретностью)
Время установления рабочего режима, не более	1 ч
Входное сопротивление, не менее	500 МОм
Коэффициент подавления помех нормального вида для частоты сети (50±1) Гц, не менее	80 дБ
Коэффициент подавления помех общего вида для частоты сети (50±1) Гц, не менее	140 дБ
Связь с ЭВМ	RS-232
Температура окружающего воздуха, °С	20±5
Межповерочный интервал	1 год

Прибор обеспечивает расчет линейной функции для унифицированных токовых сигналов (4...20, 0...5) мА
 $Y=a \cdot (I-X_{min}) + b$, где a, b - коэффициенты, вводимые пользователем

Прибор обеспечивает возможность ввода, хранения и изменения наборов коэффициентов индивидуальных градуировок для термометров сопротивления и преобразователей термоэлектрических типа ППО

Прибор обеспечивает расчет значений температуры образцового термометра сопротивления по значению сопротивления, вводимого пользователем

Прибор обеспечивает выполнение статической обработки и расчета величин для канала 1 СКО, среднее, максимум, минимум.



Прецизионный милливольтметр
B2-99



Измерители универсальные прецизионные
B7-99

Универсальный прецизионный измеритель В7-99 предназначен для высокоточного измерения и статистической обработки измеренных значений сигналов термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления, а также измеренных значений напряжения и силы постоянного тока, сопротивления.

По итогам конкурса «ЛУЧШИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР 2008 ГОДА» в журнале «Контрольно-измерительные приборы и системы» присуждено Второе место «Измерителю универсальному прецизионному В7-99».

Измерения производятся по двум независимым каналам с возможностью вычисления разности значений в случае измерения по двум каналам однородных величин.

Метрологические характеристики прибора обеспечивают возможность проведения поверки и градуировки образцовых термоэлектрических преобразователей 2-го и 3-го разрядов, всех типов рабочих термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления.

В состав модернизированной установки УПСТ-2М будет включен «Универсальный прецизионный измеритель В7-99».

Прибор выполнен в виде настольного переносного прибора с ЖКИ индикатором, клавиатурой из 16 кнопок и группой гнезд для подключения измерительных кабелей.

Особенности:

1. Прибор позволяет проводить измерение и индикацию измеренной температуры, учитывая введенные в прибор коэффициенты из свидетельств о поверке эталонных термометров сопротивления и термоэлектрических преобразователей.
2. Наличие двух каналов измерения позволяет одновременно производить сравнение двух измеряемых величин, в частности значений температуры.
3. При работе с датчиками с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА или 0...5 мА, вводя в прибор диапазон измерения датчика (температура, давление и т.д.), позволяет производить пересчет измеренного значения тока непосредственно в значения измеряемой датчиком величины.

Характеристики	В7-99
Количество измерительных каналов	2
Измеряемые величины	
- по каналу 1	напряжение, сопротивление, ток, сигналы ТП, сигналы ТС
- по каналу 2	напряжение, сопротивление, сигналы ТП, сигналы ТС
Предел допускаемой абсолютной погрешности	
- при измерении напряжения постоянного тока, мВ	$\pm(1,5 \cdot 10^{-3} + 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot U)$ мВ
- при измерении силы постоянного тока	
- в диапазоне ± 3 мА	$\pm(0,3 + 0,45 \cdot I) \cdot 10^{-3}$ мА
- в диапазоне ± 30 мА	$\pm(3 + 0,45 \cdot I) \cdot 10^{-3}$ мА
- при измерении сопротивления постоянному току	
- в диапазоне от 0 до 30 Ом	$\pm(0,0005 + 0,00025 \cdot R-10)$ Ом
- в диапазоне от 0 до 300 Ом	$\pm(0,005 + 0,00025 \cdot R-100)$ Ом
- в диапазоне от 0 до 3000 Ом	$\pm(0,05 + 0,00025 \cdot R-1000)$ Ом
- при измерении сигналов термоэлектрического преобразователя с компенсацией/без компенсации температуры холодных концов, °С	
- ПП (S) в диапазоне от минус 50 до плюс 1768 °С	± 2
- ПР (В) в диапазоне от 250 до 1820 °С	± 2
- ЖК (J) в диапазоне от минус 210 до плюс 1200 °С	$\pm 0,2$
- ХА (K) в диапазоне от минус 200 до плюс 1372 °С	$\pm 0,2$
- НН (N) в диапазоне от минус 200 до плюс 1300 °С	$\pm 0,2$
- ВР (А-1) в диапазоне от 0 до 2500 °С	$\pm 1,5$
- ХК (L) в диапазоне минус от 200 до 800 °С	$\pm 0,2$
- при измерении сигналов термометров сопротивления, °С	
- 50М, 100М	$\pm(0,015 + 0,00025 \cdot t)$
- 50П, 100П	$\pm(0,015 + 0,00025 \cdot t)$
- Pt50, Pt100	$\pm(0,015 + 0,00025 \cdot t)$
Рабочая температура применения, °С	от 10 до 35
Напряжение питания, В	220±22
Мощность, ВА	25