

ляючих и т.д.), направленных на уменьшение этой погрешности.

Выполняя расчетно-экспериментальную работу, подробно изучено все составляющие методической погрешности и найдены пути уменьшения этих погрешностей в реакторных условиях. В течение всего периода испытаний ТВС конструкции термопар и ТВС постоянно модернизировались. Особенно много было затрачено усилий на совершенствование узлов их ввода в ТВС. Всего было испытано больше 10 типов технологических каналов общим количеством более 140. Суммарное время наработки при максимальных температурах достигло 4000 с.

Именно эти работы стали основой научной школы высокотемпературной реакторной термометрии, сложившейся в Минатоме России.

Выполненный комплекс исследований позволил обеспечить контроль теплового режима тепловыделяющих сборок при стендовой отработке ЯРД.

**Заключение.** Выполненный комплекс расчетно-экспериментальных исследований в процессе наземной отработки, в основном, позволил решить проблему высокотемпературных измерений в ТВС ЯРД. Разработаны методы измерений и конструкции высокотемпературных термометров, позволяющих надежно контролировать параметры ТВС при их испытаниях в составе активных зон реакторов ЯРД.

Можно с уверенностью утверждать, что для нужд космической энергетики создан инструмент контроля высокотемпературных процессов, осуществляемый штатными средствами измерения температур во всех ситуациях, в том числе и аварийных.

Накопленный опыт испытаний реакторов ЯРД использован как при испытаниях других типов высокотемпературных установок, так и при разработке и оснащении средствами контроля температур реакторных установок АЭС.

1. Михайлов В.Н., Пономарев-Степной Н.Н., Федик И.И. и др. Перспективы использования ядерной энергии в космосе в XXI веке // Труды 5-й отраслевой конференции "Ядерная энергетика в космосе". 1999. – Т.1. – С.11–17. 2. Власов Н.М., Федик И.И. Тепловыделяющие элементы ядерных ракетных двигателей. – М., 2001. 3. Брындин В.С., Дьяков Е.К. Экспериментальные каналы реактора ИВГ.1 для испытаний ТВС реакторов ЯРД // Труды 3-й отраслевой конференции "Ядерная энергетика в космосе". 1993. – Т.2. – С.279–288. 4. Денискин В.П., Наливаев В.И., Константинов В.С. и др. Контроль рабочих параметров при испытаниях двигательных энергетических установок // Материалы научно-практической конференции "20 лет энергетического пуска реактора ИВГ.1". – Курчатова РК, 26-28 апреля 1995. 5. Паршин Н.Я., Подладчиков Ю.Н., Попов Е.Б. Расчетно-теоретическое обоснование работоспособности ТВС реакторов ЯРД // Труды 3-й отраслевой конференции "Ядерная энергетика в космосе". 1993. – Т.2. – С.145–156.

УДК 536.521

## СУЧАСНИЙ СТАН НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ В ГАЛУЗІ ТЕРМОМЕТРІЇ

© Назаренко Л., Горне Г., Сергієнко Р., 2003

Харківський державний науково-дослідний інститут метрології (ХДНДІМ), Харків, Україна

*Наведено результати аналізу відповідності нормативної документації в галузі контактної та безконтактної термометрії до сучасних вимог метрологічної практики.*

*Приведены результаты анализа соответствия нормативной документации в области контактной и бесконтактной термометрии современным требованиям метрологической практики.*

*The results of the analysis of compliance of the normative documentation in the field of contact and non-contact thermometry with the present requirements of metrological practice are given.*

Важливим етапом становлення еталонної бази України стало створення та впровадження в експлуатацію в 1995–1998 рр. державних первинних еталонів одиниці температури:

– державного первинного еталона одиниці температури кельвіна в діапазоні від 13,80 до 273,16 К ДЕТУ 06–06–98;

– державного первинного еталона одиниці температури кельвіна в діапазоні від 273,16 до 1357,77 К ДЕТУ 06–05–98;

– державного первинного еталона одиниці температури за випроміненням в діапазоні від 1357,77 до 2800 К ДЕТУ 06–03–96.

Всі вказані еталони відтворюють одиницю температури відповідно до Положення про Міжнародну температурну шкалу 1990 р. (МТШ–90) [1], і їх створення було першим кроком щодо її запровадження в Україні. Наступним необхідним кроком у цьому напрямку є перегляд і приведення у відповідність до вимог МТШ–90 та сучасного рівня розвитку науки і техніки нормативних документів (НД) у галузі контактної та безконтактної термометрії. У статті виконано критичний аналіз сучасного стану нормативної документації в галузі термометрії, спрямований на удосконалювання методології виконання повірочних робіт для забезпечення єдності і необхідної точності температурних вимірювань в Україні.

У галузі контактної термометрії одночасно з розробленням та введенням в дію державних еталонів ДЕТУ 06–05–98 і ДЕТУ 06–06–98 було розроблено і з 1 січня 1999 р. запроваджено стандарт на державну повірочну схему [2]. Ідеологію його розробки було спрямовано, по-перше, на забезпечення наступності методів та засобів передачі розміру одиниці температури і, по-друге, на відображення нових тенденцій у розвитку цього виду вимірювань і, передовсім, вимог МТШ–90. Враховуючи, що для контактної термометрії створено два еталони, повірочна схема складається із двох частин, кожна з яких регламентує передавання розміру одиниці температури від відповідного еталона: частина 1 – "Контактні засоби вимірювань температури в діапазоні від 13,8 до 303 К" і частина 2 – "Контактні засоби вимірювань температури в діапазоні від 273,16 до 2800 К". Відзначимо, що з набуттям чинності державного стандарту (ДС) [2] в Україні припинено дію частин 1 і 2 міждержавного стандарту (МС) [3], за винятком діапазону температур від 0,8 до 13,8 К. До вирішення питання про розширення діапазону відтворюваних еталонам ДЕТУ 06–06–98 температур до 0,8 К у цьому вузькому діапазоні передавання одиниці температури, як і раніше, здійснюється відповідно до частини 1 [3].

Обидві частини повірочної схеми передбачають передавання розміру одиниці температури від державного первинного еталона робочим засобам вимірю-

вальної техніки (ЗВТ) за допомогою вторинних еталонів і робочих еталонів 1, 2 і 3 розрядів. У [2] враховано як вимоги МТШ–90 до складу державних первинних еталонів, так і досягнення вчених і виробників України щодо створення та впровадження у метрологічну практику нових робочих еталонів і прецизійних робочих ЗВТ (зокрема, ядерно-квадрупольних, п'езокварцових термометрів тощо), принцип дії яких ґрунтується на нових фізичних явищах. В обох частинах повірочної схеми враховано можливість застосування для передачі розміру одиниці температури і таких сучасних ЗВТ, як калібратори температури (сухоблокові термостати), які все ширше використовують у метрологічній практиці [4]. Якщо до повірочної схеми вводять нові робочі еталони, передбачають можливість використання разом з ними засобів, які традиційно застосовувались для перевірки відповідного типу термометрів або термоперетворювачів.

У повірочній схемі також відображено створення вітчизняними підприємствами-виробниками ("Термоприлад", "Електротермометрія", "Склоприлад", СКТБ ФТІНТ НАН України, СКТБ ІФ НАНУ тощо) широкого спектра робочих ЗВТ різних типів, зокрема цифрових термометрів, портативних термоперетворювачів, термометрів і термоперетворювачів підвищеної точності, що відповідають вимогам сучасних технологічних процесів.

У [2] було враховано вимоги до метрологічних характеристик термоперетворювачів, які регламентуються як ще чинними НД СРСР, так і розробленими в Україні та прийнятими як МС стандартами [5–8], а також нові вимоги до термінології, які регламентуються запровадженням в Україні з 01.01.98 стандартом [9], зокрема, із використання таких термінів, як "термометр" і "термоперетворювач".

Однак за винятком перерахованих вище стандартів, більшість НД з контактної термометрії розроблено 20–30 років тому, і їх давно не переглядали. Як наслідок, певна частина положень цих НД все ще орієнтована не на МТШ–90, а на відмінену МПТШ–68.

Так, ще створюючи державні первинні еталони одиниці температури, їх розробники зіткнулись із тим, що суперечать вимогам застарілого, але чинного стандарту [10], який регламентував як побудову температурних шкал, так і засоби для відтворення одиниці температури, оскільки цей НД базувався на МПТШ–68 і не переглядався після прийняття МТШ–90. Він

встановлював як основні реперні точки шкали точки кипіння неону, кисню, води, що не ввійшли до складу реперних точок МТШ–90. Водночас у ньому були відсутні такі нові реперні точки, як потрійні точки неону, кисню, аргону, ртуті, точка плавлення галію, точки тверднення індію, алюмінію тощо; зовсім інший вигляд мали рівняння, що описують стандартні функції та відхилення від них; був відсутній введений МТШ-90 критерій придатності платинових термоперетворювачів опору (ПТО) для використання їх як еталонних за результатами визначення відносного опору ПТО у реперних точках галію і води, а також ртуті і води. У зв'язку з цим ХДНДІМ було розроблено і з 01.01.2002 р. запроваджено в Україні новий стандарт [11], що набув чинності з 01.07 2002 р. як міждержавний. Він регламентує, що в діапазоні температур від 0,65 К до найвищої температури, практично доступної для вимірювання відповідно до закону випромінення Планка, температурна шкала будується згідно з МТШ–90, а в діапазоні від 0,01 до 0,65 К, як і в [10], використовують температурну шкалу термометра магнітної сприйнятності. Відзначимо, що у зв'язку з прийняттям Консультативним комітетом з термометрії рішення щодо розширення МТШ–90 в діапазон температур нижче за 0,65 К і запровадження тимчасової низькотемпературної шкали [12], яка охоплює діапазон від 0,9 мК до 1 К і основана на температурній залежності тиску парів ізотопу гелію  $^3\text{He}$ , що плавиться, в [11] необхідно внести відповідні зміни.

Створення державних первинних еталонів і розроблення [2,11] в Україні забезпечило відтворення одиниці температури відповідно до МТШ–90. Для вирішення ж питання стосовно передавання розміру одиниці температури відповідно до МТШ–90 усім елементам повірочної схеми необхідно, з одного боку, переглянути і внести відповідні зміни до всіх чинних НД на повірку термометрів, а з іншого боку, вирішити проблему дооснащення теплотехнічних лабораторій державних центрів стандартизації, метрології і сертифікації (ДЦСМС) необхідним повірочним обладнанням. Друге завдання не може бути виконане без першого, котре визначає, яке саме устаткування необхідне для повірок у нових умовах.

Однак більшість чинних в Україні НД, що регламентують методи і засоби повірки як робочих еталонів температури, так і робочих ЗВТ, після введення МТШ–90 не переглядали. Слід відзначити, що до прийняття [13], робочі еталони називали “зразковими

засобами вимірювань”, і цей термін досі використовується у всіх НД. Отже, перегляд НД необхідний також і для приведення термінології, яку в них використовують, у відповідність до вимог [9, 13].

У зв'язку з цим необхідно звернути увагу на те, що з 1 липня 2002 р. в Україні набули чинності міждержавні стандарти [14, 15]. Важливою перевагою цих НД є концентрація вимог до еталонних ПТО, а також методів і засобів їх повірки у двох НД (замість [16–19], що були чинними раніше) та надання обом документам статусу стандарту, а не методики. Обидва НД є дуже актуальними і необхідними для забезпечення єдності вимірювань, оскільки вимоги до метрологічних характеристик ПТО, їх градування і необхідного для цього обладнання, а також до обробки результатів, які вони регламентують, повністю відповідають вимогам МТШ–90. Зокрема, вони вводять раніше відсутні критерії придатності ПТО для використання останнього як еталонного за результатами визначення його відносного опору  $W=R(T)/R(273,16 \text{ К})$  (де  $R(T)$  – опір ПТО за температури  $T$ ,  $R(273,16)$  – його опір у потрійній точці води) у точці плавлення галію (за умови застосування ПТО вище за  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) і у потрійній точці ртуті (за умови використання ПТО нижче за  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ), зберігаючи і можливість застосування традиційного критерію за відносним опором ПТО в точці кипіння води. Слід відзначити, що, коли в МПТШ–68 потрійна точка води була лише однією з реперних точок шкали, а відносний опір ПТО визначали за відношенням до його опору за температури  $273,15 \text{ К}$  ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ), то вся МТШ–90 основана саме на відносних опорах за відношенням до опору в потрійній точці води  $R(273,16 \text{ К})$ , що відображено і в НД, які розглядають. Це зумовлює необхідність обов'язково мати у складі повірочного обладнання всіх повірочних лабораторій, які виконують повірку еталонних ПТО, апаратуру для відтворення потрійної точки води.

Дуже важливою обставиною є те, що, на відміну від [16] в [15], передбачено можливість повірки у вузьких температурних діапазонах, які безпосередньо використовують споживачі. Згідно з [15] градування термометрів типів ПТС та ВТС – робочих еталонів як 1-го, так і 2-го розрядів в діапазонах температур вище за  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  здійснюють у реперних точках води, галію, індію, олова, цинку, алюмінію та міді (конкретний набір використовуваних реперних точок визначає діапазон робочих температур термоперетворювачів). Оскільки для повірки згідно з [16] застосовували лише

деякі з вказаних точок (води, олова, цинку), то перехід на МТШ–90, із запровадженням [15], вимагає дооснащення теплотехнічних лабораторій ДЦСМС апаратурою для відтворення нових реперних точок. Аналогічно в діапазоні температур нижче за 0 °С повірка повинна виконуватися (і відповідно в лабораторіях має бути відповідне устаткування) у потрійних точках води, ртуті, а також за температур  $14\pm 0,2$ ;  $15\pm 0,2$ ;  $17\pm 0,2$ ;  $20\pm 0,2$ ;  $24,5\pm 0,2$ ;  $35\pm 1$ ;  $54\pm 0,5$ ;  $83,8\pm 0,5$  К за умови нестабільності температури за час вимірювання не більше за 1 мК, що є дуже жорсткою вимогою. Отже, набрання чинності цими МС, з одного боку, забезпечує передачу розміру одиниці температури відповідно до вимог МТШ–90 такому поширеному типі робочих еталонів, як ПТО, а з іншого боку, вимагає від ДЦСМС значної роботи з дооснащення теплотехнічних лабораторій сучасним обладнанням. Не менш актуальним є й внесення відповідних змін до НД на повірку робочих термометрів опорю [20].

З аналогічних причин виникла необхідність перегляду НД на термоелектричні перетворювачі, особливо зважаючи на той факт, що нині передача їм розміру одиниці температури здійснюється відповідно до декількох НД [21–25]. Тільки у діапазоні низьких температур НД [21] (розроблений ще в 1969 р. і який явно необхідно привести у відповідність до сучасного стану ЗВТ) має статус стандарту, решта НД – методики. Безсумнівно, доцільно виробити з цього питання єдиний підхід і переглянути на його основі усі НД з урахуванням сучасних вимог до методики і засобів передавання розміру одиниці температури.

Потребують переробки з метою коригування термінології та урахування сучасних вимог до ЗВТ нормативні документи на манометричні і рідинні скляні термометри [26–29]. Усе більше поширення в повірочній практиці калібраторів температури пояснює необхідність і розроблення НД, які регламентуватимуть їх повірку.

У галузі безконтактної термометрії створення національної еталонної бази [30] стало основою для розробки відповідного стандарту на державну повірочну схему для засобів безконтактного вимірювання температури (термометрів випромінення) [31].

Наслідком запровадження цього стандарту є необхідність перегляду і доопрацювання чинних нормативних документів на методи і засоби повірки як робочих еталонів (в термінах [31] – зразкових\* засобів вимірювань (ЗВ)), так і робочих ЗВТ. (Знаком “\*”

надалі відмічено назви засобів вимірювань, які змінилися після набуття чинності Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність”).

Загалом стан нормативної бази в галузі безконтактної термометрії навряд чи можна назвати задовільним. Передовсім, треба відзначити одночасне існування в Україні сьогодні двох стандартів на повірочну схему – державного [31] і міждержавного [3]. Це спричиняє деяку невизначеність у використанні вказаних стандартів. Так, автори НД [32], розробляючи його, посилаються на повірочну схему [3], що, строго кажучи, не зовсім коректно, оскільки між названими документами [3] і [31] існують принципові відмінності, головною з яких є відсутність в [31] розрядів у полі зразкових\* засобів.

Ступінь відображення тією чи іншою мірою в державній повірочній схемі [31] положень НД [33] або [3], що діяли раніше, зумовлювалась, з одного боку, необхідністю збереження наявної в Україні метрологічної інфраструктури в галузі безконтактної термометрії, а, з іншого, виникненням нових умов і вимог, що ставить метрологічна практика. Зміна кількості в Україні ЗВТ, що повіряються в галузі безконтактної термометрії, та підвищення вимог споживачів до точності останніх стали причинами детальної оцінки коефіцієнта завантаженості повірочними роботами еталонних засобів, що розробляються і тих, що діють, і, як наслідок, оптимізації кількості ланок повірочної схеми для скорочення шляху передачі розміру одиниці температури від первинного еталона робочим ЗВТ і підвищення точності процедури цієї передачі. Отже, зменшення розрядів в полі зразкових\* засобів до одного дає можливість майже вдвічі підвищити точність повірки останніх.

Треба відзначити, що сьогодні в ХДНДІМ розробляють нову редакцію ДСТУ 3194 (на заміну частини 3 НД [3] і [31]), відмінними рисами якої є: гармонізація термінології згідно з [13]; відсутність виділення еталона-копії як окремого структурного елемента в полі еталонів, що припускає фактичне визнання набору температурних стрічкових ламп, які виконували функції еталонів-копій, складовою частиною первинного еталона; розширення температурного діапазону для засобів безконтактної термометрії в діапазон температур нижче за  $1084,62$  °С на основі розробки і створення державного еталона одиниці температури за інфрачервоним випроміненням, метрологічно підпорядкованого первинному еталону

одиниці температури в галузі контактної термометрії [2], який складається з набору випромінювачів, що реалізують фазові переходи чистих речовин у діапазоні температур від 0,01 до 1084,62 °С.

Згідно з [31] до зразкових\* засобів вимірювань належать: температурні лампи, градуйовані на яскравісні та кольорові температури; випромінювачі типу абсолютно чорного тіла (АЧТ); пірометри повного і часткового випромінювання; випромінювач у мікрохвильовій зоні спектра. Якщо останній засіб вимірювання практично не застосовують у повірочних роботах, то інші названі ЗВ активно експлуатують в ДЦСМС. Тому дуже актуальним є забезпечення цих ЗВ нормативною документацією, яка б узгоджувалась як з [31], так і з [13].

З 1 січня 2002 р. в Україні набув чинності державний стандарт [34] на методи та засоби метрологічної атестації, періодичної повірки та калібрування температурних ламп, які відтворюють яскравісну та кольорову температури у видимій та інфрачервоній ділянках спектра. Істотним його недоліком є те, що він, власне кажучи, являє собою перекладений на українську мову міждержавний стандарт [35], який, своєю чергою, не узгоджується із [31] у описанні кількості розрядів еталонних температурних ламп. У [34] зустрічаються очевидні положення, які суперечать одне одному, наприклад, такі, як в п. 4.9, де йдеться про те, що “під час повірки еталонних температурних ламп 2-го розряду на яскравісні температури згідно з ДСТУ 3194 потрібно застосовувати еталонні температурні лампи 1-го розряду...”. Однак, як підкреслювалось вище, в [31] відсутній поділ на розряди в полі зразкових\* ЗВ, зокрема, і температурних ламп. Отже, видається доцільним доопрацювання [8] з урахуванням чинної в Україні державної повірочної схеми [31].

З тієї самої причини потребують заміни нормативні документи на методику повірки зразкових\* і робочих візуальних монохроматичних пірометрів [36] та зразкових\* первинних пірометричних перетворювачів повного і часткового випромінювання [37, 38].

Методичні вказівки [36], які чинні з 1988 року, є застарілими і за термінологією, і за змістом, оскільки поширюються на зразкові\* 1-го розряду пірометри, статус яких із запровадженням [31] підвищено до рівня робочих\* (вторинних) еталонів. Водночас впровадження [31] не виключає можливості атестувати такі пірометри (наприклад, типу “ЭОП-66”) як робочі

ЗВТ прецизійної точності, які за своїми метрологічними характеристиками відповідають рангу вторинних еталонів.

Перегляд і переробка документів [37, 38] регламентуються нормами повірочної схеми [31] і положеннями [13], а також зумовлені необхідністю метрологічного забезпечення пірометрів повного і часткового випромінювання як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва, які широко застосовуються нині у різних галузях народного господарства і мають достатньо високі технічні та метрологічні характеристики. Отже, замість двох методик повірки – для перетворювачів пірометричних зразкових\* 2-го розряду [37] і 3-го розряду [38] – необхідне розроблення стандарту: “Пірометри часткового і повного випромінювання та перетворювачі пірометричні еталонні. Методика повірки”.

Застосування як зразкових\* ЗВ випромінювачів типу АЧТ [31] вимагає розроблення стандарту: “Випромінювачі типу АЧТ еталонні для температурного діапазону від мінус 50 до 2500 °С. Методика метрологічної атестації і повірки.” Якщо для лампових моделей чорного тіла діє відповідна методика градуювання [39], то для нелампових моделей АЧТ аналогічного документа не існує.

Як робочі засоби вимірювальної техніки у безконтактній термометрії використовують [31]: монохроматичні пірометри [41]; пірометри спектрального відношення [42, 43]; пірометри повного і часткового випромінювання [40] і тепловізори. Якщо в НД [40–43] потребує змін тільки термінологія, яку застосовують для описання засобів, що використовуються за умови повірки названих приладів, то для таких ЗВТ, як тепловізори, нормативної документації на методи та засоби повірки практично не існує.

Отже, виконана оцінка стану нормативної документації у галузі контактної та безконтактної термометрії дає змогу окреслити коло практичних завдань, які постають як перед розробниками НД, так і безпосередньо перед повірниками ЗВТ та зумовлені, насамперед, необхідністю виконання вимог Положення про МТШ-90 [1], а також, як наслідок, норм державних повірочних схем [2, 31] щодо процедури передавання розміру одиниці температури від створених державних еталонів до робочих ЗВТ. Вирішення цих завдань сприятиме якісному забезпеченню єдності, достовірності та точності температурних вимірювань у країні.

1. *International Temperature Scale 1990 (ITS-90) // Document of BIMP. – Paris, 1989 – P.21.* 2. ДСТУ 3742-98. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань температури. Контактні засоби вимірювань температури. 3. ГОСТ 8.558-93 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры. 4. Походун А.И. // Законодательная и прикладная метрология. – 1997. – №3. – С.31–33. 5. ДСТУ 2838-94. Термоперетворювачі з уніфікованим вихідним сигналом. Загальні технічні вимоги. 6. ДСТУ 2837-94. Преобразователи термоэлектрические. Номинальные статические характеристики преобразования. 7. ДСТУ 2857-94. Перетворювачі термоелектричні. Загальні технічні вимоги. 8. ДСТУ 2858-94. Термопреобразователи сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний. 9. ДСТУ 3518-9.7 Термометрія. Терміни та визначення. 10. ГОСТ 8.157-75. Шкалы температурные практические. 11. ДСТУ 4017-2001 (ГОСТ 8.157-2001). Метрологія. Шкалы температурні. 12. Recommendation of the Consultative Committee for Thermometry T 1 (2000) Extension of the International Temperature Scale below 0,65 // Document of BIMP. – Paris, 1989 – P. 3. 13. Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” № 113/98-ВР від 11.02.1998 р. 14. ГОСТ 30679-99. Термометры сопротивления платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов. Общие технические требования. 15. ГОСТ 8.568-99. ГСИ. Термометры сопротивления платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов. Методика поверки. 16. ГОСТ 8.427-81. Термометры сопротивления платиновые образцовые. Методы и средства поверки. 17. ГОСТ 12877-76. Термометры сопротивления платиновые для низких температур образцовые. Общие технические требования. 18. МИ 717-85. Термометры сопротивления образцовые высокотемпературные. Методы поверки. 19. МИ 1511-86. Термометры сопротивления платиновые образцовые для низких температур. Методы и средства поверки. 20. ГОСТ 8.461-82 ГСИ. Термопреобразователи сопротивления. Методы и средства поверки. 21. ГОСТ 14894-69. Термометры термоэлектрические образцовые 2-го разряда и общепромышленного назначения для низких температур. Методы и средства поверки. 22. МИ 1744-87 ГСИ. Термопреобразователи термоэлектрические платинородий-платиновые образцовые типа ППО. Методика поверки. 23. МИ 1746-87 ГСИ. Термопреобразователи образцовые платинородий-платиновые образцовые типа ПР30/6. Методика поверки. 24.

МИ 1745-87 ГСИ. Стандарты образцовые свойств термоэлектродных материалов из сплавов ВР5 и ВР20 (СОТМ ВР 5/0). Методика аттестации. 25. ГОСТ 8.338-78 ГСИ. Термопреобразователи технических термоэлектрических термометров. Методы и средства поверки. 26. ГОСТ 8.305-78 ГСИ. Термометры манометрические. Методы и средства поверки. 27. ГОСТ 8.317-78 ГСИ. Термометры стеклянные ртутные образцовые. Методы и средства поверки. 28. ГОСТ 8.279-78 ГСИ. Термометры стеклянные жидкостные рабочие. Методы и средства поверки. 29. ГОСТ 8.250-77 ГСИ. Термометры медицинские максимальные стеклянные. Методы и средства поверки. 30. Назаренко Л.А., Сліпушенко В.В., Кисіль О.М., Ромоданов І.С., Сліпушенко В.П., Криворотенко О.Д., Сергієнко Р.П. // Український метрологічний журнал. – 1995. – Вип. 1. – С. 26–30. 31. ДСТУ 3194-95 ДСВ. Державна повірочна схема для засобів вимірювань температури. Термометри за випроміненням. 32. ДСТУ 3765-9. Метрологія. Пірометри. Методи випробувань. 33. ГОСТ 8.080-80 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений температуры в диапазоне 273,15 – 6300 К. 34. ДСТУ 4026-2001. Метрологія. Лампи температурні еталонні 1-го і 2-го розрядів. Методи та засоби метрологічної аттестації, повірки і калібровки. 35. ГОСТ 8.155-2001. Метрологія. Лампы температурные эталонные 1-го и 2-го разрядов. Методы и средства метрологической аттестации, поверки и калибровки. 36. МИ 1733-87 ГСИ. Пирометры монохроматические визуальные с исчезающей нитью образцовые 1 разряда и рабочие прецизионные. Методика поверки. 37. МИ 1838-88 ГСИ. Преобразователи первичные пирометрические полного и частичного излучения образцовые 2-го разряда. Методика поверки. 38. МИ 1839-88 ГСИ. Преобразователи первичные пирометрические полного излучения образцовые 3-го разряда. Методика поверки. 39. МИ 167-78. Методика градуировки образцовых излучателей на яркостные температуры в интервале длин волн от 0,3 до 4,5 мкм. 40. МИ 1200-86 ГСИ. Преобразователи первичные пирометрические полного и частичного излучения. Методика поверки. 41. ГОСТ 8.130 ГСИ. Пирометры визуальные с исчезающей нитью общепромышленные. Методы и средства поверки. 42. МИ 777-85. Пирометры спектрального отношения переносные «Спектропир П». Методы и средства поверки. 43. МИ 1206-86 ГСИ. Преобразователи пирометрические и пирометры спектрального отношения «Веселка-1» и «Веселка-2». Методика поверки.