

**Концепция
неопределенности
измерений**

- В 1995 г. под эгидой семи международных организаций, в том числе МКМВ, МЭК, ИСО, МОЗМ, было издано «**Руководство по выражению неопределенности измерений**». Целями Руководства были:
- обеспечение полной информации о том, как составлять отчеты о неопределенности измерений;
 - представление основы для международного сопоставления результатов измерений;
 - предоставление универсального метода для выражения и оценивания неопределенности измерений, применимого ко всем видам измерений и всем типам данных, используемых при измерениях.
- В 2003 г. введены в действие Рекомендации по межгосударственной стандартизации **РМГ 43-2001 «Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений»**. Они распространяются на методы оценивания точности результатов измерений, содержат практические рекомендации по применению Руководства и показывают соответствие между формами представления результатов измерений с использованием погрешности и неопределенности измерений.
- Руководство рекомендует выражать характеристики точности измерений в показателях **неопределенности измерений**, а не в показателях **погрешности измерений**, принятой в отечественной метрологической практике. Вместо понятия **истинное значение** измеряемой величины вводится понятие **оцененное значение**.
- Вместо деления погрешностей **по природе их появления** на систематические и случайные вводится деление **по способу оценивания** неопределенностей – методами математической статистики или иными методами.

Причин появления концепции неопределенности измерений довольно много, но основные из них следующие.

Появление **новых (нетрадиционных) областей измерения** (психология, социология, медицина и др.), где постулаты традиционной метрологии (физическая величина, единица измерений, мера, эталон, погрешность измерения) не работают;

Влияние **новых научных направлений** кибернетического толка (кибернетики, теории информации, математической статистики и др.), в которых понятие «неопределенность» играет существенную роль. Это, как правило, связано с широким толкованием понятия неопределенности как «сомнения» в том, что, например, результат измерения представляет значение измеряемой величины. Примеры такого толкования термина неопределенности: неопределенность выбора устраняется информацией, степень неопределенности множества зависит от числа элементов в множестве и др.

Отход от понятия *истинного значения* измеряемой величины **как непознаваемого**, в силу чего понятие погрешности теряет смысл и погрешность невозможно вычислять, т.к. она содержит никогда не известное истинное значение.

Раздельная оценка систематических и случайных погрешностей и использование для них разных характеристик (доверительных границ и СКО) дает завышенные оценки погрешности. Кроме того, применение двух характеристик погрешности при определении результата неудобно, особенно при его дальнейшем использовании.

Необходимость простой в применении и общепризнанной универсальной методики для характеристики результата измерения.

В Руководстве вместо понятия «**погрешность измерения**» вводится понятие «**неопределенность измерения**». При этом неопределенность измерения трактуется в двух смыслах:

В **широком смысле** как «сомнение» относительно достоверности результата измерения. Например, сомнение в том, насколько точно после внесения всех поправок результат измерения представляет значение измеряемой величины.

В **узком смысле** неопределенность измерения понимается как параметр, связанный с результатом измерения, который характеризует разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Неопределенность измерения – параметр, связанный с результатом измерения, который характеризует дисперсию (разброс) значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине. Необходимо ясно представлять, что неопределенность измерения – это не доверительный интервал в традиционном понимании (при заданной доверительной вероятности). Вероятность здесь характеризует **меру доверия**, а не частоту события.

Неопределенность измерения обычно имеет много составляющих. Некоторые из них могут быть оценены из статистического распределения результатов рядов измерений и могут характеризоваться **экспериментальными стандартными отклонениями** (аналог СКО). Другие составляющие оценивают из предполагаемых распределений вероятностей, основанных на опыте или другой информации. Они также могут характеризоваться **стандартными отклонениями**.

Водятся две оценки
неопределенности:

- **оценка по типу А** – метод оценивания неопределенности путем **статистического анализа рядов наблюдений**;
- **оценка по типу В** – метод оценивания **иным способом**, чем статистический анализ рядов наблюдений.

Стандартная неопределенность по типу А – u_A оценивается по результатам многократных измерений, причем, исходными данными для ее вычисления являются их результаты x_{i1}, \dots, x_{in_i} , где $i = 1, \dots, m$, n_i – число измерений i -ой входной величины. Стандартную неопределенность единичного измерения i -й входной величины $u_{A,i}$ вычисляют по формуле:

$$u_{A,i} = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2},$$

где $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{q=1}^{n_i} x_{iq}$ – среднее арифметическое i -й входной величины.

Стандартную неопределенность $u_A(x_i)$ измерений i -й входной величины, при которой результат определяют как среднее арифметическое, вычисляют по формуле:

$$u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}.$$

Стандартная неопределенность по типу В используется для оценки величины x , которая не была получена в результате повторных наблюдений. Связанная с ней оцененная стандартная неопределенность $u_B(x_i)$ определяется на базе научного суждения, основанного на всей доступной информации о возможной изменчивости x . Фонд такой информации может включать:

- данные предварительных измерений;
- данные, полученные в результате опыта, или общие данные о поведении и свойствах соответствующих материалов и приборов;
- спецификации изготовителя;
- данные о поверке, калибровке, сведения изготовителя о приборе, сертификаты и т.п.;
- неопределенности, приписываемые справочным данным из справочников.

Для определения неопределенности по типу В широко используется ***априорная информация*** о неточности используемых данных.

Правильное использование фонда доступной информации для оценивания стандартной неопределенности по типу В требует ***интуиции***, основанной на опыте и общих знаниях, и является мастерством, которое приходит с практикой

Суммарная стандартная неопределенность $u_c(y)$ – это стандартная неопределенность результата измерения, когда результат получают из значений ряда других величин. Оцененное стандартное отклонение, связанное с выходной оценкой или с результатом измерения y , называют ***суммарной стандартной неопределенностью*** и обозначают $u_c(y)$.

Суммарная стандартная неопределенность представляет собой оцененное стандартное отклонение и характеризует разброс значений, которые могут быть с достаточным основанием приписаны измеряемой величине Y .

Несмотря на то, что суммарная неопределенность может использоваться для выражения неопределенности результата измерения, в некоторых случаях, например, в торговле или при измерениях, касающихся здоровья или безопасности, часто необходимо дать меру неопределенности, которая указывает интервал для результата измерения, в пределах которого находится *большая часть* распределения значений измеряемой величины. Для этого используется понятие *расширенной неопределенности*.

Расширенная неопределенность используется для выражения неопределенности результата измерения в торговле, промышленности, регулирующих актах, при охране здоровья и безопасности в качестве *дополнительной меры неопределенности*. Расширенную неопределенность U получают путем умножения суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$ на *коэффициент охвата* k :

$$U = k u_c(y)$$

Тогда результат измерения выражается как

$$Y = y \pm U.$$

Схема соответствия терминов концепции неопределенности и классического подхода

СКО, характеризующее
случайную погрешность



Стандартная неопределенность,
оцененная по типу А

СКО, характеризующее
неисключенную
систематическую погрешность



Стандартная неопределенность,
оцененная по типу В

СКО, характеризующее
суммарную погрешность



Суммарная неопределенность

Доверительные границы
погрешности



Расширенная неопределенность

Оценивание неопределенности по типу В позволяет выйти за рамки традиционного статистического подхода, отнесенного к оцениванию по типу А, и находить значения составляющих неопределенности, для которых получение необходимой статистической информации затруднено или невозможно.

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ
СТАНДАРТИЗАЦИИ**

**РМГ
91-2009**

Государственная система обеспечения единства измерений

**СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОНЯТИЙ
«ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ»
И «НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ»**

Общие принципы

погрешность измерения (error of measurement): Результат измерения (измеренное значение величины) минус опорное значение величины.

Примечание 1 - Понятие «погрешность измерения» может быть использовано двояко:

а) когда имеется единственное опорное значение величины, которое появляется при выполнении калибровки посредством эталона с регламентированным значением величины, имеющим незначительную неопределенность измерения, или если дано приписанное (стандартизованное) значение величины; в таком случае погрешность измерения известна, и

б) если измеряемая величина предполагается представленной однозначно определенным истинным значением или рядом истинных значений величины незначительного размаха; в таком случае погрешность измерения неизвестна.

Примечание 2 - Погрешность измерения нельзя смешивать с погрешностями или ошибками производства.

неопределенность измерения (uncertainty of measurement): Неотрицательный параметр, характеризующий разброс значений величины, приписываемых измеряемой величине на основе используемой информации.

Примечание 1 - Неопределенность измерения включает в себя составляющие, обусловленные систематическими эффектами, такие как составляющие, связанные с поправками и приписанными эталонам значениями величин, а также с неопределенностью определения (измеряемой величины). Иногда оцененные систематические эффекты не исключают из связанных с ними составляющих неопределенности измерений.

Примечание 2 - Параметр может быть, например, стандартным отклонением, называемым стандартной неопределенностью измерения (или заданным кратным ей), или половиной ширины интервала, имеющего установленную вероятность охвата.

Примечание 3 - В общем случае неопределенность измерения содержит много составляющих. Некоторые из этих составляющих могут быть оценены по типу А оценки неопределенности измерения из статистического распределения значений величины в серии измерений и охарактеризованы стандартным отклонением. Другие составляющие, которые могут быть оценены по типу В оценки неопределенности измерения, могут также быть охарактеризованы стандартным отклонением, оцененным из функций плотности вероятности, основанных на опыте или другой информации.

Примечание 4 - В общем случае подразумевается, что неопределенность измерения связана с определенным значением, приписанным измеряемой величине. С изменением этого значения изменяется соответствующая неопределенность.

[2] статья 2.26]

Комментарий - Неопределенность измерения - параметр, связанный с результатом измерения и характеризующий рассеяние значений, которые достаточно обоснованно могли бы быть приписаны измеряемой величине [1] (пункт 2.2.3), поэтому в [2] отсутствует понятие «характеристики погрешности».

5 Рекомендации по корректному применению понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения»

5.1 Применение понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения» в конкретных метрологических ситуациях

5.1.2 Результаты измерений с помощью эталона, выполняемых при сличениях (ключевых, региональных, межгосударственных) национальных эталонов, в соответствии с Договоренностью (Соглашением) [3] представляют с подробными сведениями об оценке неопределенности. Указанные в паспортах на национальные эталоны (государственные эталоны и исходные для страны установки высшей точности) нормы границ составляющих погрешностей эталонов по [ГОСТ 8.381](#) при этом используют для оценки неопределенности результатов измерений.

5.1.4 В аттестованных методиках измерений (МВИ) устанавливаются совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результата измерения с погрешностью, не превышающей допустимых пределов (норм погрешности измерений). В таких МВИ рекомендуется использовать понятие «погрешность» в виде нормативных пределов погрешностей. Результаты измерения по этим МВИ не требуется сопровождать конкретной характеристикой точности.

Результаты измерения по МВИ, характеристики точности которых определяют в процессе или после их применения, рекомендуется сопровождать оценками неопределенности измерения. Оснований для оперирования погрешностью в таких случаях нет.

При поверке оперируют установленными для средств измерений нормами пределов характеристик их погрешностей. Поэтому в методиках поверки допускается указывать, в каком соотношении должны находиться расширенная неопределенность измерений при поверке и нормы допустимых пределов погрешностей средств измерений данного утвержденного типа, а также критерии годности средств измерений с учетом неопределенности

Регистрационный номер аттестата аккредитации RARU.111541

0204179



СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ

ПРИ ПОВТОРНОЙ ПОВЕРКЕ
ПРЕДЪЯВЛЕНИИ ОБЪЕКТА ОБЪЕКТА
ОБЪЕКТА

№ 242/1354-2017

Действительно до 02 марта 2018 г.

Средство измерений: Гигрометр точки росы Michell Instruments модификация
Наименование, тип, модификация: Basidew Transmitter

Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений: 50304-12
Серия и номер знака государственной поверки: отсутствуют

Заводской номер (номера): B119-095

поверено в диапазонах величин, указанных в описании типа средства измерений
(приведены на оборотной стороне свидетельства о поверке)

поверено в соответствии с МП-242-1260-2011 "Гигрометры точки росы Michell Instruments. Фирма "Michell Instruments Ltd", Великобритания. Методика поверки", разработанной и утвержденной ГЦИ СИ "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева" 25.01.2012 г.

с применением эталонов 2.1.22В.0231.2016 Государственный вторичный эталон единиц температуры точки росы [линей] от минус 100 °С до плюс 20 °С, относительной влажности от 0 % до 100 %, молярной (объемной) доли влаги от 0,6 млн⁻³ до 23000 млн⁻³

при следующих значениях влияющих факторов температура окружающего воздуха 21 °С, относительная влажность окружающего воздуха 33%, атмосферное давление 99,7 кПа

и на основании результатов периодической поверки признано соответствующим установленным в описании типа метрологическим требованиям и пригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений



Руководитель лаборатории разработки методов испытаний и средств поверки приборов в области физико-химических измерений

Т.Б. Соколов

Н.Ю. Александров

Поверитель

Дата поверки 03 марта 2017 г.



Результаты поверки

Результаты внешнего осмотра:

измеритель соответствует требованиям п.6.1. Металлический поверен

Результаты калибровки:

измеритель соответствует требованиям п.6.2. Металлический поверен

Результаты подтверждения соответствия при комнатной температуре:

Идентификационное наименование ПО соответствует указанному в описании типа. Номер версии ПО соответствует описанию типа.

Результаты определения метрологических характеристик с указанием максимальных значений погрешности, полученных в ходе поверки:

Диапазон контролируемой температуры точки росы, °C	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, °C	Максимальное значение абсолютной погрешности, указанное при поверке, °C
от -100 до +20	±2,0	-1,8

Владелец средства измерений: ОАО «ММК» с. Мариинское, ИНН 7414001633

Поверитель



Н.Ю. Александров

«03» марта 2017г.

номер в реестре гэт2-2010

институт хранитель	ФГУП "ВНИИМ им.Д.И. Менделеева"
ученый хранитель	Федорин Виктор Леонидович тел. (812) 323-96-66 e-mail: v.l.fedorin@vniim.ru
вид измерений	Измерения геометрических величин
НЗД	$1 \cdot 10^{-9}$... 30 м Номинальное значение длины волны, при котором воспроизводится единица, составляет 0,633 мкм.
СПВ	
НСП	$2,2 \cdot 10^{-12}$
Неопределенность стандартная	по типу А $5,6 \cdot 10^{-12}$ по типу В $1,5 \cdot 10^{-12}$ суммарная $5,8 \cdot 10^{-12}$
Неопределенность расширенная	коэффициент охвата $k=2$ $1,16 \cdot 10^{-11}$
НД	ГОСТ (в разработке) ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 50 м

состав эталона Эталон состоит из комплекса следующих средств измерений:

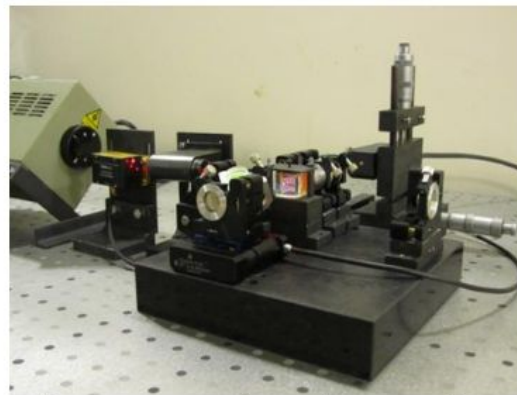
- источник эталонного излучения - He-Ne/ I_2 лазер, стабилизированный по линии насыщенного поглощения в молекулярном йоде 127, № 02;
- установка для измерений разности частот источников лазерного излучения, № 02У;
- компаратор универсальный интерференционный метровый № 01-2009;
- компаратор лазерный интерференционный для измерений длины в субмикронном и нанодиапазоне, № 01-2010;
- интерферометр гетеродинный, № 02-2009;
- компаратор лазерный интерференционный тридцатиметровый, № 01-2008.

применение Обеспечение единства измерений во многих областях науки и производственной деятельности в т.ч.:

- приборостроение и машиностроение;
- транспорт;
- электронные, космические, оборонные технологии, нанотехнологии.

Решение измерительных задач приоритетных направлений развития науки, технологий и техники.

описание В основу эталона положено определение единицы длины "Метр - длина пути, проходимая светом в вакууме за интервал времени равный $1/299792458$ секунды".



Компаратор лазерный интерференционный для измерений длины в субмикронном и нанодиапазоне



Интерферометр гетеродинный



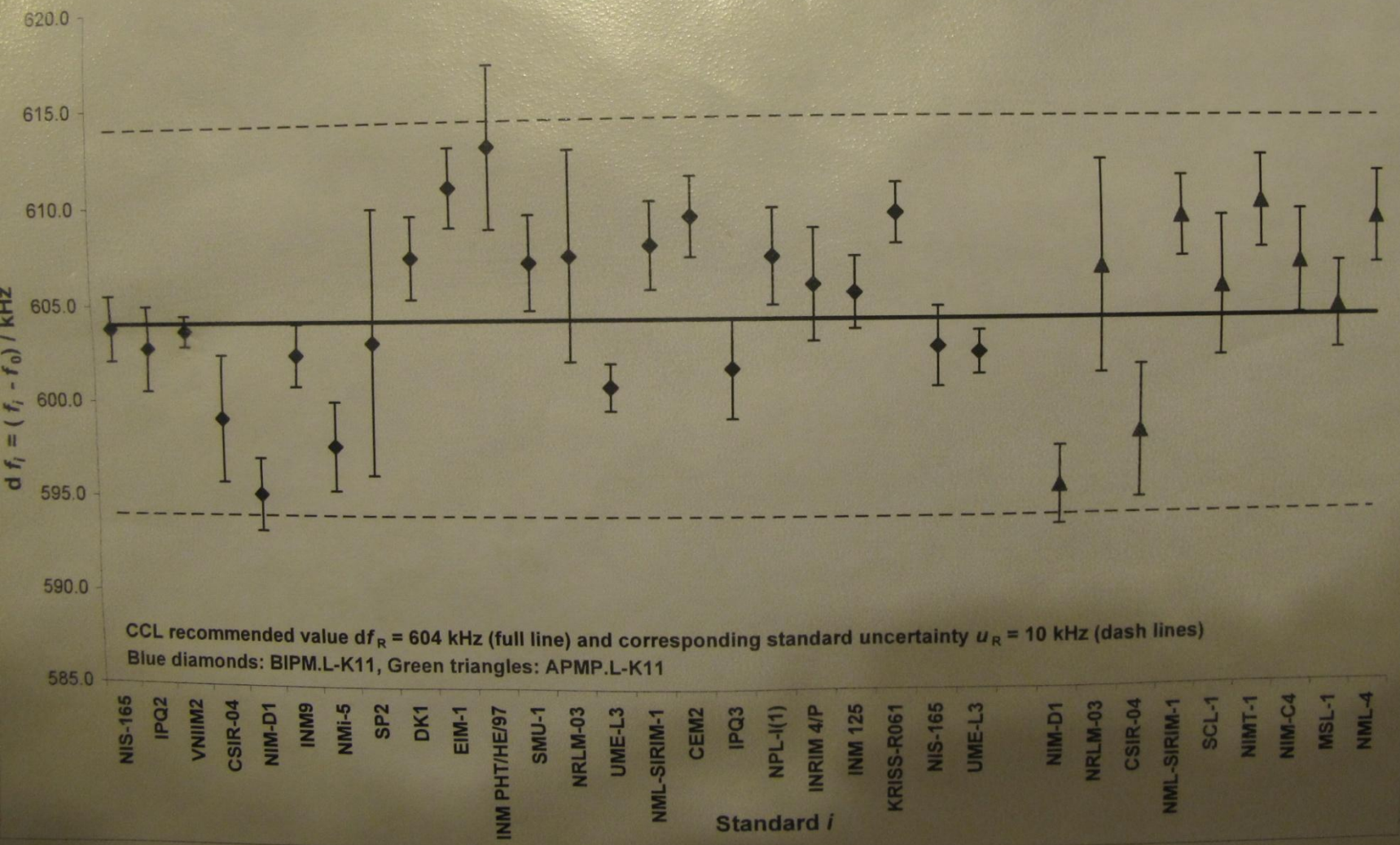
Компаратор лазерный интерференционный тридцатиметровый





**Компаратор лазерный
интерференционный
для измерений длины в
субмикронном и
нанодиапазоне, № 01-2010**

BIPM.L-K11 and APMP.L-K11 (633 nm): $df_i = f_i - f_0$ and corresponding uncertainty u_{ic}
 $f_0 = 473\,612\,353\,000$ kHz





СЕРТИФИКАТ КАЛИБРОВКИ

№ RU 01 №2301-496/2014

15818

Дата калибровки 25.02.2014 г.

Страница 1 из 2

Объект калибровки Весы лабораторные электронные CP1245
 с дисплеем и классом точности по ГОСТ 24104-2001
 фирмы «Bartoloni AG, Германия, №21306842

Заказчик ЗАО «ОСАБ – СВЭП», г. Санкт-Петербург
 ИНН 7805164011

Метод калибровки СИ 03-2301-6-МК 5/2010-7 «Методика калибровки
 неавтономных электронных устройств»;

Уполномоченная подпись Руководителя лаборатории И.Ф. Осипов

МП



Дата выдачи 25.02.2014 г.

Сертификат калибровки

Страница 2 из 2

Номер сертификата RU 01 №2301-496/2014

Калибровка выполнена с помощью гирь эталонных гирь 1 разряда (1 г – 500 г) Е₁, мм. №182285651, (достоверность и сдвиги 2301-3/3/2014 до 13.02.2015 г.) (1 мг – 500 мг), мм. №21325780, (достоверность и сдвиги 0 января №2301-18/2/2014 до 06.02.2015 г.).

Результаты измерений достоверности и государственному стандарту эталонной массы ГСТ 3 – 2008.

Условия калибровки

- температура окружающего воздуха 23,0 °С
- влажность температуры воздуха в помещении в точке измерения за время проведения операции не более 0,5 °С
- относительная влажность воздуха 65,2 %

Результаты калибровки, включая поправочность

№	Метрологические характеристики	Наблюдение по абсолютной величине значения метрологических характеристик, полученное при поверке
1	Наибольший предел взвешивания, г	120
2	Пределный предел взвешивания, г	0,61
3	Дискретность отсчета, мг	0,1
4	Поправочность массы при измерении показание гирь на чашке, мг, при нагрузке: 10 мг 1 г 2 г 5 г 10 г 20 г 50 г 70 г 100 г 120 г	0 +0,2 +0,1 +0,12 +0,25 +0,3 +0,7 +0,8 +0,6 +1,7
5	Поправочность массы при измерении показание гирь на платформе, г	+0,64
6	Среднее квадратическое отклонение, мг, при нагрузке 100 г	0,12
7	Размах показаний массы на 6 измерений, мг, при нагрузке 100 г	0,1
8	Поправочность массы после выбора массы, мг, в интервалах взвешивания: до 50 г включ. св. 50 г	0,84 1,1
9	Расширение достоверности результата измерений, мг	0,28

Расширение достоверности получено путем увеличения эталонной достоверности на коэффициент оверса k=2, соответствующего уровню доверия приближенно равному 95 % при допущении нормального распределения. Отклонение достоверности приведено в соответствии с «Руководством по назначению достоверности измерений (GUM)».

Протокол калибровки №2-54 от 21.02.2014.

Расчеты достоверности приведены в Приложении к сертификату калибровки
 RU 01 №2301-496/2014 от 21.02.2014.

Подпись сотрудника, выполнявшего
калибровку

Силиванов И.И.

Расширенная неопределенность получена путем умножения стандартной неопределенности на коэффициент охвата $k=2$, соответствующего уровню доверия приблизительно равному 95 % при допущении нормального распределения. Оценивание неопределенности проведено в соответствии с «Руководством по выражению неопределенности измерений (GUM)».

Протокол калибровки №2-54 от 21.02.2014.

Расчеты неопределенности приведены в Приложении к сертификату калибровки RU 01 №2301-496/2014 от 21.02.2014.

Распределение вероятности принимается нормальным и значение коэффициента k зависит от заданной вероятности. Например, для $P = 0,99$ он равен 2,58.

Кельвин - единица измерения температуры в СИ, предложена в 1848 году. Один кельвин равен $1/273,16$ термодинамической температуры тройной точки воды. Начало шкалы (0 К) совпадает с абсолютным нулём. Пересчет в градусы Цельсия. $C = K - 273,15$.

До 1968 года кельвин официально именовался *градусом Кельвина*.

ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 до 3000 °С

по состоянию на 28.09.

номер в реестре	гэт34-2007
институт хранитель	ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева"
ученый хранитель	Походун Анатолий Иванович тел. 315-52-07 e-mail: A.I.Pokhodun@vniim.ru
вид измерений	Теплофизические и температурные измерения
НЗД	0÷ 3000 °С
СПВ	0,00003-1,4 °С
НСП	4e-5÷ 0.42 °С
Неопределенность стандартная	по типу А - в диапазоне 0-961,78 °С $0,03 \cdot 10^{-3}$ - $1,2 \cdot 10^{-3}$ °С - в диапазоне 961,78-3000 °С 0,1- 1,4 °С по типу В - в диапазоне 0-961,78 °С $0,03 \cdot 10^{-3}$ - $1,2 \cdot 10^{-3}$ °С - в диапазоне 961,78-3000 °С 0,05-0,18 °С суммарная - в диапазоне 0-961,78 °С $0,04 \cdot 10^{-3}$ - $1,7 \cdot 10^{-3}$ °С - в диапазоне 961,78-3000 °С 0,11- 1,4 °С
Неопределенность расширенная	коэффициент охвата k=2 - в диапазоне 0-961,78 °С $0,08 \cdot 10^{-3}$ - $3,4 \cdot 10^{-3}$ °С - в диапазоне 961,78-3000 °С 0,22- 2,8 °С
НД	ГОСТ 8.558-2008 ГСИ Государственная поверочная схема для средств измерений температуры
год выпуска	1979
МАИ	5 лет



Платиновые термометры сопротивления



Установка для воспроизведения температуры тройной точки воды

тип	эталон
постановление	Приказ Ростехрегулирования от 11.03.2008 N 608
состав эталона	<p>Работу эталона обеспечивает комплекс измерительных средств, входящих в его состав:</p> <ul style="list-style-type: none"> - группа из трёх платиновых термометров сопротивления для диапазона от 0 до 660,323 °С; - группа из трёх платиновых термометров сопротивления для диапазона от 419,527 до 961,78 °С; - установки для воспроизведения температур: тройной точки воды, плавления галлия, затвердевания индия, олова, цинка, алюминия, серебра; - комплекс аппаратуры для измерения сопротивления термометров; - фотоэлектрический компаратор яркостей тепловых излучателей; - излучатель "черное тело" для воспроизведения температур затвердевания серебра, золота и меди; - группа из трех температурных ламп; - высокотемпературный излучатель "черное тело" для передачи размера единицы температуры
применение	<p>Потребность в точных измерениях температуры существует во многих областях науки и производственной деятельности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - химическая и металлургическая промышленность; - нефтеперерабатывающая промышленность; - атомная энергетика и др.
описание	В основу эталона положен метод воспроизведения температур фазовых переходов чистых веществ (реперных точек международной температурной шкалы МТШ-90), позволяющий определить точные значения сопротивлений стабильных платиновых интерполяционных термометров в реперных точках МТШ-90
примечания	
международные сличения	<p>BIPM.T-K3 BIPM.T-K4 BIPM.T-K5 BIPM.T-K7 EURAMET.T-K4 EURAMET.T-K7 COOMET.T-K3 COOMET.T-K7 COOMET.T-S1</p>
метрологический	T.1.1.1



Установка для воспроизведения температуры плавления галлия



ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 до 3000 °С



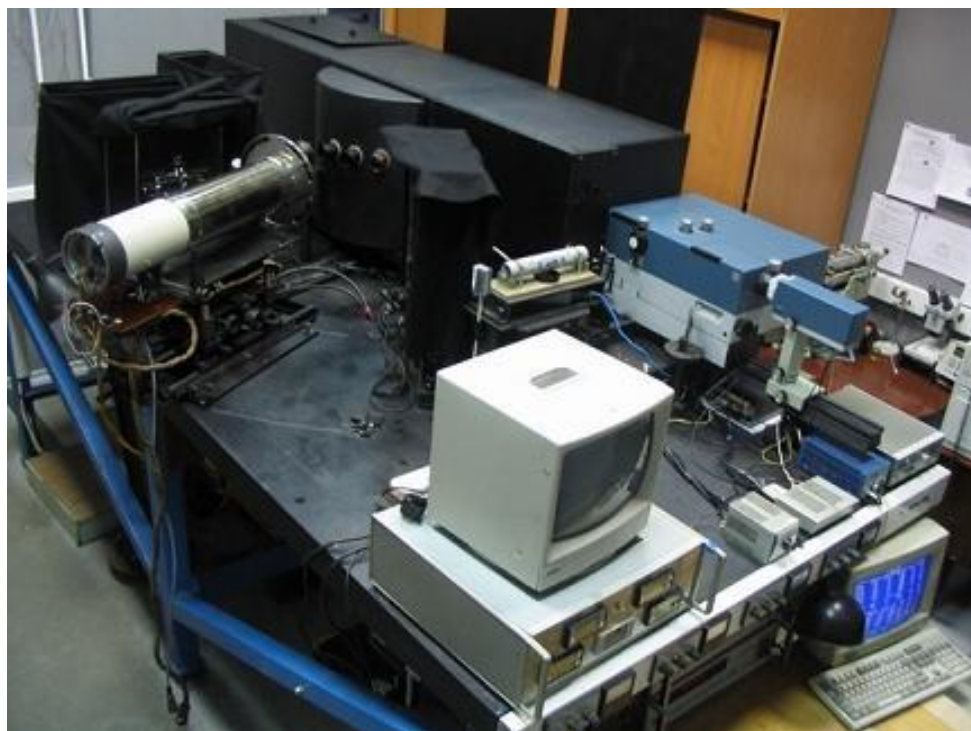
Платиновые термометры сопротивления

Кельвин - единица измерения температуры в СИ, предложена в 1848 году. Один кельвин равен $1/273,16$ термодинамической температуры тройной точки воды. Начало шкалы (0 K) совпадает с абсолютным нулём. Пересчет в градусы Цельсия. $C = K - 273,15$.

До 1968 года кельвин официально именовался *градусом Кельвина*.



Установка для воспроизведения температуры тройной точки воды



Фотоэлектрический компаратор яркостей тепловых излучателей