

Метрология

Часть 2

Вводная лекция для студентов заочного отделения

Мешалкина Марина Николаевна
meshalkina_mari@mail.ru



Международные организации в области метрологии:

- МБМВ (Международное Бюро мер и весов)
- КООМЕТ (Евро-азиатское сотрудничество метрологических институтов)
- АРМР (Азиатско-Тихоокеанская метрологическая программа)
- EURAMET (Европейская ассоциация национальных метрологических институтов)
- АНМЕТ (Структура Азиатско-Тихоокеанского Содружества (АТЭС) по технологиям оценки свойств материалов)
- МОЗМ (Международная организация законодательной метрологии)
- ИСО (Международная организация по стандартизации)
- МЭК (Международная электротехническая комиссия)



https://fgis.gost.ru/#!/



Федеральная государственная информационная система Росстандарта

Выберите систему



Стандартизация
ФГИС "БЕРЕСТА"



Метрология
ФГИС "АРШИН"



Подведомственная сеть
ФГИС "КОНТУР"

Статья 5 (ФЗ Об обеспечении единства измерений. Требования к измерениям)

1. Измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны выполняться по первичным референтным методикам (методам) измерений, референтным методикам (методам) измерений и другим аттестованным методикам (методам) измерений, за исключением методик (методов) измерений, предназначенных для выполнения прямых измерений, с применением средств измерений утвержденного типа, прошедших поверку. **Результаты измерений должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации.**

Определение из РМГ-29-2013

3.14 единица (измерения) (величины): Величина фиксированного размера, которой присвоено числовое значение, равное 1, определяемая и принимаемая по соглашению для количественного выражения однородных с ней величин.

Примечание — На практике широко применяется понятие *узаконенные единицы*, которое раскрывается как «система единиц и (или) отдельные единицы, установленные для применения в стране в соответствии с законодательными актами».

Физическая величина X может быть при помощи математических действий выражена через другие физические величины $A, B, C \dots$ уравнением вида:

$$X = k A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots ,$$

где k – коэффициент пропорциональности; α, β, γ – показатели степени.

ГОСТ 8.417-2002

УДК 53.081:006.354

T80

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Государственная система обеспечения единства измерений

ЕДИНИЦЫ ВЕЛИЧИН

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Units of quantities

МКС 17.020
ОКСТУ 0008

Дата введения 2003-09-01

4 Общие положения

4.1 Подлежат обязательному применению единицы Международной системы единиц²⁾, а также десятичные кратные и дольные этих единиц (разделы 5 и 7).

²⁾ Международная система единиц (международное сокращенное наименование — SI, в русской транскрипции — СИ) принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ) и уточнена на последующих ГКМВ [2].

4.2 Допускается применять наравне с единицами по 4.1 некоторые единицы, не входящие в СИ, в соответствии с 6.1 и 6.2, их сочетания с единицами СИ, а также некоторые нашедшие широкое применение на практике десятичные кратные и дольные перечисленных в настоящем пункте единиц.

4.3 Временно допускается применять наравне с единицами по 4.1 единицы, не входящие в СИ, в соответствии с 6.3, а также некоторые получившие распространение кратные и дольные единицы и сочетания этих единиц с единицами по 4.1 и 4.2.

4.4 В разрабатываемых или пересматриваемых документах, а также в других публикациях значения величин выражают в единицах СИ, десятичных кратных и дольных этих единиц, и (или) в единицах, допустимых к применению в соответствии с 4.2.

4.7 Учебный процесс (включая учебники и учебные пособия) в учебных заведениях основывают на применении единиц в соответствии с 4.1—4.3.

4.8 При договорно-правовых отношениях в области сотрудничества с зарубежными странами, а также в поставляемых за границу вместе с экспортной продукцией (включая транспортную и потребительскую тару) технических и других документах применяют международные обозначения единиц.

В документах на экспортную продукцию, если эти документы не отправляют за границу, допускается применять русские обозначения единиц.

4.9 В нормативных, конструкторских, технологических и других технических документах на продукцию различных видов применяют международные или русские обозначения единиц.

При этом независимо от того, какие обозначения использованы в документах на средства измерений, при указании единиц величин на табличках, шкалах и щитках этих средств измерений применяют международные обозначения единиц.

4.10 В публикациях допускается применять либо международные, либо русские обозначения единиц. Одновременное применение обозначений обоих видов в одном и том же издании не допускается, за исключением публикаций по единицам величин.

Таблица 5 — Внесистемные единицы, допустимые к применению наравне с единицами СИ

| Наименование величины | Единица | | | | | |
|----------------------------|---|---------------|---------|--|-----------------------------|------------|
| | Наименование | Обозначение | | Соотношение с единицей СИ | Область применения | |
| | | международное | русское | | | |
| Масса | тонна | t | т | $1 \cdot 10^3 \text{ kg}$ | Все области | |
| | атомная единица массы ^{1), 2)} | u | а.е.м | $1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (приблизительно) | Атомная физика | |
| Время ^{2), 3)} | минута | min | мин | 60 s | Все области | |
| | час | h | ч | 3600 s | | |
| | сутки | d | сут | 86400 s | | |
| Плоский угол ²⁾ | градус ^{2), 4)} | ...° | ...° | $(\pi/180) \text{ rad}$ $1,745329 \dots \cdot 10^{-2} \text{ rad}$ | = Все области | |
| | минута ^{2), 4)} | ...' | ...' | $(\pi/18000) \text{ rad}$ $2,908882 \dots \cdot 10^{-4} \text{ rad}$ | = | |
| | секунда ^{2), 4)} | ..." | ..." | $(\pi/648000) \text{ rad}$ $4,848137 \dots \cdot 10^{-6} \text{ rad}$ | = | |
| | град (гон) | gon | град | $(\pi/200) \text{ rad}$ $1,57080 \dots \cdot 10^{-2} \text{ rad}$ | = Геодезия | |
| Объем, вместимость | литр ⁵⁾ | l | л | $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ | Все области | |
| Длина | астрономическая единица | ua | а.е | $1,49598 \cdot 10^{11}$ (приблизительно) | m | Астрономия |
| | световой год | ly | св. год | $9,4605 \cdot 10^{15}$ (приблизительно) | m | |
| | парсек | pc | пк | $3,0857 \cdot 10^{16}$ (приблизительно) | m | |
| Оптическая сила | диоптрия | — | дптр | $1 \cdot \text{m}^{-1}$ | Оптика | |
| Площадь | гектар | ha | га | $1 \cdot 10^4 \text{ m}^2$ | Сельское и лесное хозяйство | |

Таблица 6 — Некоторые относительные и логарифмические величины и их единицы

| Наименование величины | Единица | | | Значение |
|---|-------------------|--------------------|-------------------|--|
| | Наименование | Обозначение | | |
| | | между- народное | русское | |
| 1 Относительная величина (безразмерное отношение физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): КПД; относительное удлинение; относительная плотность; деформация; относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости; магнитная восприимчивость; массовая доля компонента; молярная доля компонента и т. п. | единица | 1 | 1 | 1 |
| | процент | % | % | $1 \cdot 10^{-2}$ |
| | промилле | ‰ | ‰ | $1 \cdot 10^{-3}$ |
| | миллионная доля | ppm | млн ⁻¹ | $1 \cdot 10^{-6}$ |
| 2 Логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): уровень звукового давления; усиление, ослабление и т. п. ²⁾ | бел ¹⁾ | В | Б | $1 \text{ В} = 1 \lg(P_2/P_1)$ при $P_2 = 10P_1$ $1 \text{ В} = 2 \lg(F_2/F_1)$ при $F_2 = \sqrt{10}F_1$, где P_1, P_2 — одноименные энергетические величины (мощность, энергия, плотность энергии и т. п.); F_1, F_2 — одноименные «силовые» величины (напряжение, сила тока, напряженность поля и т. п.) |

В зависимости от рода измеряемой величины, условий проведения измерений и приемов обработки экспериментальных данных измерения могут классифицироваться с различных точек зрения.

С точки зрения **общих приемов** получения результатов они разделены на четыре класса:

- прямые;
- косвенные;
- совокупные;
- совместные.

Прямое измерение

4.19 прямое измерение: Измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений.

Примеры

- 1 Измерение длины детали микрометром.*
- 2 Измерение силы тока амперметром.*
- 3 Измерение массы на весах.*

Косвенное измерение

4.20 косвенное измерение: Измерение, при котором искомое значение величины определяют на основании результатов прямых измерений других величин, функционально связанных с искомой величиной.

Пример — Определение плотности ρ тела цилиндрической формы по результатам прямых измерений массы m , высоты h и диаметра цилиндра d , связанных с плотностью уравнением

$$\rho = \frac{m}{0,25\pi d^2 h}.$$

Косвенные измерения относятся к явлениям, которые непосредственно не воспринимаются органами чувств и познание которых требует экспериментальных устройств. Исторической предпосылкой косвенных измерений было открытие закономерных связей и единства различных явлений в отдельных областях природы и во всей природе в целом, что привело к установлению закономерных связей между различными физическими величинами.

Совокупные измерения

4.21 совокупные измерения: Проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях.

При этом для определения значений искомых величин число уравнений должно быть не меньше числа величин. Примером совокупных измерений являются измерения, когда значение массы отдельных гирь из набора определяют по известному значению массы одной из гирь и по результатам измерений масс различных сочетаний гирь.

Совместные измерения

4.22 совместные измерения: Проводимые одновременно измерения двух или нескольких не одноименных **величин** для определения зависимости между ними.

Примечание — Как правило, модель совместных измерений объединяет параметрическую зависимость между **измеряемыми величинами** и алгоритм оценки параметров данной зависимости на основе **результатов измерений**.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
8.736—
2011

Государственная система обеспечения
единства измерений

ИЗМЕРЕНИЯ ПРЯМЫЕ МНОГОКРАТНЫЕ

Методы обработки результатов измерений.
Основные положения

5 Оценка измеряемой величины и среднее квадратическое отклонение

5.1 Оценку измеряемой величины \bar{x} , за которую принимают среднее арифметическое значение исправленных результатов измерений, вычисляют по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

где x_i — i -й результат измерений;

n — число исправленных результатов измерений.

5.3 Среднее квадратическое отклонение S группы, содержащей n результатов измерений, вычисляют по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (3)$$

5.4 Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (оценки измеряемой величины) $S_{\bar{x}}$ вычисляют по формуле

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (4)$$

6 Исключение грубых погрешностей

6.1 Для исключения грубых погрешностей используют критерий Граббса. Статистический критерий Граббса исключения грубых погрешностей основан на предположении о том, что группа результатов измерений принадлежит нормальному распределению. Для этого вычисляют критерии Граббса G_1 и G_2 , предполагая, что наибольший x_{\max} или наименьший x_{\min} результат измерений вызван грубыми погрешностями:

$$G_1 = \frac{|x_{\max} - \bar{x}|}{S}, \quad G_2 = \frac{|\bar{x} - x_{\min}|}{S} \quad (5)$$

Сравнивают G_1 и G_2 с теоретическим значением G_T критерия Граббса при выбранном уровне значимости q . Таблица критических значений критерия Граббса приведена в приложении А.

7.5 Доверительные границы ε (без учета знака) случайной погрешности оценки измеряемой величины вычисляют по формуле

$$\varepsilon = t S_{\bar{x}}, \quad (6)$$

где t — коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности P и числа результатов измерений n находят по таблице, приведенной в приложении Д.

8 Доверительные границы неисключенной систематической погрешности

8.1 Неисключенная систематическая погрешность (далее — НСП) оценки измеряемой величины образуется из составляющих, в качестве которых могут быть приняты НСП:

- метода;
- средства измерений;
- вызванные другими источниками.

8.2 Границу НСП Θ_{Σ} оценки измеряемой величины при наличии менее трех ($m < 3$) НСП, каждая из которых представлена границами Θ_i , оценивают по формуле

$$\Theta_{\Sigma} = \pm \sum_{i=1}^m |\Theta_i|. \quad (7)$$

8.3 При наличии трех и более составляющих НСП распределение внутри границ этих составляющих (погрешности средств измерений каждого типа, погрешности поправок и т. д.) рассматривают как распределение случайных величин. При отсутствии данных о виде распределения случайных величин их распределения принимают равномерными.

8.4 При числе составляющих НСП более или равном трем ($m \geq 3$) доверительные границы НСП $\Theta_{\Sigma}(P)$ оценки измеряемой величины вычисляют путем построения композиции НСП. При равномерном распределении НСП доверительные границы $\Theta_{\Sigma}(P)$ допускается вычислять по формуле

$$\Theta_{\Sigma}(P) = \pm k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Theta_i^2}, \quad (8)$$

где Θ_i — граница i -й НСП;

k — коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью, числом составляющих НСП и их соотношением между собой.

Для доверительной вероятности $P = 0,95$ коэффициент k пренебрежимо мало зависит от числа составляющих НСП и их соотношения, поэтому при указанной доверительной вероятности коэффициент k принимают равным 1,1.

9 Доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины

9.1 Доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины находят путем построения композиции распределений случайных погрешностей и НСП, рассматриваемых как случайные величины в соответствии с 8.3. Если доверительные границы случайных погрешностей найдены в соответствии с разделом 7, границы погрешности оценки измеряемой величины Δ (без учета знака) вычисляют по формуле

$$\Delta = K S_{\Sigma}, \quad (12)$$

где K — коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП.

10 Форма записи оценки измеряемой величины

10.1 Оформление записи оценок измеряемых величин проводят в соответствии с правилами по межгосударственной стандартизации [2].

10.2 Округление при обработке результатов измерений выполняют в соответствии с приложением Е.

10.3 При симметричных доверительных границах погрешности оценку измеряемой величины представляют в форме

$$\bar{x} \pm \Delta, P, \quad (17)$$

где \bar{x} — оценка измеряемой величины.

Числовое значение оценки измеряемой величины должно оканчиваться цифрой того разряда, что и значение погрешности Δ .