

---

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(МГС)  
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(ISC)

---

РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ

РМГ 83—  
2007

---

Государственная система  
обеспечения единства измерений

## ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ

### Термины и определения

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2008

## Предисловие

### Сведения о рекомендациях

1 РАЗРАБОТАНЫ Всероссийским научно-исследовательским институтом физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ) Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

2 ВНЕСЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТЫ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 31 от 8 июня 2007 г.)

За принятие проголосовали:

| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Сокращенное наименование национального органа по стандартизации  |
|---|------------------------------------|--|
| Армения   | AM                                 | Армстандарт  |
| Казахстан   | KZ                                 | Госстандарт Республики Казахстан                                 |
| Кыргызстан  | KG                                 | Кыргызстандарт   |
| Молдова   | MD                                 | Молдова-Стандарт   |
| Российская Федерация                                | RU                                 | Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии |
| Таджикистан   | TJ                                 | Таджикстандарт   |
| Туркменистан  | TM                                 | Главгоссплужба «Туркменстандартлары»                             |
| Узбекистан  | UZ                                 | Узстандарт   |

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2007 г. № 37-ст рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 83—2007 введены в действие в качестве рекомендаций по метрологии Российской Федерации с 1 августа 2008 г.

5 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

*Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящих рекомендаций, изменениях и поправках к ним, а также тексты изменений и поправок публикуются в информационном указателе «Национальные стандарты»*

© Стандартинформ, 2008

В Российской Федерации настоящие рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

**Содержание**

|   |    |
|---|----|
| 1 Область применения . . . . .  | 1  |
| 2 Термины и определения . . . . .   | 1  |
| 2.1 Общие понятия . . . . .   | 1  |
| 2.2 Типы шкал измерений . . . . .   | 2  |
| 2.3 Элементы шкал измерений . . . . .                                     | 4  |
| 2.4 Измерение свойств . . . . .   | 5  |
| 2.5 Средства измерений и эталоны . . . . .                                | 7  |
| 2.6 Погрешности и неопределенности измерений . . . . .                    | 8  |
| Алфавитный указатель терминов на русском языке . . . . .                  | 10 |
| Алфавитный указатель эквивалентов терминов на немецком языке . . . . .    | 11 |
| Алфавитный указатель эквивалентов терминов на английском языке . . . . .  | 12 |
| Алфавитный указатель эквивалентов терминов на французском языке . . . . . | 13 |
| Приложение А (справочное) Элементы теории шкал измерений . . . . .        | 14 |
| Библиография . . . . .  | 19 |

## Введение

Установленные настоящими рекомендациями термины расположены в систематизированном порядке, отражающем систему понятий теории шкал измерений.

Для каждого понятия установлен один термин.

Заключенная в круглые скобки часть термина может быть опущена при использовании термина в документах по стандартизации. При этом не входящая в круглые скобки часть термина образует его краткую форму.

Наличие квадратных скобок в терминологической статье означает, что в нее включены два термина, имеющих общие терминоэлементы.

В алфавитном указателе данные термины приведены отдельно с указанием номера статьи.

Приведенные определения можно при необходимости изменить, вводя в них дополнительные признаки, раскрывая значения используемых в них терминов, указывая объекты, относящиеся к определяемому понятию. Изменения не должны нарушать смысловое содержание понятий, определенных в настоящих рекомендациях.

Приведены эквиваленты установленных рекомендациями терминов на немецком (код языка — de), английском (код языка — en) и французском (код языка — fr) языках.

За основной частью настоящих рекомендаций приведены алфавитный указатель терминов на русском языке, а также алфавитные указатели эквивалентов терминов на немецком, английском и французском языках.

Основы теории шкал измерений, необходимые для понимания текста рекомендаций, приведены в приложении А.

Настоящие рекомендации, используя терминологию по РМГ 29 — 99, расширяют и дополняют ее на основе теории шкал измерений.

Рекомендуемые термины набраны полужирным шрифтом, в алфавитном указателе их краткие формы набраны светлым шрифтом.

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ

## Государственная система обеспечения единства измерений

### ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ

#### Термины и определения

State system for ensuring the uniformity of measurements. Scales of measurements. Terms and definitions

Дата введения — 2008—08—01

## 1 Область применения

Настоящие рекомендации устанавливают основные термины и определения понятий, необходимых для практического применения теории шкал измерений в законодательной и прикладной метрологии.

Установленные термины рекомендуется применять во всех видах документации и литературы, входящих в сферу работ по метрологии и использующих результаты этих работ.

## 2 Термины и определения

### 2.1 Общие понятия

**2.1.1 шкала (измерений):** Отображение множества различных проявлений количественного или качественного свойства на принятые по соглашению упорядоченное множество чисел или другую систему логически связанных знаков (обозначений).

de Skala (der Messungen)  
en (measurements) scale  
fr échelle (des mesurages)

#### П р и м е ч а н и я

- Понятие «шкала измерений» не следует отождествлять с отсчетным устройством (шкалой) средства измерений.
- Различают пять основных типов шкал: наименований, порядка, разностей (интервалов), отношений и абсолютные.
- Примерами систем знаков, образующих шкалы измерений, являются множество баллов оценки свойств объектов, множество обозначений (названий) цвета, множество названий состояния объекта, совокупность классификационных символов или понятий, множество точек в модельной системе координат.
- Шкалы разностей и отношений объединяют термином «метрические шкалы».
- Различают одномерные и многомерные шкалы измерений.

de Skala einer Größe  
en scale of a quantity  
fr échelle d'une grandeur  
de Spezifikation für Skala der Messungen  
en specification for scale of measurements  
fr specification d'une échelle des mesurages

**2.1.2 шкала величины:** Шкала измерений количественного свойства.

**2.1.3 спецификация шкалы измерений:** Принятый по соглашению документ, содержащий описание шкалы и (или) описание правил и процедур воспроизведения данной шкалы (или единицы шкалы, если она существует).

П р и м е ч а н и я

1 Некоторые метрические шкалы, например шкалы массы и длины, достаточно полно специфицируются стандартизованными определениями единиц измерений.

2 Спецификации многих, даже метрических шкал, кроме определения единиц измерений содержат дополнительные положения. Например, международная температурная шкала МТШ—90 содержит указания о воспроизведении реперных точек; спецификация шкалы световых измерений содержит не только определение единицы измерений силы света — канделя, но и табулированную функцию относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения.

**2.1.4 элементы шкалы измерений:** Основные признаки, характеризующие шкалу измерений: класс эквивалентности, нуль, условный нуль, условная единица измерений, естественная (безразмерная) единица измерений, диапазон шкалы измерений, точка шкалы.

**2.1.5 тип шкалы:** Специфический набор признаков, классифицирующий данную шкалу измерений и характеризующий совокупность присущих ей логических соотношений между различными проявлениями измеряемого свойства.

**2.1.6 воспроизведение шкалы измерений:** Совокупность операций, имеющих целью воссоздание шкалы измерений (или ее участка) в соответствии с ее спецификацией.

**2.1.7 передача шкалы измерений:** Приведение шкалы (или ее участка), хранимой поверяемым (калибруемым) эталоном или рабочим средством измерений, в соответствие со шкалой, воспроизводимой или хранимой более точным (исходным) эталоном.

## 2.2 Типы шкал измерений

**2.2.1 шкала наименований:** Шкала измерений качественного свойства, характеризующаяся только соотношениями эквивалентности или отличиями проявлений этого свойства.

П р и м е ч а н и я

1 Множество проявлений (реализаций) качественного свойства может быть упорядочено по признаку близости (сходства) качественных различий и (или) по признаку возможных количественных различий в некоторых подмножествах проявлений свойства. Например, шкалы измерений цвета опираются на трехкоординатную модель цветового пространства, упорядоченную по цветовым различиям (качественный признак) и яркости (количественный признак).

2 Отличительные признаки шкал наименований: неприменимость в них понятий нуля, единицы измерений, размерности; допустимость только изоморфных или гомоморфных преобразований; недопустимость изменения спецификаций, описывающих конкретные шкалы. Чаще всего шкалы наименований устанавливаются рядом «классов эквивалентности».

**2.2.2 шкала порядка:** Шкала измерений количественного свойства (величины), характеризующаяся соотношениями эквивалентности и порядка по возрастанию (убыванию) различных проявлений свойства.

П р и м е ч а н и е — Отличительные признаки шкал порядка: неприменимость в них понятий «единица измерений» и «размерность»; необязательность наличия нуля; допустимость любых монотонных преобразований; недопустимость изменения спецификаций, описывающих конкретные шкалы.

de Elemente von Skalen der Messungen  
en elements of measurements scales  
fr éléments d' un échelle des mesurages  
de Skalatyp  
en type of a scale  
fr type d' une échelle

de Skalareproduktion  
en reproduction of measurements scale  
fr reproduction de échelle des mesurages  
de Skalatranslation  
en transmission of measurements scale  
fr transmission de échelle des mesurages

de Bezeichnungenscala  
en scale of denominations  
fr échelle d' un denominations

de Ordnungskala  
en scale of an order  
fr échelle d' une order

**2.2.3 шкала разностей [интервалов]:** Шкала измерений количественного свойства (величины), характеризующаяся соотношениями эквивалентности, порядка, суммирования интервалов различных проявлений свойства.

de Skala der Differenzen (Zwischenräume)  
en scale of differences (intervals)  
fr échelle d' un différences (intervalles)

**П р и м е ч а н и е —** Отличительные признаки шкал разностей: наличие устанавливаемых по соглашению нуля и единицы измерений; применимость понятия «размерность»; допустимость линейных преобразований; допустимость изменения спецификаций, описывающих конкретные шкалы.

**2.2.4 шкала отношений:** Шкала измерений количественного свойства (величины), характеризующаяся соотношениями эквивалентности, порядка, пропорциональности (допускающими в ряде случаев операцию суммирования) различных проявлений свойства.

de Skala der Verhältnise  
en scale of ratios  
fr échelle d' un relations

**П р и м е ч а н и я**

1 Отличительные признаки шкал отношений: наличие естественного нуля и устанавливаемой по соглашению единицы измерений; применимость понятия «размерность»; допустимость масштабных преобразований, допустимость изменения спецификаций, описывающих конкретные шкалы.

2 Шкалы отношений, в которых не имеет смысла операция суммирования, называют «пропорциональными шкалами отношений» (1-го рода), а шкалы, в которых эта операция имеет смысл, называют «аддитивными шкалами отношений» (2-го рода). Например, шкала термодинамических температур — пропорциональная, шкала масс — аддитивная.

**2.2.5 абсолютная шкала:** Шкала отношений (пропорциональная или аддитивная) безразмерной величины.

de Absolute Skala  
en absolute scale  
fr échelle absolue

**П р и м е ч а н и я**

1 Отличительные признаки абсолютных шкал: наличие естественных (не зависящих от принятой системы единиц) нуля и арифметической единицы измерений; допустимость только тождественных преобразований, допустимость изменения спецификаций, описывающих конкретные шкалы.

2 Результаты измерений в абсолютных шкалах могут быть выражены не только в арифметических единицах, но и в процентах, промилле, битах, байтах, децибелях (см. логарифмические шкалы).

3 Единицы абсолютных шкал могут быть применены в сочетании с единицами размерных величин. Например: скорость передачи информации в битах в секунду.

4 Разновидностью абсолютных шкал являются дискретные (счетные) шкалы, в которых результат измерения выражается числом частиц, квантов или других объектов, эквивалентных по проявлению измеряемого свойства. Например, шкалы для электрического заряда ядер атомов, числа квантов (в фотохимии), количества информации. Иногда за единицу измерений (со специальным названием) в таких шкалах принимают какое-то определенное число частиц (квантов), например один моль — число частиц, равное числу Авогадро.

**2.2.6 абсолютная ограниченная шкала:** Абсолютная шкала, диапазон значений которой находится в пределах от нуля до единицы (или некоторого предельного значения по спецификации шкалы).

de Absolute beschränkte Skala  
en absolute limited scale  
fr échelle absolue limite  
de Logarithmen Skala  
en logarithmic scale  
fr échelle logarithmique

**2.2.7 логарифмическая шкала:** Шкала измерений, получаемая логарифмическим преобразованием измеряемой величины.

**П р и м е ч а н и е —** Для построения логарифмических шкал обычно используются системы десятичных или натуральных логарифмов, а также система логарифмов с основанием два.

**2.2.8 логарифмическая шкала разностей:** Логарифмическая шкала, получаемая логарифмическим преобразованием величины, описываемой шкалой отношений или интервалов в шкале разностей, т.е. шкала, определяемая зависимостью  $L = \log(X/X_0)$ , где  $X$  — текущее, а  $X_0$  — принятное по соглашению опорное (исходное) значение преобразуемой величины.

**П р и м е ч а н и е** — Выбор опорного значения  $X_0$  определяет нулевую точку логарифмической шкалы разностей.

**2.2.9 логарифмическая абсолютная шкала:** Логарифмическая шкала, получаемая логарифмическим преобразованием  $L = \log X$  безразмерной величины  $X$ , описываемой абсолютной шкалой.

**П р и м е ч а н и е** — Другое наименование этой разновидности шкалы — логарифмическая шкала с плавающим нулем.

**2.2.10 биофизическая шкала:** Шкала измерений свойства физического фактора (стимула), модифицированная таким образом, чтобы по результатам измерений этого свойства можно было прогнозировать уровень или характер реакции биологического объекта на воздействие этого фактора.

**2.2.11 одномерная шкала:** Шкала измерений свойства объекта, которая характеризуется одним параметром и результаты измерений в которой выражаются одним числом или знаком (обозначением).

**2.2.12 многомерная шкала:** Шкала измерений свойства объекта, которая характеризуется двумя или более параметрами и результаты измерений в которой выражаются двумя или более числами или знаками (обозначениями).

**П р и м е ч а н и я**

1 Некоторые свойства, в принципе, невозможно описать одним параметром. Например, импеданс и комплексный коэффициент отражения описываются двумя параметрами, образующими двухмерные шкалы; цвет описывается тремя координатами в моделях цветовых пространств, образующих трехмерные шкалы.

2 Многомерные шкалы могут быть образованы сочетанием шкал различных типов.

3 Часто в многомерных шкалах устанавливается пространственная или абстрактная система специальных координат, например для измерения векторов скоростей, ускорений, для геодезических координат.

### 2.3 Элементы шкал измерений

**2.3.1 нуль шкалы:** Начальная точка шкал порядка (некоторых), интервалов, отношений и абсолютных.

**П р и м е ч а н и е** — Различают естественный и условный нули шкал.

**2.3.2 естественный нуль шкалы:** Нуль шкалы, соответствующий бесконечно малому количественному проявлению измеряемого свойства.

**2.3.3 условный нуль шкалы:** Нуль шкалы разностей (интервалов) или шкалы порядка, которому по соглашению присвоено нулевое значение измеряемого свойства (величины).

**П р и м е ч а н и е** — Шкала может простираться по обе стороны условного нуля. Например, в наиболее распространенной календарной шкале за условный нуль принято событие — Рождество Христово. Поэтому общепринято обозначение даты некоторого события «... н.э. (нашей эры)» или «... до н.э.».

de Logarithmen Skala der Differenzen  
en logarithmic scale of differences  
fr échelle logarithmique du différences

de Logarithmen absolute Skala  
en logarithmic absolute scale  
fr échelle logarithmique absolue  
de Biophysikalische Skala  
en biophysical scale  
fr échelle biophysique

de Eindimensionale Skala  
en one-dimensional scale  
fr échelle monodimensionale  
de Veildimensionale Skala  
en multidimensional scale  
fr échelle multidimensionale

de Skalanull  
en zero of a scale  
fr zero d' une échelle

de Natürliche Skalanull  
en natural zero of a scale  
fr natural zero d' une échelle

de Verabredete Skalanull  
en conventional zero of a scale  
fr conventionnel zero d' une échelle

**2.3.4 точка шкалы:** Одно отдельное число или знак (обозначение) из спецификации шкалы измерений.

de Skalapunkt  
en point of a scale  
fr point d'une échelle

**2.3.5 класс эквивалентности:** Подмножество проявлений измеряемого свойства, принятых условно неразличимыми в шкале измерений этого свойства.

de Klasse Äquivalent  
en class of equivalence  
fr classe d'une équivalence

**2.3.6 диапазон шкалы измерений:** Пределы изменений измеряемого свойства, охватываемые данной конкретной реализацией шкалы.

de Bereich von Skala der messungen  
en range of measurements scale

fr etendue d'une échelle des mesurages

de Einheit (von Größe)  
en unit of measurement (of quantity)  
fr unité de mesure (grandeur)

**2.3.7 единица измерений[величины]:** Величина фиксированного размера, которой условно (по определению) присвоено числовое значение, равное единице в соответствующей шкале измерений.

#### П р и м е ч а н и я

1 Термины «единица величины» является эквивалентным термину «единица измерений».

2 Термин «единица физической величины», обозначающий более узкое понятие, применять не рекомендуется, так как невозможно определить границы его применения.

3 Понятие «единица измерений» не имеет смысла для свойств, описываемых шкалами наименований и порядка.

4 Размер единиц измерений величин, описываемых абсолютными шкалами, однозначно определяется безразмерным характером измеряемых величин.

**2.3.8 логарифмическая единица измерений:** Единица измерений логарифмической шкалы.

de Logarithmen Einheit  
en logarithmic unit of measurement  
fr unité logarithmique de mesure (grandeur)

П р и м е ч а н и е — Получили распространение логарифмические единицы измерений: бел, децибел, лог, децилог, непер и др.

### 2.4 Измерение свойств

**2.4.1 объект измерений:** Объект деятельности (тело, вещества, явление, процесс), одно или несколько конкретных проявлений количественных или качественных свойств которого подлежат измерению.

de Objekt der messung  
en object of measurement  
fr objet de mesure

П р и м е ч а н и е — Объектами измерений являются как физические, так и нефизические объекты.

**2.4.2 измеряемое свойство:** Общее свойство объектов измерений, которое выбрано для исследования путем измерения.

de Meßbare Eigenschaft  
en measurable property  
fr propriété de mesure

П р и м е ч а н и е — Измеряют количественные и качественные свойства не только физических, но и нефизических объектов (биологических, психологических, социальных, экономических и др.).

**2.4.3 измеряемая величина:** Измеряемое свойство, характеризуемое количественными различиями.

de Meßbare Größe  
en measurable quantity  
fr grandeur de mesure

П р и м е ч а н и е — Понятие «величина» неприменимо к качественным свойствам, описываемым шкалами наименований, поэтому понятие «свойство» является более общим по сравнению с понятием «величина».

|  |   |
|--|---|
| <b>2.4.4 измерение:</b> Сравнение конкретного проявления измеряемого свойства (измеряемой величины) со шкалой (частью шкалы) измерений этого свойства (величины) в целях получения результата измерения (оценки свойства или значения величины). | de Messung<br>en measurement<br>fr mesurage   |
| <b>2.4.5 единство измерений:</b> Состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах измерений (величин) или шкалах измерений и оценены неопределенности или пределы погрешностей результатов измерений.              | de Einheitlichkeit der Messungen<br>en uniformity of measurements<br>fr tracabilité   |
| <b>П р и м е ч а н и е —</b> Данное определение понятия «единство измерений» распространяет его на шкалы всех типов, включая шкалы наименований и порядка (см. 2.1.1).   |   |
| <b>2.4.6 значение величины:</b> Выражение размера величины по соответствующей шкале в виде некоторого числа принятых единиц, чисел, баллов или иных знаков (обозначений).  | de Größenwert<br>en value of a quantity<br>fr valeur d'une grandeur   |
| <b>П р и м е ч а н и е —</b> Для качественных свойств аналогичным термином является «оценка свойства».   |   |
| <b>2.4.7 истинное значение величины:</b> Значение величины, которое идеальным образом отражает положение на соответствующей шкале реализации количественного свойства конкретного объекта деятельности.  | de Wahrer Größenwert<br>en true value of a quantity<br>fr valeur vraie d'une grandeur   |
| <b>П р и м е ч а н и е —</b> Для качественных свойств аналогичным термином является «истинная оценка свойства».  |   |
| <b>2.4.8 действительное значение величины:</b> Значение величины, настолько близкое к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.   | de Konventioneller wahrer Größenwert<br>en conventional true value of a quantity<br>fr valeur conventionnellement vraie d'une grandeur          |
| <b>2.4.9 оценка свойства:</b> Выражение местоположения качественного свойства конкретного объекта измерений на соответствующей шкале наименований.   | de Abschätzung einer Eigenschaft<br>en evaluation of a property<br>fr évaluation d'une propriété  |
| <b>П р и м е ч а н и е —</b> В некоторых случаях удобно и допустимо применять термин «значение» вместо «оценка» и для качественных свойств.  |   |
| <b>2.4.10 истинная оценка свойства:</b> Оценка свойства, которая идеальным образом отражает положение на соответствующей шкале наименований реализации качественного свойства конкретного объекта измерений.                                     | de Wahr Abschätzung einer Eigenschaft<br>en true evaluation of a property<br>fr valeur evaluation d'une propriété                               |
| <b>2.4.11 действительная оценка свойства:</b> Оценка свойства, настолько близкая к истинной оценке, что для данной цели может быть использована вместо нее.  | de Konventionell Abschätzung einer Eigenschaft<br>en conventional evaluation of a property<br>fr évaluation conventionnellement d'une propriété |
| <b>2.4.12 метод измерения:</b> Прием или совокупность приемов сравнения конкретного проявления измеряемого свойства (измеряемой величины) со шкалой измерений этого свойства (величины).   | de Meßmethode<br>en method of measurement<br>fr methode de mesure   |

**2.4.13 результат измерения:** Значение величины или оценка свойства, полученное(ая) путем измерений.

de Meßergebnis  
en result of measurement  
fr résultat d'un mesurage

**П р и м е ч а н и я**

- 1 За результат измерения в шкалах разностей (интервалов), отношений и абсолютных чаще всего принимают среднеарифметическое значение из ряда результатов равноточных наблюдений.
- 2 В шкалах порядка за результат измерения можно принять медиану результатов ряда наблюдений, но нельзя принимать среднеарифметическое значение.
- 3 Результат измерения в шкалах наименований выражается эквивалентностью конкретного проявления свойства точке или классу эквивалентности соответствующей шкалы.
- 4 Результат измерения должен также содержать информацию о его неопределенности или пределах погрешности.

**2.5 Средства измерений и эталоны**

**2.5.1 средство измерений:** Объект, предназначенный для выполнения измерений, воспроизводящий и(или) хранящий какую-либо часть (точку) шкалы и имеющий нормированные метрологические характеристики.

de Meßgerät  
en measuring instrument  
fr appareil de mesure  
de Meßverkörperung  
en material measure  
fr mesure matérialisée

**2.5.2 мера:** Средство измерений, воспроизводящее и(или) хранящее одну или несколько точек шкалы измерений.

**П р и м е ч а н и е —** Понятие меры применимо в шкалах, описывающих как количественные свойства (величины — «мера величины»), так и качественные свойства, например «мера цвета».

**2.5.3 измерительный прибор:** Средство измерений, предназначенное для получения значения измеряемой величины или оценки свойства в установленном диапазоне (участке) шкалы измерений.

de Meßgerät  
en measuring instrument  
fr appareil de mesure  
de Meßumformer  
en measuring transducer  
fr transducteur de mesure

**2.5.4 измерительный преобразователь:** Средство измерений (или его часть), служащее для получения информации об измеряемом количественном или качественном свойстве и преобразования ее в форму, удобную для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

**2.5.5 компаратор:** Объект, предназначенный для сравнения реализаций измеряемого свойства (величины).

de Komparator  
en comparator  
fr comparateur

**П р и м е ч а н и е —** Используются компараторы количественных свойств (величин) и качественных свойств, например компараторы цвета.

**2.5.6 эталон:** Объект, предназначенный и узаконенный для воспроизведения и(или) хранения шкалы, ее части или размера единицы измерений и передачи их средствам измерений.

de Normal  
en standard, etalon  
fr étalon  
de Normal einer Skala  
en etalon of scale  
fr échelle d'un étalon

**2.5.7 эталон шкалы измерений:** Этalon, воспроизводящий всю шкалу или какую-либо часть шкалы измерений.

**П р и м е ч а н и я**

1 Этalon может воспроизводить одну точку шкалы (одно фиксированное значение величины) — см. 2.5.8.

2 В шкалах наименований и порядка эталоны обязательно воспроизводят целиком используемый участок шкалы.

**2.5.8 эталон величины:** Этalon, воспроизводящий одно или несколько значений измеряемой величины (точек шкалы).

de Normal einer Größe  
en etalon of a quantity  
fr étalon d'un grandeur

**П р и м е ч а н и е —** Чаще всего воспроизводимое эталоном значение величины отличается от размера единицы измерений. В настоящее время значение единицы измерений воспроизводят эталоны массы, длины, интервалов времени, электрического напряжения (исключительно или в ряду других значений).

## 2.6 Погрешности и неопределенности измерений

**2.6.1 погрешность (результата) измерения:** Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины или истинной оценки качественного свойства.

П р и м е ч а н и я

1 Практическая оценка погрешности осуществляется путем замены истинного значения величины или истинной оценки качественного свойства соответственно на действительное значение или действительную оценку.

2 В двухмерных шкалах и шкалах большей мерности погрешность характеризуется отклонением точки шкалы, соответствующей результату измерения, от точки шкалы, соответствующей истинному значению (истинной оценке) в соответствующем модельном пространстве.

3 В шкалах отношений и абсолютных шкалах для отличия от термина «относительная погрешность» применяют термин «абсолютная погрешность».

de Meßabweichung  
en error (of measurement)  
fr erreur (de mesure)

**2.6.2 относительная погрешность (измерения):** Отношение погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины.

de Relative  
Meßabweichung  
en relative error  
fr erreur relative

П р и м е ч а н и я

1 Понятие «относительная погрешность» применимо при измерениях величин по шкалам отношений и абсолютным шкалам, а также к интервалам величин, описываемых шкалами разностей (интервалов). Однако к самим величинам, описываемым шкалами разностей, это понятие неприменимо. Например, бессмысленно (невозможно) выражать в процентах погрешность измерения температуры по шкале Цельсия или погрешность датировки события.

2 Понятие «относительная погрешность» неприменимо при измерениях по шкалам порядка и наименований.

**2.6.3 погрешность воспроизведения шкалы:** Погрешность результатов измерений, выполняемых при воспроизведении точек шкалы.

de Meßabweichungen  
einer Skalareproduktion  
en errors of scale  
reproduction  
fr erreurs d'une reproduction de échelle

**2.6.4 погрешность передачи шкалы:** Погрешность результатов измерений, выполняемых при передаче точек шкалы.

de Meßabweichungen  
einer Skalatranslation  
en errors of scale transmission  
fr erreurs d'une transmission de échelle

**2.6.5 неопределенность (результата) измерений:** Соответствующая возможному рассеянию результатов измерений область (участок) шкалы измерений, в которой предположительно находится оценка свойства или значение измеряемой величины.

de Meßunsicherheit  
en uncertainty of measurement  
fr incertitude de mesure

П р и м е ч а н и я

1 В одномерных шкалах (отношений, интервалов и абсолютных) неопределенность измерений принято характеризовать параметром в виде среднеквадратичного отклонения — стандартной неопределенности и расширенной неопределенности в соответствии с «Руководством по выражению неопределенности измерений» [1].

2 В двухмерных шкалах и шкалах большей мерности область (участок) шкалы, характеризующая неопределенность измерений, представляет собой многомерную (двухмерную) область в соответствующем модельном пространстве вокруг точки шкалы, соответствующей результату измерения.

3 В шкалах порядка и наименований неопределенность измерения можно характеризовать размахом, но не стандартной неопределенностью.

|   |   |
|---|---|
| 2.6.6 <b>неопределенность воспроизведения шкалы:</b> Неопределенность результатов измерений, выполняемых при воспроизведении точек шкалы. | de Unsicherheit einer Skalareproduktion<br>en uncertainty of scale reproduction<br>fr incertitude d'une reproduction de échelle |
| 2.6.7 <b>неопределенность передачи шкалы:</b> Неопределенность результатов измерений, выполняемых при передаче точек шкалы.               | de Unsicherheit einer Skalatranslation<br>en uncertainty of scale transmission<br>fr incertitude d'une transmission de échelle  |

**Алфавитный указатель терминов на русском языке**

|                                       |        |                                     |        |
|---------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|
| <b>В</b>                              |        | <b>П</b>                            |        |
| величина измеряемая                   | 2.4.3  | передача шкалы измерений            | 2.1.7  |
| воспроизведение шкалы измерений       | 2.1.6  | погрешность воспроизведения шкалы   | 2.6.3  |
| <b>Д</b>                              |        | погрешность передачи шкалы          | 2.6.4  |
| диапазон шкалы измерений              | 2.2.6  | погрешность измерения               | 2.6.1  |
| <b>Е</b>                              |        | погрешность измерения относительная | 2.6.2  |
| единица величины                      | 2.3.7  | погрешность относительная           | 2.6.2  |
| единица измерений                     | 2.3.7  | погрешность результата измерения    | 2.6.1  |
| единица измерений логарифмическая     | 2.3.8  | преобразователь измерительный       | 2.5.4  |
| единство измерений                    | 2.4.5  | прибор измерительный                | 2.5.3  |
| <b>З</b>                              |        | <b>Р</b>                            |        |
| значение величины                     | 2.4.6  | результат измерения                 | 2.4.13 |
| значение величины действительное      | 2.4.8  | <b>С</b>                            |        |
| значение величины истинное            | 2.4.7  | свойство измеряемое                 | 2.4.2  |
| <b>И</b>                              |        | спецификация шкалы измерений        | 2.1.3  |
| измерение                             | 2.4.4  | средство измерений                  | 2.5.1  |
| интервал                              | 2.2.3  | <b>Т</b>                            |        |
| <b>К</b>                              |        | тип шкалы                           | 2.1.5  |
| компаратор                            | 2.5.5  | точка шкалы                         | 2.3.4  |
| класс эквивалентности                 | 2.3.5  | <b>Ш</b>                            |        |
| <b>М</b>                              |        | шкала                               | 2.1.1  |
| мера                                  | 2.5.2  | шкала абсолютная                    | 2.2.5  |
| метод измерения                       | 2.4.12 | шкала абсолютная логарифмическая    | 2.2.9  |
| <b>Н</b>                              |        | шкала абсолютная ограниченная       | 2.2.6  |
| неопределенность                      |        | шкала биофизическая                 | 2.2.10 |
| воспроизведения шкалы                 | 2.6.6  | шкала величины                      | 2.1.2  |
| неопределенность измерений            | 2.6.5  | шкала измерений                     | 2.1.1  |
| неопределенность передачи шкалы       | 2.6.7  | шкала интервалов                    | 2.2.3  |
| неопределенность результата измерений | 2.6.5  | шкала логарифмическая               | 2.2.7  |
| нуль шкалы                            | 2.3.1  | шкала многомерная                   | 2.2.12 |
| нуль шкалы естественный               | 2.3.2  | шкала наименований                  | 2.2.1  |
| нуль шкалы условный                   | 2.3.3  | шкала одномерная                    | 2.2.11 |
| <b>О</b>                              |        | шкала отношений                     | 2.2.4  |
| объект измерений                      | 2.4.1  | шкала порядка                       | 2.2.2  |
| оценка свойства                       | 2.4.9  | шкала разностей                     | 2.2.3  |
| оценка свойства действительная        | 2.4.11 | шкала разностей логарифмическая     | 2.2.8  |
| оценка свойства истинная              | 2.4.10 | <b>Э</b>                            |        |
|                                       |        | элементы шкалы измерений            | 2.1.4  |
|                                       |        | эталон величины                     | 2.5.8  |
|                                       |        | эталон                              | 2.5.6  |
|                                       |        | эталон шкалы измерений              | 2.5.7  |

**Алфавитный указатель эквивалентов терминов на немецком языке**

|  |                 |  |        |
|--|-----------------|--|--------|
| <b>A</b>                                     |                 |  |        |
| Abschätzung einer Eigenschaft                | 2.4.9           | Meßumformer                            | 2.5.4  |
| Absolute beschränkte Skala                   | 2.2.6           | Messung                                | 2.4.4  |
| Absolute Skala                               | 2.2.5           | Meßunsicherheit                        | 2.6.5  |
| <b>B</b>                                     |                 | <b>N</b>                               |        |
| Bereich von Skala der messungen              | 2.3.6           | Natürliche Skalanull                   | 2.3.2  |
| Bezeichnungenskala                           | 2.2.1           | Normal                                 | 2.5.6  |
| Biophysikalische Skala                       | 2.2.10          | Normal einer Skala                     | 2.5.7  |
|  |                 | Normal einer Größe                     | 2.5.8  |
| <b>E</b>                                     |                 | <b>O</b>                               |        |
| Eindimensionale Skala                        | 2.2.11          | Objekt der messung                     | 2.4.1  |
| Einheit (von Größe)                          | 2.3.7           | Ordnungskala                           | 2.2.2  |
| Einheitlichkeit der Messungen                | 2.4.5           |  |        |
| Elemente von Skalen der Messungen            | 2.1.4           | <b>R</b>                               |        |
|  |                 | Relative Meßabweichung                 | 2.6.2  |
| <b>G</b>                                     |                 | <b>S</b>                               |        |
| Größenwert                                   | 2.4.6           | Skala (der Messungen)                  | 2.1.1  |
| <b>K</b>                                     |                 | Skala der Differenzen (Zwischenräume)  | 2.2.3  |
| Klasse Äquivalent                            | 2.3.5           | Skala der Verhältnisse                 | 2.2.4  |
| Komparator                                   | 2.5.5           | Skala einer Größe                      | 2.1.2  |
| Konventionell Abschätzung einter Eigenschaft | 2.4.11          | Skalanull                              | 2.3.1  |
| Konventioneller wahrer Größenwert            | 2.4.8           | Skalapunkt                             | 2.3.4  |
| <b>L</b>                                     |                 | Skalareproduction                      | 2.1.6  |
| Logarithme Skala der Differenzen             | 2.2.8           | Skalatranslation                       | 2.1.7  |
| Logarithmen Einheit                          | 2.3.8           | Skalatyp                               | 2.1.5  |
| Logarithmen Skala                            | 2.2.7           | Spezifikation für Skala der Messungen  | 2.1.3  |
| Logarithmen absolute Skala                   | 2.2.9           | <b>U</b>                               |        |
|  |                 | Unsichertheite einer Skalareproduction | 2.6.6  |
| <b>M</b>                                     |                 | Unsichertheite einer Skalatranslation  | 2.6.7  |
| Meßverkörperung                              | 2.5.2           | <b>V</b>                               |        |
| Meßabweichung                                | 2.6.1           | Veildimensionale Skala                 | 2.2.12 |
| Meßabweichungen einer Skalareproduction      | 2.6.3           | Verabredete Skalanull                  | 2.3.3  |
| Meßabweichungen einer Skalatranslation       | 2.6.4           | <b>W</b>                               |        |
| Meßbare Eigenschaft                          | 2.4.2           | Wahr Abschätzung einer Eigenschaft     | 2.4.10 |
| Meßbare Größe                                | 2.4.3           | Wahrer Größenwert                      | 2.4.7  |
| Meßergebnis                                  | 2.4.13          | <b>Z</b>                               |        |
| Meßgerät                                     | 2.5.1,<br>2.5.3 | Zmischenräume                          | 2.2.3  |
| Meßmethode                                   | 2.4.12          |  |        |

**Алфавитный указатель эквивалентов терминов на английском языке**

|                                       |              |   |        |
|---------------------------------------|--------------|---|--------|
| <b>A</b>                              |              | <b>O</b>                                |        |
| absolute limited scale                | 2.2.6        | object of measurement                   | 2.4.1  |
| absolute scale                        | 2.2.5        | one-dimensional scale                   | 2.2.11 |
| <b>B</b>                              |              | <b>P</b>                                |        |
| biophysical scale                     | 2.2.10       | point of a scale                        | 2.3.4  |
| <b>C</b>                              |              | <b>R</b>                                |        |
| class of equivalence                  | 2.3.5        | range of measurements scale             | 2.3.6  |
| comparator                            | 2.5.5        | relative error                          | 2.6.2  |
| conventional evaluation of a property | 2.4.11       | reproduction of measurements scale      | 2.1.6  |
| conventional true value of a quantity | 2.4.8        | result of measurement                   | 2.4.13 |
| conventional zero of a scale          | 2.3.3        |   |        |
| <b>E</b>                              |              | <b>S</b>                                |        |
| elements of measurements scales       | 2.1.4        | scale                                   | 2.1.1  |
| error (of measurement)                | 2.6.1        | scale of a quantity                     | 2.1.2  |
| errors of scale reproduction          | 2.6.3        | scale of an order                       | 2.2.2  |
| errors of scale transmission          | 2.6.4        | scale of denominations                  | 2.2.1  |
| etalon of a quantity                  | 2.5.8        | scale of differences (intervals)        | 2.2.3  |
| etalon of a scale                     | 2.5.7        | scale of ratios                         | 2.2.4  |
| evaluation of a property              | 2.4.9        | specification for scale of measurements | 2.1.3  |
|                                       |              | standard, etalon                        | 2.5.6  |
| <b>L</b>                              |              | <b>T</b>                                |        |
| logarithmic scale                     | 2.2.7        | transmission of measurements scale      | 2.1.7  |
| logarithmic absolute scale            | 2.2.9        | true evaluation of a property           | 2.4.10 |
| logarithmic scale of differences      | 2.2.8        | true value of a quantity                | 2.4.7  |
| logarithmic unit of measurement       | 2.3.8        | type of a scale                         | 2.1.5  |
| <b>M</b>                              |              | <b>U</b>                                |        |
| material measure                      | 2.5.2        | uncertainty of measurement              | 2.6.5  |
| measurable property                   | 2.4.2        | uncertainty of scale reproduction       | 2.6.6  |
| measurable quantity                   | 2.4.3        | uncertainty of scale transmission       | 2.6.7  |
| measurement                           | 2.4.4        | uniformity of measurements              | 2.4.5  |
| measurements scale                    | 2.1.1        | unit of measurement (of quantity)       | 2.3.7  |
| measuring instrument                  | 2.5.1, 2.5.3 |   |        |
| measuring transducer                  | 2.5.4        | <b>V</b>                                |        |
| method of measurement                 | 2.4.12       | value of a quantity                     | 2.4.6  |
| multidimensional scale                | 2.2.12       |   |        |
| <b>N</b>                              |              | <b>Z</b>                                |        |
| natural zero of a scale               | 2.3.2        | zero of a scale                         | 2.3.1  |

**Алфавитный указатель эквивалентов терминов на французском языке**

|  |              |   |        |
|--|--------------|---|--------|
| <b>A</b>                                       |              | <b>M</b>  |        |
| appareil de mesure                             | 2.5.1, 2.5.3 | mesurage  | 2.4.4  |
| <b>C</b>                                       |              | mesure materialisée                             | 2.5.2  |
| classe d'une équivalence                       | 2.3.5        | méthode de mesure                               | 2.4.12 |
| comparateur                                    | 2.5.5        |   |        |
| conventionnel zero d'une échelle               | 2.3.3        |   |        |
| <b>E</b>                                       |              | <b>N</b>  |        |
| échelle (des mesurages)                        | 2.1.1        | naturel zero d'une échelle                      | 2.3.2  |
| échelle absolue                                | 2.2.5        |   |        |
| échelle absolue limite                         | 2.2.6        |   |        |
| échelle biophysique                            | 2.2.10       |   |        |
| échelle d'un étalon                            | 2.5.7        | <b>O</b>  |        |
| échelle d'un denominations                     | 2.2.1        | objet de mesure                                 | 2.4.1  |
| échelle d'un différences (intervalles)         | 2.2.3        |   |        |
| échelle d'un relations                         | 2.2.4        | <b>P</b>  |        |
| échelle d'une grandeur                         | 2.1.2        | point d'une échelle                             | 2.3.4  |
| échelle d'une order                            | 2.2.2        | propriété de mesure                             | 2.4.2  |
| échelle logarithmique                          | 2.2.7        |   |        |
| échelle logarithmique absolue                  | 2.2.9        | <b>R</b>  |        |
| échelle logarithmique du différences           | 2.2.8        | reproduction de échelle des mesurages           | 2.1.6  |
| échelle monodimensionale                       | 2.2.11       | resultat d'un mesurage                          | 2.4.13 |
| échelle multidimensionale                      | 2.2.12       |   |        |
| éléments d'un échelles des mesurages           | 2.1.4        | <b>S</b>  |        |
| erreur (de mesure)                             | 2.6.1        | specification d'une échelle des mesurages       | 2.1.3  |
| erreur relative                                | 2.6.2        |   |        |
| erreurs d'une reproduction de échelle          | 2.6.3        | <b>T</b>  |        |
| erreurs d'une transmission de échelle          | 2.6.4        | tracabilité                                     | 2.4.5  |
| étalon   | 2.5.6        | transducteur de mesure                          | 2.5.4  |
| étalon d'un grandeur                           | 2.5.8        | transmission de échelle des mesurages           | 2.1.7  |
| étendue d'une échelle des mesurages            | 2.3.6        | type d'une échelle                              | 2.1.5  |
| évaluation conventionnellement d'une propriété | 2.4.11       | <b>U</b>  |        |
| évaluation d'une propriété                     | 2.4.9        | unité de mesure (grandeur)                      | 2.3.7  |
| <b>G</b>                                       |              | unité logarithmique de mesure (grandeur)        | 2.3.8  |
| grandeur de mesure                             | 2.4.3        |   |        |
| <b>I</b>                                       |              | <b>V</b>  |        |
| incertitude d'une reproduction de échelle      | 2.6.6        | valeur conventionnellement vraie d'une grandeur | 2.4.8  |
| incertitude d'une transmission de échelle      | 2.6.7        | valeur d'une grandeur                           | 2.4.6  |
| incertitude de mesure                          | 2.6.5        | valeur évaluation d'une propriété               | 2.4.10 |
|  |              | valeur vraie d'une grandeur                     | 2.4.7  |
|  |              | <b>Z</b>  |        |
|  |              | zero d'une échelle                              | 2.3.1  |

Приложение А  
(справочное)

## Элементы теории шкал измерений

Термин «шкала» в метрологической практике имеет по крайней мере два различных значения. Во-первых, шкалой или, точнее, шкалой измерений называют абстрактное понятие, определенное в настоящих рекомендациях. Во-вторых, шкалой называют отсчетные устройства аналоговых средств измерений. В настоящих рекомендациях термин «шкала» используют только в первом из приведенных выше значений.

В настоящем приложении приведены основные теории шкал измерений, необходимые для их понимания и применения, а также примеры некоторых широко применяемых на практике шкал.

Измеряют различные свойства тел, веществ, явлений, процессов. Измеряемым свойствам дают названия, такие как масса, интервал времени, термодинамическая температура, цвет и т. д. Одни свойства при этом проявляются количественно (длина, масса, температура и т. п.), а другие — качественно. Например, цвет, поскольку не имеет смысла выражение типа «красный цвет больше (меньше) синего». Измеряемые количественные свойства называют измеряемыми величинами. Многообразие (количественное или качественное) проявлений любого свойства образует множество, отображение элементов которого на множество чисел или, в более общем случае, на систему условных знаков представляет собой шкалу измерений этого свойства. Такими системами знаков являются, например, множество обозначений (названий) цветов, совокупность классификационных символов или понятий, множество баллов оценки состояний объекта, множество действительных чисел и т. д. Элементы множеств проявления свойств находятся в определенных логических соотношениях между собой. Такими соотношениями могут быть «эквивалентность» (равенство), «отличие», «сходство» (близость) этих элементов, их количественная различимость («больше», «меньше»), реальная выполнимость операций сложения, вычитания, умножения, деления элементов множеств и т. д. Эти особенности свойств определяют типы соответствующих им шкал измерений.

В соответствии с логической структурой проявления свойств в теории измерений различают пять основных типов шкал измерений: наименований, порядка, разностей (интервалов), отношений и абсолютные шкалы. Шкалы каждого типа обладают определенными признаками, основные из которых рассмотрены ниже.

**Шкалы наименований** отражают качественные свойства. Их элементы характеризуются только соотношениями эквивалентности (равенства), отличия и сходства конкретных качественных проявлений свойств. В шкалах наименований нельзя ввести понятия единицы измерений, а следовательно, и размерности, в них отсутствует также нулевой элемент. Однако возможны некоторые статистические операции при обработке результатов измерений в этих шкалах, например, можно найти модальный или наиболее многочисленный по результатам измерений класс эквивалентности.

### Примеры шкал наименований

- **Шкалы измерений цвета** — колориметрические системы, стандартизованные Международной комиссией по освещению (МКО). В наиболее распространенной стандартной колориметрической системе МКО 1931 г. цвет определяется тремя координатами цвета  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  в модельном трехмерном неевклидовом пространстве с использованием спектральных характеристик источников оптического излучения, отражающих и пропускающих свет объектов и эмпирических стандартизованных функций сложения цветов (см. публикацию МКО № 15 [2]).

- **Геодезические шкалы для обозначения местоположения на Земле в установленных системах координат** (геодезические координаты, астрономические координаты, геоцентрические координаты, плоские прямоугольные геодезические координаты и др.).

- **Шкалы пространственной симметрии** (шкала групп симметрии кристаллов и т. п.).

- **Шкалы запахов.**

- **Шкала групп крови человека с учетом резус-фактора и т. п.**

**Шкалы порядка** описывают свойства, для которых имеют смысл не только соотношения эквивалентности, но и соотношения порядка по возрастанию или убыванию количественного проявления свойства. Узкоспециализированные шкалы порядка широко применяют в методах испытаний различной продукции.

В этих шкалах также нельзя ввести единицы измерений из-за того, что они принципиально нелинейны: логически невозможно установить равенство интервалов на различных участках шкалы. Результаты измерений в таких шкалах выражают в числах, баллах, степенях, уровнях, а не в единицах измерений. Хотя результаты измерений в таких шкалах часто обозначают непрерывными множествами действительных арифметических чисел, невозможно подразумевать пропорциональность этих значений (логически невозможно определить, во сколько раз одна реализация свойства больше или меньше другой). Результаты измерений в баллах, степенях, уровнях выражают дискретными рядами натуральных чисел. Шкалы порядка допускают монотонные преобразования, в них может присутствовать или отсутствовать нуль шкалы.

**Примеры шкал порядка**

- Шкалы твердости материалов: металлов (международные шкалы Бринелля, Роквелла, Виккерса, Шора), минералов, резины, пластмасс и др.
- Шкалы интенсивности и балльности землетрясений.
- Шкалы силы ветра и состояния поверхности моря (шкала Бофорта и др.).
- Шкалы величины различных объектов (материалов, продуктов, изделий), например бумаги, древесины, муки и др.
- Шкалы чисел светочувствительности фотоматериалов.
- Шкалы громкости, уровней громкости.
- Шкалы интенсивности запаха и вкуса воды.
- Шкалы октановых и цетановых чисел топливе для двигателей.
- Шкала чисел падения для зерна и муки.
- Шкала оценки событий на атомных электростанциях.
- Шкалы кислотных, щелочных, бромных, перманганатных, медных, хлорных, бентонитовых, формольных, перекисных, карбонильных, эфирных и др. чисел для различных материалов и продуктов.

**Шкалы разностей [интервалов]** отличаются от шкал порядка тем, что для описываемых ими свойств имеют смысл не только соотношения эквивалентности и порядка, но и равенства и суммирования интервалов (разностей) между различными количественными проявлениями свойств. Характерный пример — шкала интервалов времени. Интервалы времени (например, периоды работы, периоды учебы) можно складывать и вычитать, но складывать даты каких-либо событий бессмысленно. Другой пример: шкалу длин (расстояний) — пространственных интервалов определяют путем совмещения нуля линейки с одной точкой, а отсчет выполняют у другой точки. К шкалам этого типа относятся и практические шкалы температур с условным нулем. Шкалы разностей имеют условные (принятые по соглашению) единицы измерений и условные нули, основанные на каких-либо реперах. В этих шкалах допустимы линейные преобразования, в них применимы процедуры для отыскания математического ожидания, стандартного отклонения и др.

**Примеры шкал разностей**

- Международная шкала равномерного атомного времени ТА, в которой размер единицы соответствует определению секунды в Международной системе единиц (СИ).
- Шкала всемирного времени UT0, длительность секунды в которой равна средней солнечной секунде.
- Шкала всемирного времени UT1, отличающаяся от UT0 поправкой на перемещения полюсов Земли.
- Шкала всемирного времени UT2, отличающаяся от UT1 поправкой на сезонную неравномерность вращения Земли.
- Шкала координированного времени UTC, в которой размер секунды такой же, как в ТА, но начало счета может меняться ровно на 1 с, чтобы расхождения между UTC и UT2 не превышали 0,9 с.
- Календари (григорианский, юлианский, мусульманский, лунный и др.).
- Шкала температуры по Цельсию, в которой единица измерений — градус Цельсия — равна кельвину и за условный нуль принята термодинамическая температура 273, 16 К.
- Шкала окислительных потенциалов водных растворов.

**Шкалы отношений.** К множеству количественных проявлений в этих шкалах отношений применимы соотношения эквивалентности и порядка, операции вычитания и умножения (шкалы отношений 1-го рода — пропорциональные шкалы), а во многих случаях и суммирования (шкалы отношений 2-го рода — аддитивные шкалы).

В шкалах отношений существуют условные (принятые по соглашению) единицы и естественные нули. Шкалы отношений широко используют в физике и технике, в них допустимы все арифметические операции, кроме суммирования в шкалах 1-го рода.

**Примеры шкал отношений**

- Шкала массы (аддитивная).
- Шкала частот, в которой размер единицы соответствует определению герца в СИ.
- Шкала термодинамической температуры (пропорциональная), в которой размер единицы соответствует определению кельвина в СИ (максимально приближена к этой шкале международная температурная шкала МТШ—90, опирающаяся на ряд реперных точек).
- Шкала силы света оптического излучения, в которой размер единицы соответствует определению канделя в СИ с использованием для различных по спектру излучений стандартизованной Международной комиссией по освещению (МКО) [3] эмпирической функции относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения. Эта шкала является исходной для шкал всех световых величин.
- Шкалы уровня звука А, В, С и D, стандартизованные на международном уровне. Уровень звукового давления в этих шкалах принято выражать в логарифмических шкалах (в децибелах относительно опорного значения  $2 \cdot 10^{-5}$  Па).

- Шкалы измерений раздражающего действия шума (шумности и уровней воспринимаемого шума), стандартизованные на международном уровне.

- Аудиометрические шкалы (для измерения остроты и степени потери слуха).
- Псофометрические шкалы (для измерения мешающего действия шумов в линиях связи).
- Шкалы доз (поглощенной, эквивалентной) и мощности доз ионизирующих излучений.
- Шкала водородного показателя pH водных растворов (десятичного логарифма активности ионов водорода в грамм-молях на литр, взятого с обратным знаком), реализуемая с использованием ряда реперных растворов.
- Шкалы ионометрических показателей (десятичных логарифмов концентраций ионов химических элементов в растворе, взятых с обратным знаком).
- Шкала практической солености морской воды (ШПС—78) [4].
- Международная сахарная шкала, установленная рекомендацией Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ) — MP14 [5].
- Шкалы жесткости воды.

**Абсолютные шкалы** обладают всеми признаками отношений, но дополнительно в них существует естественное однозначное определение единицы измерений. Такие шкалы используют для измерений относительных величин (отношений одноименных величин: коэффициентов усиления, ослабления, КПД, коэффициентов отражений и поглощений, амплитудной модуляции, нелинейных искажений, усиления, ослабления, отражения).

- Примеры абсолютных шкал**
- Шкалы плоских углов с единицами измерений по СИ — радиан и угловой градус.
  - Шкала телесных углов с единицей измерений по СИ — стерадиан.
  - Шкалы коэффициентов: амплитудной модуляции, нелинейных искажений, усиления, ослабления, отражения.
  - Шкала добротности колебательных систем.
  - Шкала относительной диэлектрической проницаемости.
  - Шкалы блеска.
  - Шкалы частотных интервалов, используемые в акустических измерениях.
  - Шкалы влажности.

Большинство свойств описывается одномерными шкалами, однако существуют свойства, описываемые многомерными шкалами, — трехмерные шкалы цвета в колориметрии, двухмерные шкалы электрических импедансов, многомерная шкала параметров вращения Земли, в которой определяют положение оси вращения в теле Земли, направление оси вращения в космическом пространстве и изменения угловой скорости вращения Земли и др. Основные признаки и особенности шкал различных типов систематизированы в таблице А.1.

Т а б л и ц а А.1 — Признаки и особенности шкал различных типов

| Признак типа шкалы измерений  | Тип шкалы измерений               |                                    |   |  |  |   |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|---|--|--|---|
|   | Наименование                      | Порядка                            | Разностей (интервалов)                            | Отношений                                    |  | Абсолютные  |
|   |                                   |                                    |   | 1-го рода                                    | 2-го рода                              |   |
| Допустимые логические и математические соотношения между проявлениями свойств | Эквивалентность, различие свойств | Эквивалентность, различие, порядок | Эквивалентность, порядок, суммирование интервалов | Эквивалентность, порядок, пропорциональность | Эквивалентность, порядок, суммирование | Эквивалентность, порядок, пропорциональность, иногда суммирование |
| Наличие нуля  | Не имеет смысла                   | Не обязательно                     | По соглашению                                     | Имеется естественное определение нуля        |  |   |
| Наличие единицы измерений   | Не имеет смысла                   |                                    | Размер единицы по соглашению                      |  |  | Размер единицы по естественному критерию                          |
| Допустимые преобразования   | Изоморфное отображение            | Монотонные преобразования          | Линейные преобразования                           | Умножение на число                           |  | Отсутствуют   |

Практически реализация шкал измерений достигается путем стандартизации как самих шкал и единиц измерений, так и, при необходимости, способов и условий (спецификаций) их однозначного воспроизведения. Шкалы наименований и порядка могут быть реализованы и без специальных технических эталонных устройств (шкала-классификация Линнея, шкала запахов, шкала Бофорта), но если создание эталонов необходимо, то они воспроизводят весь применяемый на практике участок шкалы (пример — эталоны твердости). Внесение любых изменений в спецификацию, определяющую шкалу наименований или порядка, практически означает введение новой шкалы. Шкалы разностей и отношений (метрические шкалы), соответствующие СИ, как правило, воспроизводятся эталонами. Этalonы этих шкал измерений могут воспроизводить одну точку шкалы (эталон массы), некоторый участок шкалы (эталон длины) или практически всю шкалу (эталон времени).

Нормативные документы по метрологии обычно рассматривают установление и воспроизведение только единиц измерений. На практике даже для величин, соответствующих основным единицам СИ (секунда, кельвин, кандela и др.), эталоны, кроме единиц, хранят и воспроизводят шкалы (атомного и астрономического времени, температурную МТШ—90 и т. д.). При любом варианте построения эталонов поверочными схемами предусматривается воспроизведение всех необходимых для практики участков шкал. Абсолютные шкалы могут опираться на эталоны, воспроизводящие любые их участки (как эталоны метрических шкал), но могут воспроизводиться и без них (КПД, коэффициент усиления). Особенности воспроизведения (реализации) шкал систематизированы в таблице А.2.

Таблица А.2 — Особенности реализации шкал измерений

| Особенности реализации шкалы                   | Тип шкалы измерений  |         |  |                                  |   |
|--|--|---------|--|----------------------------------|---|
|  | Наименований   | Порядка | Разностей (интервалов)   | Отношений                        | Абсолютные                                |
| Введение единиц измерений                      | Принципиально невозможно ввести единицы измерений                                |         | Есть возможность ввести единицы измерений  |                                  |   |
| Необходимость эталона реализуемой шкалы        | Шкалы могут быть реализованы без специального технического эталонного устройства |         | Большинство шкал может быть реализовано только посредством специального технического эталонного устройства |                                  | Шкалы могут быть реализованы без эталонов |
| Эталон должен воспроизводить (при его наличии) | Весь используемый участок шкалы  |         | Какую-либо часть или точку шкалы и условный нуль   | Какую-либо часть или точку шкалы | Обязательные требования отсутствуют       |

Шкалы разностей (интервалов), отношений и абсолютные шкалы допускают логарифмическое преобразование, часто применяемое на практике, что приводит к изменению типа шкал. Такие шкалы называют логарифмическими. Практическое распространение получили логарифмические шкалы на основе применения систем десятичных и натуральных логарифмов, а также логарифмов с основанием два.

Операция логарифмирования может быть применена только к безразмерным величинам, поэтому перед логарифмированием размерную величину вначале преобразуют в безразмерную путем ее деления на принятное по соглашению произвольное (опорное) значение той же величины, после чего вычисляют логарифм полученной безразмерной величины.

В зависимости от типа шкалы, подвергнутой логарифмическому преобразованию, логарифмические шкалы могут быть двух видов. При логарифмическом преобразовании абсолютных шкал получают абсолютные логарифмические шкалы, называемые иногда логарифмическими шкалами с плавающим нулем, поскольку в них не зафиксировано опорное значение. Примерами таких шкал являются шкалы усиления (ослабления) сигнала в децибелах. Для значений величин в абсолютных логарифмических шкалах допустимы операции сложения и вычитания.

При логарифмическом преобразовании шкал отношений и интервалов получают логарифмическую шкалу интервалов с фиксированным нулем, соответствующим принятому опорному значению преобразуемой шкалы. В радиотехнике в качестве опорного чаще всего принимают значения 1 мВт, 1 В, 1 мкВ; в акустике — 20 мкПа и др. К этим шкалам в общем случае нельзя прямо применять ни одно арифметическое действие; сложение и вычитание величин, выраженных в значениях таких шкал, должны быть проведены путем нахождения их антилогарифмов, выполнения необходимых арифметических операций и повторного логарифмирования результата.

В метрологической практике существует ряд шкал, которыми описываются реакции биологических объектов, прежде всего человека, на воздействующие на них физические факторы. К ним относятся шкалы световых и цветовых измерений, шкалы восприятия звуков, шкалы эквивалентных доз ионизирующих излучений и др. Такие шкалы любого типа принято называть биофизическими шкалами.

Биофизическая шкала — шкала измерений свойств физического фактора (стимула), модифицированная таким образом, чтобы по результатам измерений этих свойств можно было прогнозировать уровень или характер

реакции биологического объекта на воздействие этого фактора. Такие шкалы строят по моделям, так модифицирующим (трансформирующим) результаты измерений свойства стимула, чтобы было достигнуто однозначное соответствие между результатами измерений и характеристикой биологической реакции (гомоморфное отображение множества стимулов на множество реакций). При этом некоторому подклассу множества стимулов могут соответствовать эквивалентные реакции. Такая модифицированная шкала стимулов по логической структуре приближается к структуре шкалы реакций и приобретает некоторую прогностическую ценность. Однако, как правило, биофизическая шкала стимулов и шкала соответствующих реакций являются шкалами разных типов, поэтому на прогностические суждения о реакциях, вызываемых стимулами, нельзя прямо переносить логические соотношения шкалы стимулов. Так, например, шкала силы света с точки зрения стимулов является неограниченной аддитивной шкалой отношений, а с точки зрения восприятия человеком — шкалой порядка в ограниченном снизу и сверху диапазоне значений стимулов.

### **Библиография**

- [1] РМГ 43—2001 Государственная система обеспечения единства измерений. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений»
- [2] Publication CIE 15:2004 Colorimetry  
Публикация МКО 15:2004 Колориметрия
- [3] Publication CIE 41:1978 Light as a true visual quantity: Principles of measurement  
Публикация МКО 41:1978 Свет как соответствующая визуальная величина. Принципы измерений
- [4] ГСССД 77—84 Морская вода. Шкала практической солености 1978 г.
- [5] OIML R 14 Polarimetric saccharimeters graduated in accordance with the ICUMSA International Sugar Scale  
МОЗМ MP 14 Сахариметры поляриметрические, градуированные в соответствии с сахарной шкалой Международной комиссии по унификации методов анализа сахара

Ключевые слова: метрология, шкала, шкала измерений, шкала величин, спецификация шкалы, элементы шкалы, типы шкал, измеряемое свойство, эталон шкалы измерений, неопределенность результата измерений

**Рекомендации по межгосударственной стандартизации**

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ**

**Термины и определения**

**РМГ 83—2007**

**Б3 1—2008**

Редактор *Л.В. Афанасенко*

Технический редактор *Н.С. Гришанова*

Корректор *М.И. Першина*

Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 06.03.2008. Подписано в печать 11.04.2008. Формат 60×84 ½. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,20. Тираж 720 экз. Зак. 334. Изд. № 3626/4.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.

[www.gostinfo.ru](http://www.gostinfo.ru) [info@gostinfo.ru](mailto:info@gostinfo.ru)

Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.

Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.