

Лекция 4

Средства измерений. Метрологические характеристики

- Зам.директора ИЦЭ, доц. Каф. ГСХ – к.т.н.,
Хан Вениамин Владимирович Тел.факс
(3952)405217

e-mail: khan@istu.edu



Средства измерений

- **Средство измерений – техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и(или) хранящее единицу ФВ, размер которой принимается неизменным в течение известного интервала времени.**

Виды СИ по РМГ-29-99

- все средства измерений делятся на пять видов:
 - o - меры,
 - o - измерительные преобразователи,
 - o - измерительные приборы,
 - o - - измерительные установки и
 - o - измерительные системы.

Меры

- **Меры** — это СИ, воспроизводящие или хранящие физическую величину заданного размера. Меры могут быть **однозначными**, воспроизводящими одно значение физической величины (гиря, калибр на заданный размер, образцы твердости, шероховатости, катушка сопротивления, нормальный элемент, воспроизводящий значение ЭДС), и **многозначными** — для воспроизведения плавно или дискретно ряда значений одной и той же физической величины (измерительный конденсатор переменной емкости, набор конечных мер, магазин емкостей, индуктивности и сопротивления, измерительные линейки)

Измерительные преобразователи

- **Измерительные преобразователи** — СИ, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Это термопары, измерительные трансформаторы и усилители, преобразователи давления. По месту, занимаемому в измерительной цепи, они делятся на первичные, промежуточные и т. п

Преобразователи *физического рода*

- Преобразователи *физического рода* сигнала используются тогда, когда измеряемая величина неудобна для непосредственного измерения. Так многие неэлектрические величины предварительно преобразовываются в электрические (механическое перемещение или угловое вращение в электрическую величину) или одни электрические величины в другие (сопротивление в напряжение, термоэлектрический преобразователь, преобразователь напряжение-частота).

Функциональные преобразователи

- *Функциональные* преобразователи обеспечивают необходимую зависимость между информативными параметрами входного и выходного сигналов. Такие преобразователи называют: дифференцирующий, интегрирующий, суммирующий, логарифмирующий и т.п.

Виды преобразователей

- *Масштабные* преобразователи. К ним относятся : делитель, усилитель, трансформатор тока (напряжения).
- *Согласующие* преобразователи (согласующий трансформатор, эмиттерный повторитель).

Преобразователи

- По месту включения в общей цепи преобразователи делят на *первичные*, к которым подводится измеряемая величина, *промежуточные и передающие*, предназначенные для дистанционной передачи сигналов.

Измерительные приборы

- *Измерительный прибор* - СИ, предназначенное для переработки сигнала измерительной информации в другие, доступные для непосредственного восприятия наблюдателем формы. Различают приборы прямого действия (амперметры, вольтметры, манометры) и приборы сравнения (компараторы).

Измерительная установка

- **Измерительная установка**— совокупность функционально объединенных СИ и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте. Например, поверочные установки, установки для испытания электротехнических, магнитных и других материалов

Измерительная система

- ***Измерительная система*** — это комплекс СИ и вспомогательных устройств с компонентами связи (проводные, телевизионные и др.), предназначенный для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования в автоматических системах управления.

Виды СИ -2

- По используемым физическим процессам ИУ разделяют на механические, электромеханические, электронные, оптоэлектронные и т.п.
- По физической природе измеряемой величины различают вольтметры, амперметры, термометры, манометры, уровнемеры, влагомеры и т.д.

Виды СИ -3

- по способу обработки сигнала приборы делятся на **аналоговые и цифровые**
- **показывающие**, допускающие только отсчитывание показаний, и **регистрирующие**, в которых предусмотрена автоматическая регистрация показаний.

Образцовые и рабочие СИ

- По точности ИУ делят на *образцовые*, используемые для поверки других ИУ и утвержденные в качестве образцовых, и *рабочие*, используемые непосредственно в практических измерениях, не связанных с передачей размера единиц.

Метрологические характеристики СИ

- Для оценки пригодности СИ к измерениям в известном диапазоне с известной точностью используются метрологические характеристики (МХ). Функции МХ:
 - установление точности измерений;
 - достижение взаимозаменяемости СИ, возможности сопоставления СИ и выбора нужных СИ по точности и др. характеристикам;
 - определение погрешностей;
 - оценка технического состояния СИ при поверке.

Основные нормируемые метрологические характеристики СИ по ГОСТ 8.009-72

- *диапазон измерений;*
- *пределы измерений, пределы шкалы;*
- *цена деления равномерной шкалы аналогового прибора, при неравномерной шкале – минимальная цена деления;*
- *Чувствительность – отношение изменения сигнала Δu на выходе СИ к вызвавшему его изменению сигнала Δx на входе*
- *выходной код, число разрядов кода, номинальная цена единицы наименьшего разряда цифровых СИ;*
- *погрешность СИ;*



Класс точности

- Обобщенная характеристика данного типа средств измерений, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность

Класс точности

- Класс точности характеризует в каких пределах находится погрешность данного типа средств измерений, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполненных с помощью этих средств. **Классы точности устанавливаются стандартами, содержащими технические требования к средствам измерений, подразделяемым по точности.**

$$\delta = A * 10^n$$

Метрологические характеристики, определяемые классами точности

- Нормирование МХ по ГОСТ 8.401-80
- Пределы допускаемых *основной* и *дополнительной* погрешностей выражают в форме *приведенных*,

$$\gamma = A * 10^n$$

- *относительных*

$$\delta = A * 10^n$$

- *или абсолютных погрешностей* в зависимости от характера измерения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средств измерений конкретного вида.
- $A = 1; 1,5; (1,6); 2; (3); 4; 5; 6$
- $n = 1; 0; -1; -2; \dots$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

$$x = x_r + \Delta x$$

Погрешность результата измерения Δ — это отклонение результата измерений (X_e) от истинного значения X и измеряемой величины.

Абсолютная погрешность

$$\Delta X = X_e - X_i$$

Относительная погрешность

$$\delta = \Delta X / X_i = (X_e - X_i) / X_i$$

Приведенная погрешность

$$\gamma = \pm (\Delta X_e / X_n) * 100 \%$$

X_n - нормирующее значение

Обозначения классов точности

- В зависимости от формы выражения погрешности классы точности могут выражаться заглавными буквами латинского алфавита (например, **N, M, C**) или римскими цифрами (**I, II, III и т.д.**) с добавлением условных знаков, смысл которых раскрывается в нормативно-технической документации. При этом меньшие пределы погрешности должны соответствовать буквам, находящимся ближе к началу алфавита, или меньшим цифрам. Если же класс точности обозначается арабскими цифрами с добавлением какого-либо условного знака, то эти цифры непосредственно устанавливают оценку снизу точности показаний средств измерений.

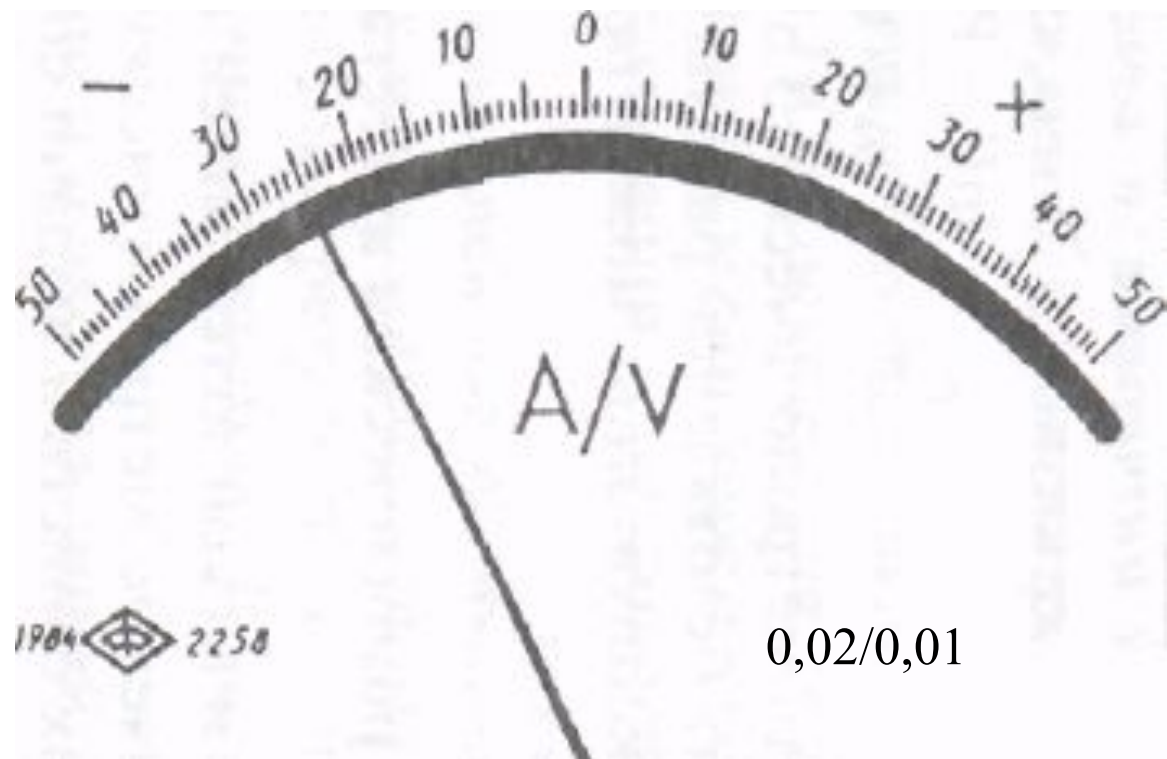
Обозначения классов точности

Форма выражения погрешности Π	Предел допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности	
		в документации	на средстве измерений
Приведенная погрешность γ	$\gamma_{\square} = \pm 1,5\%$	класс точн. 1,5	1,5
	$\gamma_{\square} = \pm 0,5\%$	класс точн. 0,5	0,5
Относительная погрешность δ	$\delta = \pm [c + d(\frac{x_0}{x} - 1)]$	0,02/0,01 (c/d)	0,02/0,01 0
	$\delta = \pm 0,5\%$	0,5	(0,5) 5
Абсолютная погрешность Δ	$\Delta = \pm a, [x]$	Класс точн. М	М 5
	$\Delta = \pm (a + bx), [x]$	Класс точн. III	III

Пример 1- вольтметр класса точности 0.5

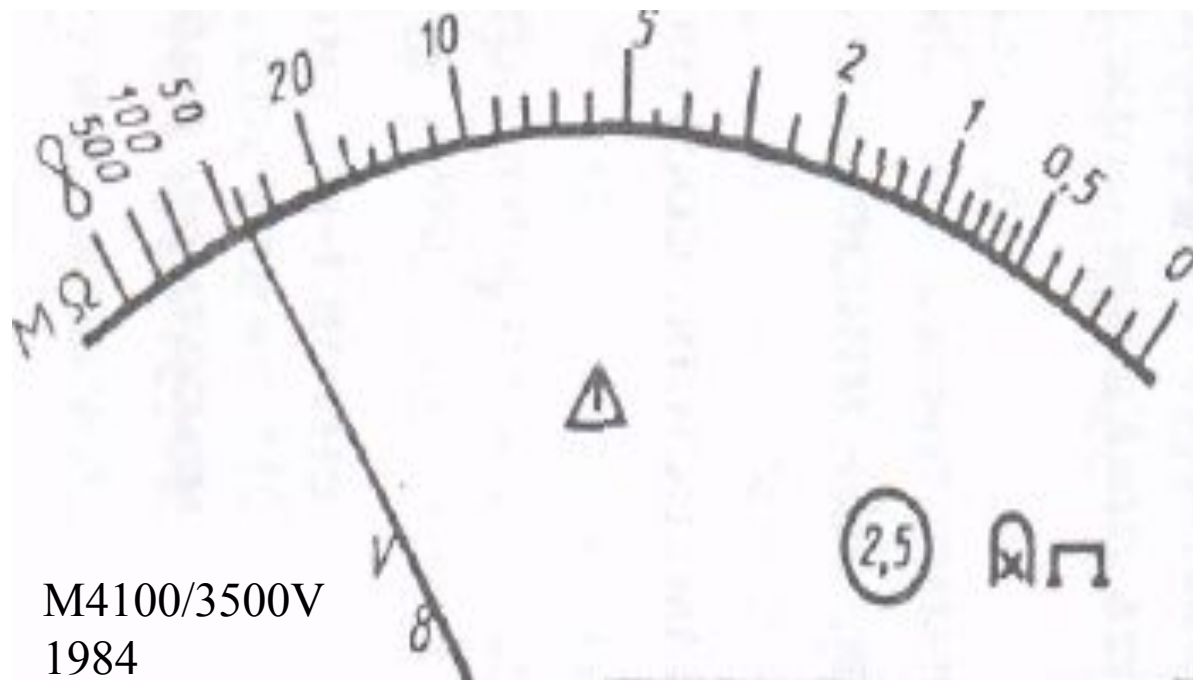


Пример 3 – амперметр класса точности 0.02/0,01 с равномерной шкалой



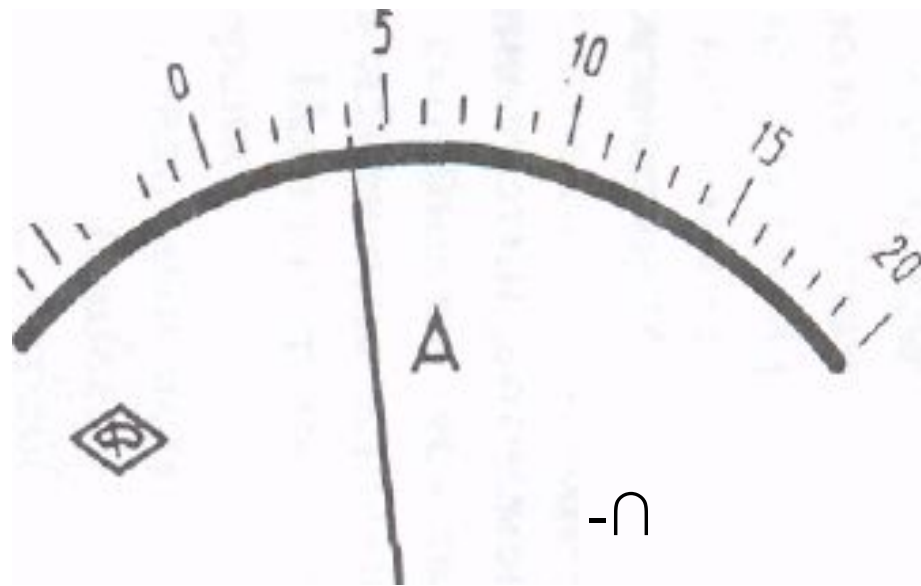
Пример 4 – мегаомметр класса точности с неравномерной шкалой

2
,
5



M4100/3500V
1984

Пример 2- амперметр класса точности 1.5



1,5 ГОСТ 8711-78

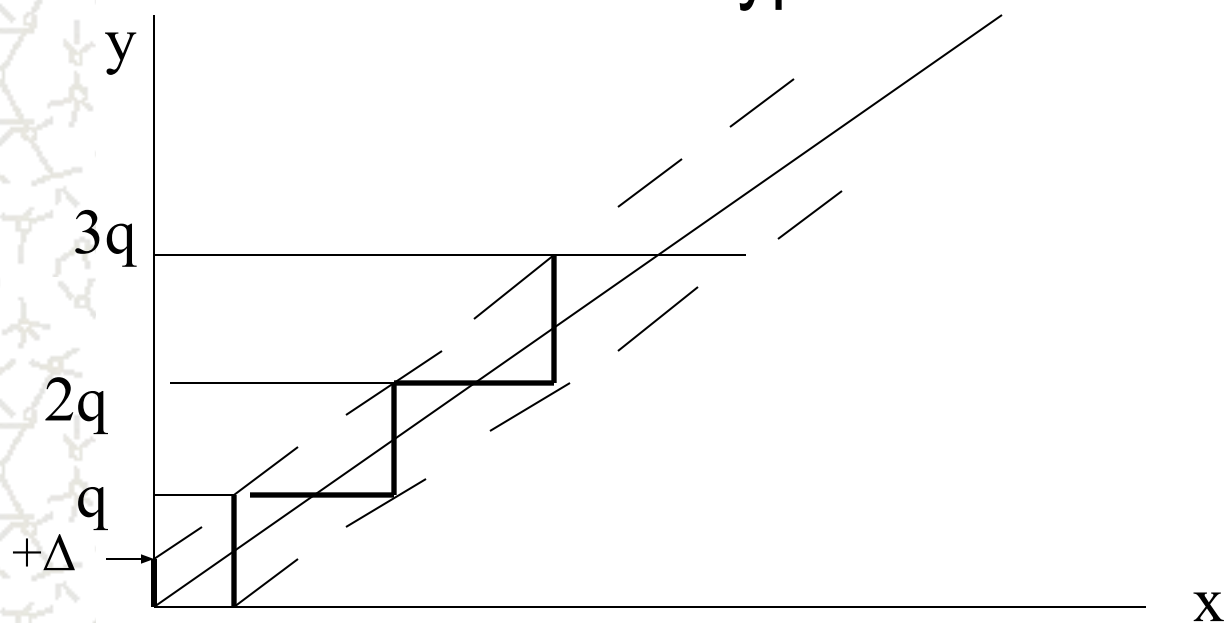


Погрешности цифровых СИ

- Погрешностью цифровых СИ и дискретных преобразователей является погрешность квантования, которая вносится округлением значения измеряемой величины и номинального значения

Квантование погрешности цифровых СИ

- q – шаг квантования по уровню.





Основные и дополнительные погрешности

- **Основной** называется погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях
- Составляющая погрешности средства измерений, возникающая **дополнительно** к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального его значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений, называется **дополнительной погрешностью**.

Нормальные значения

- температура окружающей среды (293 ± 5) К;
- относительная влажность (65 ± 15) %;
- атмосферное давление (100 ± 4) кПа (750 ± 30 мм рт. ст.);
- напряжение питающей электрической сети $(220 \pm 4,4)$ В с частотой $(50 \pm 0,5)$ Гц.

Полная погрешность

- Суммарная абсолютная погрешность при влияющих факторах z_i в общем случае равна:

$$\Delta_s = \Delta_0 + \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}$$

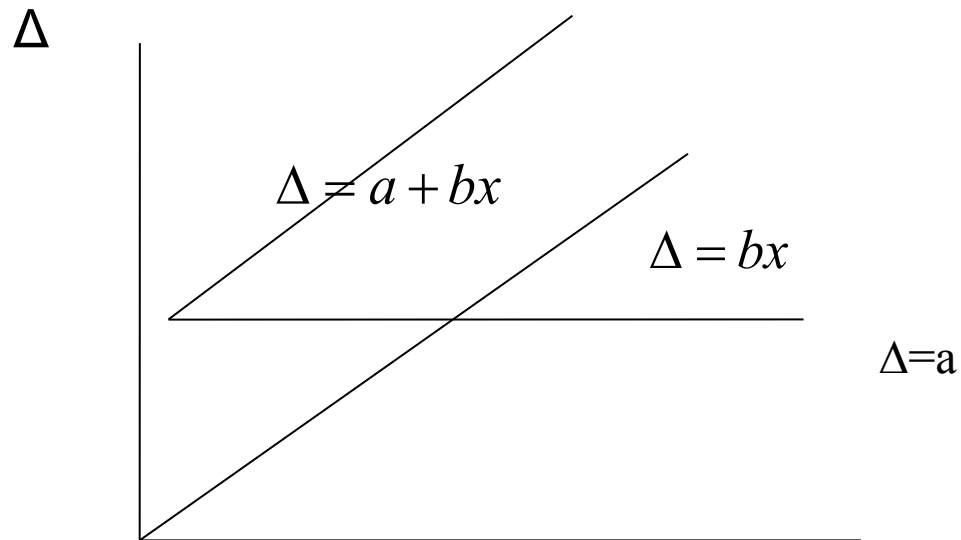
- Δ_i = дополнительная погрешность, вызванная изменением i -го влияющего фактора z_i



Составляющие погрешности СИ

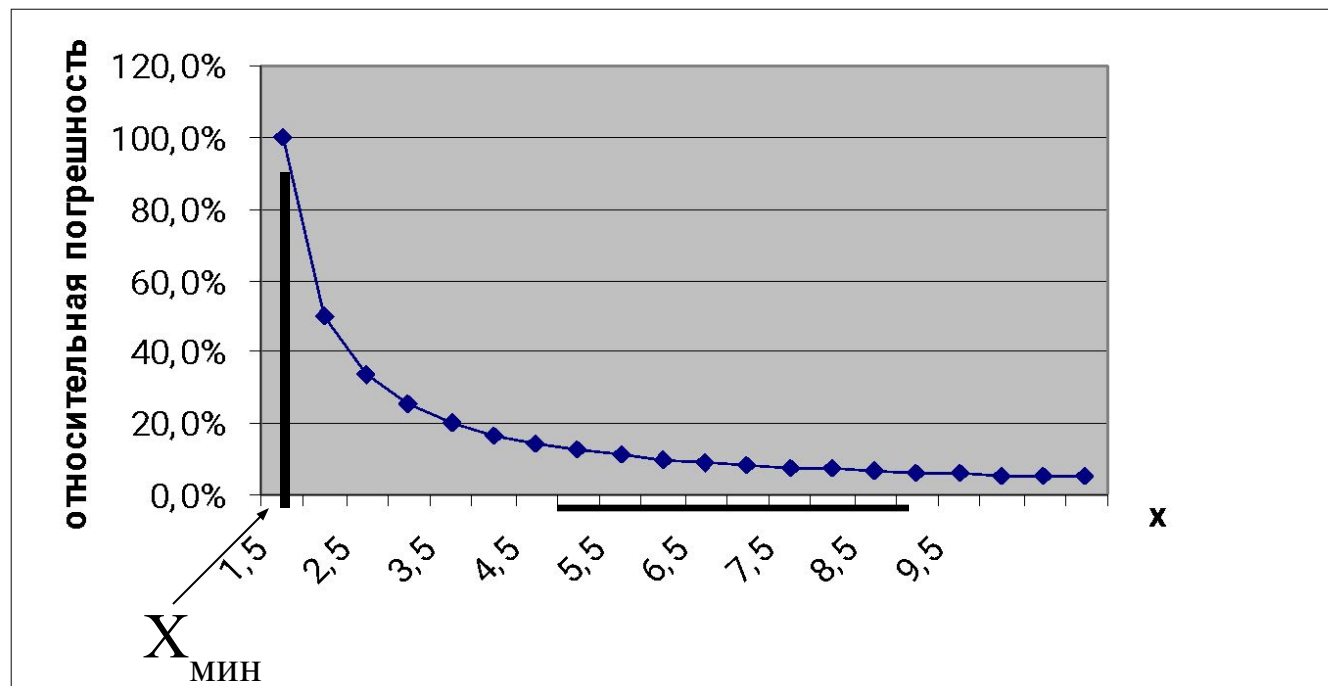
- Аддитивная
- Мультипликативная

Компоненты погрешности



$$\Delta = a + bx$$

Относительная погрешность



Аддитивная погрешность

$$\Delta = a$$

$$\delta = \frac{\Delta}{x}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= a \\ \delta &= \frac{\Delta}{x} \end{aligned}$$

Мультипликативная погрешность

$$\Delta = +cx$$

$$\delta = \textit{const} = c$$

Общий случай

$$\Delta = a + bx$$

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{x_0}{x} - 1 \right) \right]$$

$$c = \left(b + \frac{a}{x_k} \right)$$

$$d = \frac{a}{x_k}$$

Порог чувствительности

Значение измеряемой величины, x_{\min} при котором достигается

$$\delta = 100\% , 20\% , 5\% , 2\%$$

называется **порог чувствительности**

Динамический диапазон – метрологическая характеристика средства измерения, равная отношению максимального значения шкалы прибора x_k к порогу чувствительности

$$D = \frac{x_k}{x_{\min}}$$