

УДК 65.01

Х.К. Радев

Технический университет, София, Болгария

## О ТОЧНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНОК ПРИ ИЗМЕРЕНИИ, КОНТРОЛЕ И ИСПЫТАНИИ ОБЪЕКТОВ

Рассматриваются вопросы, связанные с определением и количественным выражением точности и достоверности оценок параметров при измерении, контроле и испытании объектов. Данная разработка финансируется фондом научных исследований МОН Болгарии.

**Ключевые слова:** точность, достоверность, оценка, погрешность, неопределенность.

### 1. Основные положения. Некоторые термины и определения

В настоящем докладе рассматриваются вопросы оценки точности и достоверности оценок при измерении, контроле и испытании объектов.

Объекты окружающего мира характеризуются своими свойствами. Для свойств, имеющих качественное выражение, принято наименование «номинальное (неразмерное) свойство», а для тех, что имеют количественное выражение – наименование «величина». Часто, особенно в технике, в смысле понятия «величина» используется термин «параметр». Параметр – эта величина, размер которой служит для выявления различия между элементами некоторого множества. В технике параметр можно рассматривать как величину в конкретном смысле (индивидуальная величина [2]).

Параметр может относиться как к конкретному объекту, так и к совокупности объектов. Во втором случае значение параметра отличает рассматриваемую совокупность от других во множестве подобных совокупностей. Количественные свойства являются объектом измерения.

Оценка – это приписанное значение величины (параметра) или приписанное объекту состояние, связанное с этой величиной (параметром) [3].

При таком общем определении оценка относится как к измерению, так и к контролю и испытанию объектов по соответствующим параметрам. Оценка является полной, только когда она сопровождается информацией о ее качестве, т.е. о ее точности и достоверности.

Качество оценки, когда она выражена приписанным значением, характеризуются ее точностью, а когда выражена приписанным состоянием – ее достоверностью.

Точность оценки – это степень совпадения приписанного и истинного значения параметра (Подход погрешностей) или степень совпадения возможных приписанных значений параметра (Подход неопределенности).

Достоверность оценки отражает степень доверия к ней.

Как точность, так и достоверность являются качественными понятиями.

Количественно точность оценки можно выразить характеристиками погрешности приписанного значения или мерами ее неопределенности.

Достоверность оценки выражается количественно вероятностью соответствия приписанного состояния объекта, по соответствующему параметру, истинному состоянию. Эта вероятность называется доверительной.

Сказанное выше иллюстрируется схемой на рис. 1.

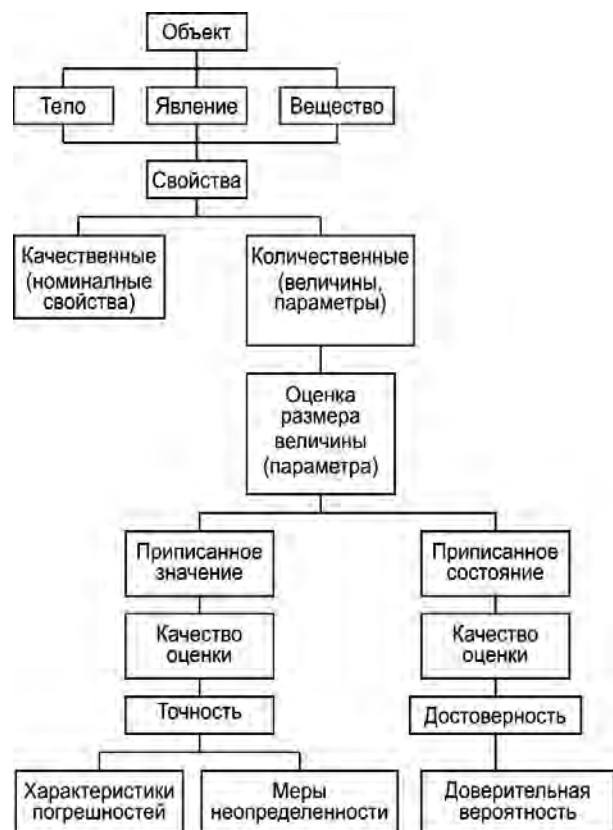


Рис. 1. Точность и достоверность оценок параметров объектов

## 2. Точность оценок при измерении параметров объектов

Точность измерения связана с понятиями истинное и референтное значение величины, погрешность и неопределенность измерения.

Истинное значение величины – это значение, следующее из определения данной конкретной величины. Истинное значение по своей природе непознаваемо.

Референтное (опорное) значение величины – это значение величины, используемое в качестве базы для сравнения со значениями величины такого же вида.

В соответствии с определением, референтным значением величины может быть истинное значение измеряемой величины или значение величины, приписываемое по соглашению (конвенциональное значение). В первом случае референтное значение непознаваемо.

В технической и учебной литературе в смысле референтного значения величины встречается термин «действительное значение величины». Действительное значение величины – это приписанное значение конкретной величины, иногда принятое по соглашению, которое имеет неопределенность, подходящую для данной цели [1].

Погрешность измерения – это разность между результатом измерения (измеренным значением величины) и референтным значением. Погрешности, определяемые относительно истинного значения, рассматриваются как непознаваемые, а относительно конвенционального значения – как познаваемые.

Неопределенность измерения – это неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений, приписываемых измеряемой величине на основании используемой информации [2].

В соответствии с определением, погрешность измерения является дифференциальной, случайной величиной со своей оценкой  $\Delta y$  и соответствующей неопределенностью.

Результат измерения является только приближением, т.е. оценкой размера измеряемой величины. Эта оценка может быть точечной или интервальной. Точечной оценкой может быть результат единичного наблюдения  $y_i$ , среднеарифметическое  $\bar{y}$   $n$ -го числа наблюдений или среднеарифметическое  $\bar{y}$   $m$ -го числа серии из  $n$  наблюдений.

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i; \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_j. \quad (2)$$

Интервальная оценка может быть определена только на основе многократных наблюдений. Она

формируется в зависимости от закона распределения и принятой вероятности. В указанных случаях доверительные интервалы должны удовлетворять следующим условиям.

При неисправленном результате измерения:

$$P\left[\bar{y}' - t_\gamma S(y') \leq y \leq \bar{y}' + t_\gamma S(y')\right] = \gamma;$$

$$P\left[\bar{\bar{y}}' - t_\gamma S(\bar{\bar{y}}') \leq \bar{y} \leq \bar{\bar{y}}' + t_\gamma S(\bar{\bar{y}}')\right] = \gamma.$$

При исправленном результате измерения:

$$P\left[\bar{y} - t_\gamma S(y) \leq y \leq \bar{y} + t_\gamma S(y)\right] = \gamma;$$

$$P\left[\bar{\bar{y}} - t_\gamma S(\bar{\bar{y}}) \leq \bar{y} \leq \bar{\bar{y}} + t_\gamma S(\bar{\bar{y}})\right] = \gamma.$$

Таким образом, точность измерения (точность оценки при измерении параметра объекта) – это степень совпадения между измеренным значением величины (параметра), т.е. между точечной оценкой, и референтным значением величины (параметра). Это определение соответствует Подходу погрешностей. Как уже указывалось, при Подходе неопределенности под точностью измерения понимается степень совпадения между измеренными значениями, которые могут быть приписаны измеряемой величине.

Точность измерения является качественным понятием. Говорят, что измерение тем точнее, чем меньше погрешность измерения (Подход погрешностей), соответственно – чем меньше неопределенность измерения (Подход неопределенности).

Если за результат измерения принять исправленный результат измерения  $\bar{y}$  (исправленное среднеарифметическое  $n$ -го числа наблюдений  $y$ ), погрешность измерения следует рассматривать как центрированную случайную величину (с нулевым математическим ожиданием), которая характеризуется только своим экспериментальным среднеквадратическим отклонением, т.е. оценка погрешности равна нулю с соответствующей неопределенностью, выраженной через экспериментальное среднеквадратическое отклонение этой оценки.

Точность измерения как степень совпадения значения величины, полученной при измерении с референтным значением измеряемой величины, относится к целостному смещению результата измерения относительно референтного значения, в результате действия как систематических, так и случайных факторов. Имея ввиду, что исключение распознанных систематических воздействий является обязательным (противоположное нелогично), качество исправленного результата характеризуется только рассеянием возможных приписанных значений, т.е. неопределенностью приписанной оценки измеряемого параметра (или характеристиками рассеяния погрешностей).

### 3. Достоверность оценок при контроле параметров объектов

Контроль – это процесс определения соответствия значения параметра объекта или состояния объекта по данному параметру определенным требованиям или нормам.

Оценка связана с отнесением приписанного значения параметра или состояния к определенным группам.

Контроль можно осуществить измерением (по результатам измерения) или без измерения (например при контроле предельными калибрами). В первом случае достоверность оценки зависит от неопределенности приписанного значения параметра и от того, где на интервале неопределенности  $\pm U = \pm k \cdot u_c(Y)$  расположена граница в соответствующей группе (рис. 2).

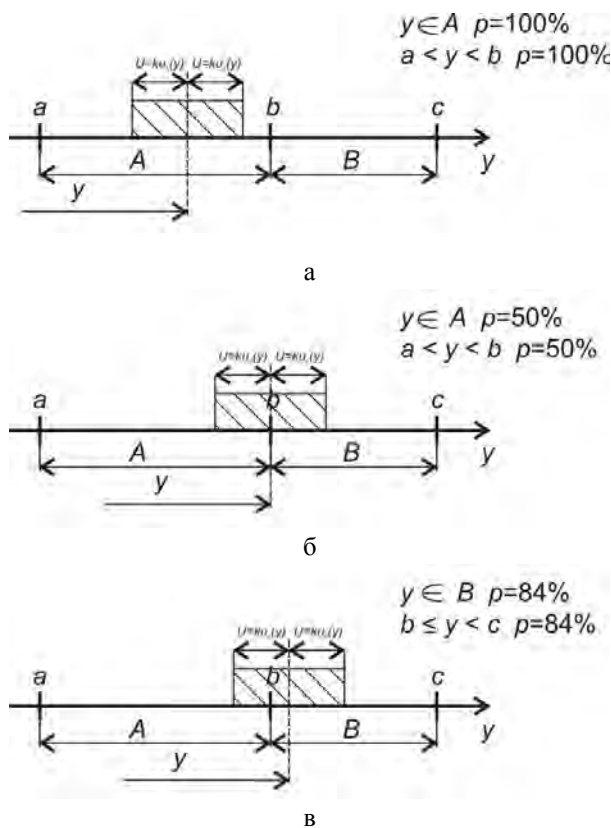


Рис. 2. Достоверность оценки при контроле параметров объектов:

- а –  $y$  принадлежит группе А с вероятностью 100%;
- б –  $y$  принадлежит группе А с вероятностью 50%;
- в –  $y$  принадлежит группе В с вероятностью 84% (при принятом нормальном распределении приписанных значений)

Определение доверительной вероятности требует знания воспроизведенного значения параметра  $y$ , комбинированной неопределенности  $u_c(Y)$  и вида распределения этих приписанных значений.

Принятие вида распределения базируется на распределении составляющих неопределенности при составлении бюджета неопределенности. Обычно это распределение близко к нормальному.

Во втором случае, определение достоверности оценки требует соответствующего анализа (в т.ч. статистического), при котором учитывается влияние не только контрольных средств (напр. допуски изготовления калибров), но и условия контроля.

### 4. Точность и достоверность оценок при испытании объектов

Испытание – это процесс определения одной или более характеристик (параметров) объектов в соответствии с определенной процедурой [3]. Лучшей оценкой считается исправленный результат, полученный как среднееарифметическое достаточного числа наблюдений.

Когда это невозможно или экономически необоснованно, за результат принимается результат единственного испытания.

При многократном испытании характеристика, подлежащая испытанию, может относиться к совокупности одинаковых объектов или к поведению данного объекта при изменяющихся (переменных) условиях испытания. При однократных испытаниях характеристика относится к конкретному объекту при конкретных условиях испытания.

Точность оценки испытываемого параметра при однократном испытании определяется погрешностью измерения, которая при исправленном результате измерения принимается равной нулю и тогда ее качество (качество оценки) определяется только ее неопределенностью.

В общем случае результат испытания (оценка) формируется под влиянием ряда случайных и систематических факторов, на основании чего его можно рассматривать как случайную величину, подчиняющуюся тому или иному закону распределения случайных величин.

Влияющие факторы связаны как с процессом измерения при испытании, так и со свойствами испытываемого объекта и условиями испытания.

Следовательно, комбинированную неопределенность результата испытания  $u_c(y)$ , т.е. комбинированную неопределенность оценки соответствующей характеристики можно рассматривать как содержащую две группы составляющих:

$$u_c(y) = \sqrt{u_c(y)_1^2 + u_c(y)_2^2},$$

где  $u_c(y)_1$  – комбинированная неопределенность, отражающая рассеяние результата (оценки), связанное со свойствами испытываемого объекта и условиями испытания;  $u_c(y)_2$  – комбинированная неопре-

деленность, отражающая рассеяние результата (оценки), связанное с процессом измерения.

При однократном испытании:

$$u_c(y) = u_c(y)_2.$$

При многократных испытаниях можно установить комбинированную неопределенность результата испытания, связанная со свойствами испытуемого объекта и условиями испытания по формуле:

$$u_c(y)_1 = \sqrt{u_c(y)^2 + u_c(y)_2^2}.$$

Когда верно отношение

$$\frac{u_c(y)_2}{u_c(y)_1} \leq \frac{1}{3},$$

влиянием  $u_c(y)_2$  можно пренебречь и тогда

$$u_c(y)_1 = u_c(y).$$

В общем случае приемлемость отношения

$$\frac{u_c(y)_2}{u_c(y)}$$

оценивается потребителем результатов испытания на базе (на основе) критериев экономического и технологического характера.

При оценивании качества результата испытания с его достоверностью поступают аналогично достоверности результата контроля (см. п. 3).

### Заклучение

На основании выше сказанного можно сделать следующие выводы:

1. Результат измерения является только приближением, т.е. оценкой размера измеряемой величины.
2. Оценка является полной только тогда, когда сопровождается информацией о ее качестве, т.е. о ее точности и достоверности.

3. Погрешность измерения как разница между точечной оценкой результата измерения и референтным значением величины является дифференциальной случайной величиной со своей оценкой и неопределенностью этой оценки.

4. Оценка погрешности исправленного результата измерения равна нулю и качество исправленного результата характеризуется только рассеянием возможных приписанных значений, т.е. неопределенностью приписанной оценки измеряемого параметра.

5. Качество оценки при контроле параметров объектов выражается достоверностью этой оценки.

6. Качество оценки при испытании объектов определяется двумя группами факторов: первая – связанная с процессом измерения, и вторая – со свойствами испытуемого объекта и условиями измерений.

7. Неопределенность результата испытания содержит соответствующие этим факторам составляющие. Приемлемость соотношения между этими составляющими определяется потребителем результата испытания на основании экономических и технологических соображений.

### Список литературы

1. БДС 17397:1998 Метрология. Речник на основните термини по метрология.
2. ISO/IEC GUIDE 99:2007 International vocabulary of metrology. Basic and general concepts and associated term (VIM 3).
3. Метрология и измервателна техника – справочник в 3 тома / Под редакцията на проф. д.т.н. Христо Радев. – Софттрейд, 2008. – Т. 1.

Поступила в редколлегию 21.04.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И. В. Руженцев, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### ЩОДО ТОЧНОСТІ Й ДОСТОВІРНОСТІ ОЦІНОК ПРИ ВИМІРЮВАННІ, КОНТРОЛІ ТА ВИПРОБУВАННІ ОБ'ЄКТІВ

Х.К. Радев

*Розглядаються питання, пов'язані з визначенням і кількісним вираженням точності й достовірності оцінок параметрів при вимірюваннях, контролі та випробуванні об'єктів. Дана розробка фінансується фондом наукових досліджень МОН Болгарії.*

**Ключові слова:** точність, достовірність, оцінка, похибка, невизначеність.

### ABOUT THE ACCURACY AND TRUENESS OF THE ESTIMATES OF MEASUREMENT INSPECTION AND TEST RESULTS OF OBJECTS

H.K. Radev

*This paper considers problems concerning definition and quantitative expression of accuracy and reliability of the estimates of measurement inspection and test results of objects. The given development is financed by fund of scientific researches of the Ministry of Education and Science of Bulgaria.*

**Keywords:** accuracy, trueness, estimation, error, uncertainty.