

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЭВМ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Карцев Е.А., Климантович А.А., Михеев Д.А.

Московский государственный институт электроники и математики.

Разработка методологии количественной оценки качества различных типов средств измерения

До настоящего времени качество любых изделий в соответствии со стандартом ИСО – 8402 оценивается классом качества и уровнем качества. При этом используются оценки: высокое качество, среднее или низкое качество.

Потребителя интересует не качественная, а количественная оценка качества изделия. Проведенные исследования направлены на создание методологии количественной оценки качества продукции с использованием аналитических критериев, дающих возможность количественно оценить качество конкурирующих типов изделий и выбрать изделие, имеющее наивысшую количественную оценку его качества, т.е. выбрать оптимальный вариант из рассматриваемого множества.

Рис. 2

В основу разработанной методологии положена численная оценка степени близости каждого из рассматриваемых параметров средств измерения к параметру, задаваемому потребителем и который по его мнению «идеально» отражает его требования к средству измерения, которое он (потребитель) хотел бы применить к решению своих конкретных задач.

Для достижения поставленной цели были проведены следующие исследования:

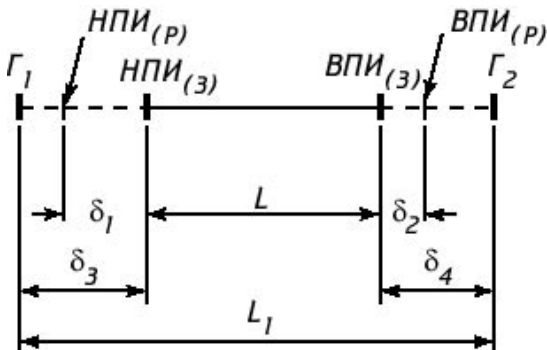
1. Проведен поиск и систематизация материалов по методам количественной оценки качества изделий. Исследования показали, что кроме метода экспертных оценок качества в этой области других подходов не обнаружено. Однако этот метод не обеспечивает строгой объективности оценки качества любого изделия, в том числе средств измерения, поскольку количественная бальная оценка зависит от состава экспертов, их числа, степени компетентности в анализируемой области, области их научной и производственной деятельности.

В связи с этим, несмотря на широкое использование метода экспертных оценок качества объектов различного назначения, ощущается потребность в разработке методологии, позволяющей объективно оценивать количественно качество объектов различного назначения, без привлечения экспертов.

2. Разработана первая версия методологии количественной оценки качества средств измерения, базирующаяся на конструировании аналитических критериев количественной оценки качества и ранжировании параметров анализируемых средств измерения путем введения весовых коэффициентов.

При этом специалист, использующий предложенную методологию, должен сконструировать столько частных критериев оценки качества, сколько количественных параметров содержится в паспорте средства измерения. Сумма численных значений всех частных критериев и дает строгую количественную оценку качества анализируемого средства измерения.

3. Разработан инженерный метод количественной оценки качества средств измерения (датчиков) одного функционального назначения, позволяющий из ряда конкурирующих типов датчиков выбрать тип, в максимальной степени приближающийся по своим параметрам к совокупности параметров, заданных пользователем.



Все используемые частные критерии являются функциями, включающими в себя метрологические, технические и эксплуатационные показатели датчика, качество которого оценивается.

Проведен анализ подходов при конструировании критериальных оценок качества, на основании которого был выбран вариант, наиболее приемлемый для использования в инженерной практике.

Методика разработки критериальных оценок качества средств измерения конкретной физической величины

Одним из важнейших параметров любого средства измерения является диапазон измерения, представляющий собой разность между верхним и нижним пределами измерения.

На рис. 2 графически представлен диапазон измерения L любого средства измерения (СИ), представляющий собой разность между верхним и нижним пределами измерения, заданными пользователем исходя из требований к объекту контроля.

На рис. 2 приняты следующие обозначения:

$\text{НПИ}_{(3)}$ – заданный нижний предел измерения;

$\text{ВПИ}_{(3)}$ – заданный верхний предел измерения;

L – диапазон измерения, задаваемый пользователем;

Γ_1 – нижняя допустимая граница предела измерения, которая ещё может удовлетворить пользователя;

Γ_2 – верхняя допустимая граница предела измерения, которая ещё может удовлетворить пользователя.

Положим, что потребитель намерен использовать средство измерения с диапазоном измерения

$$L = \text{ВПИ}_{(3)} - \text{НПИ}_{(3)} \quad (1)$$

и с помощью информационно-поисковой системы осуществляет поиск типов искомого СИ, удовлетворяющих этому условию. При этом может оказаться, что несмотря на большой объем типов СИ, содержащихся в базе данных, ни одно из них по диапазону измерения не будет удовлетворять условию, заданному в виде двух строгих числовых значений $\text{НПИ}_{(3)}$ и $\text{ВПИ}_{(3)}$. В итоге поиска ЭВМ дает ответ, что база данных не содержит ни одного типа СИ, удовлетворяющего заданному условию. Чтобы избежать такой тупиковой ситуации, целесообразно перед началом поиска расширить диапазон измерения L до значений Γ_1 и Γ_2 (рис. 2). В этом случае расширенный диапазон измерения

$$L_1 = (\text{ВПИ}_{(3)} + \delta_4) - (\text{НПИ}_{(3)} + \delta_3). \quad (2)$$

Тогда программное обеспечение информационно-поисковой системы обеспечит выбор только тех типов СИ, верхний и нижний пределы которых укладываются в диапазоны

$$\left. \begin{array}{l} \Gamma_1 \leq \text{НПИ}_{(p)} \leq \text{НПИ}_{(3)} \\ \Gamma_2 \geq \text{ВПИ}_{(p)} \geq \text{ВПИ}_{(3)} \end{array} \right\}, \quad (3)$$

где $\text{ВПИ}_{(p)}$ – верхний предел измерения одного из реальных типов средств измерения, содержащегося в базе данных; $\text{НПИ}_{(p)}$ – нижний предел измерения одного из реальных типов средств измерения, содержащегося в базе данных.

В принципе в процессе поиска можно и не ограничивать верхнюю Γ_2 и нижнюю Γ_1 границы диапазона измерения, задавая только условие

$$\left. \begin{array}{l} \text{НПИ}_{(p)} \leq \text{НПИ}_{(3)} \\ \text{ВПИ}_{(p)} \geq \text{ВПИ}_{(3)} \end{array} \right\}, \quad (4)$$

но в этом случае результатом поиска будут все типы СИ, удовлетворяющие условию (4), что будет заведомо неприемлемо для пользователя по той причине, что большинство из выбранных типов СИ будут иметь весьма широкий диапазон измерения и, в связи с этим, большое значение абсолютной погрешности измерения, неприемлемое для пользователя.

Исходя из этих соображений алгоритм работы программы должен предусматривать поиск средств измерения не по точечным значениям $\text{НПИ}_{(3)}$ и $\text{ВПИ}_{(3)}$, а по интервальным значениям, определяемым уравнением (3). При этом после ввода в ЭВМ пользователем значений $\text{НПИ}_{(3)}$ и $\text{ВПИ}_{(3)}$ программа сама определяет интервалы значений поиска δ_3 и δ_4 (рис. 2), на первом этапе принимая их равными $0,25L$. Если по результатам поиска ЭВМ определяет, что в этой зоне обнаружено 1 или 2 типа СИ, что мало для осуществления оптимального выбора, то в этом случае осуществляется второй цикл поиска. При этом автоматически значения интервалов δ_3 и δ_4 расширяются до значений $0,5L$.

Опыт практической работы с информационно-поисковыми системами показал, что превращение точечных значений параметров поиска в интервальные не требует увеличения интервальных значений до величин, превышающих 50% заданного диапазона измерения.

Положим, что с учетом вышеизложенного алгоритма поиска пользователь получил на выходе информационно-поисковой системы n типов средств измерений, каждое из которых удовлетворяет условиям поиска по диапазону измерения.

Теперь необходимо сконструировать частный критерий, с помощью которого можно было бы произвести оценку качества каждого из n типов средств измерения и выбрать оптимальный тип.

В основу создания критерия положим **степень близости реального диапазона измерения к заданному**. Для этого критерий оценки качества можно представить в виде

$$A_1 = \frac{K_1 \cdot (L - \delta_1 - \delta_2)}{L} \quad (5)$$

где K_1 – весовой коэффициент, численное значение которого зависит от приоритета (уровня ранжировки) рассматриваемого параметра по сравнению с другими анализируемыми параметрами рассматриваемого средства измерения; δ_1 – расстояние от заданного значения нижнего предела измерения

(НПИ₍₃₎) до нижнего предела измерения рассматриваемого средства измерения (НПИ_(p)); δ_2 – расстояние от заданного значения верхнего предела измерения (ВПИ₍₃₎) до верхнего предела измерения рассматриваемого средства измерения (ВПИ_(p)); $L = \text{ВПИ}_{(3)} - \text{НПИ}_{(3)}$ – заданный пользователем (номинальный) диапазон измерения.

Из выражения (5) следует, что в случае идеального совпадения диапазона измерения рассматриваемого средства измерения с заданным пользователем $\delta_1 = 0$, $\delta_2 = 0$ и критериальная оценка $A_1 = K_1$.

Если предположить, что для пользователя диапазон измерения при выборе СИ является приоритетом № 1, то числовое значение весового коэффициента должно быть максимальным и его величина будет зависеть от числа параметров, по которым производится выбор искомого типа СИ. Например, если таких параметров 5 и пользователь следующие приоритеты: диапазон измерения, абсолютная погрешность, диапазон рабочих температур, габаритные размеры и масса, то коэффициент K_1 может быть принят равным 20, весовой коэффициент следующего критерия 16, далее 12, 8 и 4.

Выбор максимального значения и шага уменьшения весового коэффициента не имеет принципиального значения и в известной мере носит произвольный характер.

Положим, что мы приняли $K_1 = 20$, тогда частная критериальная оценка анализируемого СИ может находиться в диапазоне от $A_1 = 20$ ($\delta_1 = \delta_2 = 0$) до $A_1 = 0$ ($\delta_1 = \delta_2 = L$).

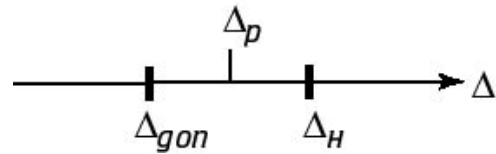
Переходим к конструированию частного критерия для оценки качества анализируемого СИ по значению абсолютной погрешности Δ , для которой пользователем установлен приоритет №2.

Чем шире диапазон измерения СИ, тем больше величина абсолютной погрешности при Δ фиксированном значении основной или относительной погрешности средства измерения.

Для краткости и простоты изложения будем использовать понятие основной приведенной погрешности. В этом случае максимально-допустимое значение абсолютной погрешности анализируемого средства измерения определяется (6) выражением $\Delta_H = L \cdot \gamma$,

где L – заданный пользователем диапазон измерения искомого типа измерения; γ – заданное пользователем значение основной приведенной погрешности.

Рис. 3



Выше пояснялось, что поиск конкурирующих типов СИ по точечной оценке любого параметра может не дать положительного результата и в связи с этим необходим переход к интервальному заданию приемлемых для пользователя значений абсолютных погрешностей. Очевидно, что правая граница этого интервала Δ_H (рис. 3) не может быть превышена, поскольку в этом случае погрешность результатов измерений будет выше максимально-допустимого значения Δ_H . Значительно расширить диапазон измерения влево, сторону уменьшения значения Δ неприемлемо с экономических позиций. В связи с этим целесообразно ограничить диапазон допустимых погрешностей искомого СИ значением $\Delta_{доп}$, при котором стоимость СИ возрастет не более чем на 10-15% по сравнению с СИ, имеющим абсолютное значение погрешности Δ_H .

Положим, что в результате использования информационно-поисковой системы абсолютная погрешность Δ_p (рис. 3) одного из конкурирующих типов СИ попала в заданный интервал $\Delta_{доп} \div \Delta_H$, то частная критериальная оценка качества СИ по параметру точности имеет вид

$$A_2 = K_2 \frac{\Delta_p}{\Delta_H} = \frac{K_2 \gamma_p (\text{ВПИ}_{(p)} - \text{НПИ}_{(p)})}{\gamma (\text{ВПИ}_{(3)} - \text{НПИ}_{(3)})}, \quad (7)$$

где K_2 – весовой коэффициент для параметра второго приоритета, равный 16.

Из выражения (6) следует, что при $\gamma_p = \gamma$ и $(\text{ВПИ}_{(p)} - \text{НПИ}_{(p)}) = (\text{ВПИ}_{(3)} - \text{НПИ}_{(3)})$ значение частного критерия $A_2 = 16$, что соответствует наибольшему значению критериальной оценки качества СИ по этому параметру. При всех других вариантах Δ_p будет меньше Δ_H и тогда A_2 будет меньше 16.

Мы рассмотрели два примера формирования частных критериев оценки качества СИ. В первом примере заданный пользователем диапазон измерения намеренно расширялся в обе стороны с целью получения в результате поиска множества альтернативных вариантов, что позволяет выбрать из множества средств измерений оптимальный вариант. Во втором примере точечную оценку параметра, заданную пользователем, мы превращаем в интервальную оценку.

В обоих случаях была изложена методика формирования аналитических выражений для оценки частных критериальных оценок.

Все остальные параметры большинства СИ, предназначенных для измерения различных физических величин можно свести к этим двум рассмотренным вариантам.

На основании разработанной методики количественной оценки качества и предложенных аналитических критериев было разработано программное обеспечение, позволяющие минимизировать

время процесса выбора оптимальных типов средств измерения из ряда конкурирующих, с целью обеспечения требуемого уровня качества. Программное обеспечение предусматривает взаимодействия с базами данных по любым средствам измерения. Изложенная методика применима к любым видам средств измерения. По нашему мнению такой подход к количественной оценке качества средств измерения ранее не применялся и его практическое использование позволит перейти от чисто качественных оценок к числовым, критериальным оценкам качества изделий в любой отрасли промышленности.

Потребитель может осуществлять поиск типа датчика, обладающего заданными показателями, используя при этом три источника информации:

- каталоги фирм-изготовителей датчиков давления или каталоги фирм дилеров, занимающихся поставкой датчиков по заказам;
- сайты фирм-изготовителей и дилеров, размещенных в сети «Интернет»;
- специализированные информационно-поисковые системы (ИПС), содержащие базы данных по датчикам различных физических величин, в которых имеются не только каталоги типов датчиков, содержащихся в каждой базе данных и технические паспорта на каждый тип датчика, но и программы, обеспечивающие поиск и регистрацию тех типов датчиков, которые удовлетворяют заданным условиям.

Независимо от того, какие источники информации используются, цифровые значения технических показателей искомого датчика потребитель должен представлять не в форме точечных цифровых оценок, а в форме интервальных оценок. Это требование обусловлено тем, что в процессе автоматизированного или ручного поиска датчика требуемого типа все заданные числовые значения технических показателей должны совпадать с числовыми значениям реально существующего типа датчика, что даже при больших объемах баз данных может привести к тому, что ни один из известных типов датчиков не будет включен в число «претендентов».

ЛИТЕРАТУРА

1. Европейский стандарт ИСО-8402. Качество. Основные определения.
2. ГОСТ 8.009-72. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
3. Британский стандарт BS 4778.

QUANTITATIVE ESTIMATION OF QUALITY OF MEANS OF MEASUREMENT WITH USE PC AND THE SOFTWARE

Kartsev E., Klimantovich A., Miheev D.

The Moscow state institute of electronics and mathematics.

Development of methodology of a quantitative estimation of quality of various types of means of measurement

Till now quality of any products according to standard ISO - 8402 is estimated by a class of quality and a degree of quality. Thus estimations are used: high quality, average or poor quality.

The consumer is interested not qualitative, but with a quantitative estimation of quality of a product. The carried out(spent) researches are directed on creation of methodology of a quantitative estimation of quality of production with use of the analytical criteria giving an opportunity quantitatively to estimate quality of competing types of products and to choose a product having the best quantitative estimation of his(its) quality, i.e. to choose optimum variant from considered(examined) set.

In a basis of the developed methodology the numerical estimation of a degree of affinity of each of considered(examined) parameters of means of measurement to the parameter set by the consumer and which in his(its) opinion ideally reflects his(its) requirements to means of measurement which it(he) (consumer) would like to apply to the decision of the specific targets is fixed.

For achievement of an object in view the following researches were carried out(spent):

search and ordering of materials in methods of a quantitative estimation of quality of products Is carried out(spent). Researches have shown, that except for a method of expert estimations of quality in this area of other approaches it is not revealed. However this method does not provide strict objectivity of an estimation of quality of any product, including means of measurement as the quantitative ball estimation depends on structure of experts, their number, degree of competence of analyzed area, area of their scientific and industrial activity.

In this connection, despite of wide use of a method of expert estimations of quality of objects of various purpose(assignment), the need(requirement) for development of the methodology allowing objectively to estimate quantitatively quality of objects of various purpose(assignment), without attraction of experts is felt.

the first version of methodology of a quantitative estimation of quality of means of the measurement, basing on designing of analytical criteria of a quantitative estimation of quality and ordering of parameters of analyzed means of measurement Is developed by introduction of weight factors.

Thus the expert using offered methodology, should design so much private(individual) criteria of an estimation of quality, how many quantitative parameters contain in the passport of means of measurement. The sum of numerical values of all private(individual) criteria also states a strict quantitative estimation of quality of analyzed means of measurement.

the engineering method of a quantitative estimation of quality of means of measurement (gauges) of one functional purpose(assignment) Is developed, allowing from lines of competing types of gauges to choose type, in

the maximal degree coming nearer on the parameters to set of the parameters given by the user.

All used private(individual) criteria are the functions including metrological, technical and operational parameters of the gauge which quality is estimated.

The analysis of approaches is carried out(spent) at designing criteria of quality on the basis of which the variant most acceptable to use in engineering practice was chosen.

The literature

- European standard ISO - 8402. Quality. The basic definitions.
- GOST 8.009-72. Normalized metrological characteristics of means of measurements.
- British standard BS 4778.

