**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**

**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра «Стандартизация, сертификация и управление качеством»**

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## к контрольной работе по дисциплине

## "Общая теория измерений"

**Курган 2007**

Кафедра: «Стандартизация, сертификация и управление качеством»
Дисциплины: «Общая теория измерений» (специальность 200503);

Составили: канд.техн.наук, доцент П.А. Гудков

Утверждены на заседании кафедры «5» июня 2009 г.
Рекомендованы методическим советом университета
«3» июля 2009 г.

# 1. Цель работы

Значительное число измерений, проводимых в промышленных условиях, являются однократными. Чаще всего такие измерения выполняют вынужденно, поскольку по условиям измерительного эксперимента происходит разрушение либо контролируемого объекта, либо средства измерения. Кроме того, однократные измерения проводят с целью экономии времени и средств, а также для упрощения обработки результатов. В обычных условиях их точность вполне приемлема, а простота, высокая производительность и низкая стоимость ставят их вне конкуренции.

Целью выполнения лабораторной работы является изучение методики выполнения однократных измерений и приобретения практических навыков по осуществлению контроля изделий и обработке результатов измерений.

## 2. Методика однократных измерений

Однократные измерения могут обеспечить необходимую точность при выполнении следующих условий:

1. Исследуемый объект заранее достаточно изучен и адекватен принятой математической модели. Например, ограничится однократным измерением диаметра вала можно, если известно, что отклонение от круглости при обработке на данном станке пренебрежимо мало;
2. Имеется достаточно данных об измеряемой и влияющих физических величинах.

Необходимым условием проведения однократного измерения служит наличие априорной информации. К ней относится информация, например, о виде закона распределения вероятности показания и мере его рассеяния, которая извлекается из опыта предшествующих измерений или определяется эмпирически. Если ее нет, то используется информация о том, насколько значение измеряемой величины может отличаться от результата однократного измерения. Такая информация обычно представляется классом точности средства измерения.

К априорной относится информация о значении аддитивной или мультипликативной поправки $\Theta_i$. Если значение поправки не известно, то создается ситуационная модель, согласно которой с одинаковой вероятностью значение поправки может быть любым в пределах $\Theta_{min}$... $\Theta_{max}$.

В ходе анализа априорной информации выясняется физическая сущность изучаемого явления, уточняется его модель, определяются влияющие факторы и меры, направленные на уменьшение их влияния (термостатирование, экранирование, компенсация электрических и магнитных полей и др.). После этого выбирается средство измерения, изучаются его метрологические характеристики и опыт выполнения подобных измерений в прошлом. Важным итогом предварительной работы должна быть уверенность в том, что точность однократного измерения достаточна для решения измерительной задачи. Если это условие выполняется, то после необходимых приготовлений, включающих установку и подготовку к работе средства измерений, исключение или компенсацию влияющих факторов, выполняются процедуры однократного контроля.

Результат измерения является случайным числом. Поэтому уже на этапе получения отсчета возникает дефицит измерительной информации, который может быть восполнен только за счет априорных сведений. Неопределенность результата измерения обусловлена двумя причинами:

1. случайным характером отсчета;
2. дефицитом измерительной информации.

Случайный характер отсчета учитывается его вероятностью в соответствии с определенным законом распределения вероятности. Обычно на отсчет влияет множество независимых факторов, вклад каждого из которых незначителен по сравнению с суммарным действием всех остальных. Поэтому, согласно центральной предельной теоремы теории вероятностей, плотность распределения вероятности случайной величины в таком случае подчиняется нормальному закону. В данном случае в качестве меры неопределенности отсчета может использоваться среднее квадратическое отклонение распределения. Половина участка шкалы, неопределенность положения отсчета на котором равна энтропии, рассчитывается по зависимости:

$$\Delta = 2.07 \cdot \sigma_x, \qquad (1)$$

где $\Delta$ - половина интервала неопределенности,

$\sigma_x$ - среднее квадратическое отклонение распределения отсчета.

Таким образом, введение интервала неопределенности эквивалентно выбору доверительного интервала при соответствующей доверительной вероятности.

Возникновение неопределенности результата измерения из-за дефицита измерительной информации можно иллюстрировать следующим. При измерении прибором класса точности 1,5 действительное значение измеряемой величины может отличаться от истинного на ±1.5 %. Если нет никаких оснований считать какие - либо значения более вероятными, то плотность распределения вероятности истинного значения на интервале

±1.5 % от граничного деления шкалы можно принять равномерной, т.е. считать этот интервал интервалом неопределенности. Данный подход справедлив и для граничных значений допустимой погрешности измерения, устанавливаемых для средств измерения.

Мерой неопределенности результата измерения, обусловленной двумя рассмотренными выше причинами, может быть композиция двух законов распределения и аналог ее среднего квадратического отклонения (СКО):

$$U_{\underset{\sim}{O}} = \xi = \sqrt{\sigma_x^2 + U_Q^2}\,; \tag{2}$$

$$U_{\underset{\sim}{O}} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + \ldots + \sigma_{xn}^2 + U_{Q1}^2 + \ldots + U_{Qm}^2}\,,$$

где $U_0$ - аналог СКО при равномерной плотности распределения вероятности результатов измерения.

С высокой вероятностью можно считать, что среднее значение композиции законов распределения, равное значению измеряемой величины, не отличается от результата однократного измерения больше, чем на величину аналога доверительного интервала измерения:

$$\epsilon = k \cdot U_o\,;$$

$$\in = \sqrt{\in_1^2 + \ldots + \in_j^2}\,, \tag{3}$$

где к =2.0.. .3.0 - устанавливается методами законодательной метрологии.

Единственное значение отсчета $x_i$ дает единственное значение показания $X_i$ средства измерения, имеющее ту же размерность, что и измеряемая величина. В это значение показания вносится поправка Θ. Если аддитивная поправка представляет собой постоянную величину, значение которой Θ известно точно, то результат измерения O будет представлен единственным значением:

$$O_{\tilde{i}} = X_i + \Theta_I \ . \qquad (4)$$

В этом случае результат измерения подчиняется тому же закону распределения вероятности, что и показания x, по смещенному по оси абсцисс на величину поправки $\Theta$ (Рис. 1.а).

Если значение поправки неизвестно, такая ситуация может быть представлена математической моделью погрешности измерения. При выбранной ситуационной модели результат однократного измерения $O_{\tilde{i}}$ с одинаковой вероятностью может быть любым в пределах от $X_i+Q_{min}$ до $X_i+Q_{max}$. Тогда возможно принять равновероятным любое значение поправки $\Theta$ в пределах интервала $Q_{min}$... $Q_{max}$ (Рис. 1.6). Следует отметить, что с помощью равномерного закона распределения вероятности моделируется не поправка, значение которой не является случайным, а ситуация, состоящая в том, что это значение неизвестно.

Конечной целью измерительного эксперимента является получение достоверной информации о значении измеряемой величины. Дальнейшее выполнение процедур по методике однократных измерений зависит от состава априорной информации. При этом возможно несколько вариантов:

1. Известно точное значение аддитивной поправки $\Theta$. Отсчет подчиняется нормальному, либо любому другому закону распределения вероятности.

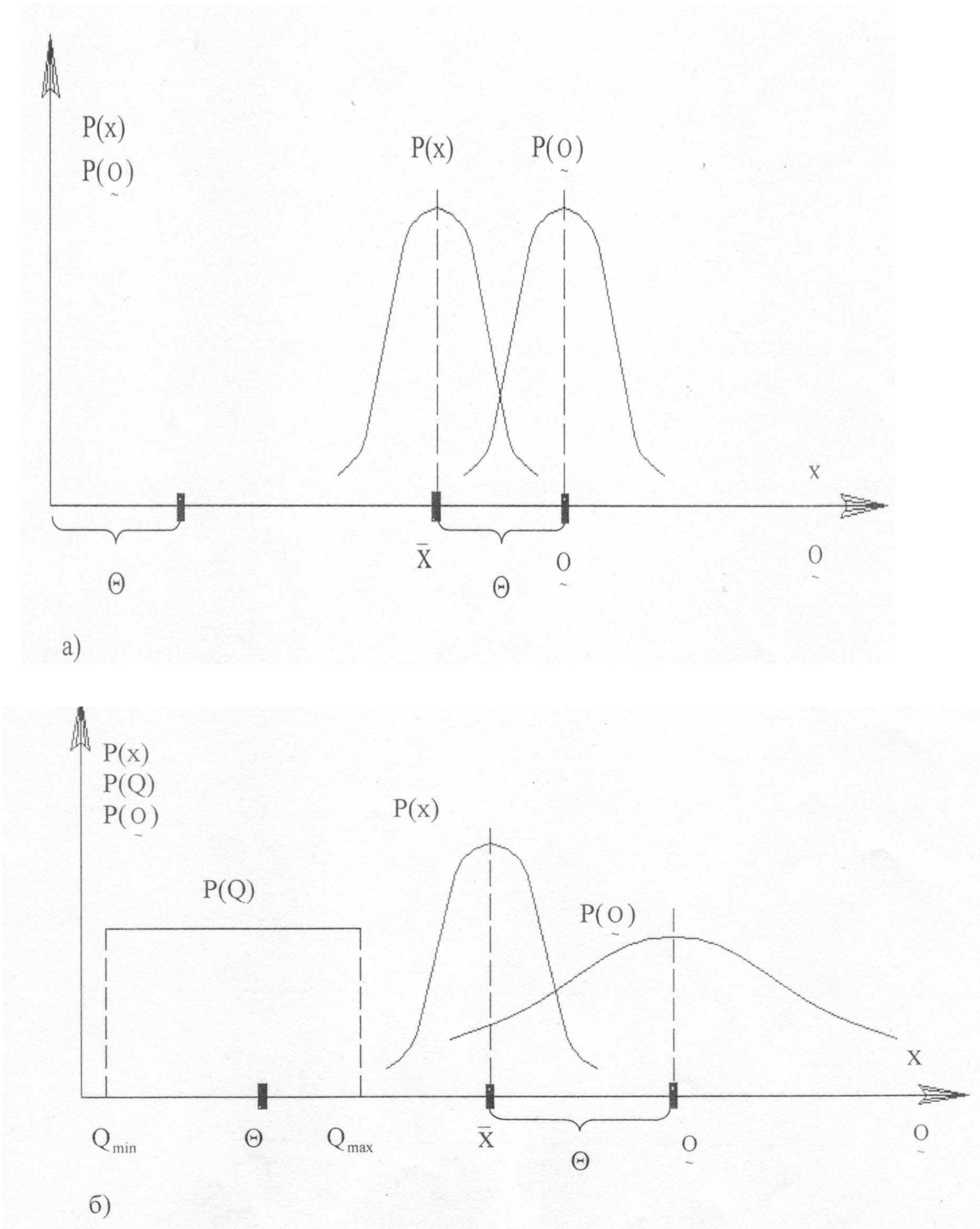


Рис. 1

Схемы внесения аддитивной поправки

Задавшись доверительной вероятностью, можно по верхней кривой(Рис 2) Можно по верхней кривой определить, насколько результат однократного измерения может отличаться от измеряемой величины в случае нормального закона распределения . При половине доверительного интервала

$Є = t \cdot \sigma_Q$ с выбранной вероятностью:

$$O_{\tilde{i}} - Є \leq Q \leq O_{\tilde{i}} + Є$$

Для других законов распределения вероятности показаний следует использовать нижнюю кривую на рис. 2.

2. Отсчет подчиняется нормальному закону распределения вероятности со средним квадратическим отклонением $\sigma_X$, значение аддитивной поправки находится в пределах от $Q_{min}$ до $Q_{max}$. В этом случае половина доверительного интервала определяется из условия, что среднее значение композиции, равное значению измеряемой величины, не может отличаться от результата однократного измерения больше, чем на величину:

$$\in = k \cdot U_{\tilde{O}},$$

где – $U_{\tilde{O}} = \sqrt{\sigma_x^2 + U_Q^2}$, $k = 2 \ldots 3$.

### 3. Ситуационное моделирование поправки.

Ситуации, в которых не достает* нужной количественной информации, в метрологии решаются при помощи ситуационных моделей. Если какие-либо значения исследуемой величины более вероятны, чем другие, подбирается соответствующий закон распределения вероятности на интервале возможных значений. Если же на этом интервале с одинаковой вероятностью величина может иметь любое значение, то закон распределения вероятности принимается равномерным (рис.3). Данный закон распределения вероятности является математической моделью ситуации, состоящей в том, что значение величины неизвестно. Эта модель не является стохастической, поскольку искомая величина - неслучайное явление, и статистические закономерности здесь не проявляются. Графически математическая модель реализует ситуацию, при которой значение $\mathbf{Q_i}$ ; с одинаковой вероятностью может быть любым на заданном интервале. Числовые характеристики этого закона:

1. вероятность

$$P(Q) = \frac{1}{(Q_{max} - Q_{min})}; \qquad (5)$$

2. аналог дисперсии

$$U_Q^2 = \frac{(Q_{max} - Q_{min})^2}{12}; \qquad (6)$$

3. аналог среднего квадратического отклонения

$$U_Q = +\sqrt{U_Q^2} = \frac{(Q_{max} - Q_{min})}{\sqrt{12}} = \frac{(Q_{max} - Q_{min})}{3.46}; \qquad (7)$$

4. стандартизованная длина половины доверительного интервала

$$\overline{Q} = U_Q \cdot \sqrt{3} = 1.73 \cdot U_Q. \qquad (8)$$

## 4. Представление результатов однократных измерений.

Конечными данными однократных измерений является результат измерения $O\ \tilde{}_{i}$ и возможное отклонение результата $O\ \tilde{}_{i}$ от значения измеряемой величины - Є (половина доверительного интервала). Если измерительная информация не предназначена для дальнейшей обработки, то она должна быть представлена в форме, удобной для восприятия. Такой формой является указание пределов, в которых находится значение измеряемой величины.Не рекомендуется пользоваться записью $Q = O\ \tilde{}_{i} \pm$ Є, так как в этом случае возникает акцент на середину интервала, для чего нет никаких оснований. Все значения величины в данном интервале равновероятны.

Результат измерения обычно округляется на цифре, разряд которой соответствует разряду Є. Остальные цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасываются. Если первая из заменяемых или отбрасываемых цифр меньше 5, то остающиеся цифры не меняются, в противном случае последняя цифра увеличивается на 1.

В метрологии принято среднее квадратическое отклонение или его аналог выражать одной значащей цифрой. Две значащие цифры указываются при особо точных измерениях и в тех случаях, когда значащая цифра старшего разряда меньше 4. Если цифра старшего разряда не меньше 3, то ограничиваются одной значащей цифрой.

## 5. Перечень лабораторного оборудования.

1. Образцы контролируемых деталей.
2. Контрольно-измерительные инструменты.

## 6. Инструкция по проведению работы.

1. Выявить и систематизировать необходимую априорную информацию о контролируемой детали и средствах измерений.

Вероятность попадания отдельного значения результата измерения в окресность среднего значения

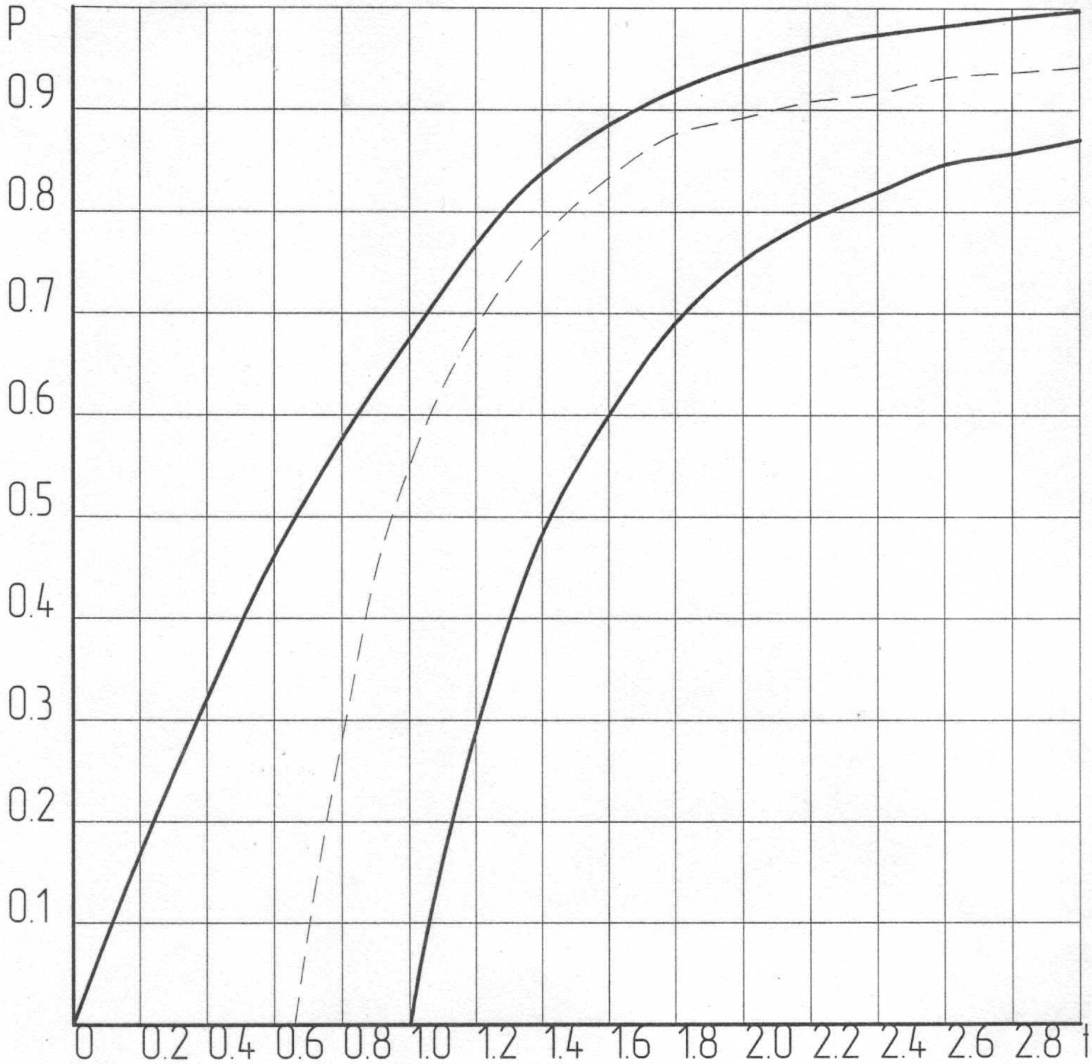


Рис. 2

Закон равномерной плотности распределения вероятности

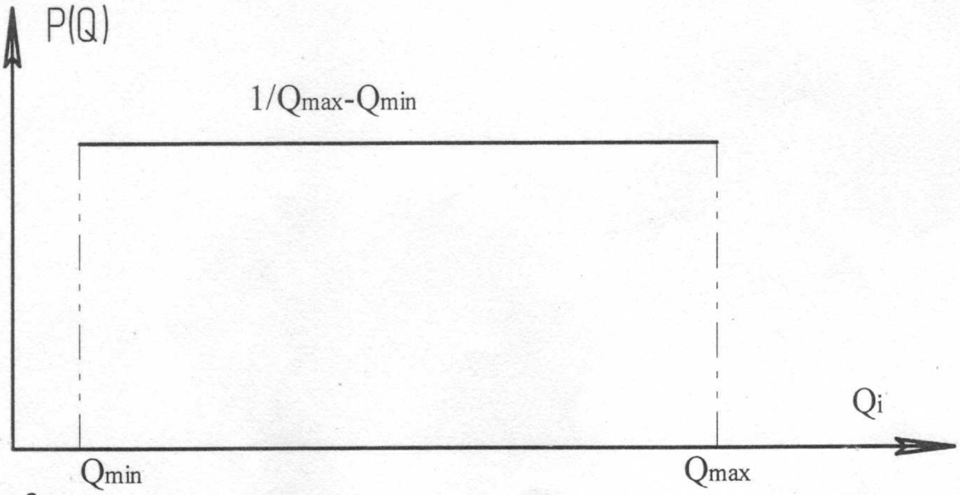


Рис. 3

Алгоритм выполнения однократных измерений по шкале отношений (а) и порядка (б)


Рис. 4

На этом этапе необходимо определить цену деления нониуса штриховых средств измерения или цену деления шкалы шкальных приборов, установить нормируемую погрешность измеряемых средств, а так же выявить возможные влияющие факторы и степень изменения точности измерений. Кроме того, следует тщательно проверить качество настройки используемых средств измерения.

2. Процедуры измерений выполнять в соответствии с алгоритмом однократных измерений (рис. 4).

Необходимо провести однократное измерение изделия, получить значение отсчета и перевести его в единственное значение показания.

3. Приняв цену деления нониуса (шкалы) средства измерения в качестве интервала неопределенности, рассчитать среднее квадратическое отклонение распределения отсчета (ф.1). По величине нормируемой погрешности средства измерения определить аналог среднего квадратического отклонение равномерного распределения данной погрешности (ф.7), полученный результат использовать для расчета поправки (ф.8).

4. Внести в значение показания поправку и получить результат однократного измерения.

5. Провести расчет аналога композиционного среднего квадратического отклонения (ф.2) и аналога доверительного интервала погрешности измерения (ф.3).

6. Сформировать результат однократного измерения по шкале отношений в виде пределов изменения измеряемой величины.

7. В шкале порядка определить соответствие результата измерения предельным размером контролируемой величины.

8. Оформить отчет по лабораторной работе.