ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ (ВНИИМС)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ. РЕЗУЛЬТАТЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ. ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ. СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ОБРАЗЦОВ ПРОДУКЦИИ И КОНТРОЛЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ

МИ 1317—86

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1986

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологической службы (ВНИИМС)

ИСПОЛНИТЕЛИ

М. А. Земельман, канд. техн. наук (руководитель темы); **В. Г. Цейтлин**, канд. техн. наук; **В. М. Кашлаков**, канд. техн. наук; **В. П. Кузнецов**, канд. техн. наук; **Н. П. Миф**, канд. техн. наук; **В. А. Брюханов**, канд. техн. наук; **В. И. Гронский**, канд. техн. наук; **И. М. Тронова**

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Отделом научно-методического руководства стандартизацией ВНИИМС

Начальник отдела **Г. П. Сафаров**

ПРИНЯТЫ Научно-технической комиссией Госстандарта (протокол от 16 апреля 1986 г. № 85).

УДК 389.14.53.081 Группа Т85

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.

МИ 1317—86

Взамен ГОСТ 8.011—72
Введены в действие
с 01.01.87

Настоящие методические указания распространяются на нормативные и официальные документы (проектно-конструкторскую и технологическую документацию, стандарты, технические условия, технические задания, отчеты, протоколы, программы, методики испытаний и контроля образцов продукции, руководящие документы, руководящие технические материалы, методики измерений), техническую литературу, в которых указываются требования или описываются измерения, проводимые в научных исследованиях; при разработке, производстве, эксплуатации продукции; при охране окружающей природной среды; в здравоохранении и др.

Методические указания определяют формы представления результатов измерений, характеристики погрешности измерений и формы их представления для всех возможных случаев применения, а также способы использования характеристик погрешностей измерений для определения характеристик погрешностей таких испытаний и достоверности такого контроля параметров образцов (проб) продукции, которые проводят с помощью измерений.

Указанные в методических указаниях формы представления результатов и характеристики погрешностей измерений применимы как при однократных измерениях, так и при измерениях с многократными наблюдениями. В последнем случае за результат измерения принимается среднее арифметическое значение результатов наблюдений (или их другой функционал), а погрешность характеризует это среднее (функционал).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Непосредственной целью измерений является определение истинных значений постоянной или изменяющейся измеряемой величины. Результат измерений (однократных и многократных) является реализацией случайной величины, равной сумме истинного значения измеряемой величины и погрешности измерений.

© Издательство стандартов, 1986

Примечание. В качестве измеряемых величин принимаются параметры физической модели объекта измерений. Общие рекомендации по выбору измеряемых величин даны в приложении 1.

1.2. Результаты измерений и погрешности измерений — по ГОСТ 16263—70.

1.3. Наименьшие разряды числовых значений результатов измерений должны быть такими же, как наименьшие разряды числовых значений среднего квадратического отклонения абсолютной погрешности измерений или значений границ, в которых находится абсолютная погрешность измерений (или статистических оценок этих характеристик погрешности).

1.4. В качестве функции плотности распределения вероятностей погрешности измерений или ее составляющих следует принимать закон, близкий к нормальному усеченному (см. приложение 2), при соблюдении следующего условия: имеются основания полагать, что реальная функция плотности распределения — функция симметричная, одномодальная, отличная от нуля на конечном интервале значений аргумента, и другая информация о плотности распределения отсутствует.

1.4.1. В тех случаях, когда нет основания полагать, что указанное в п. 1.4 условие выполняется, следует принимать какую-либо другую аппроксимацию функции плотности распределения вероятностей погрешности измерений. Принятая аппроксимация считается удовлетворительной при следующих условиях: 1) она позволяет рассчитывать интервальные характеристики погрешности измерений по ее средним квадратическим отклонениям; 2) возможные значения погрешности расчета, обусловленные отличием принятой аппроксимации от реальной функции плотности распределения, лежат в пределах, допустимых для решения данной конечной задачи измерений (см. приложение 1).

При отсутствии сведений о подходящей аппроксимации функции плотности распределения вероятностей погрешности измерений, не могут быть рассчитаны интервальные характеристики погрешности измерений и погрешности испытаний, а также показатели достоверности контроля параметров образцов продукции.

1.5. Расчет характеристик погрешности измерений, при известных типах средств измерений, должен быть основан на использовании метрологических характеристик средств измерений, нормированных по ГОСТ 8.009—84.

1.6. Наряду с указанными в настоящих методических указаниях, можно пользоваться и такими характеристиками погрешностей измерений, которые являются функциями характеристик, приведенных в разд. 2.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. В настоящих методических указаниях определены следующие группы характеристик погрешностей измерений.

2.1.1. Задаваемые в качестве требуемых или допускаемых —

нормы характеристик погрешностей измерений или, кратко, нормы погрешностей измерений.

2.1.2. Приписываемые совокупности измерений, выполняемых по определенной (стандартизованной или аттестованной) методике — приписанные характеристики погрешности измерений.

2.1.3. Отражающие близость отдельного, экспериментально уже полученного результата измерения к истинному значению измеряемой величины — статистические оценки характеристик погрешностей измерений или, кратко, статистические оценки погрешностей измерений.

2.2. При массовых технических измерениях, выполняемых при технологической подготовке производства, в процессах разработки, испытаний, производства, контроля и эксплуатации (потребления) продукции, при товарообмене, торговле и др., применяются, в основном, нормы погрешностей измерений, а также приписанные характеристики погрешности измерений (пп. 2.1.1 и 2.1.2). Они представляют собой вероятностные характеристики (характеристики генеральной совокупности) случайной величины — погрешности измерений.

2.3. При измерениях, выполняемых при проведении научных исследований и метрологических работ (определение физических констант, свойств и состава стандартных образцов, аттестации средств измерений и т. п.), часто применяются статистические оценки погрешности измерений (п. 2.1.3.). Они представляют собой статистические (выборочные) характеристики случайной величины — погрешности измерений.

2.4. В методических указаниях рассматриваются следующие вероятностные характеристики (и статистические оценки) погрешности измерений:

среднее квадратическое отклонение погрешности измерений или

границы, в пределах которых погрешность измерений находится с заданной вероятностью, или

характеристики случайной и систематической составляющих погрешности измерений.

Примечания.

1. Возможны случаи, когда границы погрешности измерений определяются с вероятностью, равной единице.

2. Математическое ожидание погрешности измерений в методических указаниях не рассматривается, так как оно представляет собой систематическую погрешность, и если ее значение известно и постоянно, то на нее в результат измерений вводится поправка. В других случаях используются характеристики неисключенной систематической погрешности (см. таблицу).

2.4.1. В качестве характеристик случайной составляющей погрешности используются:

среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений и (при необходимости) нормализованная автокорреляционная функция случайной составляющей погрешности измерений или характеристики этой функции.

2.4.2. В качестве характеристик систематической составляющей погрешности измерений используются:

среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической составляющей погрешности измерений или

границы, в которых неисключенная систематическая составляющая погрешности измерений находится с заданной вероятностью (в частности, и с вероятностью, равной единице).

2.4.3. В качестве статистических (выборочных) оценок погрешности измерений (п. 2.3) используются результаты экспериментального или расчетно-экспериментального оценивания характеристик, приведенных в п. 2.4.

2.5. Характеристики погрешности измерений по пп. 2.1.1; 2.1.2; 2.1.3 приведены в таблице.

2.6. При необходимости средние квадратические отклонения случайной и (или) неисключенной систематической составляющих погрешности измерений сопровождаются указанием принятой аппроксимации закона распределения вероятностей погрешности или его качественным описанием (например, симметричный, одномодальный и т. п.).

2.7. В случаях, когда результаты измерений (испытаний) используются (могут использоваться) совместно с другими результатами измерений, а также при расчетах погрешностей величин, функционально связанных с результатами измерений (например, критериев эффективности, функций потерь, результатов косвенных измерений и др.), в качестве характеристик погрешности измерений применяются, в основном, точечные характеристики погрешности — средние квадратические отклонения погрешности.

В случаях, когда результаты измерений являются окончательными, пригодными для решения определенной технической задачи, и не предназначены для совместного использования с другими результатами измерений и для расчетов, применяются, в основном, интервальные характеристики погрешности — границы, в пределах которых погрешность находится с известной (заданной) вероятностью.

Примеры:

1. Погрешность измерений задается в виде требования с целью ограничения потерь, вызываемых этой погрешностью. Функция потерь, вызванных погрешностью измерений, имеет квадратичный или *V*-образный вид. В этом случае погрешность измерений целесообразно задавать допускаемым значением среднего квадратического отклонения, т. к. именно эта характеристика однозначно связана с потерями (с математическим ожиданием потерь) независимо от вида распределения погрешности измерений.

2. Оцениваемая погрешность измерений текущих (мгновенных) значений изменяющейся измеряемой величины используется для расчета погрешности средних величин или технико-экономических показателей за различные интервалы времени. В этом случае целесообразно оценивать следующие характеристики погрешности

Характеристики погрешности измерений	Нормы (п. 2.1.1)	Приписанные (п. 2.1.2)	Статистические оценки (п. 2.1.3)
Среднее квадратическое отклонение погрешности измерений	Предел допускаемых значений σ_p [Δ].	Наибольшее возможное значение σ_M[Δ].	Оценка $\widetilde{\sigma}$[Δ] и (в случае необходимости) нижняя σ_l [Δ] и верхняя σ_h [Δ] границы доверительного интервала, доверительная вероятность $P_{\text{дов}}$.
Границы, в которых погрешность измерений находится с заданной вероятностью	Нижняя Δ_{pl} и верхняя Δ_{ph} границы допускаемого интервала, вероятность P	Нижняя Δ_l и верхняя Δ_h границы интервала, вероятность P.	Оценка нижней $\widetilde{\Delta}_l$ и верхней $\widetilde{\Delta}_h$ границ интервала, вероятность P.
Характеристики случайной составляющей погрешности измерений: среднее квадратическое отклонение	Предел допускаемых значений σ_p [$\overset{\circ}{\Delta}$].	Наибольшее возможное значение σ_M[$\overset{\circ}{\Delta}$].	Оценка $\widetilde{\sigma}$[$\overset{\circ}{\Delta}$] и (в случае необходимости) нижняя σ_l [$\overset{\circ}{\Delta}$] и (или) верхняя σ_h[$\overset{\circ}{\Delta}$] границы доверительного интервала, доверительная вероятность $P_{\text{дов}}$.
нормализованная автокорреляционная функция	Нормированная функция $r^{\circ}_{\Delta}(\tau)$ (в число требуемых характеристик функция $r^{\circ}_{\Delta}(\tau)$ не входит)	Приписанная функция $r^{\circ}_{\Delta}(\tau)$	Оценка характеристики $\widetilde{r}^{\circ}_{\Delta}(\tau)$.
характеристики нормализованной автокорреляционной функции (например, интервал корреляции)	Нижний и (или) верхний пределы допускаемых значений характеристики	Наибольшее и наименьшее возможные значения характеристики	Оценка характеристики

Продолжение

Характеристики погрешности измерений	Нормы (п. 2.1.1)	Приписанные (п. 2.1.2)	Статистические оценки (п. 2.1.3)
Характеристики неисключенной систематической составляющей погрешности измерений:			
среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической составляющей	Предел допускаемых значений $\sigma_P[\Delta_S]$.	Наибольшее возможное значение $\sigma_M[\Delta_S]$.	Оценка $\widetilde{\sigma}[\Delta_S]$ и (в случае необходимости нижняя $\sigma_l[\Delta_S]$ и (или) верхняя $\sigma_h[\Delta_S]$ границы доверительного интервала, доверительная вероятность $P_{\text{дов}}$.
границы, в которых неисключенная систематическая составляющая находится с заданной вероятностью	Нижняя Δ_{spl} и верхняя Δ_{sph} границы допускаемого интервала, вероятность P.	Нижняя Δ_{sl} и верхняя Δ_{sh} границы интервала, вероятность P.	Оценка нижней $\widetilde{\Delta}_{sl}$ и верхней $\widetilde{\Delta}_{sh}$ границ интервала, вероятность P.

Примечания:

1. При одинаковых числовых значениях (без учета знаков) нижних и верхних границ характеристик погрешности соответственно указываются перед характеристиками знаки ±. В противном случае границы должны указываться отдельно каждая со своим знаком.
2. В таблице приведены обозначения для характеристик абсолютной погрешности измерений. Для обозначения характеристик относительной погрешности измерений буква Δ заменяется на δ, в том числе в индексах.
3. Рекомендуемое значение вероятности (доверительной вероятности) $P=0{,}95$.
4. Пределы допускаемых значений характеристик погрешности определяют наибольший по модулю интервал, в котором должна находиться данная характеристика, т. е. соответствуют вероятности нахождения характеристики в данном интервале, равной единице.
5. Если вероятность, для которой нормированы границы допускаемого интервала погрешности измерений (графа 2), равна единице ($P=1$), т. е. ни одна из реализаций погрешности измерений не должна выходить за эти границы, то их можно называть пределами допускаемых значений и при этом вероятность $P=1$ не указывать.

измерений текущих значений: среднее квадратическое отклонение случайной составляющей и интервал корреляции автокорреляционной функции этой составляющей, а также среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической составляющей. Оценки таких характеристик дают возможность учесть влияние интервала времени усреднения и числа наблюдений на случайную составляющую погрешности средних значений.

3. Определяются уставки технологической защиты, срабатывающей, когда результат однократного измерения превышает значение уставки. В этом случае, для представления о возможности неблагоприятных последствий ограниченной точности измерений (ложного срабатывания или несрабатывания в аварийной ситуации), учитываются границы погрешности измерений. Для подобного учета погрешность измерений целесообразно задавать границами допускаемых значений с заданной вероятностью.

2.8. При условиях, оговоренных в п. 1.4, расчет интервальных характеристик погрешности измерений (или ее составляющих) и их оценок для заданных вероятностей, меньших единицы, может проводиться по методикам, приведенным в приложениях 2 и 3.

Методика, изложенная в приложении 2, основана на аппроксимации неизвестных реальных законов распределения вероятностей погрешности (удовлетворяющих условиям п. 1.4) таким законом, который дает средние (для класса симметричных одномодальных усеченных законов распределений) значения определяемых характеристик. При этом погрешности получаемых характеристик — наименьшие среди получаемых для всех других возможных аппроксимаций симметричных одномодальных усеченных распределений. Эти погрешности также приведены в приложении 2.

3. ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Характеристики погрешностей измерений по пп. 2.1.1 и 2.1.2 представляются характеристиками из числа приведенных в графах 2, 3 таблицы с указанием совокупности условий, для которых принятые характеристики действительны. В состав этих условий могут входить: диапазон значений измеряемой величины; частотные спектры измеряемой величины или диапазон скоростей ее изменений (или частотные спектры, диапазоны скоростей изменений параметров, функционалом которых является измеряемая величина); диапазоны значений всех величин, существенно влияющих на погрешность измерений (средств измерений), а также, при необходимости, и другие факторы.

3.1.1. Характеристики погрешности измерений указываются в единицах измеряемой величины (абсолютные) и в процентах (относительные) относительно результатов измерений или истинных значений измеряемой величины.

Примеры:

1. Запись в техническом задании на разработку методики выполнения измерений расхода жидкости (норма).

Границы, в которых абсолютная погрешность измерений расхода жидкости должна находиться с заданной вероятностью (границы допускаемого интервала) $\Delta_p = \pm 0{,}2$ м³/с, $P = 0{,}95$. Условия, при которых погрешность измерений должна находиться в заданных границах: диапазон значений измеряемого расхода от 10 до 50 м³/с, температура жидкости от 15 до 30 °С, кинематическая вязкость жидкости от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

2. Запись в аттестате методики выполнения измерений добротности катушки индуктивности (приписанная погрешность).

Наибольшее возможное значение среднего квадратического отклонения случайной составляющей абсолютной погрешности измерений $\sigma_M[\Delta] = 0{,}08$; наибольшее возможное значение среднего квадратического отклонения неисключенной систематической составляющей абсолютной погрешности измерений $\sigma_M[\Delta_s] = 0{,}1$. Условия, для которых определены характеристики погрешности измерений: диапазон значений измеряемой добротности от 50 до 80; диапазон частот тока, протекающего через катушку, от 50 до 300 Гц; диапазон температур среды, окружающей катушку и применяемые средства измерений, от 15 до 25 °С; коэффициент нелинейных искажений тока не более 1 %.

Примечание. При практических записях характеристик погрешностей измерений необязательно каждый раз писать словами название характеристики и условия, которым они соответствуют. Лучше характеристики и условия записывать условными обозначениями, приложив отдельный список обозначений.

При регистрации характеристик погрешности измерений с помощью автоматических устройств рекомендуется обозначать характеристики словами и не пользоваться условными обозначениями.

3.2. Статистические оценки характеристик погрешности измерений по п. 2.1.3 представляются одной или, при необходимости, несколькими характеристиками из числа приведенных в графе 4 таблицы. Дополнительно могут указываться частотный спектр или скорость изменения измеряемой величины (или частотный спектр, скорость изменения параметров, функционалом которых является измеряемая величина); значения или диапазоны значений существенно влияющих величин, а также, при необходимости, и другие факторы, характеризующие проведенные измерения.

Примечание. Каждая статистическая оценка характеристики погрешности измерений относится к определенному результату измерения или значению измеряемой величины.

3.2.1. Статистические оценки характеристик погрешности измерений указываются в единицах измеряемой величины (абсолютные) или в процентах от результата измерения (относительные).

3.3. Характеристики погрешности измерений и их статистические оценки могут указываться в виде постоянных величин или

как функции времени, измеряемой или другой величины в виде формулы, таблицы, графика.

3.4. Характеристики погрешности и их статистические оценки выражаются числом, содержащим не более двух значащих цифр. При этом для статистических оценок характеристик третий разряд (неуказываемый младший) округляется в бо́льшую сторону. Допускается характеристики погрешности и их статистические оценки выражать числом, содержащим одну значащую цифру. В этом случае для статистических оценок характеристик число получается округлением в большую сторону, если цифра последующего неуказываемого младшего разряда равна или больше пяти, или в меньшую сторону, если эта цифра меньше пяти (СТ СЭВ 543—77).

3.5. Характеристики погрешности измерений и условия, для которых они действительны, должны указываться совместно с результатом измерений, к которому они относятся, или совместно с группой результатов измерений, к которым они относятся, или в документе (аттестате), удостоверяющем свойства методики выполнения измерений, по которой получены данные результаты измерений.

4. ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Результат измерений представляется именованным или неименованным числом.

Пример. 100 кВт; 20 °С — именованные числа;
0,44; 2,765 — неименованные числа.

4.2. Совместно с результатом измерений должны быть представлены характеристики его погрешности или их статистические оценки. Если результат измерений или определенная группа результатов измерений получены по аттестованной методике выполнения измерений, то их можно сопровождать, вместо характеристик погрешности измерений, ссылкой на документ (аттестат), удостоверяющий характеристики погрешностей, получаемых при использовании данной методики, и условия применимости этой методики.

4.2.1. Если результат измерений получен по такой методике, когда характеристики погрешности измерений оценивались в процессе самих измерений или непосредственно перед ними, он (результат) должен сопровождаться статистическими оценками характеристик погрешности измерений.

4.3. Допускается представление результата измерений доверительным интервалом, покрывающим с известной (указываемой) доверительной вероятностью, истинное значение измеряемой величины. В этом случае статистические оценки характеристик погрешности измерений отдельно не указываются.

Примечание. Такая форма представления результатов измерений допускается в случаях, когда характеристики погрешности измерений заранее не установлены и погрешность измерений оценивается в процессе самих измерений или непосредственно перед ними.

4.4. Совместно с результатом измерений, при необходимости, приводятся дополнительные данные и условия измерений.

4.4.1. Представление результатов измерений изменяющейся во времени измеряемой величины, при необходимости, сопровождается указаниями моментов времени, соответствующих каждому из представленных результатов измерений. При этом началом шкалы времени может служить любой момент времени, принятый для данного эксперимента в качестве начального.

4.4.2. Представление результатов измерений, полученных как среднее арифметическое значение результатов многократных наблюдений, должно сопровождаться указанием числа наблюдений и интервала времени, в течение которого они проведены. Если измерения, при которых получены данные результаты, проводятся по методике выполнения измерений, установленной в каком-либо документе, вместо указания числа наблюдений и интервала, допускается давать ссылку на этот документ.

4.4.3. При необходимости, для правильной интерпретации результатов и погрешности измерений указываются, для данной методики выполнения измерений, физическая модель объекта измерений и ее параметры, принятые в качестве измеряемых величин. Если измеряемая величина выражается функционалом, последний также указывается.

4.4.4. При необходимости, результат измерений и характеристики погрешности измерений сопровождаются указанием соответствия (или несоответствия) характеристик погрешности нормам точности измерений, если они заданы.

Примеры:

1. Запись в протоколе результата измерения расхода жидкости, полученного по аттестованной методике выполнения измерений

а) результат измерения 10,75 м^3/с; $|\Delta_l| = |\Delta_h| = 0{,}15$ м^3/с; $P = 0{,}95$. Условия измерений: температура жидкости 20 °С, кинематическая вязкость $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ м^2/с;

б) результат измерения 10,75 м^3/с. Характеристики погрешности и условия измерений — по Аттестату методики выполнения измерений № 17 от 05.07.85 г.

2. Запись в протоколе результата измерения расхода жидкости, полученного по неаттестованной методике. Статистические оценки характеристик погрешности измерений определялись в процессе измерений

а) результат измерения 10,75 м^3/с; $\tilde{\sigma}[\mathring{\Delta}] = 0{,}08$ м^3/с; $\tilde{\sigma}[\Delta_s] = 0{,}10$ м^3/с. Условия измерений: температура жидкости 20 °С, кинематическая вязкость $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ м^2/с;

б) значение измеряемого расхода находится в интервале от 10,60 до 10,90 м^3/с с доверительной вероятностью 0,95. Условия измерений: температура жидкости 20 °С, кинематическая вязкость $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ м^2/с.

3. Запись в протоколе результатов измерений изменяющегося электрического напряжения $u(t)$, полученных по аттестованной методике

$u(t)$, В	7,55	3,15	—0,35	—0,50	—4,70	—1,57
t, с	0	1	2	3	4	5

Характеристики погрешности и условия измерений — по Аттестату методики выполнения измерений № 5 от 17.01.86.

4. Запись в протоколе результата измерения, полученного как среднее арифметическое результатов наблюдений температуры по аттестованной методике.

Результат измерения 263,7 °С. Число наблюдений — 50, в течение 3 мин. Характеристики погрешности и условия измерений — по Аттестату методики выполнения измерений № 13 от 23.01.86

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ И КОНТРОЛЕ ПАРАМЕТРОВ ОБРАЗЦОВ (ПРОБ) ПРОДУКЦИИ

5.1. Рассматриваются следующие области использования измерений.

5.1.1. Определение истинного значения отдельного параметра образца (пробы) материального объекта при заданных значениях параметров режима работы образца и параметров условий, в которых находится образец (далее — параметров условий испытаний); данная экспериментальная операция в настоящих методических указаниях называется испытанием образца объекта (далее — образца).

5.1.2. Контроль параметра образца (пробы) на соответствие требованию, заданному в виде: $x_l \leqslant x \leqslant x_h$ при $\xi_1 = \xi_{1N}, \ldots, \xi_m = \xi_{mN}$, где x — истинное значение контролируемого параметра образца; x_h и x_l — верхняя и нижняя границы допускаемых значений параметра x, соответственно; $\xi_1, \ldots, \xi_m$ — параметры условий контроля; $\xi_{1N}, \ldots, \xi_{mN}$ — номинальные значения параметров условий контроля; m — количество существенно влияющих и, следовательно, учитываемых условий контроля.

Примечание. Рассматриваются только однопараметровые испытания и контроль.

5.2. За результат испытания образца принимается результат измерения параметра, определяемого при испытании, при фактически установленных значениях параметров условий испытаний. Результат испытания должен сопровождаться указанием характеристик погрешности испытаний (или статистических оценок характеристик), а также номинальных значений параметров условий испытания и (действительных или допускаемых) характеристик погрешности задания этих параметров (или статистических оценок характеристик), или ссылкой на документ, где они указаны.

5.3. За погрешность испытаний образца принимается разность между результатом измерения параметра, определяемого при испытании образца продукции, полученным при фактических условиях испытания, и истинным значением определяемого параметра, которое он имеет при параметрах условий испытания, точно равных своим номинальным значениям или тем значениям, при которых требуется определить параметр образца. Определенная таким образом погрешность испытаний характеризует степень достижения цели испытаний по п. 5.1.1.

5.4. Результатом контроля образца является суждение о том, находится или не находится значение контролируемого параметра образца в заданных границах. Результат контроля сопровождается указанием показателей достоверности контроля, а также номинальных значений параметров условий контроля и характеристик погрешности задания этих параметров (или статистических оценок характеристик), или ссылкой на документ, где они указаны.

5.5. В качестве характеристик погрешности испытаний образцов используются характеристики, аналогичные приведенным в таблице для погрешности измерений.

5.6. Математическое определение погрешности испытаний образцов приведено в приложении 4.

5.7. В методических указаниях рассматриваются две следующие группы показателей достоверности контроля образцов.

5.7.1. Наибольшая вероятность ошибочного признания годным любого в действительности дефектного образца; наибольшая средняя для совокупности образцов (или наибольшая для отдельного образца) вероятность ошибочного отнесения к дефектным в действительности годных образцов; наибольшее отклонение контролируемого параметра от номинального значения у образцов, ошибочно признанных годными.

5.7.2. Вероятность неправильности суждения о годности образца, признанного по результатам контроля годным: вероятность неправильности суждения о дефектности образца, признанного по результатам контроля дефектным.

Примечание. Показатели по п. 5.7.1 относятся к методикам измерительного контроля и к устройствам допускового контроля. Показатели по п. 5.7.2 относятся к полученным результатам контроля.

5.8. Математические определения показателей достоверности контроля образцов приведены в приложении 4.

5.9. Функциональные взаимосвязи между погрешностью измерений и показателями достоверности контроля образцов приведены в приложении 5.

5.10. Инженерные способы расчета характеристик погрешности испытаний образца продукции приведены в приложении 6.

5.11. Инженерные способы определения основных показателей достоверности контроля образцов продукции при соблюдении условий, указанных в п. 1.4, приведены в приложении 7.

5.12. Основные обозначения, принятые в методических указаниях, приведены в приложении 8.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

Конечные цели измерений и измеряемые величины

1. Измерения не являются самоцелью, а имеют определенную область использования, т. е. проводятся для достижения некоторого конечного результата. Конечный результат не обязательно представляет собой оценку истинного значения измеряемой величины. В зависимости от назначения измерений (для контроля параметров продукции, для испытаний образцов продукции с целью установления ее технического уровня, для учета материальных и энергетических ресурсов, для диагностики технического состояния машин и др.) конечный результат в том или ином виде отражает требуемую информацию о количественных свойствах явлений, процессов (в том числе, технологических), материальных объектов (материалов, полуфабрикатов, изделий и т. п.). В данном случае идет речь только о такой информации, которая может быть получена путем измерений. Вследствие этого результат измерений следует рассматривать как промежуточный результат, и номенклатуру характеристик погрешностей измерений следует выбирать, исходя из требуемого конечного результата (результат испытаний, контроля; результат оценки эффективности управления технологическим процессом и др.), методики его расчета, формы представления показателей точности, достоверности конечного результата.

Для этого необходимо устанавливать функциональную взаимосвязь результата измерений и характеристик погрешностей измерений с требуемым конечным результатом и характеристиками (показателями) его погрешности (достоверности). Например, при планировании процессов испытаний и измерительного контроля параметров продукции, проводимых путем измерений, необходимо знать функциональную взаимосвязь результатов и характеристик погрешностей измерений с результатами испытаний и измерительного контроля параметров образцов продукции, а также с характеристиками погрешности испытаний и с показателями достоверности измерительного контроля.

2. Для обоснованного планирования измерений и правильной интерпретации результатов и погрешностей измерений необходимо на начальном этапе решения задачи измерений (например, при разработке методики выполнения измерений) принять определенную физическую модель объекта измерений.

Физическая модель должна достаточно близко (для решения данной технической задачи) совпадать с реальным объектом измерения. В качестве измеряемой величины следует выбрать такой параметр модели, который наиболее близко соответствует данной цели измерения. Значение параметра модели, т. е. значение измеряемой величины, может выражаться числом, функцией или функционалом. Это учитывается при разработке методики выполнения измерений и при выборе средств измерений.

Примеры:

1. Объект измерения — вал. В соответствии с конечной задачей, решаемой путем измерений, и с априорной информацией о свойствах объекта в качестве физической модели вала принимается прямой круговой цилиндр. Параметр мо-

дели — измеряемая величина — диаметр окружности цилиндра в любом его поперечном сечении; его значение выражается числом.

2. Объект измерений — поршень грузопоршневого манометра. Цель измерения — определение эффективной площади поршня. В соответствии с априорной информацией о том, что поперечное сечение поршня может незначительно отличаться от круга, в качестве физической модели поршня принимается прямой цилиндр, поперечное сечение которого близко к кругу. Эффективную площадь поршня в некоторых случаях определяют по среднему диаметру его поперечного сечения. Соответственно цели измерения в качестве параметра модели — измеряемой величины — принимается средний диаметр поперечного сечения поршня. Значение измеряемой величины в данном случае можно выразить, например, функционалом вида $1/6 \sum_{i=1}^{6} d(\alpha_i)$, где $d(\alpha_i)$ — диаметр, имеющий угловую координату $\alpha_i = 30(i-1)$, т. е. функция аргумента α_i, α_i — в градусах.

3. Объект измерения — изменяющееся электрическое напряжение. Цель измерения — оценка мощности, которая может быть выделена в нагрузку. В соответствии с априорной информацией о том, что форма кривой напряжения близка к синусоидальной, в качестве физической модели напряжения принимается синусоидальное напряжение. Соответственно цели измерения в качестве параметра модели — измеряемой величины — принимается эффективное (действующее) значение напряжения.

Значение измеряемой величины выражается функционалом:

$$U_g = \sqrt{\frac{U_м^2}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin^2 \omega t d\omega t} = \frac{U_м}{\sqrt{2}}, \qquad (1)$$

где $U_м$ и w — амплитуда и круговая частота синусоидального напряжения.

Если информация о форме кривой напряжения отсутствует, то в качестве физической модели напряжения, например, может быть принято случайно изменяющееся электрическое напряжение. Тогда значение измеряемой величины может быть выражено функционалом:

$$U_g = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u^2(t)dt}, \qquad (2)$$

где T — время интегрирования; $u(t)$ — реализация случайного процесса — функция времени t.

Методика расчета границ интервала, в котором находится погрешность измерений [ее составляющая] с заданной вероятностью, меньшей единицы, по среднему квадратическому отклонению погрешности измерений [ее составляющей] при соблюдении условий п. 1.4.

Нижняя Δ_l и верхняя Δ_h границы интервала, в котором погрешность или ее составляющая находится с заданной вероятностью P, могут быть определены по формуле

$$|\Delta_l| = |\Delta_h| = K_1(P) \cdot \sigma, \qquad (1)$$

где $K_1(P)$ — коэффициент, зависящий от вероятности P; σ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерений (ее составляющей).

Если границы интервала рассчитываются по нормированному среднему квадратическому отклонению, то в формулу подставляется значение предела допускаемого среднего квадратического отклонения; при этом в результате расчета по формуле получают оценку сверху границ интервала.

Коэффициент $K_1(P)$ может быть определен по графику (рис. 1).

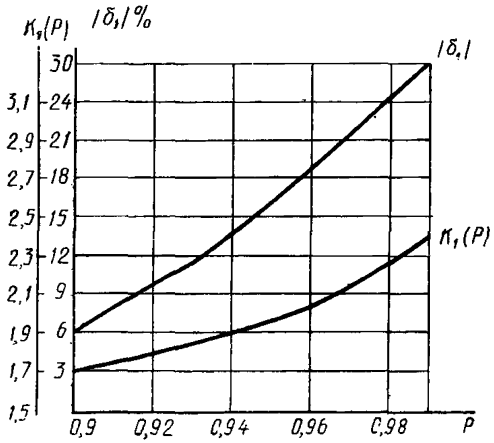


Рис. 1

При этом модуль наибольшей возможной относительной погрешности $|\delta_1|$ коэффициента $K_1(P)$ определяется также по соответствующему графику (см. рис. 1). Графики дают результаты, идентичные получаемым по графику в РД 50—453—84.

Здесь не рассматривается расчет статистических оценок границ интервала по статистической оценке среднего квадратического отклонения погрешности измерений. Для нормального распределения погрешностей измерений такой расчет дан в ГОСТ 8.207—76.

Если функция плотности распределения вероятностей погрешности измерений не удовлетворяет условиям п. 1.4 методических указаний, то границы интервала, в котором погрешность измерений находится с заданной вероятностью P может рассчитываться по формуле (1), но предварительно необходимо определить функцию $K(P)$, соответствующую действительной функции плотности (ее принятой аппроксимации).

Методика, изложенная в данном приложении, используется при:

определении вероятностных характеристик погрешности измерений;

разработке и аттестации методик выполнения измерений;

государственном надзоре и ведомственном контроле за методиками выполнения измерений.

Методика расчета границ интервала, в котором находится случайная составляющая погрешности измерений с заданной вероятностью, меньшей единицы, по известным статистическим оценкам основания функции плотности распределения вероятностей случайной составляющей погрешности и ее среднего квадратического отклонения при соблюдении условий п. 1.4.

Если известны статистические оценки основания функции плотности распределения вероятностей и среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности измерений, отличием которых от истинных значений характеристик функции плотности распределения можно, при конкретных измерениях, пренебречь, то оценки верхней $\widetilde{\Delta}_h$ и нижней $\widetilde{\Delta}_l$ границ интервала, соответствующего вероятности $P<1$, могут быть определены по формуле:

$$|\widetilde{\Delta}_l|=|\widetilde{\Delta}_h|=K_2(P)\cdot\widetilde{\sigma}[\mathring{\Delta}], \qquad (1)$$

где $K_2(P)$ — коэффициент, выбираемый для $0{,}9\leqslant P<1$ по таблице; $\widetilde{\sigma}[\mathring{\Delta}]$ — оценка среднего квадратического отклонения.

P	Значение $K_2(P)$ (числитель) и $\lvert\delta_2\rvert$, % (знаменатель) при λ				
	2	3	4	5	6
0,90	1,6 / 7	1,7 / 25	1,5 / 40	1,2 / 65	—
0,92	1,7 / 7	1,9 / 25	1,8 / 35	1,5 / 50	1,3 / 70
0,95	1,7 / 8	2,0 / 25	2,1 / 40	2,0 / 45	1,9 / 55
0,97	1,8 / 8	2,2 / 25	2,4 / 40	2,6 / 45	2,6 / 50

В таблице: $|\delta_2|$ — модуль наибольшей возможной относительной погрешности коэффициента $K_2(P)$.

Параметр λ, указанный в таблице, определяется по формуле

$$\lambda=\frac{\widetilde{\Delta}_1}{\widetilde{\sigma}[\mathring{\Delta}]}, \qquad (2)$$

где $\widetilde{\Delta}_1$ — половина оценки основания функции плотности распределения вероятностей (т. е. половины оценки интервала случайной составляющей погрешности, соответствующего $P=1$).

Данная методика используется при:

определении статистических оценок характеристик случайной составляющей погрешности измерений;

экспериментальной аттестации методик выполнения измерений;

экспериментах, проводимых при государственном надзоре и ведомственном контроле за методиками выполнения измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

Математические определения погрешности испытаний и показателей достоверности измерительного контроля образцов

1. Погрешность Δ_{ex} испытания образца определяется формулой:

$$\Delta_{ex}=\Delta * \Delta_1 F'_{1N}(\xi_1) * \ldots * \Delta_m F'_{mN}(\xi_m), \qquad (1)$$

где Δ — погрешность измерения параметра, определяемого при испытании; Δ_i — погрешность воспроизведения или измерения i-го параметра ξ_i условий испытания; F'_{iN} (ξ_i) — производная функции зависимости параметра, определяемого при испытании, от параметра ξ_i в точке $\xi_i = \xi_{iN}$; ξ_{iN} — номинальное значение параметра ξ_i ; * — символ суммирования случайных величин (процессов); m — количество учитываемых условий испытания.

2. Наибольшая вероятность P_{baM} ошибочного признания, при реализации данной методики измерительного контроля, годным любого в действительности дефектного образца определяется формулой

$$P_{baM}=L(\Delta_x) \text{ в точке } |\Delta x|=|G| , \qquad (2)$$

где Δ_x — отклонение контролируемого параметра x образца от номинального значения x_N, выраженное в единицах контролируемого параметра; G — граница поля допуска для отклонения Δ_x, определяющая годность или дефектность образца продукции по контролируемому параметру; $L(\Delta_x)$ — оперативная характеристика — зависимость вероятности признания годным образца при его контроле от значения Δ_x .

2.1. Отклонения Δ_x определяются путем вычитания номинального значения x_N параметра контролируемого образца из действительного значения x параметра; границы поля допуска (G_l, G_h) для отклонений Δ_x определяются путем вычитания номинального значения x_N из границ (x_l, x_h) поля допускаемых значений параметра. Принято: $x_h - x_N = x_N - x_l$, следовательно $G_h = -G_l = G$.

2.2. Вероятность P_{baM} — наибольшая из тех, которые могут иметь место при $|\Delta_x| \geqslant G$

2.3. Оперативная характеристика $L(\Delta_x)$ отражает свойства методики контроля.

3. Наибольшее по абсолютному значению возможное отклонение $(\Delta_{xM})_{ba}$ контролируемого параметра образца, который при реализации данной методики измерительного контроля может быть ошибочно признан годным, определяется формулой

$$\int_{-G_\gamma}^{G_\gamma} \varphi(\tilde{\Delta}_x)/(\Delta_{xM})_{ba})\, d\tilde{\Delta}_x = 0. \qquad (3)$$

Здесь $\varphi(\widetilde{\Delta}_x/(\Delta_{xM})_{ba})$ — условная (при условии, что $\Delta_x=(\Delta_{xM})_{ba}$) плотность распределения вероятностей оценки $\widetilde{\Delta}_x$ отклонения Δ_x, получаемой путем измерений при измерительном контроле; G_γ — граница поля контрольного допуска, с которой сравнивается оценка $\widetilde{\Delta}_x$ с целью принятия решения о годности или дефектности образца ($|G_\gamma|\leqslant G$).

4. Наибольшая средняя для совокупности годных образцов вероятность $(P_{gr})_{M\bar{g}}$ ошибочного признания, при реализации данной методики измерительного контроля, дефектными в действительности годных образцов определяется формулой

$$(P_{gr})_{M\bar{g}}=\frac{G_\beta}{G}-\frac{1}{G}\int_0^{G_\beta}L(\Delta_x)d\Delta_x, \qquad (4)$$

где G_β — граница такой области ($0\leqslant|\Delta_x|\leqslant|G_\beta|$) значений Δ_x, для которой отрицательные результаты измерительного контроля (образец признается дефектным) рекомендуется считать ошибочными ($|G_\beta|\leqslant G$).

4.1. Вероятность $(P_{gr})_{M\bar{g}}$ характеризует долю неверно забракованных образцов (N_{gr}) в общем количестве (N_g) годных образцов

$$(P_{gr})_{M\bar{g}}\sim\frac{N_{gr}}{N_g}. \qquad (4a)$$

4.2. Выражение (4) справедливо при равномерном законе распределения вероятностей отклонений Δ_x по совокупности годных образцов и может быть использовано для расчетов $(P_{gr})_{M\bar{g}}$ в тех случаях, когда закон распределения вероятностей отклонений по всем контролируемым образцам неизвестен. В случаях, когда закон распределения вероятностей отклонений Δ_x по всем контролируемым образцам задан (известен), более предпочтительным (по сравнению с $(P_{gr})_{M\bar{g}}$) показателем достоверности контроля является средняя по совокупности всех контролируемых образцов вероятность $(P_{gr})_{\bar{I}}$ ошибочного признания дефектными в действительности годных образцов, определяемая формулой:

$$(P_{gr})_{\bar{I}}=\int_{-G_\beta}^{G_\beta}[1-L(\Delta_x)]\varphi_I(\Delta_x)d\Delta_x, \qquad (5)$$

где $\varphi_I(\Delta_x)$ — плотность распределения вероятностей отклонений Δ_x по совокупности контролируемых образцов. Вероятность $(P_{gr})_{\bar{I}}$ характеризует долю неверно забракованных образцов в общем количестве (N_I) контролируемых образцов

$$(P_{gr})_{\bar{I}}\sim\frac{N_{gr}}{N_I}. \qquad (5a)$$

4.3. Выделение области ($0\leqslant|\Delta_x|\leqslant G_\beta$), т. е. введение в расчеты границы $|G_\beta|<G$ целесообразно не всегда. Введение $|G_\beta|<G$ имеет смысл в тех случаях, когда контролируемый параметр образца может после контроля изменяться настолько, что вскоре после осуществления контроля возможен его выход за границы поля допуска. Введение $|G_\beta|<G$ как бы учитывает заинтересованность заказчика в признании дефектными таких образцов, параметры которых, хотя и находятся в границах поля допуска, но близки к этим границам, и следовательно образцы вскоре могут потребовать ремонта. Если граница G_β не вводится, то в (4) полагают $|G_\beta|=G$ и (4) принимает вид

$$(P_{gr})_{M\bar{g}}=1-\frac{1}{G}\int_{0}^{G}L(\Delta_x)d\Delta_x. \qquad (6)$$

4.4. Для отдельного образца наибольшая вероятность P_{grM} ошибочного признания, при реализации данной методики измерительного контроля, дефектным любого в действительности годного образца определяется по формуле

$$P_{grM}=1-L(\Delta_x) \text{ при } |\Delta_x|=|G_\beta| \qquad (7)$$

и является наибольшей из тех, которые могут иметь место при $|\Delta_x|\leqslant|G_\beta|$.

5. Вероятность P_b^a неправильности суждения о годности данного образца, признанного по результатам измерительного контроля годным, определяется формулой

$$P_b^a=1-P_g(\tilde{\Delta}_x) \text{ при } |\tilde{\Delta}_x|\leqslant|G_\nu|. \qquad (8)$$

Вероятность P_g^r неправильности суждения о дефектности данного образца, признанного по результатам измерительного контроля дефектным, определяется формулой

$$P_g^r=P_g(\tilde{\Delta}_x) \text{ при } |\tilde{\Delta}_x|>|G_\nu|. \qquad (9)$$

Здесь $P_g(\tilde{\Delta}_x)$ — вероятность того, что при полученной в результате измерений (при контроле) оценке $\tilde{\Delta}_x$ отклонения контролируемого параметра образца, истинное значение Δ_x отклонения параметра находится в границах поля допуска, т. е. $|\Delta_x|\leqslant G$. Характеристика $P_g(\tilde{\Delta}_x)$ отражает свойства методики измерительного контроля. Вероятности P_b^a и P_g^r могут использоваться при оценке правильности уже полученного результата контроля параметра образца продукции.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Справочное

Функциональные связи показателей достоверности контроля параметра образца продукции с погрешностью измерений при контроле

1. Функциональная связь наибольшей вероятности P_{baM} ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, годным любого в действительности дефектного образца (п. 2 приложения 4) с погрешностью измерений при контроле определяется формулой

$$P_{baM}=\int_{-(G+G_\nu)}^{-(G-G_\nu)}\varphi(\Delta_k)d\Delta_k \text{ для точки } \Delta_x=G \qquad (1)$$

или, что то же:

$$P_{baM}=\int_{G-G_\nu}^{G+G_\nu}\varphi(\Delta_k)d\Delta_k \text{ для точки } \Delta_x=-G\,. \qquad (1a)$$

Здесь $\varphi(\Delta_k)$ — плотность распределения вероятностей погрешности измерений при контроле.

2. Функциональная связь наибольшего возможного отклонения $(\Delta_{xM})_{ba}$ контролируемого параметра образца, который, при реализации данной методики измерительного контроля, может быть ошибочно признан годным, с погрешностью измерений при контроле (п. 3 приложения 4) определяется формулой

$$\int_{-G_\gamma-(\Delta_{xM})_{ba}}^{G_\gamma-(\Delta_{xM})_{ba}} \varphi(\Delta_k)d\Delta_k=0. \qquad (2)$$

3. Функциональная связь наибольшей средней для совокупности годных образцов вероятности $(P_{gr})_{M\bar{g}}$ ошибочного признания, при реализации данной методики измерительного контроля, дефектными в действительности годных образцов (п. 4 приложения 4) с погрешностью измерений при контроле определяется формулой

$$(P_{gr})_{M\bar{g}}=\frac{G_\beta}{G}-\frac{1}{G}\int_0^{G_\beta}\left[\int_{-(G_\gamma+\Delta_x)}^{G_\gamma-\Delta_x}\varphi(\Delta_k)d\Delta_k\right]d\Delta_x. \qquad (3)$$

Если известен закон распределения вероятностей отклонений Δ_x контролируемого параметра образца по всей совокупности контролируемых образцов, то целесообразнее усреднять вероятность ошибочного признания дефектными в действительности годных образцов не по совокупности годных образцов, а по совокупности всех контролируемых образцов. Связь такой средней вероятности с погрешностью измерений при контроле определяется формулой

$$(P_{gr})_{\bar{I}}=\int_{-G_\beta}^{G_\beta}\left[1-\int_{-(G_\gamma+\Delta_x)}^{G_\gamma-\Delta_x}\varphi(\Delta_k)d\Delta_k\right]\varphi_I(\Delta_x)d\Delta_x. \qquad (4)$$

Если область $(0\leqslant|\Delta_x|\leqslant|G_\beta|)$ не выделяется и граница G_β не вводится, то связь наибольшей средней по совокупности годных образцов вероятности ошибочного признания дефектными в действительности годных образцов с погрешностью измерений определяется формулой

$$(P_{gr})_{M\bar{g}}=1-\frac{1}{G}\int_0^{G}\left[\int_{-(G_\gamma+\Delta_x)}^{G_\gamma-\Delta_x}\varphi(\Delta_k)d\Delta_k\right]d\Delta_x. \qquad (5)$$

Связь наибольшей вероятности ошибочного признания, при реализации данной методики измерительного контроля, дефектным любого отдельного в действительности годного образца, с погрешностью измерений при контроле определяется формулой

$$P_{grM}=1-\int_{-(G_\gamma+G_\beta)}^{G_\gamma-G_\beta}\varphi(\Delta_k)d\Delta_k. \qquad (6)$$

4. Функциональная связь вероятности P_b^a ошибочности суждения о годности данного образца, признанного по результатам измерительного контроля годным (при известной оценке $\widetilde{\Delta}_x$ отклонения контролируемого параметра) (п. 5 приложения 4), с погрешностью измерений при контроле определяется формулой

$$P_b^a=1-\int_{-(G+\widetilde{\Delta}_x)}^{G-\widetilde{\Delta}_x}\varphi(\Delta_k)d\Delta_k \text{ при } |\widetilde{\Delta}_x|\leqslant|G_\gamma|. \qquad (7)$$

Связь вероятности P_g^r ошибочности суждения о дефектности данного образца, признанного по результатам измерительного контроля дефектным (при известной оценке $\widetilde{\Delta}_x$ отклонения контролируемого параметра), с погрешностью измерений при контроле определяется формулой

$$P_g^r = \int_{-(G+\widetilde{\Delta}_x)}^{G-\widetilde{\Delta}_x} \varphi(\Delta_k)d\Delta_k \text{ при } |\widetilde{\Delta}_x| > |G_\gamma|. \quad (8)$$

5. В случаях, когда контроль проводится при одностороннем ограничении контролируемого параметра образца (x_h — верхняя граница допускаемых значений параметра x; x_l — нижняя граница допускаемых значений параметра x), связь показателей достоверности контроля с погрешностью измерений определяется следующими формулами.

5.1. Наибольшая вероятность P_{baM} ошибочного признания, при реализации данной методики измерительного контроля, годным любого в действительности дефектного образца:

а) при заданной области годности образцов $x \leqslant x_h$

$$P_{baM} = \int_{-\infty}^{-(x_h - x_{\gamma h})} \varphi(\Delta_k)d\Delta_k ; \quad (9)$$

б) при заданной области годности образцов $x \geqslant x_l$

$$P_{baM} = \int_{x_{\gamma l}-x_l}^{\infty} \varphi(\Delta_k)d\Delta_k . \quad (10)$$

Здесь $x_{\gamma h} \leqslant x_h$; $x_{\gamma l} \geqslant x_l$ — заданные границы результатов $\widetilde{x}$ измерений параметра x при контроле, при которых образец признается годным; при требовании а) образец признается годным, если $\widetilde{x} \leqslant x_{\gamma h}$; при требовании б) образец признается годным, если $\widetilde{x} \geqslant x_{\gamma l}$.

5.2. Наибольшее $(x_{\max})_{ba}$ или наименьшее $(x_{\min})_{ba}$ значения контролируемого параметра образца, который при реализации данной методики измерительного контроля, может быть ошибочно признан годным:

а) при заданной области годности образцов $x \leqslant x_h$

$$\int_{-\infty}^{-[(x_{\max})_{ba} - x_{\gamma h}]} \varphi(\Delta_k)d\Delta_k = 0; \quad (11)$$

б) при заданной области годности образцов $x \geqslant x_l$

$$\int_{x_{\gamma l}-(x_{\min})_{ba}}^{\infty} \varphi(\Delta_k)d\Delta_k = 0. \quad (12)$$

5.3. Средняя для совокупности контролируемых образцов вероятность $(P_{gr})_{\overline{I}}$ ошибочного признания, при реализации данной методики измерительного контроля, дефектными в действительности годных образцов:

а) при заданной области годности образцов $x \leqslant x_h$

$$(P_{gr})_{\overline{I}} = \int_0^{x_{\beta h}} \left[1 - \int_{-\infty}^{x_{\gamma h}-x} \varphi(\Delta_k)d\Delta_k\right]\varphi_I(x)dx; \quad (13)$$

б) при заданной области годности образцов $x \geqslant x_l$

$$(P_{gr})_{\overline{I}} = \int_{x_{\beta l}}^{\infty} \left[1 - \int_{x_{\gamma l}-x}^{\infty} \varphi(\Delta_k)d\Delta_k\right]\varphi_I(x)dx. \quad (14)$$

Здесь $x_{\beta h} \leqslant x_h$; $x_{\beta l} \geqslant x_l$ — заданные границы областей таких значений параметров контролируемых образцов, для которых отрицательные результаты контроля (образец признается дефектным) принято считать ошибочными; при требовании а) отрицательный результат контроля признается ошибочным, если $x < x_{\beta h}$; при требовании б) отрицательный результат контроля признается ошибочным, если $x > x_{\beta l}$.

6. В случае не измерительного, а допускаемого контроля, когда при контроле измерение контролируемого параметра не проводится, т. е результат и погрешность измерения контролируемого параметра отсутствуют, показатели достоверности контроля, характеризующие устройства допускового контроля, определяются приведенными выше формулами при замене в них погрешности Δ_k измерений (испытаний) при контроле на эквивалентную погрешность Δ_{eq} устройства допускового контроля, определяемую формулой:

$$\Delta_{eq} = \Delta_\gamma * \Delta_c, \qquad (15)$$

где Δ_γ — погрешность задания (индикации) границ поля контрольного допуска G_γ (или, если контрольный допуск не вводится, то границ допуска G) на отклонение контролируемого параметра; Δ_c — погрешность сравнения контролируемого параметра (или его отклонения) с границами поля контрольного допуска (или допуска G).

7. Для определения показателей достоверности уже полученного результата допускового контроля, следует применять формулы (7) и (8) при подстановке в них $\widetilde{\Delta}_x = G_\gamma$ и Δ_{eq} вместо Δ_k. При этом результаты расчета представляют собой наибольшие возможные вероятности ошибочности отдельного полученного результата допускового контроля.

8. Формулы, определяющие связь других показателей достоверности контроля, при одностороннем ограничении контролируемого параметра, с погрешностью измерений, могут быть получены аналогично формулам (3)—(8) с учетом, при необходимости, п. 6 настоящего приложения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Рекомендуемое

Инженерные способы расчета характеристик погрешности испытания образца продукции по известным характеристикам погрешности измерений параметра, определяемого при испытании, характеристикам функций влияния условий испытания на определяемый параметр, характеристикам погрешностей воспроизведения номинальных условий испытания.

1. К определяемым характеристикам погрешности испытания (п. 5.1.1 методических указаний) отнесены:

наибольшее по абсолютной величине возможное значение Δ_{exM}, равное половине интервала, в котором погрешность испытания находится с вероятностью, равной единице;

наибольшее возможное среднее квадратическое отклонение σ_{exM} погрешности испытания.

2. В соответствии с определением погрешности испытания в п. 1 приложения 4 для расчета характеристик погрешности испытания могут быть применены следующие формулы.

2.1. Если в качестве исходных данных известны:

предел Δ_p допускаемых погрешностей измерений параметра, определяемого при испытании;

пределы Δ_{ip} допускаемых погрешностей воспроизведения условий испытания;

линейные аппроксимации $(\Delta_x/\Delta\xi_i)_{\xi_i=\xi_{iN}}$ функций влияния условий испытания на параметр, определяемый при испытании, в точках номинальных значений условий испытания,

то наибольшее по абсолютной величине возможное значение погрешности испытания равно:

$$\Delta_{exM}=\Delta_p+\sum_{i=1}^{m}\Delta_{ip}\left(\frac{\Delta x}{\Delta\xi_i}\right)_{\xi_i=\xi_{iN}}, \qquad (1)$$

где m — число учитываемых условий испытания; $\Delta\xi_i$ — малое отклонение i-го условия ξ_i испытания от номинального значения ξ_{iN}; Δ_x — малое изменение параметра x, определяемого при испытании, вызванное отклонением $\Delta\xi_i$.

2.2. Если в качестве исходных данных известны:

предел допускаемого среднего квадратического отклонения $\sigma_p[\Delta]$ погрешности измерений параметра, определяемого при испытании;

наибольшие возможные средние квадратические отклонения σ_{iM} (или пределы допускаемых средних квадратических отклонений σ_{ip}) погрешностей воспроизведения условий испытания;

линейные аппроксимации $(\Delta_x/\Delta\xi_i)_{\xi_i=\xi_{iN}}$ функций влияния условий испытания на параметр, определяемый при испытании, в точках номинальных значений условий испытания,

то квадрат среднего квадратического отклонения погрешности испытания равен:

$$\sigma^2_{exM}=\sigma^2_p[\Delta]+\sum_{i=1}^{m}\sigma^2_{iM}\left(\frac{\Delta x}{\Delta\xi_i}\right)^2_{\xi_i=\xi_{iN}}. \qquad (2)$$

Примечание. Если погрешность испытания, определение которой дано в п. 1 приложения 4, удовлетворяет условиям п. 1.4 настоящих методических указаний, то границы интервала, в котором погрешность испытания находится с любой вероятностью, меньшей единицы, могут быть рассчитаны по известному σ_{exM} с помощью методики, изложенной в приложении 2 применительно к погрешности измерений.

3. Данные инженерные способы расчета характеристик погрешностей испытаний (однопараметровых) образцов продукции используются при:

разработке и аттестации методик испытаний образцов продукции;

оценке погрешности испытания продукции;

государственном надзоре и ведомственном контроле за испытаниями продукции.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Рекомендуемое

Инженерные способы определения основных показателей достоверности методик контроля образцов продукции по известным характеристикам погрешности измерений при контроле и параметрам методик контроля

1. Инженерные способы, рассматриваемые в данном приложении, применимы при соблюдении условий п. 1.4 методических указаний.

2. К основным показателям достоверности методик контроля (п. 5.1.2 методических указаний) образцов продукции отнесены:

2.1. Наибольшая вероятность P_{baM} ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, годным любого в действительности дефектного образца (п. 1 приложения 5).

2.2. Наибольшее по абсолютному значению возможное отклонение $(\Delta_{xM})_{ba}$ контролируемого параметра любого образца продукции, который, при реализации данной методики контроля, может быть ошибочно признан годным (п. 2 приложения 5).

2.3. Наибольшая средняя для совокупности годных образцов вероятность $(P_{gr})_{\overline{Mg}}$ ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, дефектными в действительности годных образцов (п. 3 приложения 5).

3. К параметрам методик контроля образцов продукции отнесены:

3.1. Граница G поля допуска для отклонения Δ_x контролируемого параметра x от номинального значения x_N.

3.2. Граница G_γ поля контрольного допуска для отклонения Δ_x.

3.3. Граница G_β такой области значений отклонений Δ_x, для которой отрицательные результаты контроля (образец признается дефектным) принято считать ошибочными.

Примечание. Параметры методик контроля находятся в соотношениях, указанных в пп. 3 и 4 приложения 4.

4. В качестве известных характеристик погрешности измерений принимаются:

среднее квадратическое отклонение (его наибольшее возможное значение $\sigma_M[\Delta]$ или предел допускаемого значения $\sigma_p[\Delta]$), или

интервал, в котором с вероятностью, равной единице, находится погрешность измерений, или пределы допускаемых погрешностей измерений $\pm\Delta_p$.

5. Наибольшая вероятность P_{baM} ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, годным любого в действительности дефектного образца определяется с помощью графика (рис. 2, *а* или 2, *б*) в зависимости от того, какая характеристика погрешности измерений задана σ_p [Δ] или Δ_p.

6. Наибольшая возможная погрешность вероятности P_{baM}, найденной по рис. 2, обусловленная тем, что вид реальной функции плотности распределения вероятностей погрешности измерений неизвестен, определяется по графику $|(\Delta P)_{21}|$ рис. 2, *а*) или графику $|(\Delta P)_{22}|$ (рис. 2, *б*).

7. Наибольшее по абсолютному значению возможное отклонение $(\Delta_{xM})_{ba}$ контролируемого параметра любого образца, который, при реализации данной методики контроля, может быть ошибочно признан годным, определяется по формуле:

$$(\Delta_{xM})_{ba}=G_\gamma+K_3\sigma_t[\Delta] \qquad (1)$$

или

$$(\Delta_{xM})_{ba}=G_\gamma+\Delta_p \qquad (2)$$

в зависимости от того, какая характеристика погрешности измерений задана $\sigma_p[\Delta]$ или Δ_p.

Здесь принимается $K_з = 3{,}5$; тогда (1) дает при принятых условиях наибольшее возможное значение данного показателя.

Погрешность расчета, вызванная тем, что вид реальной функции плотности распределения вероятностей погрешности измерений неизвестен, пренебрежимо мала.

Примечание. Если имеются основания полагать, что функция плотности распределения вероятностей погрешности измерений при контроле не только удовлетворяет условиям п. 1.4 настоящих методических указаний, но относится к достаточно «тупым» функциям, лежащим в области между функцией плотности равномерного распределения и косинусоидальной функцией плотности распределения, то можно принять $K_з = 2{,}5$.

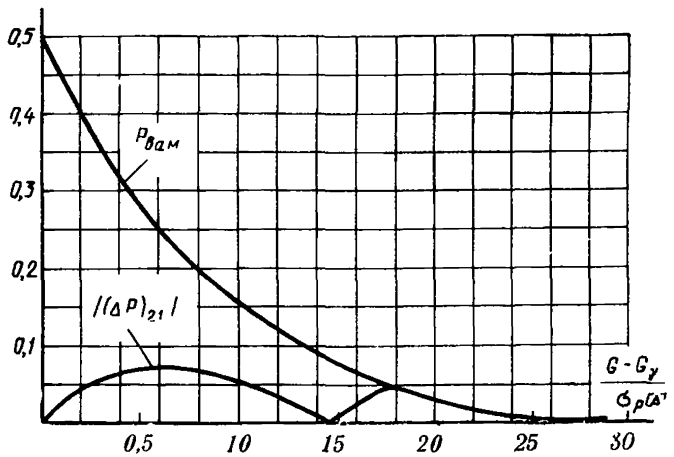


Рис. 2а

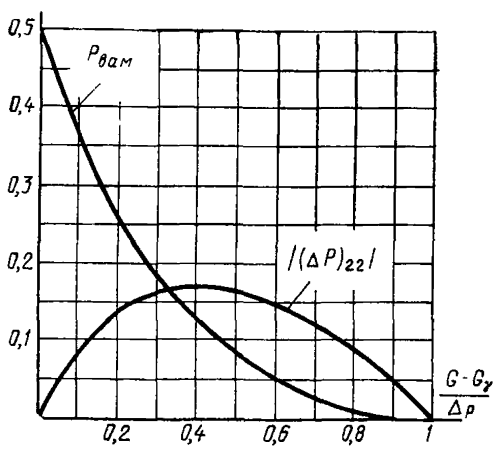


Рис. 2б

8. Наибольшая средняя для совокупности годных образцов вероятность $(P_{gr})_{M\bar{g}}$ ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, дефектными в действительности годных образцов определяется графо-аналитическим способом с помощью графика $(P_{gr})_{M\bar{g}} \frac{G}{\sigma_p[\Delta]}$ (рис. 3, *а*) или графика $(P_{gr})_{M\bar{g}} G/\Delta_p$ (рис. 3, б) в зависимости от того, какая характеристика погрешности измерений задана $\sigma_p[\Delta]$ или Δ_p.

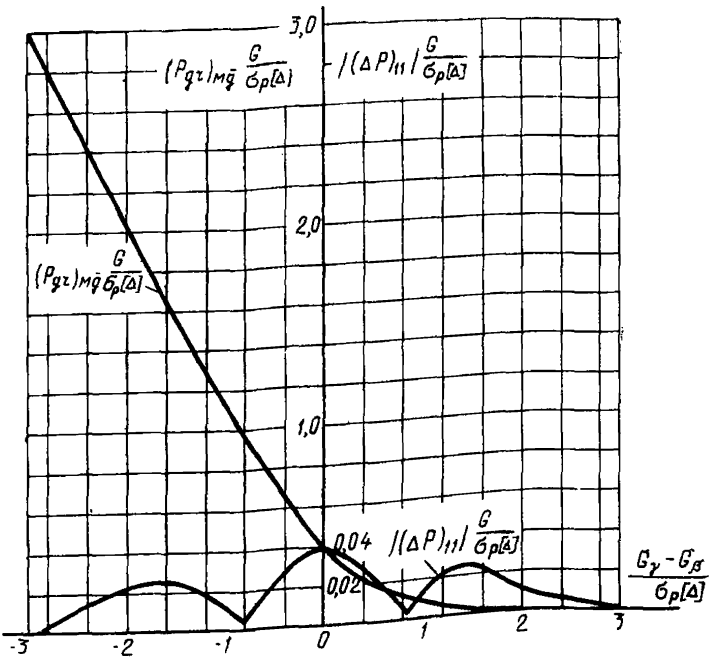


Рис. 3а

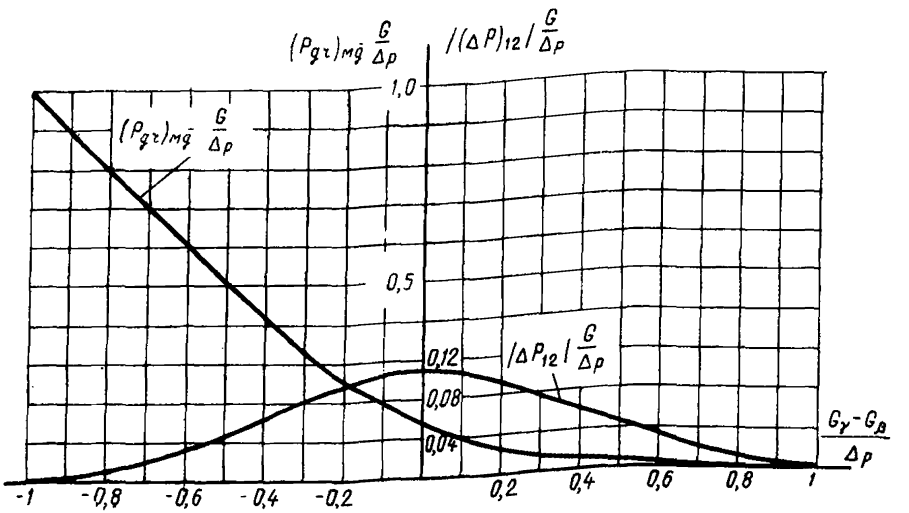


Рис. 3б

9. Наибольшая возможная погрешность вероятности $(P_{gr})_{M\bar{g}}$, рассчитанной с помощью рис. 3, обусловленная тем, что вид реальной функции плотности распределения вероятностей погрешности измерений неизвестен, определяется графо-аналитическим способом по графику $|(\Delta P)_{11}|\,G/\sigma_p[\Delta]$ (рис. 3, *а*) или по графику $|(\Delta P)_{12}|\,G/\Delta_p$ (рис. 3, *б*).

10. Данные инженерные способы могут применяться также и при допусковом контроле (результаты измерений и погрешности измерений отсутствуют). При этом, вместо характеристик погрешности измерений, следует использовать соответствующую характеристику величины Δ_{eq} (см. п. 6 приложения 5), которую необходимо предварительно рассчитать по техническим характеристикам устройства контроля.

11. Показатели достоверности контроля образцов продукции, приведенные в приложении 5, кроме рассмотренных в данном приложении 7, могут быть определены по формулам приложения 5 при известной функции (или принятой аппроксимации) плотности распределения вероятностей погрешности измерений при контроле (или величины Δ_{eq}) и известных параметрах методики контроля. Так же следует поступать, если погрешности определения показателей достоверности методик контроля образцов продукции по данному приложению 7 оказываются для каких-либо случаев недопустимо большими.

12. Данные инженерные способы определения показателей достоверности, характеризующих свойства методик контроля образцов продукции, используются при:

аттестации методик выполнения измерений, применяемых для контроля образцов продукции;

аттестации устройств допускового контроля образцов продукции;

государственном надзоре и метрологическом контроле за производством и контролем параметров продукции.

13. Пользуясь графиками и формулами данного приложения возможно подбирать необходимые параметры методик контроля и метрологические характеристики средств и методик измерений для контроля образцов продукции, а также необходимые параметры методик и технические характеристики устройств допускового контроля образцов продукции по заданным наибольшим допускаемым показателям P_{baM}, $(\Delta_{xM})_{ba}$, $(P_{gr})_{M\bar{g}}$, если удовлетворяются условия п. 1.4 методических указаний.

Примеры:

1. Заданы следующие параметры методики измерительного контроля и характеристика погрешности измерений: $G_\gamma = 0{,}8\,G$; $G_\beta = 0{,}9\,G$; $\sigma_p[\Delta] = 0{,}15\,G$. Требуется определить: а) наибольшую вероятность P_{baM} ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, годным любого в действительности дефектного образца; б) наибольшее по абсолютному значению возможное отклонение контролируемого параметра любого образца, который при реализации данной методики контроля, может быть ошибочно признан годным $(\Delta_{xM})_{ba}$; в) наибольшую среднюю для совокупности годных образцов вероятность ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, дефектными в действительности годных образцов $(P_{gr})_{M\bar{g}}$.

Решение:

а) Вероятность P_{baM} и погрешность ее определения находят по графикам (рис. 2, *а*). Параметр $(G-G_\gamma)/\sigma_p[\Delta]$ равен 1,33. По графику P_{baM} находят, что приближенно $P_{baM} \approx 0{,}1$. Для того же значения аргумента по другому графику находят, что погрешность $(\Delta P)_{21}$ определения данной вероятности приближенно находится в интервале $\pm 0{,}02$. Это означает: $0{,}08 \leqslant P_{baM} \leqslant 0{,}12$.

б) По формуле (1) находят: $(\Delta_{xM})_{ba} = 0{,}8\,G + 3{,}5 \cdot 0{,}15\,G = 1{,}3G$

в) Вероятность $(P_{gr})_{M\bar{g}}$ и погрешность ее определения находят на основании графиков (рис. 3, *а*). Параметр $(G_\gamma - G_\beta)/\sigma_p[\Delta]$ равен $-0{,}67$. По графику $(P_{gr})_{M\bar{g}} \cdot G/\sigma_p[\Delta]$ находят, что приближенно эта величина равна 0,9.

Тогда $(P_{gr})_{M\bar{g}} = 0{,}14$. Для того же значения аргумента по другому графику на том же рисунке находят, что приближенно величина $|(\Delta P_{11}|G/\Delta_p[\Delta]$ равна 0,01. Тогда погрешность, обусловленная отличием реальной функции плотности распределения от принятой средней, лежит в пределах $(\Delta P)_{11} = \pm 0{,}002$, т. е. может считаться пренебрежимо малой.

2. Заданы следующие параметры методики измерительного контроля и характеристика погрешности измерений: $G_\gamma = 0{,}8\,G$; $G_\beta = 0{,}9\,G$; $\Delta_p = 0{,}5\,G$. Требуется определить те же показатели достоверности контроля, что и в примере 1.

Решение:

а) Вероятность P_{baM} и погрешность ее определения находят по рис. 2, *б*. Параметр $((G-G_\gamma)/\Delta_p)$ равен 0,4. По графику P_{baM} приближенно находят $P_{baM} = 0{,}13$. Для того же значения аргумента по другому графику на том же рисунке находят, что погрешность $(\Delta P)_{22}$ определения данной вероятности находится в интервале от $-0{,}13$ до $+0{,}17$ (так как вероятность отрицательной быть не может). Это означает: $0 \leqslant P_{baM} \leqslant 0{,}3$.

б) По формуле (2) находят: $(\Delta_{xM})_{ba} = 0{,}8\,G + 0{,}5\,G = 1{,}3\,G$.

в) Вероятность $(P_{gr})_{M\bar{g}}$ и погрешность ее определения находят на основании графиков (рис. 3, *б*). Параметр $((G_\gamma - G_\beta)/\Delta_p$ равен $-0{,}2$. По графику $(P_{gr})_{M\bar{g}} \cdot G/\Delta_p$ находят, что приближенно эта величина равна 0,26. Тогда $(P_{gr})_{M\bar{g}} = 0{,}13$. Для того же значения аргумента по другому графику на том же рисунке находят, что приближенно величина $|(\Delta P)_{12}| \cdot G/\Delta_p$ равна 0,1. Тогда погрешность определения данной вероятности находится в интервале $\pm 0{,}05$. Это означает: $0{,}08 \leqslant (P_{gr})_{M\bar{g}} \leqslant 0{,}18$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
Справочное

Основные обозначения

x — контролируемый параметр.

Δ_x — отклонение контролируемого параметра от номинального значения.

x_N — номинальное значение параметра.

x_l, x_h — нижняя и верхняя границы допускаемых значений параметра x.

$L(\Delta_x)$ — оперативная характеристика.

P_{baM} — наибольшая вероятность ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, годным любого в действительности дефектного образца.

$(\Delta_{xM})_{ba}$ — наибольшее по абсолютному значению возможное отклонение контролируемого параметра любого образца, который, при реализации данной методики контроля, может быть ошибочно признан годным.

$(P_{gr})_{M\bar{g}}$ — наибольшая средняя на совокупности годных образцов вероятность ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, дефектными в действительности годных образцов.

$(P_{gr})_{\overline{I}}$ — средняя на совокупности всех контролируемых образцов вероятность ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, дефектными в действительности годных образцов.

P_{grM} — наибольшая вероятность ошибочного признания, при реализации данной методики контроля, дефектным любого в действительности годного образца (для отдельного образца).

P_b^a — вероятность ошибочности суждения о годности данного образца, признанного по результатам контроля годным (при уже полученном результате контроля).

P_g^r — вероятность ошибочности суждения о дефектности данного образца, признанного по результатам контроля дефектным (при уже полученном результате контроля).

G — граница поля допуска для отклонения Δ_x.

G_γ — граница поля контрольного допуска, с которой сравнивается оценка $\widetilde{\Delta}_x$ с целью принятия решения о годности или дефектности образца.

G_β — граница такой области значений Δ_x, для которой отрицательные результаты контроля (образец признается дефектным) принято считать ошибочными.

$P_g\ (\widetilde{\Delta}_x)$ — вероятность того, что при полученной в результате измерения (при контроле) оценке $\widetilde{\Delta}_x$ отклонения контролируемого параметра образца истинное значение Δ_x отклонения параметра находится в границах поля допуска.

$(\Delta P)_{21}$ — наибольшая возможная погрешность вероятности P_{baM}, обусловленная отличием реального вида функции плотности распределения вероятностей погрешности измерений от того вида функции плотности, которому соответствует график P_{baM} на рис. 2, *а*.

$(\Delta P)_{22}$ — то же для графика P_{baM} на рис. 2, *б*.

$(\Delta P)_{11}$ — наибольшая возможная погрешность вероятности $(P_{gr})_{M\overline{g}}$, обусловленная отличием реального вида функции плотности распределения вероятностей погрешности измерений от того вида функции плотности, которому соответствует график на рис. 3, *а*.

$(\Delta P)_{12}$ — то же для графика на рис. 3, *б*.

$\varphi_I\ (\Delta_x)$ — плотность распределения вероятностей отклонения Δ_x на совокупности контролируемых образцов.

$\varphi\ (\Delta_k)$ — плотность распределения вероятностей погрешности измерений при контроле.

Индексы

l — нижняя (low)
h — верхняя (high)
g — годный (good)
b — дефектный (bad)
a — признанный годным (accepted)
r — признанный дефектным (rejected)
I — контролируемый (inspected)
ex — испытание (examination)
N — номинальное (nominal)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров

МИ 1317—86

Редактор *Н. А. Аргунова*
Технический редактор *Н. П. Замолодчикова*
Корректор *В. В. Варенцова*

Н/К

Сдано в наб. 25.08.86 Подп. к печ. 18.11.86 Т—17991 Формат 60×90 1/16. Бумага типографская № 1 Гарнитура литературная. Печать высокая 2,0 усл. п. л. 2,0 усл. кр.-отт. 2,15 уч.-изд. л. Тир. 100000 (II-ой з-д 40001—100000) Зак. 2033 Цена 15 коп. Изд. № 92304

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул.Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru