
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТ Р
50.05.16-!!!!**

**Система оценки соответствия в области использования атомной
энергии.**

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ КОНТРОЛЯ.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ.

Метрологическое обеспечение

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Центр технических компетенций атомной отрасли» (ООО «ЦТКАО»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2017 г. №

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе "Национальные стандарты", а официальный текст изменений и поправок - в ежемесячном информационном указателе "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты". Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет (www.gost.ru).

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины и определения.....	3
4 Обозначения и сокращения	8
5 Общие положения.....	9
6 Средства измерений и контроля.....	11
7 Методики измерений и контроля	15
8 Программное обеспечение средств и методик измерений и контроля	19
9 Стандартные образцы и аттестованные объекты	20
10 Оценка показателей достоверности контроля.....	22
Приложение А (справочное). Пояснения к терминам	24
Приложение Б (рекомендуемое). Построение функциональной зависимости между двумя величинами	27
Приложение В (справочное). Связь показателей достоверности измерительного контроля с характеристиками погрешности измерений	31
Библиография	35

Введение

Настоящий стандарт устанавливает требования к метрологическому обеспечению неразрушающего контроля состояния металла оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций, а также поковки, сортовой прокат, отливки, листы, трубы и штампованные заготовки, используемых для изготовления оборудования и трубопроводов, сварные соединения и наплавленные поверхности (далее - металла).

Стандарт предназначен для юридических и физических лиц, осуществляющих проектирование, конструирование, изготовление и эксплуатацию оборудования и трубопроводов, на которые распространяются НП-089-15 «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» [1] и НП-084-15 «Правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций» [2].

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

**Система оценки соответствия в области использования атомной энергии.
ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ КОНТРОЛЯ.
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ.
Метрологическое обеспечение**

The system of conformity assessment in the field of nuclear energy.

Conformity assessment in the form of control.

Non-destructive testing.

Metrological assurance

Дата введения – 2018–XX–XX

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к метрологическому обеспечению методов неразрушающего контроля состояния металла, указанных в [1], [2], [5], [6], в том числе, средств и методик измерений и контроля, программного обеспечения средств и методик измерений и контроля, стандартных образцов и аттестованных объектов, применяющихся при неразрушающем контроле состояния металла оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

ГОСТ Р 8.596-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.

ГОСТ Р 8.654-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения.

ГОСТ Р 8.731-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Системы допускового контроля. Основные положения.

ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение. Основные положения.

ГОСТ Р 8.932-2017 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к методикам (методам) измерений в области использования атомной энергии. Основные положения.

ГОСТ Р 8.933-2017 Государственная система обеспечения единства измерений. Установление и применение норм точности измерений и приемочных значений в области использования атомной энергии.

ГОСТ Р ИСО 5577-2009 Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Словарь.

ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

ГОСТ Р 50779.10-2000 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.

ГОСТ Р 53697-2009 (ISO/TS 18173:2005) Контроль неразрушающий. Основные термины и определения.

ГОСТ Р 50.04.07-!!! Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме испытаний. Испытания аттестационные систем неразрушающего контроля.

ГОСТ Р 50.05.15-!!!! Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Неразрушающий контроль. Термины и определения.

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего

года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 50.05.15, а также следующие термины с соответствующими определениями (пояснения к терминам, помеченным звездочкой «*», приведены в приложении А):

3.1 Термины, относящиеся к измерениям

3.1.1 измерение (величины): Процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине [3].

3.1.2 результат измерения (величины): Множество значений величины, приписываемых измеряемой величине вместе с любой другой доступной и существенной информацией [3].

3.1.3 измерительная информация: Информация о количественных значениях измеряемой величины, обладающая свойствами, необходимыми для принятия управляющих решений [ГОСТ Р 8.820].

3.1.4 прямое измерение: измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений ([4], [3]).

3.1.5 косвенное измерение: Измерение, при котором искомое значение величины определяют на основании результатов прямых измерений других

величин, функционально связанных с искомой величиной [3].

3.1.6 средство измерений: Техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики [3].

3.1.7 измерительный прибор: Средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия [3].

3.1.8 измерительный преобразователь: Средство измерений или его часть, служащее для получения и преобразования информации об измеряемой величине в форму, удобную для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи [3].

3.1.9 (материальная) мера: Средство измерений, которое воспроизводит в процессе использования или постоянно хранит величины одного или более данных родов, с приписанными им значениями [3].

3.1.10 измерительная система: Совокупность средств измерений и других средств измерительной техники, размещенных в разных точках объекта измерения, функционально объединенных с целью измерений одной или нескольких величин, свойственных этому объекту [3].

3.1.11 измерительная цепь (измерительный канал)*: Последовательность элементов средства измерений, которая образует единый путь сигнала от чувствительного элемента к выходному элементу, формирующему показание [3].

3.1.12 тип средства измерений: Совокупность средств измерений одного и того же назначения, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации [3].

3.1.13 метрологическая характеристика средства измерений:

Характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений [3].

3.1.14 систематическая погрешность средства измерений: Составляющая погрешности средства измерений, принимаемая за постоянную или закономерно изменяющуюся [3].

3.1.15 случайная погрешность средства измерений: Составляющая погрешности средства измерений, изменяющаяся случайным образом [3].

3.1.15 методика (метод) измерений: Совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности [4].

3.1.17 методика измерений характеристик свойств: вид методики измерений, обеспечивающей получение результатов измерений величин, характеризующих свойства и (или) структуру исследуемого объекта или физические параметры объекта измерений, в т.ч. параметры технологических процессов [ГОСТ Р 8.932].

3.1.18 контроль*: проверка соответствия объекта установленным требованиям (в т.ч. к техническим и потребительским свойствам) на основе результатов измерений или измерительных преобразований или органолептического восприятия, включающая принятие решения об отнесении объекта к одной из двух или более групп, например, к группе годных или группе дефектных объектов [ГОСТ Р 8.932].

3.1.19 измерительный контроль*: контроль, при котором решение об отнесении объекта к одной из групп (3.1.19) принимается на основе результата (результатов) измерения или измерительного преобразования контролируемого параметра и его сравнения с заранее установленными значениями: границами поля контрольного допуска [ГОСТ Р 8.932].

3.1.20 контроль геометрических параметров (величин)*: Измерительный контроль по результатам измерений геометрических размеров

изделий, заготовок, полуфабрикатов и деталей, несплошностей, расстояний между несплошностями и т.д.

3.1.21 методика измерений при измерительном контроле: вид методики измерений, обеспечивающей получение результатов измерительного контроля с установленными показателями точности или показателями достоверности [ГОСТ Р 8.932].

3.1.22 аттестация методик (методов) измерений: Исследование и подтверждение соответствия методик (методов) измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям [4].

3.1.23 погрешность измерения (погрешность результата измерения): Разность между измеренным значением величины и опорным значением величины [3].

3.1.24 неопределенность (измерений): Неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации [3].

3.1.25 доверительные границы погрешности измерений: Верхняя и нижняя границы интервала, внутри которого с заданной вероятностью находится значение погрешности измерений [3].

3.1.26 доверительная вероятность (уровень доверия): - вероятность, связанная с доверительным интервалом или со статистически накрывающим интервалом [ГОСТ Р 50779.10]

3.1.27 сходимость (повторяемость) измерений: показатель качества измерений, отражающий близость друг к другу значений результатов измерений, полученных на одном и том же объекте или однородных объектах в одинаковых условиях (практически в одно и то же время, на одном средстве измерений) [ГОСТ Р 8.932].

3.1.28 поверка средств измерений: поверка средств измерений (далее также - поверка) - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям [4].

3.1.29 комплектная поверка средств измерений: Поверка, при которой определяют метрологические характеристики средства измерений, присущие ему как единому целому [3].

3.1.30 калибровка (средств измерений)*: Совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений [4].

3.1.31 калибровочная кривая (характеристика): Выражение соотношения между показанием и соответствующим измеренным значением величины [3].

3.1.32 стандартный образец: образец вещества (материала) с установленными по результатам испытаний значениями одной и более величин, характеризующих состав или свойство этого вещества (материала) [3].

3.1.33 аттестованный объект*: объект, для которого установлены одна или более величин, характеризующих состав, структуру, свойства реальных объектов контроля (измерений).

Примечания .

1 Аттестованный объект - объект, метрологическое назначение которого аналогично назначению стандартных образцов (для воспроизведения, хранения и передачи значений величин, характеризующих состав и свойства веществ (материалов)), при этом аттестованный объект не является стандартным образцом.

2 Для метрологического обеспечения НК применяют аттестованные объекты в виде изделий (фрагментов изделий) в том числе настроечные, контрольные, испытательные образцы, другие образцы изделий, свойства которых, влияющие на результаты измерений (измерительных преобразований), аналогичны свойствам объекта контроля.

3.1.34 эталон (единицы величины или шкалы измерений): Средство измерительной техники, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины или шкалы измерений [3].

3.2 Общие термины, относящиеся к контролю

3.2.1 границы поля контрольного допуска: значения, с которыми при контроле сравнивается результат измерения (измерительного преобразования). Иначе границы поля контрольного допуска допускается называть приемочными значениями или приемочными границами [ГОСТ Р 8.932].

3.2.2 показатели достоверности измерительного контроля: вероятности неверного отнесения (определения даны для случая отнесения объектов к группам годных и дефектных): наибольшая вероятность ошибочного признания годным в действительности дефектного объекта и наибольшая вероятность ошибочного признания дефектным в действительности годного объекта [ГОСТ Р 8.933].

3.2.3 образцы для неразрушающего контроля (образцы НК)*: Обобщенное название для всех видов образцов, применяющихся в неразрушающем контроле: стандартных образцов, мер, аттестованных объектов.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте используются следующие обозначения и сокращения:

МВИк - методика измерений при измерительном контроле.

МИС - методика измерений характеристик свойств.

МХ – метрологическая характеристика.

НК – неразрушающий контроль.

ПО – программное обеспечение.

СИ – средство измерений.

СКО – среднее квадратическое отклонение.

5 Общие положения

5.1 При выполнении НК металла на объектах использования атомной энергии применяются методы НК в соответствии с [1], [2], [5], [6].

5.2 Методики контроля, применяемые при НК в зависимости от особенностей метрологического обеспечения, могут представлять собой или включать:

- а) методики качественного органолептического (визуального) контроля;
- б) методики качественного сравнительного контроля;
- в) методики с прямыми измерениями;
- г) методики измерений характеристик свойств;
- д) методики измерений при измерительном контроле.

5.3 Методики качественного контроля (5.2 а, б) не содержат измерительных процедур. Решение о фиксации несплошности принимается оператором (дефектоскопистом) на основе визуального наблюдения объекта контроля одним из следующих способов:

а) исходя из собственных знаний и опыта - методики качественного органолептического контроля;

б) путем прямого сравнения параметров объекта контроля и контрольного образца с известными параметрами - методики качественного сравнительного контроля.

К методикам качественного контроля метрологические требования не устанавливаются. Из указанных в [1], [2], [5], [6] методов контроля к методикам качественного контроля относятся методики визуального контроля. В таких методиках применяются технические устройства и приспособления, не являющиеся СИ.

Для методик качественного сравнительного контроля устанавливаются метрологические требования к образцам НК, воспроизводящих контролируемую величину и применяемым для сравнения этой величины с одноименной величиной контролируемого объекта.

5.4 В методиках с прямыми измерениями (5.2 в) применяется единственное СИ, с применением которого осуществляют прямое измерение контролируемой величины. В таких методиках может проводиться несколько измерений одноименной контролируемой величины и описана схема измерений, например, расположение точек измерений (контроля).

5.5 В МИС (5.2 г) проводится несколько измерений разноименных величин

(одним или несколькими СИ), а результат измерений контролируемой величины вычисляют по результатам промежуточных измерений, т.е. осуществляют косвенные, совместные или совокупные измерения.

Под характеристиками свойств понимаются все измеряемые (контролируемые) характеристики, не описывающие химический состав объектов контроля, в частности характеристики, описывающие форму и размеры несплошностей, координаты несплошностей, толщина изделий. Из указанных в [2] методов контроля к МИС относятся методики измерений толщины, методики измерений размеров несплошностей, их координат и некоторые методики контроля геометрических параметров (величин), не относящиеся к 5.3.

5.6 МВИк (5.2 д) отличаются от МИС (5.2 г) следующим:

- в МВИк может не присутствовать результат измерения, выраженный в единицах измеряемой величины; выходной величиной может быть результат измерительного преобразования, выраженных в условных единицах;

- структура погрешности МВИк помимо погрешности измерений (измерительных преобразований) включает и погрешность сравнения выходного сигнала с заранее установленным уровнем.

5.7 Требования к расчетным показателям достоверности контроля, определяемым по характеристикам погрешности измерений

5.7.1 МХ методик с прямыми измерениями, МИС и МВИк должны позволять определить показатели достоверности контроля расчетным способом по характеристикам погрешности измерений (измерительных преобразований).

5.7.2 Применительно к предмету настоящего стандарта для методик с прямыми измерениями и методик измерений термин «вероятность правильного принятия положительного решения» [7] означает наименьшую вероятность признания годным (соответствующим установленным требованиям по измеряемому параметру (характеристике)) в действительности годного объекта. Для МВИк этому термину соответствует термин «вероятность выявления» несплошности нормированных размеров, соответствующих браковочному уровню. Эта вероятность должна быть не менее 0,95.

5.7.3 Для МВИк расчетные показатели достоверности измерительного контроля носят условный характер, поскольку свойства настроечных образцов, на

которых оцениваются характеристики погрешностей измерений могут не полностью соответствовать свойствам реальных объектов контроля.

5.8 Объектами метрологического обеспечения являются:

а) СИ из числа средств НК: измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные каналы и системы;

б) меры, аттестованные объекты, стандартные образцы;

в) ПО с измерительными функциями;

г) МИС и МВИк.

5.9 В сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений должны применяться СИ утвержденного типа, прошедшие поверку. СИ могут дополнительно подлежать калибровке для целей оценки показателей точности измерений в рабочих условиях применения на реальных объектах.

Меры, классифицированные как вид СИ, должны быть утвержденного типа, прошедшие поверку.

5.10 Эталоны должны быть аттестованы в соответствии с [8].

5.11 Стандартные образцы, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны быть утвержденного типа.

5.12 Аттестованные объекты должны быть аттестованы в соответствии с порядком, принятым в области использования атомной энергии.

5.13 Применяемое в составе СИ или методик измерений ПО с измерительными функциями подлежит испытаниям в рамках испытаний СИ в целях утверждения типа (ГОСТ Р 8.654) или в рамках аттестации методик измерений.

5.14 Применяемые в методиках контроля методики измерений (МИС и МВИк) должны быть аттестованы.

6 Средства измерений и контроля

6.1 Для СИ должны быть нормированы МХ, соответствующие общим требованиям ГОСТ 8.009.

Примечание. ГОСТ 8.009 содержит требование: «Комплекс МХ ... должен быть достаточен для определения результатов измерений ... и расчетной оценки с требуемой

точностью характеристик инструментальных составляющих погрешностей измерений, проводимых с помощью СИ данного вида или типа в реальных условиях применения».

6.2 Для целей принятия решений, исходя из комплекса нормированных МХ и свойств объекта контроля, рассчитывают характеристики погрешности измерений, в реальных условиях применения по [9].

В методиках контроля должны быть описаны факторы, влияющие на достоверность конкретных методик контроля, и регламентированы требования к предельным (граничным) значениям этих факторов.

6.3 Если для СИ невозможно выполнить требование 6.1 из-за большого количества влияющих факторов и сложности процессов (что не позволяет расчетным методом оценить характеристики погрешности измерений (измерительных преобразований)), возможно применение двух вариантов нормирования и определения МХ: калибровка СИ или расчетно-экспериментальный способ оценки характеристик погрешности измерений.

6.4 Калибровка СИ

6.4.1 Калибровка СИ предусматривает построение калибровочной характеристики, которая используется в дальнейшем при применении СИ.

6.4.2 Калибровке подлежит весь измерительный канал по «комплектной схеме» [10].

Примечание – Например, при контроле несплошностей ультразвуковым методом измерительный канал может состоять из пьезоэлектрического преобразователя, собственно дефектоскопа и ПО (встроенного или внешнего), реализующего вычисление эквивалентного диаметра (или площади) несплошности по диаграммам амплитуда - расстояние – диаметр.

6.4.3 Выходной сигнал может быть выражен как в единицах измеряемой величины (толщина стенки, эквивалентная площадь, условная длина несплошности и т.д.), так и в преобразованных единицах (В, дБ).

6.4.4 При калибровке определяют следующие МХ в диапазоне, перекрывающем браковочный уровень (нижний и верхний уровни в случае двустороннего допуска):

- номинальную или индивидуальную функцию преобразования (калибровочную характеристику) – зависимость величины выходного сигнала СИ от измеряемой (контролируемой) величины;
- доверительные границы систематической составляющей погрешности Θ ;

- наибольшее возможное значение СКО случайной составляющей погрешности $\sigma_{сх}$;

- дополнительные погрешности, обусловленные влияющими факторами.

6.4.5 В общем случае для построения калибровочной характеристики $Y=f(\vec{a},X)$ (X – величина входного сигнала; Y – величина выходного сигнала; \vec{a} – вектор параметров), используют образцы НК, воспроизводящие не менее $n=5$ значений X контролируемой (измеряемой) величины. Если на контролируемый параметр X установлен двусторонний допуск «от X_n до X_v », минимальное воспроизводимое (аттестованное) значение должно быть меньше нижней границы допуска X_n , а максимальное – больше верхней границы допуска X_v . В случае одностороннего допуска «не более X_v » максимальное аттестованное значение должно быть больше границы допуска X_v .

6.4.6 Если заведомо известно, что калибровочная характеристика линейная и на контролируемый параметр X установлен двусторонний допуск «от X_n до X_v », достаточно трех образцов НК с аттестованными значениями:

- а) не более X_n ,
- б) примерно равное $(X_n+X_v)/2$,
- в) не менее X_v .

6.4.7 В каждой (j -ой; j от 1 до n) точке проводят K независимых измерений (K не менее 20) выходного сигнала Y_{kj} . Независимость измерений означает, что измерения должны проводиться с полным повторением процедуры получения величины выходного сигнала.

6.4.8 Вычисляют среднее значение выходного сигнала

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K Y_{kj} , \quad (1)$$

оценку СКО результатов измерений

$$\hat{S}_{Yj} = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (Y_{kj} - \bar{Y}_j)^2} , \quad (2)$$

и СКО среднего значения

$$\hat{\sigma}_{Yj} = \hat{S}_{Yj} / \sqrt{K} . \quad (3)$$

6.4.9 В соответствии с приложением Б строят калибровочную характеристику $Y=f(\vec{a},X)$, задавая в качестве значений аргумента X_j аттестованные значения величины, воспроизводимой настроечными образцами; значений СКО аргумента – величины $\Delta X_j/2$, где ΔX_j – доверительные границы погрешности

аттестованных значений; значений функции – значения \bar{Y}_j , значений СКО функции – значения $\hat{\sigma}_{Yj}$.

Модель калибровочной характеристики $Y=f(\vec{a}, X)$ задают в виде непрерывной монотонной функции, описываемой не более чем тремя параметрами $\vec{a}(a_1, a_2, a_3)$, например квадратичным полиномом.

6.4.10 Полуширина доверительного интервала I_x (в единицах входного сигнала) или I_Y (в единицах выходного сигнала) для доверительной вероятности $P=0,95$ дает границы систематической составляющей погрешности Θ .

6.4.11 Для оценки СКО случайной составляющей погрешности в каждой точке вычисляют верхнюю доверительную границу СКО

$${}^B\sigma_j = k\hat{\sigma}_{Yj} = \sqrt{\frac{K-1}{\chi^2}} \hat{\sigma}_{Yj}, \quad (4)$$

где χ^2 – 5 % квантиль χ^2 – распределения с $(K-1)$ степенями свободы;

k – коэффициент, учитывающий ограниченность выборки.

Предполагая, что СКО случайной составляющей погрешности описывается функцией $\sigma_{cx} = \sigma_{cx}(\vec{a}, X)$, параметры \vec{a} этой функции находят путем обработки результатов измерений по приложению Б, задавая входные данные для обработки следующим образом. В качестве значений функции берут верхние границы оценок СКО, вычисленные по формуле (4), а в качестве СКО этих оценок – значения, вычисленные по формуле

$$s_j = {}^B\sigma_j / \sqrt{2(K-1)}. \quad (5)$$

Полученные при обработке значения коэффициентов \vec{a} определяют функцию $\sigma_{cx} = \sigma_{cx}(\vec{a}, X)$, описывающую зависимость СКО случайной составляющей погрешности от входной величины.

6.4.12 Полученные значения коэффициентов, описывающих калибровочную характеристику, а также коэффициентов функций, описывающих систематическую и случайную составляющие погрешности, приводят в сертификате калибровки СИ.

6.4.13 Должна быть разработана методика калибровки, установлен межкалибровочный интервал.

6.4.14 Калибровка СИ проводится организациями, подтвердившими компетентность в части выполнения калибровочных работ в области использования атомной энергии в порядке, устанавливаемом Уполномоченным органом управления использованием атомной энергии.

6.5 Расчетно-экспериментальный способ оценки характеристик погрешности измерений

6.5.1 При невозможности нормирования и определения МХ по 6.4 для СИ, применяемых в методиках контроля с односторонним допуском (в том числе предназначенных для выявления несплошностей) допускается нормировать и определять характеристики погрешности Θ и $\sigma_{сх}$ в одной точке, соответствующей заданному уровню фиксации (несплошностей) $D_{фк}$.

6.5.2 В этом случае доверительные границы систематической составляющей погрешности Θ представляет собой сумму выраженных в единицах выходного сигнала составляющих погрешности:

- характеристик погрешности настроенного образца, воспроизводящего несплошность, соответствующую уровню фиксации.
- характеристик погрешности установки усиления;
- характеристик погрешности измерений отношения амплитуд сигналов.

Примечания.

1 Приведен минимальный набор влияющих составляющих погрешности. В зависимости от применяемого метода контроля значимое влияние могут оказывать и другие факторы.

2 Некоторые из указанных составляющих погрешности могут быть приведены в документации на СИ; другие определяются экспериментально.

3 Оценивание систематической составляющей погрешности по варианту 6.5 приводит к завышению ее значения.

6.5.3 СКО случайной составляющей погрешности вычисляют по формуле (4).

6.6 Оба способа оценки характеристик погрешности измерений могут использоваться (являться составной частью) при аттестации методик измерений.

7 Методики измерений

7.1 Для МИС должны нормироваться и определяться при их аттестации МХ в виде характеристик погрешности измерений в заданном диапазоне значений измеряемой величины:

границы интервала, в котором погрешность находится с заданной доверительной вероятностью (доверительные границы);

наибольшее возможное значение СКО или доверительные границы части случайной составляющей погрешности, характеризующей сходимость измерений; границы интервала, в котором неисключенная систематическая составляющая погрешности находится с заданной вероятностью.

7.2 Для МВИк должны нормироваться и определяться при их аттестации МХ в виде характеристик погрешности аналогично пункту 7.1 с учетом модели погрешности, включающей составляющие погрешности измерения (или измерительного преобразования) при контроле и погрешность сравнения контролируемого параметра с границами поля контрольного допуска.

7.3 Документ, регламентирующий методику НК, может включать одну или несколько методик (методов) измерений, основанных на одном методе контроля. При этом в результате аттестации (в т.ч. определения МХ) может быть оформлено одно свидетельство, в котором должны содержаться МХ всех методик (методов) измерений.

7.4 В методике НК, содержащей методики прямых измерений, МИС или МВИк, должен быть раздел «Характеристики погрешности измерений и показатели достоверности контроля».

Характеристики погрешности измерений приводят в соответствии с ГОСТ Р 8.932, раздел 6.

Расчетные показатели достоверности МВИк приводят в соответствии с ГОСТ Р 8.932, раздел 6 вместе с указанием характеристик дефекта, размеры которого соответствуют нормам оценки качества по [2], [5] или иному нормативному правовому акту, регламентирующему указанные нормы.

7.5 Раздел методики НК «Требования к метрологическому обеспечению» должен содержать:

- а) для СИ: межповерочный и (или) межкалибровочный интервал;
- б) для аттестованных объектов: межкалибровочный интервал;
- в) для ПО с измерительными функциями – периодичность проверки идентификационных признаков (контрольных сумм).

Раздел также должен включать ссылки на документы, регламентирующие методики поверки и калибровки.

7.6 Для МИС и МВИк раздел «Требования к метрологическому обеспечению» должен включать подраздел «Контроль качества измерений», содержащий процедуры, периодичность проведения и критерии (нормативы)

внутрилабораторного оперативного и периодического контроля качества измерений.

Контроль качества измерений включает контроль точности или правильности измерений путем сравнения результатов измерений аттестуемых характеристик стандартных образцов и (или) аттестованных объектов с аттестованными значениями и контроль сходимости (повторяемости) путем сравнения значения статистической оценки величины, характеризующей сходимость, с контрольным нормативом, значение которого пропорционально случайной составляющей погрешности.

7.7 Аттестация методик (методов) измерений

7.7.1 В качестве основного алгоритма определения МХ при аттестации методик (методов) измерений должен применяться расчетно-экспериментальный способ. При этом должен применяться «консервативный» подход [7] к оцениванию составляющих погрешности или неопределенности: если нет возможности точно оценить влияние какого-либо фактора, необходимо принимать верхнюю границу оценки для уровня значимости не более 5%.

7.7.2 При определении МХ МИС используют стандартные или настроечные образцы, аттестуемой характеристикой которых является контролируемая величина. Материал стандартных (настроечных) образцов по составу, структуре и свойствам должен быть идентичен материалу контролируемых изделий.

7.7.3 Как правило, при определении МХ МВИк применяют испытательные или настроечные образцы, изготовленные из того же материала и по той же технологии, что и реальные объекты контроля.

7.7.4 При определении МХ МИС и МВИк допускается применять для определения характеристик погрешности измерений (измерительных преобразований) образцы НК, со свойствами, отличающимися от свойств реальных объектов контроля. В этом случае:

- в методике должны быть регламентированы допустимые отклонения характеристик влияющих свойств образца НК от характеристик свойств реальных объектов контроля;
- влияние этих отклонений на характеристики погрешности измерений (измерительных преобразований) должно быть учтено при аттестации методики (метода) измерений.

7.8 Унифицированные методики контроля

7.8.1 В области использования атомной энергии применяются регламентированные нормативными документами «унифицированные методики контроля», которые содержат общие требования ко всем методикам определенного вида по 5.2. Такие методики в соответствии с ГОСТ Р 8.932 не являются методиками измерений, не подлежат аттестации, но могут содержать значения показателей точности измерений, отражающие достигнутый минимальный уровень технического оснащения лабораторий и организаций, или требуемые значения показателей точности измерений.

7.8.2 По отношению к типовым («унифицированным») методикам методики измерений по 7.1, 7.2 являются «рабочими» методиками измерений, описывающими особенности выполнения измерений (контроля) для конкретного объекта и (или) конкретных условий (например, для условий конкретного предприятия (организации)). Положения и процедуры, содержащиеся в соответствующей типовой методике, в «рабочей» методике допускается не описывать – достаточно ссылок на конкретные пункты типовой методики. Содержащиеся в рабочих методиках измерений значения показателей точности измерений, полученные при их аттестации, не должны превышать значений показателей точности измерений, указанных в типовой методике.

7.8.3 В эксплуатационной документации не допускаются ссылки на унифицированные методики контроля, содержащие методики измерений, вида: «контроль проводится по унифицированной методике контроля». В таких случаях должны быть указаны ссылки на аттестованные методики измерений. При необходимости допускается использовать ссылки: «контроль проводится по аттестованной методике ..., соответствующей общим требованиям унифицированной методики ...по ГОСТ...».

7.9 Заказчик аттестации методик (методов) измерений вправе требовать от организации, аттестовавшей методику измерений, не только свидетельство об аттестации, но и протокол (отчет), содержащий материалы экспериментальных исследований и расчетов (включая промежуточные результаты измерений и расчетные формулы).

7.10 Организация, аттестовавшая методику измерений, обязана передать материалы аттестации: свидетельство и протокол (отчет) по 7.9 в Уполномоченный орган управления использованием атомной энергии. для размещения сведений об аттестованных методиках (методах) измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

8 Программное обеспечение средств и методик измерений и контроля

8.1 В соответствии с [7] все ПО с измерительными функциями, применяемое в области использования атомной энергии, должно быть испытано (аттестовано), если оно метрологически значимо и вклад ПО в суммарную погрешность измерений не был учтен в процессе экспериментальных исследований измерительного канала (измерительной системы), комплексного компонента (ГОСТ Р 8.596) или методики (метода) измерений в рамках испытаний для целей утверждения типа СИ или аттестации методики (метода) измерений.

8.2 При разработке или испытаниях (аттестации) ПО либо должны быть оценены характеристики погрешности, вносимые алгоритмом и ПО, его реализующем, в МХ СИ или показатели точности измерений, либо доказана незначимость влияния ПО на МХ СИ или показатели точности измерений.

8.3 Результаты оценки характеристик погрешности ПО учитывают как составную часть МХ СИ при испытаниях (в т.ч. при испытаниях в целях утверждении типа) и/или калибровке СИ, или как составную часть показателей точности измерений при аттестации методик (методов) измерений.

8.4 Испытания (аттестация) выполняющего измерительные функции ПО является составной частью испытаний СИ или аттестации методик измерений.

8.5 Испытания (аттестация) также проводится для ПО, являющимся самостоятельным продуктом, в целях дальнейшего применения результатов аттестации при испытаниях или калибровке СИ, аттестации методик измерений или для применения ПО в составе СИ (в том числе измерительных систем и измерительных каналов) с возможностью его замены на другое аттестованное ПО, в том числе при совершенствовании (модификации) версии ПО.

8.6 Отдельная оценка влияния ПО на показатели точности измерений или МХ СИ может не проводиться, если выполняются следующие условия:

- программа испытаний или первичная калибровка СИ или алгоритм оценивания показателей точности методики измерений при ее аттестации позволяет достоверно определить МХ СИ (показатели точности измерений) путем сравнения получаемых результатов измерений с опорными величинами (величинами, воспроизводимыми эталонами, стандартными образцами, аттестованными объектами);

- выполнены все требования ГОСТ Р 8.654 по подтверждению отсутствия искажения результатов измерений;

- интерфейс пользователя не предусматривает задания параметров, влияющих на показатели точности измерений или МХ СИ.

Такая ситуация, в частности, имеет место, если влияние ПО учтено при испытаниях СИ в целях утверждения типа, а также при «комплектной» схеме калибровки СИ (6.4).

8.7 Если условия 8.6 не выполнены, ПО рассматривается как самостоятельный продукт и для него в обязательном порядке должна быть проведена его аттестация.

8.8 Основными способами оценки характеристик погрешности ПО являются

- сравнительные испытания с применением опорного («эталонного») ПО;
- испытания с использованием моделей исходных данных.

9 Стандартные образцы и аттестованные объекты

9.1 Для образцов НК (стандартных образцов, мер, аттестованных объектов) в общем случае должны быть нормированы:

- аттестованное значение: значение величины, воспроизводимой образцом НК (аттестуемой характеристики);

- границы погрешности аттестованного значения для доверительной вероятности $P=0,95$;

- характеристики неоднородности;

- дополнительные характеристики, влияющие на результаты измерений (измерительных преобразований) образца НК.

9.2 Образец НК может иметь одну или несколько аттестуемых характеристик: например, для образца НК, содержащего несплошность

(отражатель), нормируют геометрические размеры отражателя и его координаты, скорости распространения и характеристик затухания упругих волн. Аттестованное значение и границы погрешности должны быть установлены для каждой аттестуемой характеристики.

9.3 Образец НК может воспроизводить несколько аттестованных значений одной аттестуемой характеристики, например, значения площади нескольких отражателей. Границы погрешности должны быть установлены для каждого аттестованного значения.

9.4 Для образцов НК, применяемых для метрологического обеспечения контроля несплошностей, аттестованное значение может описываться несколькими параметрами, описывающими несплошность или отражатель. Например, несплошность в виде риски треугольного сечения описывается глубиной, длиной и углом раскрытия. Границы погрешности должны быть установлены для каждого такого параметра. Как правило, один из таких параметров является основным, например, для риски таким параметром является глубина (изменение остальных параметров в пределах погрешности не приводит к значимым изменениям показаний СИ). В перечне параметров, характеризующих несплошность, основной параметр указывается первым. Функция преобразования (калибровочная характеристика) строится в виде зависимости отклика СИ от этого параметра при фиксированных значениях остальных параметров.

9.5 Границы погрешности аттестованного значения могут задаваться или в виде допуска для аттестованного значения (в том числе на чертеже образца НК) или в виде границ погрешности аттестованного значения конкретного экземпляра образца НК. В первом случае аттестованное значение считается номинальным значением для всех экземпляров данного типа образцов НК; во втором случае – индивидуальным значением, указываемым в документации на экземпляр образца НК.

9.6 С учетом того, что для рассматриваемых в рамках настоящего стандарта образцов НК аттестуемыми характеристиками являются геометрические размеры, являющиеся распределенными величинами, неоднородность оценивают по размаху величины, представляющей аттестуемую характеристику. Например, для образца НК толщины изделия измеряют толщину в нескольких точках четко описанного участка.

9.7 Характеристики неоднородности, как правило, включают в границы погрешности аттестованного значения, т.е. погрешность аттестованного значения

является суммой погрешности его измерений и погрешности, обусловленной неоднородностью. Раздельное нормирование характеристик неоднородности и погрешности целесообразно для уменьшения приписанных характеристик погрешности измерений в случае коррелированности результатов измерений аттестуемой характеристики.

9.8 В большинстве случаев дополнительные характеристики допускается указывать косвенно: путем приведения наименования марки материала, из которого изготовлен образец НК, и ссылки на документ (например, технические условия), содержащий требования к этому материалу. При необходимости в документе на образец НК указывают значения дополнительных характеристик, влияющих на результаты измерений (измерительных преобразований) образца НК (например, скорость распространения ультразвука в материале образца НК) и характеристики погрешности этих значений.

9.9 Для измерений аттестуемых характеристик образцов НК применяют СИ геометрических размеров: штангенциркули, микрометры, индикаторы часового типа, измерительные микроскопы, координатные измерительные машины и т.д.

9.10 Меры, классифицированные как СИ, и стандартные образцы подлежат испытаниям в целях утверждения типа.

9.11 Аттестованные объекты подлежат аттестации в порядке, устанавливаемом Уполномоченным органом управления использованием атомной энергии.

9.12 При аттестации должен быть установлен срок годности экземпляра аттестованного объекта или определен межкалибровочный интервал, если при эксплуатации аттестованного объекта возможно изменение его характеристик, например, вследствие изнашивания.

9.13 Для аттестованных объектов, подлежащих периодической калибровке, при ее проведении подтверждается факт нахождения аттестованного значения в границах установленного допуска (первый случай 9.5) или определяется новое аттестованное значение (второй случай 9.5).

Должна быть разработана методика калибровки. При калибровке должна оцениваться и учитываться неопределенность оценки аттестованного значения и характеристик неоднородности. При оценке границ погрешности аттестованного значения должен применяться «консервативный» подход ([7], 7.7.1).

9.14 Калибровка аттестованных объектов проводится организациями, подтвердившими компетентность в части выполнения калибровочных работ в

области использования атомной энергии в порядке, устанавливаемом Уполномоченным органом управления использованием атомной энергии.

10 Оценка показателей достоверности измерительного контроля

10.1 Оценка показателей достоверности измерительного контроля проводится расчетным способом по характеристикам погрешности измерений (измерительных преобразований).

10.2 Методология расчета показателей достоверности описана в ГОСТ Р 8.932, приложение Б, а также в приложении В к настоящему стандарту.

10.3 Для МИС из приложения Б ГОСТ Р 8.932 следуют правила вычисления приемочных значений и правила принятия решений при оценке соответствия (приемке) продукции, описанные в ГОСТ Р 8.933 и обеспечивающие требуемую вероятность правильного принятия положительного решения.

10.4 Для МВИк показатели достоверности определяют измерительного контроля расчетным способом по характеристикам погрешности, полученным с использованием настроечных образцов.

10.5 Для МВИк, кроме вероятности выявления несплошности, соответствующей браковочному уровню, допускается определение вероятности неверного отнесения P_{grM} (обозначение ГОСТ Р 8.932) - вероятности отнесения к дефекту несплошности допустимых размеров.

10.6 Оценка фактических показателей достоверности контроля проводится в соответствии с ГОСТ Р 50.04.07.

Приложение А (справочное)

Пояснения к терминам

А.1 Измерительная цепь (3.1.11)

Определение взято из [3], гармонизированного с международными стандартами. В России вместо этого термина применяется термин «измерительный канал» (ГОСТ Р 8.596).

А.2 Контроль (3.1.18)

Термин встречается во многих документах с разными определениями. Так, согласно [11] под контролем понимается «проверка фактического состояния продукции (включая признаки и показатели свойств) на соответствие обязательным требованиям», т.е. в понятии [11] акцент сделан на юридический аспект. Приведенное в настоящем стандарте определение отражает техническое содержание термина «контроль».

А.3 Измерительный контроль (3.1.19), контроль геометрических параметров (величин) (3.1.20)

Определение термина как «контроль, осуществляемый с применением средств измерений» (ГОСТ 16504) – общее; относится ко всем видам измерений. В этом же смысле термин понимается и в [7] и в ГОСТ Р 8.932. В то же время в области НК под этим термином традиционно понимается только контроль геометрических параметров (величин) (3.3.21). В настоящем стандарте определение термина раскрывает суть измерительного контроля и в то же время не противоречит определению ГОСТ 16504.

А.4 Калибровка (3.1.30) Содержание термина более широкое, чем содержание термина «калибровка СИ» (совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений МХ СИ [4]), поскольку в области использования атомной энергии объектами калибровки могут быть технические средства, обладающие определяемыми МХ, в том числе:

- СИ, включая применяемые в качестве эталонов;
- эталоны, их составные части;
- образцы НК;
- выполняющие измерительные функции составные части технических систем и устройств.

А.5 Образцы для неразрушающего контроля (образцы НК) (3.2.3)

В нормативных документах можно встретить целый ряд терминов для образцов, применяющихся в НК: эталоны, стандартные образцы, меры, настроечные образцы, контрольные образцы, калибровочные образцы, испытательные образцы. При этом термины эталоны, стандартные образцы, меры, применяются не только в НК, определения этих терминов есть и в [4] и в [3]. Остальные термины специфичны для НК; их определения (ГОСТ Р 53697, ГОСТ Р ИСО 5577) раскрывают в большей степени назначения этих образцов, а не их метрологические свойства.

В настоящем стандарте образцы НК классифицируются прежде всего по метрологическим свойствам с учетом следующего обстоятельства. Стандартный образец отличается от меры тем, что кроме воспроизведения аттестуемой характеристики, он является носителем свойств, присущих реальным объектам измерений. Так, например, стандартный образец толщины стенки трубы изготавливается из того же материала, что и контролируемая труба; мера же может быть изготовлена из другого материала. Если контроль проводится ультразвуковым методом с настройкой толщиномера по мере, то вследствие разности скоростей распространения ультразвука в мере и в контролируемом объекте возникнет систематическая погрешность измерений. Для ее исключения необходимо проводить специальные исследования.

Для метрологического обеспечения НК несплошностей применяют аттестованные объекты в виде изделия (фрагмента изделия), свойства которого, влияющие на результаты контроля, аналогичны свойствам объекта контроля, причем несплошности в этих аттестованных объектах являются воспроизводимые при изготовлении искусственные или реалистичные несплошности (дефекты).

Для сохранения единства терминологии аттестованные объекты, имеющие описанные выше свойства, в настоящем стандарте называются «настроечными образцами». Это же наименование используется и другими нормативными документами, в частности, ГОСТ Р ISO 5577. Настроечные образцы могут применяться не только для настройки дефектоскопов, но и для их калибровки и для определения показателей точности измерений при аттестации методик измерений.

Под «контрольными образцами» понимаются по сути меры. Контрольные образцы также могут быть использованы и для настройки дефектоскопов, но

правильность процедуры настройки должны быть подтверждена при калибровке дефектоскопов или при аттестации методик измерений.

Термин «калибровочный образец; мера» (ГОСТ Р ISO 5577): «образец из материала определенного состава с заданными чистотой обработки поверхности, режимом термообработки, геометрической формой и размерами, предназначенный для калибровки и оценки параметров ультразвукового прибора неразрушающего контроля»), хотя и присутствует в [2], настоящим стандартом рассматривается как нерекомендуемый, поскольку именно для калибровки СИ такие образцы неприменимы. Вместо термина «калибровочный образец» в зависимости от контекста рекомендуется использовать термины «мера», «эталон», или, если образец используется для калибровки СИ, - термин «настроечный образец».

Испытательные образцы с реальными или реалистичными дефектами при условии идентичности материала и возможности измерения геометрических размеров несплошностей могут использоваться для калибровки дефектоскопов и определения МХ методик измерений. Испытательные образцы также применяются для определения показателей достоверности контроля.

Приложение Б (рекомендуемое)

Построение функциональной зависимости между двумя величинами

Б.1 Настоящее приложение рассматривает способы построения функциональной зависимости (в том числе калибровочной характеристики)

$$Y = F(X, \bar{a}), \quad (\text{Б.1})$$

между двумя величинами Y и X по нескольким парам их случайных реализаций - (X_j, Y_j) .

Здесь $\bar{a} = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ - параметры функциональной зависимости (далее – модельной функции), m - количество параметров.

Предполагается, что функциональная зависимость (Б.1) строится при следующих допущениях:

- количество пар случайных величин – $n > m$;
- случайные величины X_j и Y_j подчиняются нормальному закону распределения, при этом известны или могут быть определены дисперсии этих величин $\sigma_{X_j}^2$, $\sigma_{Y_j}^2$; или стандартные неопределенности

$$u(X_j) = \sigma_{X_j} \quad , \quad (\text{Б.2})$$

$$u(Y_j) = \sigma_{Y_j} \quad . \quad (\text{Б.3})$$

- случайные величины X_j не коррелированы друг с другом;
- целью построения является нахождение наилучших значений параметров \bar{a} и неопределенности построения функциональной зависимости (Б.1).

Примечания

1 Как правило, стандартные неопределенности $u(X_j)$ оцениваются по типу В, а $u(Y_j)$ – по типу А, т.е. по формуле, аналогичной формуле (3).

2 Допускается использовать настоящее приложение не только в случае нормального распределения случайных величин X_j и Y_j , но и в случаях любых симметричных одномодальных распределений.

Б.2 Описанные в настоящем приложении алгоритмы могут быть применены:

- а) для калибровки мер методом градуировки;
- б) для построения калибровочной (градуировочной) характеристики измерительных приборов и измерительных преобразователей, описываемой функциональной зависимостью вида (Б.1) и оценки ее неопределенности,
- в) для аппроксимации МХ СИ функциональной зависимостью вида (Б.1);
- г) для построения функций влияния и других дополнительных МХ.

В случае а) входными случайными величинами X_j являются значения величин, воспроизводимых эталонными мерами, стандартными образцами, аттестованными объектами, а выходными Y_j – соответствующие значения выходного сигнала измерительного прибора или измерительного преобразователя.

В случае б) входными случайными величинами X_j являются наилучшие значения измеряемой величины в разных точках диапазона, воспроизводимые эталонными мерами, стандартными образцами, аттестованными объектами, а выходными Y_j – соответствующие оценки выходного сигнала калибруемого СИ или оценки систематической составляющей погрешности калибруемого СИ.

В случае в) входными случайными величинами X_j являются наилучшие (средние) значения измеряемой величины в разных точках диапазона, выходными Y_j – соответствующие оценки МХ СИ.

В случае г) входными случайными величинами X_j являются значения влияющей величины (фактора), выходными Y_j – соответствующие оценки характеристик погрешности СИ.

Б.3 В наиболее общем случае функциональную зависимость строят методом конфлюэнтного анализа, т.е. параметры a находят из условия (при $n > m$)

$$\chi_{\min}^2 = (n - m)^{-1} \sum_{j=1}^n [F(X_j, a) - Y_j + \alpha_j]^2 \cdot W_j = \min, \quad (\text{Б.4})$$

где статистические веса W_j и сдвиги α_j задаются формулами

$$W_j = \left\{ \sigma_{y_j}^2 + \left[\partial F(X_j, a) / \partial X_j \right]^2 \cdot \sigma_{x_j}^2 \right\}^{-1}, \quad (\text{Б.5})$$

$$\alpha_j = \frac{1}{2} \partial^2 F(X_j, a) / \partial X_j^2 \cdot (\sigma_{x_j}^2 + s_{x_j}^2). \quad (\text{Б.6})$$

Примечание - величины s_{x_j} представляют собой СКО неоднородности входных величин и применяются только в случае а) по пункту Б.2, если величины, воспроизводимые мерами, стандартными образцами, аттестованными объектами, - распределенные.

Б.4 Выбранная функция (Б.1) правильно описывает функциональную зависимость, если выполняется условие

$$\chi_{\min}^2 \leq \chi_{(n-m);0,95}^2 / (n - m), \quad (\text{Б.7})$$

где χ_{\min}^2 – минимальное значение суммы квадратов (Б.4);

$\chi_{(n-m);0,95}^2$ - 95 %-ный квантиль χ^2 -распределения с $(n - m)$ степенями свободы.

Если условие (Б.7) не выполняется, то выбранная функция (Б.1) неправильно описывает функциональную зависимость, и необходимо выбрать иную функцию.

Б.5 Оценки погрешностей параметров a и ширину доверительного интервала для зависимости (Б.1) находят через элементы ковариационной матрицы Z^{-1} из соотношения

$$\chi_{\min}^2 \cdot Z_{ik}^{-1} = u(a_i) \cdot u(a_k). \quad (\text{Б.8})$$

Здесь Z^{-1} - матрица, обратная матрице Z , элементы которой равны

$$Z_{ik}^{-1} = \sum_{j=1}^n \left[\frac{\partial F(X_j, a)}{\partial a_i} \right] W_j \left[\frac{\partial F(X_j, a)}{\partial a_k} \right]. \quad (\text{Б.9})$$

Б.6 Стандартные неопределенности оценок параметров $u(a_i)$ вычисляют по формулам

$$u(a_i) = \left(\chi_{\min}^2 Z_{ii}^{-1} \right)^{1/2}, \quad (\text{Б.10})$$

Б.7 Расширенные неопределенности оценок параметров $U(a_i)$ вычисляют по формулам

$$U(a_i) = k u(a_i), \quad (\text{Б.11})$$

Коэффициент охвата для вероятности охвата P принимают равным квантилю нормального распределения (для $P=0,95$ $k=2$), если ранее многократно был подтвержден правильный выбор аппроксимирующей функции (Б.1), или квантилю распределения Стьюдента с $(n-m)$ степенями свободы для доверительной вероятности P в противном случае (если калибровка проводится впервые, есть сомнения в правильности выбора аппроксимирующей функции).

Б.8 Ширину доверительного интервала в точке X , выраженную в единицах величины выходного сигнала $I_Y(X)$, для вероятности охвата P вычисляют по формуле

$$I_Y(X) = k \left\{ \chi_{\min}^2 \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m Z_{ik}^{-1} \left[\frac{\partial F(X, a)}{\partial a_i} \right] \left[\frac{\partial F(X, a)}{\partial a_k} \right] \right\}^{1/2} \quad (\text{Б.12})$$

Б.9 Ширину доверительного интервала в точке X , выраженную в единицах величины входного сигнала $I_X(X)$, т.е. в единицах измеряемой величины, для вероятности охвата P вычисляют по формуле

$$I_X(X) = I_Y(X) / (\partial F / \partial X), \quad (\text{Б.13})$$

где частная производная берется в точке X .

П р и м е ч а н и е - Расширенные неопределенности оценок параметров $U(a_i)$ могут быть использованы для оценки значимости параметров a_i . Например, при построении калибровочной (градуировочной) зависимости свободный член a_1 в зависимости $Y=a_1+a_2X$ представляет собой величину фонового сигнала или погрешность установки нуля. Критерием их незначимости является условие

$$|a_1| \leq U(a_i). \quad (\text{Б.14})$$

Приложение В (справочное)

Связь показателей достоверности измерительного контроля с характеристиками погрешности измерений

В.1 Основные понятия

В.1.1 Оперативная характеристика измерительного контроля $L(X)$ — зависимость вероятности отнесения объекта к определенной группе (например, признания объекта дефектным) от значения контролируемого параметра X .

В.1.2 Параметрами МВИк являются:

- границы поля допуска контролируемого параметра G . Иначе границы поля допуска называют нормами;

- границы поля контрольного допуска G_γ — значения, с которыми при выходном контроле (на предприятии-изготовителе) сравнивается результат измерения (измерительного преобразования). Иначе границы поля контрольного допуска допускается называть приемочными значениями или приемочными границами;

- границы зоны риска изготовителя G_β — значения, для которых неверное отнесение объекта к определенной группе (например, неверное признание годного объекта дефектным), имеет существенные отрицательные последствия для предприятия-изготовителя.

Примечание — Если на контролируемый параметр установлен односторонний допуск «не более», то

- всегда имеет место соотношение $|G_\beta| < |G_\gamma| < |G|$,
- при контроле на предприятии-изготовителе объект признается годным, если $X \leq |G_\gamma|$, на предприятии-потребителе — если $X \leq |G|$.
- разность $Z = |G - G_\gamma|$ представляет собой смещение приемочных границ.

В.1.3 Показателями достоверности измерительного контроля являются вероятности неверного отнесения (определения даны для случая отнесения объектов к группам годных и дефектных):

- P_{baM} — наибольшая вероятность ошибочного признания годным в действительности дефектного объекта, $P_{baM} = 1 - L(G)$.

- P_{grM} - наибольшая вероятность ошибочного признания дефектным в действительности годного объекта, $P_{grM} = L(G\beta)$.

В.1.4 Характеристика погрешности сравнения ε_{cp} контролируемого параметра X с границами поля контрольного допуска G_γ (на предприятии-изготовителе) или с границами поля допуска G (на предприятии-потребителе), равна сумме характеристик погрешности задания границ G_γ (G) и погрешности устройства сравнения контролируемого параметра X с G_γ (G).

В.1.5 Характеристика погрешности измерительного контроля Δ - сумма характеристик погрешности (суммарной) измерения (измерительного преобразования) при контроле и погрешности сравнения ε_{cp} . Если характеристики погрешности измерения (измерительного преобразования) нормированы раздельно, в виде доверительных границы систематической составляющей погрешности θ и наибольшее возможное значение СКО случайной составляющей погрешности σ_{cx} (6.4.4), то Δ вычисляют по формуле

$$\Delta = \sqrt{\theta^2 + (1,96\sigma_{cx})^2 + \varepsilon_{cp}^2}. \quad (B.1)$$

В.2 Связь между характеристикой погрешности измерительного контроля Δ и вероятностями неверного отнесения для случая одностороннего допуска «не более...» ($G > 0$) дается формулами

$$P_{bAM} = 1 - \int_{-\infty}^{G-G_\gamma} \varphi(x) dx, \quad (B.2)$$

$$P_{grM} = \int_{-\infty}^{G_\beta - G_\gamma} \varphi(x) dx, \quad (B.3)$$

где $\varphi(x)$ - плотность распределения вероятности погрешности измерительного контроля.

В случае нормального распределения с дисперсией σ^2 (если Δ определена для доверительной вероятности $P=0,95$, $\Delta=1,96\sigma$) плотность вероятности

$$\varphi(x) = (2\pi\sigma^2)^{-1/2} \cdot \exp(-x^2/2\sigma^2), \quad (B.4)$$

и формулы (B.1) и (B.2) переходят в

$$P_{bAM} = 1 - \Phi[(G-G_\gamma)/\sigma], \quad (B.5)$$

$$P_{grM} = \Phi[(G_\beta - G_\gamma)/\sigma], \quad (B.6)$$

где

$$\Phi(t) = (2\pi)^{-1/2} \int_{-\infty}^t \exp(-x^2/2) dx . \quad (\text{B.7})$$

В.3 На рисунке В.1 показано графическое представление оперативной характеристики $L(X)$, параметров методики измерительного контроля G , G_γ , G_β , и вероятностей неверного отнесения P_{baM} , P_{grM} для случая одностороннего допуска «не более...».

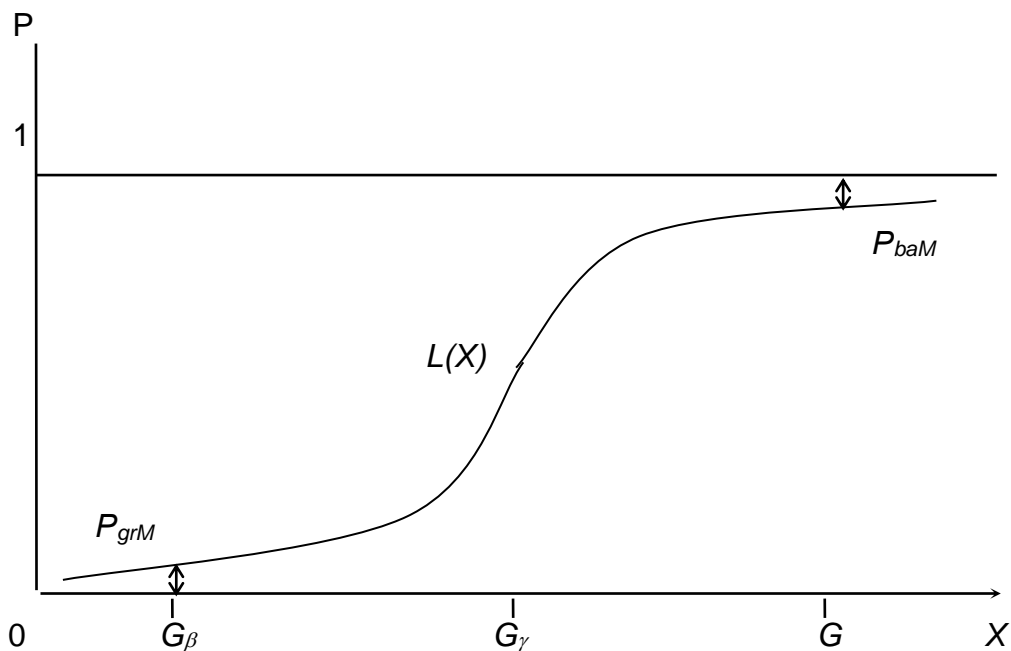


Рисунок В.1 - Графическое представление оперативной характеристики.

В.4 Пункт В.2 распространяется на одномерный двувальтернативный контроль (используется терминология ГОСТ Р 8.731). Аналогично ГОСТ Р 8.731, задача многомерного многоальтернативного контроля сводится к многократному решению задач одномерного двувальтернативного контроля. В общем случае могут определяться несколько величин X_i , каждая из которых, в свою очередь, является функцией нескольких измеряемых величин x_j :

$$X_i = f_i(x_1, \dots, x_n) . \quad (\text{B.8})$$

При этом может применяться решающее правило в виде совокупности условий вида

$$X_i \leq C_i , \quad (\text{B.9})$$

объединенных логическими условиями вида «И» и «ИЛИ».

В общем случае характеристики погрешности величин X_i рассчитывают по правилам косвенных измерений, а показатели достоверности – по формулам (B.5), (B.6) и правилам суммирования вероятностей.

В.5 Выполнение условия $P_{\text{вaM}} \leq 0,05$ обеспечивает выполнение требования [7]: «нормы точности или установленные приемочные значения должны обеспечивать вероятность правильного принятия положительного решения не менее 0,95».

Библиография

- [1] НП-089-15 Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок
- [2] НП-084-15 Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций
- [3] РМГ 29-2013 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения
- [4] Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»
- [5] [НП-XXX-XX](#) Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. *Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже.*
- [6] [НП-YYY-YY](#) Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. *Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок*

- [7] Метрологические требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии, утверждены приказом Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 31 октября 2013 г. № 1/10-НПА,
- [8] Положение о порядке аттестации эталонов единиц величин в области использования атомной энергии», утверждено приказом Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 15 ноября 2013 г. № 1/12-НПА
- [9] РД 50-453-84 Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета
- [10] МИ 2439-87 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологические характеристики измерительных систем. Номенклатура. Принципы регламентации, определения и контроля
- [11] Постановление Правительства Российской Федерации от 15.06.2016 № 544 «Об особенностях оценки соответствия продукции, для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии, а также процессов ее проектирования (включая изыскания), а также производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения».

УДК

ОКС

Ключевые слова: неразрушающий контроль, измерительный контроль, средства измерений, методики (методы) измерений

Руководитель организации-
разработчика

Руководитель
разработки

Технический
директор

С.М.Малинин

Исполнитель