ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 50.05.16— 2018

Система оценки соответствия в области использования атомной энергии

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ КОНТРОЛЯ

Неразрушающий контроль. Метрологическое обеспечение

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Концерн Росэнергоатом»

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 28 декабря 2018 г. № 1173-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «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 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2018

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Сокращения 6
5 Общие положения 6
6 Средства измерений 8
7 Методики измерений 10
8 Программное обеспечение средств и методик измерений 11
9 Образцы неразрушающего контроля 12
10 Оценка показателей достоверности измерительного контроля по характеристикам погрешности измерений 13
Приложение А (рекомендуемое) Определение метрологических характеристик измерительных каналов 14
Библиография 17

Введение

Настоящий стандарт предназначен для юридических и физических лиц, осуществляющих проектирование, конструирование, изготовление, эксплуатацию и вывод из эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций, на которые распространяются требования [1] — [4].

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Система оценки соответствия в области использования атомной энергии

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМЕ КОНТРОЛЯ

Неразрушающий контроль. Метрологическое обеспечение

Conformity assessment system for the use of nuclear energy. Conformity assessment in the form of control. Non-destructive control. Metrological assurance

Дата введения — 2019—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к метрологическому обеспечению неразрушающего контроля (НК), проводимого по [1] — [4], в том числе к обеспечению средств и методик неразрушающего контроля (включая применяемые в их качестве или в их составе средства и методики измерений и их программное обеспечение), образцов неразрушающего контроля (включая применяемые в их качестве стандартные образцы, меры и аттестованные объекты), применяющихся при неразрушающем контроле состояния металла оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций, процедурам, средствам и методикам их метрологического обеспечения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

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

ГОСТ Р 8.565 Государственная система обеспечения единства измерений.Метрологическое обеспечение атомных станций. Основные положения

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

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

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

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

ГОСТ Р 50.04.07 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме испытаний. Аттестационные испытания 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 в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесяч-

Издание официальное

ного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, 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 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.

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.

Примечания

1 Измерение подразумевает сравнение величин или включает счет объектов.

2 Измерение предусматривает описание величины в соответствии с предполагаемым использованием результата измерения, методику измерений и средство измерений, функционирующее в соответствии с регламентированной методикой измерений и с учетом условий измерений.

[[5], статья 4.1]

3.1.2

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

[[5], статья 5.1]

3.1.3

измерительная информация: Информация о количественных значениях измеряемой величины, обладающая свойствами, необходимыми для принятия управляющих решений.

[ГОСТ Р 8.820—2013, статья 3.1]

3.1.4

прямое измерение: Измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений.

[[5], статья 4.19]

3.1.5

косвенное измерение: Измерение, при котором искомое значение величины определяют на основании результатов прямых измерений других величин, функционально связанных с искомой величиной.

[[5], статья 4.20]

3.1.6

совокупные измерения: Проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях.

Примечания

1 Для определения значений искомых величин число уравнений должно быть не меньше числа величин.

2 Как правило, в модели совокупных измерений несколько выходных величин.

[[5], статья 4.21]

3.1.7

совместные измерения: Проводимые одновременно измерения двух или нескольких не одноименных величин для определения зависимости между ними.

Примечание — Как правило, модель совместных измерений объединяет параметрическую зависимость между измеряемыми величинами и алгоритм оценки параметров данной зависимости на основе результатов измерений.

[[5], статья 4.22]

3.1.8

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

[[5], статья 6.2]

3.1.9

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

[[5], статья 6.5]

3.1.10

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.

[[5], статья 6.12]

3.1.11

мера (материальная): Техническое средство, которое воспроизводит в процессе использования или постоянно хранит величины одного или более данных родов, с приписанными им значениями.

3.1.12

род (величины): Качественная определенность величины.

Примеры

1 Длина и диаметр детали — однородные величины.

2 Длина и масса детали — неоднородные величины.

[[5], статья 3.3]

3.1.13

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.

[[5], статья 6.3]

3.1.14

измерительный канал измерительной системы: Конструктивно или функционально выделяемая часть измерительной системы, выполняющая законченную функцию от восприятия измеряемой величины до получения результата ее измерений, выражаемого числом или соответствующим ему кодом, или до получения аналогового сигнала, один из параметров которого — функция измеряемой величины.

[ГОСТ Р 8.596—2002, статья 3.2]

Примечание — Синонимом термина является термин «измерительная цепь». Определение измерительная цепь приведено в ([5], статья 6.21): «Последовательность элементов средства измерений, которая образует единый путь сигнала от чувствительного элемента к выходному элементу, формирующему показание».

3.1.15

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.

[[5], статья 6.20]

3.1.16

метрологическая характеристика средства измерений: Характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений.

[[5], статья 7.1]

3.1.17

систематическая погрешность средства измерений: Составляющая погрешности средства измерений, принимаемая за постоянную или закономерно изменяющуюся.

[[5], статья 7.8]

3.1.18

случайная погрешность средства измерений: Составляющая погрешности средства измерений, изменяющаяся случайным образом.

[[5], статья 7.9]

3.1.19

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

[[6], статья 2, пункт 11]

3.1.20

методика измерений характеристик свойств: Методика (метод) измерений, обеспечивающая получение результатов измерений величин, характеризующих свойства и/или физические характеристики (параметры) объектов измерений.

[ГОСТ Р 8.932—2017, статья 3.1.14]

3.1.21

методика измерений при измерительном контроле: Методика (метод) измерений, обеспечивающая получение результатов измерительного контроля с установленными показателями точности измерений или показателями достоверности контроля.

[ГОСТ Р 8.932—2017, статья 3.1.12]

3.1.22

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

[[6], статья 2, перечисление 1]

3.1.23

погрешность (результата измерения): Разность между измеренным значением величины и опорным значением величины.

[[5], статья 5.16]

3.1.24

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

[[5], статья 5.34]

3.1.25

доверительные границы (погрешности измерения): Верхняя и нижняя границы интервала, внутри которого с заданной вероятностью находится значение погрешности измерений.

[[5], статья 5.22]

3.1.26

доверительная вероятность (уровень доверия): Вероятность, связанная с доверительным интервалом или со статистически накрывающим интервалом.

[ГОСТ Р 50779.10—2000, статья 2.59]

3.1.27

прецизионность измерений: Близость между показаниями или измеренными значениями величины, полученными при повторных измерениях для одного и того же или аналогичных объектов при заданных условиях.

[[5], статья 5.9]

3.1.28

условия повторяемости (измерений): Один из наборов условий измерений, включающий применение одной и той же методики измерений, того же средства измерений, участие тех же операторов, те же рабочие условия, то же местоположение и выполнение повторных измерений на одном и том же или подобных объектах в течение короткого промежутка времени.

Примечание — Наряду с термином условия повторяемости измерений используется термин условия сходимости измерений (условия сходимости).

[[5], статья 5.10]

3.1.29

повторяемость [сходимость] измерений: Прецизионность измерений в условиях повторяемости измерений.

[[5], статья 5.11]

3.1.30

поверка средств измерений: Совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

[[6], статья 2, перечисление 17]

3.1.31

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

[[5], статья 9.22]

3.1.32

калибровка (средств измерений): Совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений.

[[6], статья 2, перечисление 10]

Примечание — В настоящем стандарте содержание термина более широкое, чем содержание термина «калибровка СИ» по [5], поскольку в области использования атомной энергии объектами калибровки могут быть технические средства, обладающие определяемыми метрологическими характеристиками (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.

3.1.33 **калибровочная характеристика:** Зависимость показаний средства измерений от величины, воспроизводимой (передаваемой) эталонами, на основании которой устанавливают соотношение, позволяющее получать результат измерения исходя из показания.

3.1.34

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

[[5], статья 8.19]

3.1.35

эталон единицы величины: Техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины.

[[6], статья 2, перечисление 29]

3.2 Общие термины, относящиеся к контролю

3.2.1

контроль: Проверка соответствия объекта установленным требованиям, 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—2017, статья 3.1.3]

Примечание — Термин «контроль» встречается во многих документах с разными определениями. Так, согласно [2] под контролем понимается «проверка фактического состояния продукции (включая признаки и показатели свойств) на соответствие обязательным требованиям», т. е. в понятии [2] акцент сделан на юридический аспект. Приведенное в настоящем стандарте определение отражает техническое содержание термина «контроль».

3.2.2

измерительный контроль: Контроль, при котором решение об отнесении объекта к одной из групп принимается на основе результата(ов) измерения или измерительного преобразования контролируемого параметра и его сравнения с заранее установленными значениями: границами поля контрольного допуска.

[ГОСТ Р 8.932—2017, статья 3.1.4]

Примечание — Определение термина «измерительный контроль» как «контроль, осуществляемый с применением средств измерений» (по ГОСТ 16504) — общее и 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) (см. 3.2.3).

3.2.3 **качественный контроль:** Контроль, при котором решение об отнесении объекта к одной из групп принимается без проведения измерений, путем прямого сравнения параметров объекта контроля и объекта с известными параметрами (объекта сравнения).

3.2.4 **контроль геометрических параметров [величин]:** Измерительный контроль по результатам измерений геометрических размеров изделий, заготовок, полуфабрикатов и деталей, несплошностей, расстояний между несплошностями и т. д.

3.2.5

приемочные значения: Значения величины, с которыми при проведении выходного контроля (на предприятии-изготовителе) сравнивается результат измерения (измерительного преобразования); иначе приемочные значения называют границами поля контрольного допуска или приемочными границами.

[ГОСТ Р 8.933—2017, статья 3.1.10]

3.2.6 **показатели достоверности измерительного контроля:** Вероятности неверного отнесения: наибольшая вероятность ошибочного признания дефектного объекта годным и наибольшая вероятность ошибочного признания годного объекта дефектным.

3.2.7 **образцы для неразрушающего контроля;** образцы НК: Обобщенное название для всех видов образцов, применяющихся в неразрушающем контроле (в том числе настроечных, контрольных, испытательных).

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

МВИК — методики измерений при измерительном контроле;
МИС — методики измерений характеристик свойств;
МХ — метрологическая характеристика;
НК — неразрушающий контроль;
ПО — программное обеспечение;
СИ — средство измерений;
СКО — среднее квадратическое отклонение.

5 Общие положения

5.1 Метрологическое обеспечение НК металла оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций осуществляется на всех этапах их жизненного цикла в соответствии с требованиями

законодательства по обеспечению единства измерений [6], [8] в том числе в области использования атомной энергии [7], [9], ГОСТ Р 8.565, документами государственной системы обеспечения единства измерений.

При выполнении НК металла на атомных станциях применяются методы НК в соответствии с [1]—[4].

5.2 Методики контроля, применяемые при НК, могут представлять собой или включать в себя:

а) методики качественного (неизмерительного) контроля, в том числе методики сравнительного контроля;

б) методики измерений, к которым относятся:

1) методики прямых измерений;

2) МИС;

3) МВИК.

5.3 Методики качественного сравнительного контроля не содержат измерительных процедур. Решение о фиксации несплошности принимается оператором (дефектоскопистом) на основе визуального наблюдения объекта контроля путем прямого сравнения параметров объекта контроля и контрольного образца с известными параметрами.

Также в составе методик контроля (как качественного, так измерительного), как их первичная (поисковая, подготовительная к контролю) часть, могут применяться методики визуального контроля (осмотра), когда решение о фиксации несплошности принимается оператором (дефектоскопистом) на основе визуального наблюдения объекта контроля исходя из собственных знаний и опыта. К таким методикам метрологические требования не устанавливаются. В них могут применяться только технические устройства и приспособления, не являющиеся СИ (контроль может выполняться без применения СИ).

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

5.4 В методиках прямых измерений [перечисление 1) 5.2] применяется СИ, которым 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 МИС [перечисление 2) 5.2] содержит совокупность нескольких 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 [5].

Примечание — Под характеристиками свойств понимаются все измеряемые (контролируемые) характеристики, характеризующие форму и размеры несплошностей, координаты несплошностей, толщину объекта контроля. Из указанных в [2] методов контроля к МИС относятся методики измерений толщины, методики измерений размеров несплошностей, их координат и методики контроля геометрических параметров (величин), не относящиеся к 5.3.

5.6 МВИК [перечисление 3) 5.2)] отличается от МИС тем, что МВИК может представлять собой методику измерительного контроля (если в результате выполнения такой методики измерительного контроля получают измеренное значение контролируемой величины). Методики измерительного контроля, кроме результата измерений (в случае выполнения измерений по содержащейся в методике НК методике измерений), могут содержать результат измерительного преобразования, который может быть выражен не в единицах измеряемой величины; а в преобразованных (условных) единицах, а также результат сравнения этого измерительного преобразования (или результата измерения) с установленной нормой (границей допуска).

Результат измерения или измерительного преобразования должен быть доступен для обеспечения возможности определения характеристик погрешности измерений (измерительных преобразований) при аттестации МВИК, аттестационных испытаниях методики измерительного контроля, содержащей измерительные преобразования, и контроле качества измерений.

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

5.7.1 Показатели точности методик прямых измерений, МИС и МВИК, а также СИ, осуществляющих измерительные преобразования в методиках измерительного контроля, должны позволять определять показатели достоверности контроля расчетным способом по характеристикам погрешности измерений (измерительных преобразований).

5.7.2 Для методик измерительного контроля, содержащих МВИК, показатели достоверности измерительного контроля, определяемые расчетным способом, могут иметь условный характер, если свойства образцов НК, на которых оцениваются характеристики погрешности измерений, не полностью соответствуют свойствам реальных объектов контроля.

5.8 Объектами метрологического обеспечения, в соответствии с ГОСТ Р 8.565, являются:

- средства НК, включая СИ из числа или из состава средств НК: измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные каналы и системы;
- образцы НК (в качестве которых могут применяться меры, аттестованные объекты, стандартные образцы);
- ПО с измерительными функциями;
- методики контроля в целом (в части установленных в них процедур измерений, измерительных преобразований, расчетов показателей достоверности контроля по показателям точности измерений и измерительных преобразований), включая методики измерений из их числа или состава.

5.9 При проведении НК должны применяться СИ утвержденного типа, прошедшие поверку (статья 5 пункт 1 [6]). СИ могут дополнительно подлежать калибровке для целей оценки показателей точности измерений в рабочих условиях применения на реальных объектах по [7].

5.10 Применяемые в качестве образцов НК меры, не являющиеся СИ утвержденного типа, должны калиброваться.

5.11 Применяемые в качестве образцов НК стандартные образцы должны быть утвержденного типа по [6].

5.12 Применяемые в качестве образцов НК аттестованные объекты должны быть аттестованы перед вводом в эксплуатацию; при эксплуатации должны калиброваться.

Калибровку проводят организации, подтвердившие компетентность в части выполнения калибровочных работ (например, в порядке, устанавливаемом Уполномоченным органом управления использованием атомной энергии или в национальной системе аккредитации).

5.13 Применяемые для метрологического обеспечения НК (передачи размера единицы величины) эталоны должны быть аттестованы в соответствии с [9], а стандартные образцы должны быть утвержденных типов. В качестве эталонов могут также применяться меры и аттестованные объекты, обладающие свойством прослеживаемости по [9] к государственным первичным эталонам единиц величин.

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

5.15 Применяемые в методиках контроля методики измерений должны быть аттестованы в соответствии с [8]. Методики контроля (в целом) подлежат метрологической экспертизе при разработке, а также при аттестационных испытаний систем НК, в рамках которой она применяется, в соответствии с ГОСТ Р 50.04.07. При необходимости экспериментальных метрологических исследований методик контроля, выходящих за рамки аттестации содержащейся в ней методики измерений (например, контроля правильности определения показателей достоверности НК по показателям точности применяемых методик измерений, выявленной в процессе метрологической экспертизы), данные экспериментальные метрологические исследования проводятся в рамках аттестационных испытаний систем контроля в соответствии с ГОСТ Р 50.04.07. Программы и методики таких аттестационных испытаний также подлежат метрологической экспертизе в части вопросов метрологического обеспечения при испытаниях и необходимых экспериментальных метрологических исследованиях методик контроля.

6 Средства измерений

6.1 Если для СИ из числа или из состава средств НК нормированы МХ, соответствующие общим требованиям ГОСТ 8.009, то для целей принятия решений [исходя из комплекса нормированных МХ СИ и свойств объекта контроля, а также при наличии документально подтвержденной информации о всех предельных значениях влияющих величин (факторов условий применения), значимо влияющих на достоверность контроля] рассчитывают характеристики погрешности измерений в реальных условиях применения по [10]. В методиках контроля должны быть описаны факторы, влияющие на достоверность конкретных методик контроля, и регламентированы требования к предельным (граничным) значениям этих факторов.

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 использованием СИ данного вида или типа, в реальных условиях применения».

6.2 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)], то возможно применение двух вариантов нормирования и определения МХ: калибровка измерительных каналов или расчетно-экспериментальный способ оценки характеристик погрешности измерений.

6.3 Калибровка измерительных каналов

6.3.1 Калибровке подлежит весь измерительный канал по «комплектной схеме», представленной в [11].

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

6.3.2 Калибровка измерительного канала предусматривает построение калибровочной характеристики при необходимости ее использования в дальнейшем при применении измерительного канала.

6.3.3 Выходной сигнал измерительного канала может быть как результатом измерений, выраженным в единицах измеряемой величины (толщина стенки, эквивалентная площадь, условная длина несплошности и т. д.), так и аналоговым сигналом, один из параметров которого — функция измеряемой величины, выраженная в преобразованных единицах [вольтах (В), децибелах (дБ), миллиамперах (мА) и т. д.].

6.3.4 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 измерительного канала от измеряемой (контролируемой) величины;
- доверительные границы систематической составляющей погрешности Θ;
- наибольшее возможное значение СКО случайной составляющей погрешности $\sigma_{сх}$.

При необходимости могут быть определены дополнительные погрешности, обусловленные влияющими факторами.

6.3.5 Алгоритмы определения МХ измерительных каналов приведены в приложении А.

6.3.6 Калибровка измерительного канала должна проводиться по установленной для этого измерительного канала методике калибровки через установленный в паспорте на него интервал [7].

6.3.7 Калибровку измерительных каналов проводят в порядке, указанном в 5.12.

6.4 Расчетно-экспериментальный способ оценки характеристик погрешности измерений

6.4.1 При невозможности нормирования и определения МХ по 6.3 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) $D_{фк}$.

6.4.2 В этом случае доверительные границы Θ представляют собой сумму выраженных в единицах выходного сигнала составляющих характеристик погрешности:

- образца НК, воспроизводящего несплошность, соответствующую уровню фиксации.
- коэффициента усиления;
- 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 данному варианту приводит к завышению ее значения.

6.4.3 СКО случайной составляющей погрешности вычисляют по формуле (А.4) (приложение А).

6.5 Способ оценки характеристик погрешности измерений по 6.4 или калибровка измерительных каналов по 6.3 могут использоваться (являться составной частью) при аттестации методик измерений.

7 Методики измерений

7.1 Для МИС погрешности измерений при их аттестации МХ должны нормироваться и определяться в виде следующих характеристик 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 погрешность находится с заданной вероятностью.

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

Примечание — Погрешность сравнения может быть или определена в рамках аттестации МВИК, или приведена в тексте методики НК. В последнем случае правильность оценки погрешности сравнения и ее суммирования с погрешностью измерения устанавливается при метрологической экспертизе методики НК или при аттестационных испытаниях.

Если выходной измерительный сигнал является аналоговым сигналом, один из параметров которого — функция измеряемой величины, выраженная в преобразованных единицах (см. 5.6, 6.3.3), в тексте методики НК должна быть приведена зависимость выходного измерительного сигнала от величины, воспроизводимой образцами НК.

Примечание — Указанное требование позволяет получить измеренное значение и характеристики его погрешности, выраженные в единицах измеряемой величины.

7.3 Если подлежащий сравнению выходной сигнал измерительного преобразователя (составной части технического устройства, реализующего автоматический НК) из-за особенностей конструкции недоступен для пользователя (не выполняется требование 5.6) или не является результатом измерений контролируемой величины, то содержащая такие процедуры методика измерительного контроля не классифицируется как содержащая МВИК, а такое техническое устройство рассматривается как индикатор в соответствии с ГОСТ Р 8.565. Определение показателей достоверности НК осуществляют в рамках аттестационных испытаний систем НК в соответствии с ГОСТ Р 50.04.07.

Примечания

1 Применение описанных технических устройств не позволяет организовать эффективный контроль показателей достоверности. При разработке новой аппаратуры для применения в методиках НК следует стремиться к доступности выходного измерительного сигнала.

2 Входящие в состав технических устройств индикаторы СИ подлежат поверке; ПО с измерительными функциями — периодической проверке идентификационных признаков.

7.4 В методике НК, содержащей методики измерений, должен быть раздел, содержащий характеристики погрешности измерений и показатели достоверности контроля.

Характеристики погрешности измерений приводят в соответствии с [7].

Расчетные показатели достоверности методик измерительного контроля приводят в соответствии с ГОСТ Р 8.932 вместе с указанием характеристик дефекта, размеры которого соответствуют нормам оценки качества по [2] и [3], а также по федеральным нормам и правилам в области использования атомной энергии, устанавливающим правила контроля сварных соединений и наплавок оборудования и трубопроводов АЭУ, или иному нормативному правовому акту, регламентирующему указанные нормы.

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

- для СИ — интервал между поверками и/или калибровками;
- для аттестованных объектов — интервал между калибровками;
- 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 В методиках измерений 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, а также воспроизводимых значений единиц величин эталонами и мерами 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 показателей точности при аттестации методик (методов) измерений должен применяться расчетно-экспериментальный способ. При этом должен применяться описанный в [7] «консервативный» подход к оцениванию составляющих погрешности или неопределенности: если нет возможности точно оценить влияние какого-либо фактора, то необходимо принимать верхнюю границу оценки для уровня значимости не более 5%.

7.7.2 При определении показателей точности МИС используют эталоны, меры, стандартные образцы или аттестованные объекты, аттестуемой характеристикой которых является контролируемая величина. Материал стандартных образцов (аттестованных объектов) по составу, структуре и свойствам должен соответствовать документу по стандартизации на материал объекта контроля.

7.7.3 При определении показателей точности МВИК применяют эталоны, меры, стандартные образцы или аттестованные объекты, изготовленные из того же материала и по той же технологии, что и реальные объекты контроля.

7.7.4 При определении показателей точности измерений по МИС и МВИК, а также точности измерительных преобразований по методикам измерительного контроля, не содержащим 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 испытуемого 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.

7.7.5 Значения показателей точности измерений, полученные при аттестации методик измерений по 7.1, 7.2, не должны превышать значений показателей точности измерений, если таковые указаны в соответствующей унифицированной методике контроля системы оценки соответствия в области использования атомной энергии.

7.7.6 Измерения при проведении НК согласно [2], в том числе при проведении по программам контроля и унифицированным методикам контроля, должны выполняться по аттестованным методикам измерений, необходимым для выполнения этого контроля.

7.7.7 В методиках измерений по 7.1, 7.2 допускается не описывать операции и процедуры, содержащиеся в соответствующей унифицированной методике контроля — достаточно ссылок на конкретные пункты унифицированной методики контроля.

8 Программное обеспечение средств и методик измерений

8.1 В соответствии с [7] все ПО с измерительными функциями, применяемое в области использования атомной энергии, должно быть испытано в соответствии с ГОСТ Р 8.654, если оно метрологически значимо и вклад ПО в суммарную погрешность измерений не был учтен в процессе экспериментальных исследований измерительного канала (измерительной системы), комплексного компонента в соответствии с ГОСТ Р 8.596 или методики (метода) измерений в рамках испытаний в целях утверждения типа СИ или аттестации методики (метода) измерений.

8.2 При разработке или испытаниях ПО должны быть оценены характеристики погрешности, вносимые алгоритмом и ПО, реализующим его, 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 утверждения типа) и/или калибровке СИ, или как составную часть показателей точности измерений при аттестации методик (методов) измерений.

8.4 Испытания также проводятся 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 испытанное ПО, в том числе при совершенствовании (модификации) версии ПО.

8.5 Оценка влияния ПО на показатели точности измерений или МХ СИ может не проводиться, если:

- программа испытаний, результаты первичной калибровки СИ или алгоритм оценивания показателей точности методики измерений, используемый при ее аттестации, позволяет достоверно определить МХ СИ (показатели точности измерений) путем сравнения получаемых результатов измерений с опорными величинами (величинами, воспроизводимыми эталонами, стандартными образцами, а также прослеживаемыми аттестованными объектами и мерами);
- 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 метрологические характеристики СИ.

Примечание — Такая ситуация, в частности, имеет место, если влияние ПО учтено при испытаниях СИ в целях утверждения типа, а также при «комплектной» схеме калибровки СИ (см. 6.3).

8.6 Основными способами оценки характеристик погрешности ПО являются:

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

9 Образцы неразрушающего контроля

9.1 Для образцов НК должны быть нормированы:

- значения величин (аттестуемой характеристики), воспроизводимой образцом НК (далее — аттестованное значение);
- границы погрешности аттестованного значения с установленным значением доверительной вероятности;
- дополнительные характеристики, влияющие на результаты измерений (измерительных преобразований) аттестуемой характеристики образца НК, в том числе характеристики неоднородности.

9.2 Образец НК может воспроизводить одну или несколько аттестуемых характеристик [несплошность (отражатель) может описываться несколькими параметрами]. Аттестованное значение и границы погрешности должны быть установлены для каждой аттестуемой характеристики (для каждого такого параметра).

Примечание — Например, для образца НК, содержащего несплошность (отражатель), нормируют геометрические размеры отражателя, его координаты, непараллельность поверхностей отражения и сканирования (ввода), скорости распространения и характеристики затухания упругих волн. Несплошность в виде риски треугольного сечения описывается глубиной, длиной и углом раскрытия.

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).

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 В перечне параметров, характеризующих аттестуемые характеристики образца НК, 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 задаются 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 Для образцов НК, аттестуемыми характеристиками которых являются геометрические размеры, являющиеся распределенными величинами, неоднородность оценивают по диапазону значений величины, представляющей аттестуемую характеристику. Например, для образца толщины объекта контроля НК измеряют толщину в нескольких точках четко описанного участка.

9.7 При необходимости учета характеристик неоднородности они включаются в границы погрешности аттестованного значения, т. е. погрешность аттестованного значения является суммой погрешности его измерений и погрешности, обусловленной неоднородностью. При целесообразности (для уменьшения приписанных характеристик погрешности измерений в случае коррелированности результатов измерений аттестуемой характеристики) допустимо раздельное нормирование характеристик неоднородности и погрешности аттестованного значения.

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

9.9 Для образцов НК (в том числе применяемых в качестве образцов НК аттестованных объектов) должен быть установлен срок годности экземпляра образца НК и/или определен интервал между калибровками, поскольку при эксплуатации образца НК возможно изменение его характеристик, например вследствие изнашивания.

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

Калибровка образцов НК должна проводиться по установленным для них методикам калибровки через установленный интервал (указывается в паспорте образца НК). При калибровке должна оцениваться и учитываться неопределенность оценки аттестованного значения и характеристик неоднородности. При оценке границ погрешности аттестованного значения должен применяться «консервативный» подход по [7].

9.11 Калибровку образцов НК проводят организации, подтвердившие компетентность в части выполнения калибровочных работ (например в порядке, устанавливаемом Уполномоченным органом управления использованием атомной энергии или в национальной системе аккредитации).

10 Оценка показателей достоверности измерительного контроля по характеристикам погрешности измерений

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

10.2 Методология расчета показателей достоверности описана в ГОСТ Р 8.932—2017 (приложение Б).

10.3 Правила вычисления приемочных значений приведены в ГОСТ Р 8.933.

10.4 Для методик измерительного контроля показатели достоверности измерительного контроля определяют расчетным способом по характеристикам погрешностей измерений или измерительных преобразований, полученным с использованием образцов НК, материал которых по составу, структуре и свойствам должен соответствовать нормативному документу на материал объекта контроля.

10.5 Для методик измерительного контроля, кроме вероятности выявления несплошности, соответствующей уровню фиксации, допускают определение вероятности отнесения к дефекту несплошности допустимых размеров.

10.6 Оценку фактических показателей достоверности НК проводят в соответствии с ГОСТ Р 50.04.07.

Приложение А
(рекомендуемое)

Определение метрологических характеристик измерительных каналов

А.1 Для построения калибровочной характеристики $Y = f(\vec{a}, X)$ (где 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 $X_н$ до $X_в$, то минимальное воспроизводимое (аттестованное) значение должно быть меньше нижней границы допуска $X_н$, а максимальное — больше верхней границы допуска $X_в$. В случае одностороннего допуска не более $X_в$ максимальное аттестованное значение должно быть больше $X_в$.

Примечание — Если заведомо известно, что калибровочная характеристика линейная и на контролируемый параметр X установлен двусторонний допуск от $X_н$ до $X_в$, то достаточно трех образцов НК с аттестованными значениями:

- не более $X_н$,
- примерно равное $(X_н + X_в)/2$,
- не менее $X_в$.

А.2 В каждой (j-й; j от 1 до n) точке проводят $K \geq 20$ измерений выходного сигнала Y_{kj}. Измерения должны проводиться с полным повторением процедуры получения величины выходного сигнала.

А.3 Вычисляют среднее значение выходного сигнала

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

где k — номер измерения в j-й (j от 1 до n) точке;

оценку СКО результатов измерений

$$\hat{S}_{Yj} = \sqrt{\frac{1}{K-1}\sum_{k=1}^{K}\left(Y_{kj} - \bar{Y}_j\right)^2} \qquad (А.2)$$

и СКО среднего значения

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

А.4 В соответствии с А.8 строят калибровочную характеристику $Y = f(\vec{a}, X)$, задавая в качестве значений аргумента X_j аттестованные значения величины, воспроизводимой образцами НК; в качестве значений СКО аргумента — значения $\Delta X_j/2$, (где ΔX_j — доверительные границы погрешности аттестованных значений) в качестве значений функции — значения $\bar{Y}_j$; в качестве значений СКО функции — значения $\hat{\sigma}_{Yj}$.

Модель калибровочной характеристики $Y = f(\vec{a}, X)$ задают в виде непрерывной монотонной функции, описываемой минимально возможным количеством параметров.

А.5 Полуширина доверительного интервала l_x (в единицах входного сигнала) или l_Y (в единицах выходного сигнала) для доверительной вероятности $P = 0{,}95$ дает границы Θ.

А.6 При оценке СКО случайной составляющей погрешности $\sigma_{сх}$ в каждой точке вычисляют верхнюю доверительную границу СКО в ${}^{в}\sigma j$

$${}^{в}\sigma j = \varkappa\hat{\sigma}_{Yj} = \sqrt{\frac{K-1}{\chi^2}}\hat{\sigma}_{Yj}, \qquad (А.4)$$

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

$\varkappa$ — коэффициент, учитывающий ограниченность выборки.

Предполагая, что СКО $\sigma_{сх}$ описывается функцией $\sigma_{сх} = \sigma_{сх}(\vec{a}, X)$, в которой параметр $\vec{a}$ находят путем обработки результатов измерений по А.8, задавая входные данные для обработки следующим образом. В качестве значений функции берут верхние границы оценок СКО, вычисленные по формуле (А.4), а в качестве СКО этих оценок — значения, вычисленные по формуле

$$s_j = {}^{в}\sigma j / \sqrt{2(K-1)}, \qquad (А.5)$$

где s_j — СКО оценок по формуле (А.4).

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

А.7 Полученные значения коэффициентов, описывающих калибровочную характеристику, а также коэффициентов функций, описывающих систематическую и случайную составляющие погрешности, приводят в сертификате калибровки измерительного канала.

А.8 Построение функциональной зависимости между двумя величинами

А.8.1 Настоящий раздел приложения рассматривает способы построения функциональной зависимости, в том числе калибровочной характеристики, между двумя величинами Y и X по нескольким парам их случайных реализаций — (X_j, Y_j).

$$Y = F(X, \vec{a}), \tag{А.6}$$

где $\vec{a}$ — это вектор параметров a_1, a_2,..., a_m функциональной зависимости ($\vec{a} = (a_1, a_2, ..., a_m)$;

m — количество параметров.

Предполагается, что функциональная зависимость (А.6) 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 σ_{Xj}^2, σ_{Yj}^2; или стандартные неопределенности:

$$u(X_j) = \sigma_{xj}; \tag{А.7}$$

$$u(Y_j) = \sigma_{yj}; \tag{А.8}$$

- случайные величины X_j не коррелированы друг с другом;
- целью построения является нахождение наилучших значений параметров (a_1, a_2,..., a_m) и неопределенности построения функциональной зависимости (А.6).

Примечания

1 Стандартные неопределенности $u(X_j)$ оцениваются по типу В, а $u(Y_j)$ — по типу А, т. е. по формуле, аналогичной формуле (А.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.

А.8.2 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 (А.6) и оценки ее неопределенности;

в) для аппроксимации МХ СИ функциональной зависимостью вида (А.6);

г) для построения функций влияния и других дополнительных МХ.

В перечислении а) 8.2 входными случайными величинами X_j являются значения величин, воспроизводимых эталонами, мерами, стандартными образцами, аттестованными объектами, а выходными Y_j — соответствующие значения выходного сигнала (показаний) измерительного прибора или измерительного преобразователя.

В перечислении б) 8.2 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 перечислении в) 8.2 входными случайными величинами X_j являются наилучшие (средние) значения измеряемой величины в разных точках диапазона, выходными Y_j — соответствующие оценки МХ СИ.

В перечислении г) 8.2 входными случайными величинами X_j являются значения влияющей величины (фактора), выходными Y_j — соответствующие оценки характеристик погрешности СИ.

А.8.3 Функциональную зависимость строят методом конфлюентного анализа, т. е. параметры (a_1, a_2,..., a_m), находят из следующего условия (при $n > m$):

$$\chi^2_{\min} = (n-m)^{-1}\sum_{j=1}^{n}\left[F(X_j,a) - Y_j + \alpha_j\right]^2 \cdot W_j = \min, \tag{А.9}$$

где $\chi^2_{\min}$ — минимальное значение суммы квадратов;

W_j — статистические веса;

α_j — сдвиги.

Статистические веса W_j и сдвиги α_j задаются формулами:

$$W_j = \left\{\sigma_{yj}^2 + \left[\partial F(X_j,a)/\partial X_j\right]^2 \cdot \sigma_{xj}^2\right\}^{-1}, \tag{А.10}$$

$$\alpha_j = \frac{1}{2}\partial^2 F(X_j,a)/\partial X_j^2 \cdot \left(\sigma_{xj}^2 + s_{xj}^2\right). \tag{А.11}$$

Примечание — Величина s_{xj} представляет собой СКО неоднородности входных величин и применяется только в случае а) А.8.2, если величины, воспроизводимые мерами, стандартными образцами или аттестованными объектами являются распределенными.

А.8.4 Выбранная функция (А.6) правильно описывает функциональную зависимость, если выполняется условие

$$\chi^2_{\min} \le \chi^2_{(n-m);0,95} / (n-m), \quad (A.12)$$

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

Если условие (А.12) не выполняется, то выбранная функция (А.6) неправильно описывает функциональную зависимость, и необходимо выбрать иную функцию.

А.8.5 Оценки погрешностей параметров (a_1, a_2,..., a_m), и ширину доверительного интервала для зависимости (А.6) находят через элементы ковариационной матрицы Z^{-1} из соотношения

$$\chi^2_{\min} \cdot Z^{-1}_{ik} = u(a_i) \cdot u(a_k), \quad (A.13)$$

где a_i и a_k — элементы ковариационной матрицы Z параметров (a_1, a_2,..., a_m),

Z^{-1} — матрица, обратная матрице Z. Элементы матрицы Z^{-1} равны

$$Z^{-1}_{ik} = \sum_{j=1}^{n} \left[\partial F(X_j, a) / \partial a_i\right] W_j \left[\partial F(X_j, a) / \partial a_k\right]. \quad (A.14)$$

А.8.6 Стандартные неопределенности оценок параметров $u(a_i)$ вычисляют по формуле

$$u(a_i) = \left(\chi^2_{\min} Z^{-1}_{ii}\right)^{1/2}. \quad (A.15)$$

А.8.7 Расширенные неопределенности оценок параметров $U(a_i)$ вычисляют по формуле

$$U(a_i) = ku(a_i). \quad (A.16)$$

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 (А.6), или квантилю распределения Стьюдента с $(n - m)$ степенями свободы для доверительной вероятности охвата P в противном случае (если калибровка проводится впервые или есть сомнения в правильности выбора аппроксимирующей функции).

А.8.8 Ширину доверительного интервала в точке X, выраженную в единицах величины выходного сигнала $I_Y(X)$, для вероятности охвата P вычисляют по формуле

$$I_Y(X) = k\left\{\chi^2_{\min} \sum_{i=1}^{m} \sum_{k=1}^{m} Z^{-1}_{ik} \left[\partial F(X, a) / \partial a_i\right] \left[\partial F(X, a) / \partial a_k\right]\right\}^{1/2}. \quad (A.17)$$

А.8.9 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

$$I_X(X) = I_Y(X) / (\partial F / \partial X), \quad (A.18)$$

где частная производная берется в точке X.

Примечание — 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:

$$|a_1| \le U(a_i). \quad (A.19)$$

Библиография

[1] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-089-15 — Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (утверждены приказом Ростехнадзора от 7 декабря 2015 г. № 502. Зарегистрировано в Минюсте России 10 марта 2016 г. № 41366)

[2] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-084-15 — Правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций (утверждены приказом Ростехнадзора от 7 декабря 2015 г. № 502. Зарегистрировано в Минюсте России 10 марта 2016 г. № 41366)

[3] Правила и нормы в атомной энергетике ПНАЭ Г-7-009-89 — Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка, основные положения

[4] Правила и нормы в атомной энергетике ПНАЭ Г-7-010-89 — Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля

[5] Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29—2013 — Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

[6] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ — Об обеспечении единства измерений

[7] Нормативный правовой акт. 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 (утвержден приказом Госкорпорации «Росатом» от 31 октября 2013 г. № 1/10-НПА, зарегистрирован в Минюсте Российской Федерации 27 февраля 2014 г. № 31442).

[8] Приказ Минпромторга России от 15 декабря 2015 г. № 4091 — Об утверждении Порядка аттестации первичных референтных методик (методов) измерений, референтных методик (методов) измерений и методик (методов) измерений и их применения (зарегистрирован в Минюсте Российской Федерации 20 февраля 2016 г. № 41181)

[9] Нормативный правовой акт Положение о порядке аттестации эталонов единиц величин в области использования атомной энергии (утвержден приказом Госкорпорации «Росатом» от 15 ноября 2013 г. № 1/12-НПА, зарегистрирован в Минюсте Российской Федерации 27 марта 2014 г. № 31749)

[10] Руководящий Документ РД 50-453-84 — Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета

[11] Рекомендация МИ 2439-97 — Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологические характеристики измерительных систем. Номенклатура. Принципы регламентации, определения и контроля

УДК 620.179:006.354 ОКС 27.120

Ключевые слова: система оценки соответствия в области использования атомной энергии, оценка соответствия в форме контроля, неразрушающий контроль, измерительный контроль, средства измерений, методики измерений, методы измерений

БЗ 3—2018/39

Редактор *Е.А. Моисеева*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 29.12.2018. Подписано в печать 09.01.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,24.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru