ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.734— 2011

Государственная система обеспечения единства измерений

ДАТЧИКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ И СИСТЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ

Методы метрологического самоконтроля

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

2 ВНЕСЕН Управлением метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 ноября 2011 г. № 592-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*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, 2012, 2019

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 1
4 Общие положения 3
5 Выбор метода метрологического самоконтроля 4
6 Реализация методов метрологического самоконтроля 5
7 Основные требования 9
Приложение А (справочное) Сведения для обоснования определения критической составляющей погрешности 12
Приложение Б (рекомендуемое) Форма представления результатов анализа источников и составляющих погрешности 17
Библиография 18

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ДАТЧИКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ И СИСТЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ

Методы метрологического самоконтроля

State system for ensuring the uniformity of measurements. Intelligent sensors and intelligent measuring systems. Methods of metrological self-checking

Дата введения — 2012—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на интеллектуальные датчики и интеллектуальные измерительные системы, разрабатываемые и применяемые в Российской Федерации, и устанавливает основные методы метрологического самоконтроля интеллектуальных датчиков и интеллектуальных измерительных систем, а также требования к ним.

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

ГОСТ Р 8.673 Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные 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 ежемесячного 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 8.673, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

измерительный преобразователь (measuring transducer): Устройство, используемое при измерении, которое обеспечивает на выходе величину, находящуюся в определенном соотношении с входной величиной.

[VIM, JCGM, 2008 [1], статья 3.7]

Издание официальное

3.2

измерительная система (measuring system): Совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях.

[РМГ 29—99 [2]*, статья 6.14]

3.3

измерительный канал измерительной системы (измерительный канал ИС): Конструктивно или функционально выделяемая часть ИС, 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]

3.4

метрологический отказ средства измерений: Выход метрологических характеристик средства измерений за установленные пределы.

[РМГ 74—2004 [3], подраздел 3.1, 4-е определение]

3.5 **форсированные испытания**: Испытания, обеспечивающие интенсификацию деградационных процессов.

Примечание — Для того чтобы при форсированных испытаниях изделия механизм деградационных процессов оставался таким же, как и при эксплуатации в рабочих условиях, значения воздействующих величин должны быть ограничены соответствующими пределами.

3.6 **тестовый режим метрологического самоконтроля**: Режим метрологического самоконтроля, осуществляемый путем подключения (по отдельной команде) встроенного дополнительного измерительного преобразователя, встроенной меры или путем подачи тестового сигнала, связь которого с измеряемой величиной или ее изменением известна с требуемой точностью.

Примечание — Тестовый режим, как правило, прерывает процесс измерений.

3.7 **поле измеряемой или влияющей величины**: Множество значений измеряемой или влияющей величины в совокупности точек рассматриваемого пространства.

Примечание — Каждое из множества значений может быть представлено в виде скаляра, вектора или тензора.

3.8 **выравнивание параметров поля величины**: Обеспечение условий, при которых различие значений величины во всех точках рассматриваемого пространства (в течение заданного интервала времени) не превышает допускаемого.

3.9 **остаточный метрологический ресурс**: Прогнозируемая наработка от момента проверки метрологической исправности до метрологического отказа.

3.10 **самовосстановление интеллектуального датчика или интеллектуальной измерительной системы**: Автоматическая процедура ослабления метрологических последствий возникновения дефекта.

Примечание — В технической документации могут быть установлены особые допускаемые пределы метрологических характеристик после выполнения процедуры самовосстановления.

---

* Заменены на РМГ 29—2013.

4 Общие положения

4.1 Цели метрологического самоконтроля интеллектуальных датчиков и интеллектуальных измерительных систем, встраиваемых в оборудование для обеспечения контроля технологических процессов и управления ими, заключаются в следующем:

- снижении вероятности получения недостоверной измерительной информации в течение межповерочного или межкалибровочного интервала, т.е. снижении риска возникновения необнаруженного метрологического отказа и обусловленных этим отказом последствий;

- обосновании изменения межповерочного или межкалибровочного интервала в зависимости от остаточного метрологического ресурса;

- сокращении эксплуатационных затрат за счет уменьшения числа поверок или калибровок, а также снижении затрат на устранение последствий нарушения технологических процессов, вызванных метрологическими отказами.

4.2 Метрологический самоконтроль обеспечивает оценку метрологической исправности интеллектуального датчика (далее — датчик) или интеллектуальной измерительной системы (далее — измерительная система) с определением статуса результата измерений.

4.3 Метрологический самоконтроль должен опираться на дополнительные данные, получаемые за счет пространственной (структурной), временной, информационной (функциональной) избыточности, имеющейся или сформированной в датчике и/или измерительной системе.

Объем дополнительных данных может быть увеличен путем комбинации этих видов избыточности.

4.4 Структурная избыточность датчика предполагает использование дополнительных элементов — мер и/или измерительных преобразователей (как правило, первичных), число которых при осуществлении самоконтроля превышает минимально необходимое для выполнения измерений.

Дополнительные элементы занимают в корпусе датчика дополнительное пространство.

Структурная избыточность измерительной системы предполагает использование дополнительных элементов — мер и/или измерительных каналов, число которых при осуществлении самоконтроля превышает минимально необходимое для выполнения измерений.

4.5 Временная избыточность датчика или измерительной системы предполагает использование дополнительных операций измерений, проводимых с интервалом времени, меньшим минимально необходимого, и/или в полосе частот, большей максимально необходимой, для осуществления контроля технологических процессов и/или управления ими с учетом их инерционности.

4.6 Функциональная избыточность датчика предполагает использование дополнительной зависимости между измеряемой величиной и одним из параметров выходного сигнала.

Функциональная избыточность измерительной системы предполагает использование дополнительной зависимости между значениями поля величины или величин, которые измеряют различными измерительными каналами системы.

4.7 Методы метрологического самоконтроля датчиков и измерительных систем подразделяют на методы метрологического прямого и методы метрологического диагностического самоконтроля.

Каждый из этих методов подразделяют на методы, основанные на структурной, временной, функциональной избыточности или комбинации этих видов избыточности.

Дополнительно методы метрологического самоконтроля измерительных систем подразделяют на поэлементные и комплектные.

4.8 Метрологический самоконтроль может быть реализован в режиме, не прерывающем процесс измерений, или в тестовом режиме.

4.9 Метрологический прямой самоконтроль обеспечивает автоматический контроль погрешности в рабочих условиях.

Метрологический прямой самоконтроль по технико-экономическим причинам, как правило, может быть реализован только в ограниченных областях диапазона измерений и/или динамических характеристик датчиков и измерительных систем.

4.10 Метрологический диагностический самоконтроль обеспечивает автоматический контроль критической составляющей погрешности в рабочих условиях.

Метрологический диагностический самоконтроль при сравнительно небольших затратах, как правило, может быть реализован во всем диапазоне измерений и/или динамических характеристик датчиков и измерительных систем.

4.11 Результаты метрологического самоконтроля могут служить основанием для следующих действий:

- оценки остаточного метрологического ресурса;
- изменения межповерочного или межкалибровочного интервала датчиков и измерительных систем в установленном порядке;
- коррекции функции преобразования измерительного преобразователя датчика или измерительных преобразователей измерительной системы.

Как правило, для введения коррекции должен быть известен вид критической составляющей погрешности (например, преимущественно мультипликативная или, напротив, аддитивная).

5 Выбор метода метрологического самоконтроля

5.1 Метод метрологического самоконтроля должен быть выбран из методов, перечисленных в 4.7, при разработке датчика или измерительной системы.

5.2 Выбор метода метрологического самоконтроля должен опираться на результаты анализа составляющих погрешности датчика или измерительных каналов измерительной системы.

5.3 Анализ составляющих погрешности должен включать в себя:

- выявление вероятных источников погрешности и обусловленных ими составляющих погрешности;
- определение критической составляющей погрешности.

5.3.1 Выявление вероятных источников погрешности

Возникновение погрешности в процессе эксплуатации, в основном, обусловлено:

а) изменением характеристик материалов, элементов и узлов конструкции, а также технологических процессов (при их полном соответствии конструкторско-технологической документации);

б) повреждениями, вызванными нарушениями технологических процессов изготовления датчиков или каналов измерительной системы;

в) вторичными повреждениями в процессе эксплуатации как следствием процессов, вызванных повреждениями по 5.3.1, перечисление б).

5.3.1.1 Выявление источников погрешности, нарастающей в процессе эксплуатации, должно предусматривать следующие этапы:

а) анализ ожидаемых условий эксплуатации, включая:

- условия установившегося режима, в том числе учитывающие работу других технических средств, находящихся рядом;
- условия переходных режимов, в том числе:
- скорость изменения влияющих величин,
- предельные значения влияющих величин,
- цикличность переходных режимов в течение заданного для датчика или измерительной системы межповерочного или межкалибровочного интервала;
- специфические воздействия на датчик или измерительную систему, сопровождающие обслуживание оборудования;

б) анализ публикаций в научно-технической литературе, касающихся причин возникновения погрешностей аналогов;

в) анализ опыта эксплуатации аналогов с целью установить характер составляющих погрешности, нарастающих в процессе эксплуатации, и особенности условий их возникновения по сведениям:

- о результатах поверок и калибровок,
- о причинах метрологических отказов в процессе эксплуатации.

Примечание — При анализе опыта эксплуатации аналогов необходимо иметь подтверждения, что аналоги функционировали в условиях, сравнимых с планируемыми для разрабатываемых датчиков или измерительных систем;

г) выявление «слабых звеньев» аналогов (под «слабыми звеньями» понимают элементы и узлы конструкции, изменение характеристик которых, в том числе вследствие изменения свойств материалов, может со временем привести к существенному росту погрешности);

д) анализ результатов испытаний аналогов, проведенных на этапе их разработки;

е) анализ предполагаемой конструкции и технологии изготовления разрабатываемых средств измерений.

При выявлении источников погрешности целесообразно учесть сведения, представленные в приложении А.

5.3.1.2 При наличии достаточной информации об источниках погрешности отдельные этапы по 5.3.1.1 могут быть исключены.

Если информации об источниках погрешности недостаточно, то перечень, приведенный в 5.3.1.1, должен быть расширен путем:

- разработки программы дополнительных (включая форсированные) испытаний аналогов, их элементов или узлов, макетов разрабатываемых датчиков или макетов измерительных каналов,
- проведения дополнительных испытаний;
- анализа результатов дополнительных испытаний.

5.3.1.3 Форсированные испытания целесообразно осуществлять путем циклических воздействий.

При формировании программы и методики форсированных испытаний необходимо определить:

- основную часть величин, воздействие которых обеспечивает ускорение наиболее значимой совокупности «опасных» деградационных процессов;
- максимальные значения этих воздействий, допускаемые при проведении испытаний и при этом обеспечивающие интенсификацию «опасных» деградационных процессов.

5.3.2 Определение критической составляющей погрешности

Определение критической составляющей погрешности включает в себя:

- оценку скорости нарастания и вида составляющих погрешности (относится ли соответствующая составляющая к систематической или случайной, аддитивной, мультипликативной или комбинированной);
- ранжирование составляющих погрешности по их значимости;
- выделение критической составляющей погрешности.

Критическая составляющая погрешности может быть результатом воздействия нескольких источников погрешности.

При ранжировании составляющих погрешности необходимо учитывать вероятность возникновения составляющих погрешности и скорость их нарастания.

При анализе данных результаты полезно свести в таблицу по форме, приведенной в приложении Б.

5.3.3 Анализ составляющих погрешности — это итеративный процесс, выполняемый при разработке датчика или измерительной системы.

6 Реализация методов метрологического самоконтроля

6.1 Метрологический прямой самоконтроль датчика

Использование этого метода предполагает сочетание в одной конструкции контролируемого измерительного преобразователя, а также дополнительного средства более высокой точности (измерительного преобразователя или меры).

При использовании мер метрологический прямой самоконтроль, как правило, может быть реализован для ограниченного набора измеряемых величин, например температуры, длины, напряжения, тока, и в ограниченных областях диапазона измерений, в частности в ограниченном числе точек.

Примеры

1 Метрологический прямой самоконтроль вихретокового датчика расстояния до проводящей поверхности (мишени) может быть реализован на основе структурной избыточности в тестовом режиме. Такой датчик содержит возбуждающую катушку индуктивности, приемную катушку индуктивности и дополнительно — имитатор мишени, выполненный в виде коммутируемой плоской катушки индуктивности. Имитатор размещают перед мишенью. Деталь, фиксирующая расстояние между приемной катушкой и имитатором, выполняет функцию меры длины.

При калибровке определяют значение сигнала на выходе датчика при замкнутой катушке имитатора и принимают его в качестве опорного значения, несущего информацию о расстоянии до имитатора.

При разомкнутой катушке имитатора по сигналу на выходе датчика определяют расстояние до проводящей поверхности.

В тестовом режиме осуществляют замыкание катушки имитатора, которая экранирует мишень.

При эксплуатации по отклонению значения сигнала, измеренного в тестовом режиме, от опорного значения может быть оценена метрологическая исправность датчика.

2 Метрологический прямой самоконтроль термоэлектрического датчика температуры может быть реализован на основе структурной и временной избыточности. Помимо термопары, такой датчик содержит капсулу с металлом, значение температуры плавления (отвердевания) которого, известное с высокой точностью, принимают в качестве опорного значения. При изменении измеряемой температуры во время расплавления (отвердевания) металла в капсуле сигнал термопары стабилизируется, формируя «плато».

При калибровке значение измеренной температуры «плато» устанавливают в качестве опорного значения.

При эксплуатации по отклонению значения измеренной температуры в зоне «плато» от опорного значения может быть оценена метрологическая исправность датчика.

3 Метрологический прямой самоконтроль термоэлектрического датчика температуры может быть реализован на основе структурной избыточности. Помимо термопары, такой датчик содержит платиновый термометр сопротивления, имеющий более высокую точность, но и большую инерционность.

На интервалах времени, когда изменение значения измеряемой температуры предполагают пренебрежимо малым сравнительно с допускаемой погрешностью измерений, значение температуры, измеренной термометром сопротивления, принимают в качестве опорного. По отклонению значения температуры, измеренной термопарой, от опорного значения может быть оценена метрологическая исправность датчика.

4 Метрологический прямой самоконтроль датчика температуры с термометром сопротивления может быть реализован на основе временной и функциональной избыточности. В термометре сопротивления от температуры зависят как его сопротивление, так и параметры спектра шума. Измерения температуры по параметрам спектра шума — более точные, чем по сопротивлению. Поэтому значение температуры, измеренной по спектру шума, может быть принято в качестве опорного значения.

6.2 Метрологический диагностический самоконтроль датчика

6.2.1 Метрологический диагностический самоконтроль на основе структурной избыточности

Использование этого метода предполагает объединение контролируемого измерительного преобразователя, а также дополнительных преобразователей, близких по точности, в одной конструкции.

Упомянутые преобразователи могут быть соединены друг с другом, связаны общим элементом или отделены друг от друга в датчике.

Возможности применения метода ограничены требованиями к габаритным размерам, массе датчика и его стоимости.

6.2.1.1 Метрологический диагностический самоконтроль может быть реализован при использовании измерительных преобразователей, различающихся конструкцией, технологией изготовления и/или принципом действия.

Примеры

1 Метрологический диагностический самоконтроль датчика давления с упругим измерительным преобразователем может быть реализован на основе структурной избыточности. В упругом измерительном преобразователе такого датчика выделены участки, выполняющие совместно с устройствами съема информации о перемещении соответствующего участка функции контролируемого и дополнительного преобразователей. Эти участки должны иметь различную чувствительность к воздействию влияющей величины, порождающему критическую составляющую погрешности.

В упругом преобразователе критическая составляющая погрешности, как правило, обусловлена остаточными деформациями, возникающими в процессе эксплуатации.

В качестве опорного значения может быть использовано отношение значения выходного сигнала контролируемого преобразователя к значению выходного сигнала дополнительного преобразователя, определенное при предшествующей калибровке, в функции давления, измеренного с помощью контролируемого преобразователя. По отклонению отношения значений выходных сигналов, измеренных в процессе эксплуатации, от опорного значения может быть оценена метрологическая исправность датчика.

2 Метрологический диагностический самоконтроль датчика расхода газа может быть реализован на основе структурной избыточности. Такой датчик содержит контролируемый и дополнительный измерительные преобразователи, различающиеся принципом действия: вихревой — с обтекаемым телом — и корреляционный, соответственно.

В качестве опорного значения может быть использовано отношение значения выходного сигнала контролируемого преобразователя к значению выходного сигнала дополнительного преобразователя, определенное при предшествующей калибровке, в функции расхода, измеренного с помощью контролируемого преобразователя. По отклонению отношения значений выходных сигналов, измеренных

в процессе эксплуатации, от опорного значения может быть оценена метрологическая исправность датчика.

3 Метрологический диагностический самоконтроль мембранного датчика давления может быть реализован на основе структурной избыточности в тестовом режиме. В таком датчике мембрана жестко связана с плунжером. Перемещение плунжера внутри индуктивного преобразователя формирует выходной сигнал. В датчик введен электромагнит, катушка которого также охватывает плунжер.

Подавая фиксированное значение тока на катушку электромагнита, получают возможность перемещать мембрану, имитируя приращение давления, т.е. реализуя тестовый режим.

В качестве опорного значения может быть использовано значение изменения выходного сигнала при заданном токе электромагнита и давлении, определенное при предшествующей калибровке. Для проверки метрологической исправности датчика в процессе эксплуатации достаточно подать ток на электромагнит и сравнить полученное значение изменения выходного сигнала для измеряемого значения давления с опорным.

6.2.1.2 Метрологический диагностический самоконтроль может быть реализован при использовании в датчике нескольких измерительных преобразователей одного и того же типа.

Такое решение эффективно при условии, что скорость изменения критической составляющей погрешности в совокупности преобразователей имеет случайный характер.

Если в качестве функции преобразования датчика принята зависимость среднего значения выходного сигнала от значения измеряемой величины, то в качестве опорного значения может быть использована статистическая оценка отклонения выходных сигналов от среднего значения (например, среднее отклонение или дисперсия отклонения), определенная при предшествующей калибровке.

Если в качестве функции преобразования датчика принята функция преобразования одного из измерительных преобразователей, то в качестве опорного значения может быть использовано среднее значение выходного сигнала всей совокупности измерительных преобразователей, определенное при предшествующей калибровке.

Пример

Метрологический диагностический самоконтроль термоэлектрического датчика температуры может быть реализован на основе структурной избыточности. Такой датчик содержит несколько термопар, близких по точности. В качестве функции преобразования датчика использована зависимость среднего значения выходного сигнала термопар от значения измеряемой температуры.

Если вероятность синхронного дрейфа функций преобразования термопар пренебрежимо мала, то в качестве параметра, характеризующего критическую составляющую погрешности датчика, может быть принято среднее значение отклонения выходных сигналов термопар от их среднего значения.

Значение этого отклонения, определенное при предшествующей калибровке, принимают в качестве опорного. По изменению среднего значения отклонения выходных сигналов термопар от опорного значения может быть оценена метрологическая исправность датчика.

6.2.2 Метрологический диагностический самоконтроль на основе временной избыточности

Возможности применения метода ограничены ситуациями, в которых критическая составляющая погрешности датчика может быть идентифицирована по известным динамическим характеристикам.

Примеры

1 Метрологический диагностический самоконтроль датчика температуры, установленного в массивном оборудовании, может быть реализован на основе временной избыточности.

В качестве опорного значения может быть принято значение максимально возможной скорости изменения температуры среды в этом оборудовании.

Если значение скорости изменения измеряемой температуры в процессе эксплуатации превысит опорное значение, то это свидетельствует о метрологической неисправности датчика.

2 Метрологический диагностический самоконтроль тахометрического датчика расхода может быть реализован на основе временной избыточности. Как правило, в таком датчике критическая составляющая погрешности связана с износом подшипника.

Если изменение значения измеряемого расхода, по крайней мере за несколько десятков оборотов вращающегося элемента датчика, пренебрежимо мало сравнительно с допускаемой погрешностью, то в качестве опорных значений могут быть приняты статистические оценки кратковременных отклонений периода и амплитуды сигнала датчика от их средних значений, определенные при предшествующей калибровке.

Метрологический самоконтроль осуществляют по изменению оценок кратковременных отклонений периода и амплитуды сигнала датчика от их опорных значений соответственно.

6.2.3 Метрологический диагностический самоконтроль на основе функциональной избыточности

Дополнительная зависимость между измеряемой величиной и параметром выходного сигнала (дополнительная функция преобразования) может быть:

- выявлена в первичном преобразователе датчика или искусственно создана в нем, в том числе
- выявлена или создана в форме модуляции измеряемой величины.

Примеры

1 Метрологический диагностический самоконтроль вихретокового датчика расстояния до поверхности немагнитной проводящей мишени может быть реализован на основе функциональной избыточности путем использования соотношения между активной и реактивной составляющими выходного сигнала.

В вихретоковом датчике критическая составляющая погрешности может быть связана с изменением импеданса катушек индуктивности, например вследствие возникновения межвитковых замыканий или изменения свойств сердечника.

Это изменение может быть выявлено посредством измерения активной и реактивной составляющих выходного сигнала датчика и последующего сравнения отношения их значений с опорным значением, определенным при предшествующей калибровке.

По отклонению этого отношения от опорного значения может быть оценена метрологическая исправность датчика.

2 Метрологический диагностический самоконтроль датчика расстояния до проводящей поверхности вращающегося вала может быть реализован на основе функциональной избыточности путем модуляции измеряемой величины.

Критическая составляющая погрешности в таком датчике, как правило, обусловлена изменением крутизны функции преобразования. На участке вала может быть вырезана «ступенька». При вращении вала значение сигнала датчика в зоне «ступеньки» будет периодически изменяться.

В качестве опорного значения может быть принято значение этого изменения, определенное при предшествующей калибровке.

По отклонению значения этого изменения от опорного значения может быть оценена метрологическая исправность датчика.

Возможности применения метода ограничены условиями, которые позволяют создать первичный преобразователь, по крайней мере, с двумя функциями преобразования или выполнить модуляцию измеряемой величины таким образом, чтобы соотношение основной и дополнительной функций преобразования зависело от значения критической составляющей погрешности.

6.3 Метрологический самоконтроль измерительной системы

Метрологический самоконтроль измерительной системы может быть осуществлен поэлементно и комплектно.

6.3.1 Поэлементный метрологический самоконтроль измерительной системы может быть обеспечен путем использования:

- интеллектуальных и/или информационно-избыточных датчиков;
- компонентов, формирующих опорные значения для проверки метрологической исправности остальных устройств, входящих в измерительную систему;
- технических и программных средств, реализующих необходимую последовательность операций метрологического самоконтроля.

Выбор метода метрологического самоконтроля измерительного канала измерительной системы зависит, в основном, от метода самоконтроля, используемого в интеллектуальном или информационно-избыточном датчике, входящем в состав измерительного канала.

Для промежуточных и вторичных преобразователей, не входящих в датчик, как правило, эффективен метод прямого самоконтроля. Для контроля преобразователей электрических величин в качестве средств, воспроизводящих опорные значения, могут быть использованы встроенные источники электрического напряжения или тока, точность которых выше точности соответствующих измерительных преобразователей.

Ограничения, в рамках которых может быть осуществлен поэлементный метрологический самоконтроль измерительной системы, соответствуют указанным в 6.1 и 6.2 ограничениям для различных методов метрологического самоконтроля датчиков.

6.3.2 Комплектный метрологический самоконтроль измерительной системы может быть обеспечен путем применения:

- компонентов, формирующих опорные значения измеряемых величин;

- технических и программных средств анализа соответствия между результатами измерений параметров контролируемого технологического процесса и закономерностями, присущими как этому технологическому процессу в целом, так и измерительной системе;

- технических и программных средств, реализующих необходимую последовательность операций метрологического самоконтроля.

Ограничения этого метода, в первую очередь, обусловлены возможностью выполнения требований к выравниванию полей измеряемых и влияющих величин при осуществлении самоконтроля.

6.3.2.1 Комплектный метрологический прямой самоконтроль измерительной системы

Использование этого метода предполагает следующее:

а) один из измерительных каналов системы имеет более высокую точность и формирует опорное значение;

б) на интервале времени, в течение которого выполняется самоконтроль, обеспечено выравнивание:

- поля измеряемой величины — с погрешностью не более 1/5 допускаемой погрешности измерений,

- поля влияющей величины — с погрешностью, которая приводит к различию значений составляющей погрешности, обусловленной воздействием влияющей величины, не более 1/5 допускаемой погрешности измерений.

Если поле влияющей величины таково, что различие значений составляющей погрешности, обусловленной влияющей величиной, не превышает 1/7 допускаемой погрешности измерений, то поле измеряемой величины может быть выровнено с погрешностью не более 1/3 допускаемой погрешности измерений.

6.3.2.2 Комплектный метрологический диагностический самоконтроль измерительной системы

Комплектный метрологический диагностический самоконтроль измерительной системы на основе структурной избыточности предполагает:

а) наличие дополнительного измерительного канала с датчиком, размещенным в поле измеряемой величины;

б) выполнение условий по 6.3.2.1, перечисление б).

Если измерительная система предназначена для определения параметров поля одной измеряемой величины, причем все измерительные каналы обладают близкой точностью и метрологической надежностью, то выполнение условия выравнивания поля по 6.3.2.1, перечисление б) соответствует формированию структурной избыточности. В этом случае, по крайней мере, один измерительный канал становится избыточным, поскольку он определяет значение величины, которое с той же точностью определяет другой канал.

В качестве опорного значения может быть принято среднее значение выходного сигнала. При этом должно быть обеспечено выравнивание задержки в цепях передачи сигналов от датчиков с учетом скорости изменения полей измеряемых величин, полей влияющих величин, а также требуемой точности измерений.

При использовании датчиков одного и того же типа необходимо обеспечить уменьшение опасности неконтролируемого нарастания погрешности из-за идентичного дрейфа их метрологических характеристик.

Комплектный метрологический диагностический самоконтроль измерительной системы на основе временной избыточности предполагает, что в этой системе обеспечен контроль скорости изменения значений величин, измеряемых различными измерительными каналами. В качестве опорного значения может быть принято соотношение скоростей указанных изменений.

Комплектный метрологический диагностический самоконтроль измерительной системы на основе функциональной избыточности предполагает осуществление в этой системе измерений таких величин, зависимость между значениями которых известна с требуемой точностью. В качестве опорного значения может быть принято соотношение этих величин.

7 Основные требования

7.1 Метрологический самоконтроль должен обеспечивать информацию о статусе результата измерений.

Информация о статусе результата измерений должна быть представлена в виде кода, например:

- «1» — погрешность находится в допускаемых пределах, статус «подтвержденный»;

- «2» — погрешность до коррекции превышала допускаемые пределы, проведена коррекция, но погрешность после коррекции может превышать допускаемые пределы, статус «ориентирующий»;

- «3» — погрешность превышает допускаемые пределы, статус «недостоверный».

7.2 Результаты метрологического самоконтроля могут дополнительно содержать:

- оценку (с учетом коррекции, если она была выполнена) погрешности или критической составляющей погрешности;

- время, когда соответствующая оценка была получена;

- оценку остаточного метрологического ресурса;

- архив данных метрологического самоконтроля.

7.3 В технических условиях и руководстве по эксплуатации на интеллектуальный датчик и интеллектуальную измерительную систему, помимо характеристик по ГОСТ 8.009 и ГОСТ Р 8.596, должны быть приведены следующие характеристики:

- использованный метод метрологического самоконтроля;

- для метрологического прямого самоконтроля — область диапазона измерений, в которой предусмотрено выполнение самоконтроля;

- для метрологического диагностического самоконтроля — критическая составляющая погрешности;

- опорные значения и допускаемые пределы их изменения;

- интервал времени между процедурами метрологического самоконтроля;

- при использовании автоматического тестового режима — продолжительность и другие его параметры;

- наличие функции автоматической коррекции погрешности;

- предельные значения погрешности или критической составляющей погрешности, при которых выполняется автоматическая коррекция;

- рекомендуемый максимальный межкалибровочный интервал;

- наличие процедуры самовосстановления и потенциальные дефекты, при появлении которых эта процедура может быть реализована;

- наличие и параметры сигнала о выполнении процедуры самовосстановления;

- особые допускаемые пределы метрологических характеристик (при необходимости) для ситуации, возникающей после сигнала о выполнении процедуры самовосстановления;

- принятые статусы результата измерений и соответствующие им коды;

- дополнительные результаты метрологического самоконтроля, реализуемые в интеллектуальном датчике или интеллектуальной измерительной системе.

7.4 Если по результатам метрологического самоконтроля автоматически подготовлена информация об изменении статуса результата измерений, то ее достоверность (до выдачи потребителю) должна быть, при наличии технической возможности, подтверждена повторным результатом метрологического самоконтроля.

7.5 Рекомендуемый максимальный межкалибровочный интервал должен быть обоснован и определен на этапе разработки датчика или измерительной системы.

7.5.1 Для метрологического прямого самоконтроля рекомендуемый максимальный межкалибровочный интервал зависит от вероятного времени выхода за допускаемые пределы:

- опорного значения, формируемого встроенным дополнительным средством более высокой точности (измерительным преобразователем или мерой);

- составляющих погрешности, не выявляемых с помощью встроенного дополнительного средства более высокой точности.

Примеры

1 В интеллектуальном термоэлектрическом датчике температуры, содержащем капсулу с металлом (см. пример 2 в 6.1), в процессе эксплуатации в металл, находящийся в капсуле, могут диффундировать примеси, порождающие искажение «плато», что приводит к росту погрешности самоконтроля.

2 В том же датчике со временем может происходить нарастание погрешности в поддиапазоне, заметно смещенном относительно температуры формирования «плато».

7.5.2 Для метрологического диагностического самоконтроля рекомендуемый максимальный межкалибровочный интервал зависит от вероятного времени выхода за допускаемые пределы:

- опорного значения, формируемого в датчике или в измерительной системе для оценки критической составляющей погрешности;

- совокупности составляющих погрешности, не вошедших в состав критической составляющей погрешности.

7.6 Межповерочный и межкалибровочный интервалы не должны быть больше рекомендуемого максимального межкалибровочного интервала.

7.7 Момент проведения очередной калибровки может быть установлен в зависимости от остаточного метрологического ресурса, оцененного по результатам метрологического самоконтроля.

7.8 Программное обеспечение датчиков и измерительных систем должно быть защищено от несанкционированного доступа.

7.9 Требования к метрологическим процедурам, дополняющие требования других нормативных документов

7.9.1 При метрологической экспертизе документации на интеллектуальный датчик или интеллектуальную измерительную систему должно быть проверено выполнение требований 7.3.

7.9.2 Методика поверки, при наличии технической возможности, должна включать в себя процедуру контроля опорных значений.

7.9.3 Методика калибровки, при наличии технической возможности, должна включать в себя процедуру экспериментального определения опорных значений.

Экспериментально определенные при калибровке опорные значения должны быть внесены в соответствующий формуляр или паспорт, а также, при необходимости, в память датчика или измерительной системы.

7.9.4 При проведении испытаний в целях утверждения типа датчика или измерительной системы должно быть представлено обоснование:

- автоматического обнаружения погрешности на уровне не более 0,3 ее допускаемого значения;
- опорных значений и допускаемых пределов их изменения;
- предельных значений погрешности или критической составляющей погрешности, при которых выполняется автоматическая коррекция;
- алгоритма оценки остаточного метрологического ресурса;
- рекомендуемого максимального межкалибровочного интервала.

Приложение А
(справочное)

Сведения для обоснования определения критической составляющей погрешности

Примечание — Из руководства [4] в настоящее приложение включены источники погрешности, которые могут проявиться в исходно исправных и правильно смонтированных датчиках, причем перечень типов датчиков ограничен наиболее распространенными, и приведены ранги приоритетов источников погрешности[1)].

Таблица А.1 — Источники погрешности общего характера и условия ее возникновения (для ранга приоритета 1)

Источник погрешности, условия ее возникновения	Ранг приоритета
Источники погрешности, порожденной влиянием процесса Коррозия/абразивный износ деталей, находящихся в контакте со средой	1
Загрязнение элемента датчика	1
Источники погрешности, вызванной несоответствием рабочих условий нормированным Уровень электромагнитных помех за пределами диапазона, указанного в документации	1
Температура среды за пределами диапазона, указанного в документации	1
Давление среды за пределами диапазона, указанного в документации	1
Влажность в зоне размещения электронных компонентов за пределами диапазона, указанного в документации	1

Таблица А.2 — Источники погрешности и условия ее возникновения в датчиках расхода (для ранга приоритета 1 или 2)

Источник погрешности, условия ее возникновения	Ранг приоритета
Кориолисовый расходомер Пузырьки газа в жидкости	1
Засорение, загрязнение	2
Эрозия, коррозия	2
Электромагнитный расходомер Пузырьки газа в жидкости	1
Коррозия электродов	2
Слишком низкая электрическая проводимость	2
Ультразвуковой расходомер (время-импульсный метод измерений) Твердые частицы в среде, расход которой измеряют	1
Пузырьки газа в жидкости	1
Загрязнение корпуса	2
Внешние ультразвуковые волны, например от клапанов	2
Вихревой расходомер Пузырьки газа в жидкости	1
Внешние вибрации	2
Пульсирующий поток	2
Двухфазный поток	2

[1)] Ранг приоритета источника погрешности — условная сравнительная мера вероятности возникновения метрологического отказа, вызванного данным источником погрешности. Вероятность уменьшается с ростом числового значения ранга. Ранг приоритета определен по результатам экспертных оценок.

Таблица А.3 — Источники погрешности и условия ее возникновения в датчиках уровня жидкости (для ранга приоритета 1 или 2)

Источник погрешности, условия ее возникновения	Ранг приоритета
Измерения с помощью поплавка Поплавок неплотный/затоплен (коррозия, механическое повреждение)	1
Деформация поплавка из-за высокого давления	1
Неправильное функционирование из-за изменения плотности или неправильных размеров поплавка	1
Потеря магнитной связи между поплавком и индикатором	2
Перегрузка под действием механической вибрации	2
Наличие пузырьков газа, загрязнений на поплавке (поплавок слишком легкий/слишком тяжелый)	2
Измерение уровня гидростатическим и барботажным методами Образование осадка на датчике, когда он установлен горизонтально	1
Изменение плотности жидкости	1
Кристаллизация/засоренная мембрана	1
Импульсная трубка блокирована, наполнена водой, частично опустошена или не имеет резервуара для конденсата	1
Влияние внутреннего давления в емкости при измерениях донного давления	1
Влияние температуры на преобразователь давления	1
Диффузия водорода через диафрагму в жидкую среду, герметизированную уплотнителем, или в измерительную ячейку	1
Отсутствие пузырьков газа / утечка в трубопроводе для подачи пузырьков газа	1
Диафрагма разорвана, деформирована, покрыта коррозией	2
Слабое проникновение газа в жидкую среду в условиях вакуума или при высоких температурах	2
Перегрузка датчика давления статическим давлением газовых пузырьков при проверке нулевой точки или засорении	2
Кондуктивный метод измерений уровня Короткое замыкание между зондами чувствительного элемента, на проходной втулке для одиночного троса или штока	1
Образование пены	1
Неправильное соотношение проводимостей при измерениях на границе сред, проводящая фаза на границе сред	1
Удельная проводимость слишком низкая	1
Значительное изменение проводимости среды, уровень которой измеряют	1
Разрыв связи или плохое качество заземления	1
Коррозия стержней зонда	2
Несоответствующая или невыполненная калибровка	2
Измерения уровня емкостным методом Осадки	1
Омическое резистивное / емкостное короткое замыкание, например вызванное конденсатом/шунтированием	1

Продолжение таблицы А.3

Источник погрешности, условия ее возникновения	Ранг приоритета
Изменение диэлектрической постоянной/удельной проводимости среды, например из-за влаги, температуры, состава среды, уровень которой измеряют	1
Покрытие отделяется от зонда (щупа) из-за диффузии, химической несовместимости, абразивного истирания	1
Образование пены	1
Отсутствие или засорение отверстия вентиляционного канала (вытяжки, воздушного клапана) в трубке	1
Разрыв связи или плохое качество заземления	1
Коррозия, истирание	2
Диэлектрическая постоянная слишком мала	2
Механическая перегрузка зонда (деформация растяжения, усилие сдвига)	2
Ультразвуковой метод измерений через пространство, заполненное газом Затухание, обусловленное образованием осадка, конденсацией на передатчике/приемнике	1
Передатчик/приемник погружен в среду или путь луча частично заблокирован	1
Образование пены	1
Ослабление сигнала слишком сильное (пыль, пена, поверхностные волны в среде, недостаточное давление, слишком большое расстояние, слабое отражение)	1
Изменение скорости звука вследствие изменения температуры, типа газа и неоднородности	1
Давление слишком высокое, повреждение мембраны	1
Коррозия на преобразователе, отслаивание покрытия	2
Ультразвуковые измерения через жидкость или стенку Затухание, обусловленное образованием окалины, осадками на передатчике/приемнике или внутренней стенке	1
Затухание сигнала слишком сильное (поверхностные волны в среде, загрузка твердым материалом, пузырьки газа, эмульсии, слишком большая вязкость, слишком большое расстояние или слабое отражение)	1
Изменение скорости звука, обусловленное температурой, типом жидкости или ее неоднородностью	1
Неадекватная связь, например недостаточное прижатие преобразователя, остатки краски, ржавчина, поверхность слишком шероховата, связующая паста (мастика) с дефектом (только для случая измерений через стенку)	1
Коррозия на преобразователе, отслоение покрытий (только при установке в жидкость), коррозия на внутренней стенке резервуара (только при измерениях через стенку)	2
Метод свободно излучаемых микроволн Затухание, обусловленное окалиной, засорением, осадками, конденсатом в/на антенне	1
Ложные эхо-сигналы, обусловленные местным образованием окалины, в / на антенне или в трубках (волноводе, уравнительном резереуаре)	1
Коррозия на внутренней поверхности уравнительной трубки	1
Повышенная влажность в зоне микроволнового блока сопряжения (газ, жидкость)	1
Антенна, погруженная в среду	1
Образование пены	1

Окончание таблицы А.3

Источник погрешности, условия ее возникновения	Ранг приоритета
Сильное затухание сигнала (обусловленное изменением свойств среды, наличием поглощающего газа или пузырьков, колебанием поверхности среды или плохим отражением)	1
Изменение скорости сигнала, обусловленное изменением влияния уравнительных трубок или повышением давления газа	1
Ухудшение поляризации сигнала	1
Уравнительная трубка блокирована, клапан блокирован или отсутствует	1
Коррозия на антенне, отслаивание покрытий	2
Сильное затухание сигнала, обусловленное туманом или пылью	2
Блокировка пути луча во время работы	2

Таблица А.4 — Источники погрешности и условия ее возникновения в датчиках температуры (для ранга приоритета 1, 2 или 3)

Источник погрешности, условия ее возникновения	Ранг приоритета
Дефектная гильза Осадки	1
Резонансная вибрация, связанная с работой оборудования	1
Резонансная вибрация, возбуждаемая потоком среды	1
Утечка	1
Абразивное истирание	2
Коррозия	2
Слишком высокая скорость потока (изгибающий момент)	2
Дефекты в изоляционной муфте, обусловленные влиянием окружающей среды Сопротивление изоляции относительно втулки (заземления) слишком мало	1
Сопротивление изоляции между выводами датчика слишком мало	1
Образование паразитных термопар вдоль тепловой цепи, необнаруживаемое короткое замыкание	2
Паразитные гальванические элементы в измерительной цепи	2
Дефекты чувствительного элемента и измерительной вставки Короткое замыкание	1
Короткозамкнутый виток или обрыв	1
Трещина в поджимающей пружине	2
Дрейф функции преобразования, обусловленный загрязнением/старением чувствительного элемента датчика	2
Недостаточный контакт между измерительной вставкой и корпусом гильзы	2
Механическое застревание измерительной вставки в гильзе	2
Измерительная вставка не вставлена полностью в гильзу	2
Измерительная вставка слишком короткая	2
Абразивное истирание проволоки чувствительного элемента, обусловленное вибрацией (в случае проволочного термометра сопротивления)	3

Окончание таблицы А.4

Источник погрешности, условия ее возникновения	Ранг приоритета
Отклонение функции преобразования, обусловленное механическим напряжением (например, сгибанием термопар)	3
Отклонение функции преобразования, обусловленное термическим напряжением	3

Таблица А.5 — Источники погрешности и условия ее возникновения в датчиках давления (для ранга приоритета 1 или 2)

Источник погрешности, условия ее возникновения	Ранг приоритета
Преобразователи давления Выбросы давления за пределы диапазона, указанного в документации	1
Осадки, засорение технологической мембраны	1
Отклонение функции преобразования, обусловленное эффектами старения, например временем, давлением, температурой, перегрузкой	1
Слишком большой «бросок давления вниз» в рабочих условиях	1
Эрозионный износ, коррозия на технологической диафрагме, вплоть до разрыва диафрагмы	2
Технологическое уплотнение в контакте с фронтальной стороной диафрагмы	2
Дополнительные источники погрешности, обусловленные импульсными трубками Засорение импульсных трубок	1
Проникновение газа в жидкую среду	2

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма представления результатов анализа источников и составляющих погрешности

Таблица Б.1

Источник погрешности	Условия возникновения составляющей погрешности	Проявления, сопутствующие росту погрешности	Составляющая погрешности			
			Вид составляющей погрешности	Скорость нарастания	Вероятность возникновения	Ранг приоритета

Библиография

[1]	International Vocabulary of Metrology: Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM), JCGM, 2008	Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины/ Пер.с англ. и фр./ Всерос. науч.-исслед. ин-т метрологии им. Д.И. Менделеева, Белорус. гос. ин-т метрологии. 2-е изд., испр. — СПб.: НПО «Профессионал», 2010
[2]	Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29—99	Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения
[3]	Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 74—2004	Государственная система обеспечения единства измерений. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений
[4]	VDI/VDE Guideline 2650	Requirements for self-monitoring and diagnostics in field instrumentation, 2005 (Требования к самоконтролю и диагностированию встроенных в оборудование (полевых) средств измерений)

УДК 681.586:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: интеллектуальный датчик, интеллектуальная измерительная система, метрологическая исправность, метрологический самоконтроль

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 04.03.2019. Подписано в печать 14.03.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,15.
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